

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA-Bejaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des sciences biologiques de l'environnement
Spécialité : Biodiversité et Sécurité Alimentaire



Réf :.....

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

Master

Thème

**Etude des modalités d'adaptation aux stress
environnementaux dans les premiers cycles de
développement d'une espèce invasive: cas de l'*Acacia
horrida*L.**

Présenté par :

Aziri Kahina & Mouhoubi Ouardia

Soutenu le : 07/07/2021

Devant le jury composé de :

M ^r Khemmoudj Kadour	MCA	Président
M ^r Dadach Mohammed	MCB	Encadreur
M ^r Benadjoud Ali	MCB	Examineur

Année universitaire : 2020/2021

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciement

En premier lieu, on remercie le bon DIEU tout puissant et miséricordieux de nous avoir donné la santé, la volonté, l'audace, la patience et le courage jusqu'à arriver à réaliser ce mémoire de fin d'étude en master.

A cet effet, ce travail ne serait pas complet sans l'aide de notre encadreur M^r DADACH Mouhamed, on le remercie pour son encadrement, son soutien et ses encouragements et pour ses qualités professionnelle et sa gentillesse.

Nos sincères remerciements sont adressés aux membres du jury :

M^r Khemmoudj Kaddour d'avoir accepté de présider ce jury, à M^r Benadjoud Ali de nous avoir fait l'honneur d'examiner et d'évaluer notre travail, nous les en remercions profondément.

Pour la même occasion, nous tenons à remercier les membres de l'équipe de recherche du « Laboratoire de recherche d'écologie et environnement » de nous avoir accueillis au sein du laboratoire.

Nous remercions également toutes les personnes qui ont contribué, de près ou loin, à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

En premier, à mon père que dieu le bénit, malgré son absence, son esprit m'a toujours accompagné et guidé dans tous ce que j'ai vécu

À ma chère mère, pour ses sacrifices et sa grande patience ce qui m'a permis de gravir les estrades de la réussite.

À mes très chers frères : Massinissa, Jugurta, Ghilas, Sifax et Abderrahmane,

À mes très chères sœurs: Ouarda, Dahbia, Thiziri et Kafira

Aux petits : Farid, Lina, Ounissa, Islam, Tahar et Aicha

À tous mes ami(e)s et à tous ceux qui ont contribué de près et de loin pour ce que ce travail soit possible

À toute la famille Aziri

À tous les enseignants de faculté des S.N.V

(Université de Bejaia).

Enfin à tous ceux et toutes celles qui m'ont apporté un soutien morale et conseils.

Ma binôme et chère amie « Ouardia »

A. Kahina

Dédicace

Je rends grâce au bon Dieu le tout puissant de m'avoir donné le courage, la force et la puissance d'achever ce travail.

Je dédie ce modeste travail accompagné d'un profond amour :

À mon support dans ma vie, qui m'a dirigé vers la gloire, qui m'a inculqué une bonne éducation et la voie de la sagesse mon père.

À la source d'amour inaccessible, à la mère des sentiments fragiles qui m'a bénie par ces prières ma mère.

Et Nana Zouhra

À mon seul et unique frère Tahar et ma belle-sœur Mina

À mes sœur : Lila, Nawel, M'barka et Nesma

À mes petits neveux : Djaoued Salahdine, Saïd, souhaïb Anes,

Abdelhamid et ma petite nièce Maria Loudjaine.

À toute ma famille : Mouhoubi et Ihaddadene.

À tous mes amis (es) surtout : Alicia, Yasmine et ma binôme Kahina

À tous ceux et celles qui m'ont soutenu et encouragé durant toute ces années d'étude.

M. Ouardia

Figure	Page
Figure 1 : Morphologie externe et structure interne de la graine albuminée de ricin (Dicotylédones) (webmaster 1).	04
Figure 2 : Courbe théorique d'imbibition d'une semence.	05
Figure 3 : Facteurs influençant la germination d'une graine (in (Bouredja, 2014)).	
Figure 4 : Les effets directs et indirects du stress hydrique du taux photosynthétique chez les plantes. RuBP : Ribulose 1,5 bisphosphate; RuBisco : Ribulose 1,5 bisphosphate carboxylase/oxygenase.	11
Figure 5 : Synthèse des principaux mécanismes cellulaires de perception, signalisation et réponse au stress salin chez les plantes (in (Arbaoui, 2016)).	14
Figure 6 : Illustration des stratégies « exclusion et inclusion » (Bassou, 2019).	15
Figure 7 : Aire de répartition du genre <i>Acacia</i> dans le monde (Maslin et al., 2003).	17
Figure 8 : Répartition de <i>l'Acacia horrida</i> dans le monde.	18
Figure 9 : Un jeune plant d' <i>Acacia horrida</i> (L.) willd magnifiquement armé de longues épines blanches.	19
Figure 10 : Les organes aériens de <i>l'Acacia horrida</i> .	20
Figure 11 : Arbre d' <i>Acacia horrida</i> exsudant de la gomme.	21
Figure 12 : Situation du Parc National de Goraya (Moussouni, 2008).	22
Figure 13 : Histogramme des températures moyennes mensuelles de la région de Bejaia.	23
Figure 14 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la région de Bejaia (2009-2019).	24
Figure 15 : Protocole expérimental.	26
Figure 16 : Taux final de germination des graines de <i>l'Acacia horrida</i> sous l'effet des différentes contraintes salines (n = 3)	36
Figure 17 : Taux final de germination des graines de <i>l'Acacia horrida</i> sous l'effet des différents potentiels hydriques (n = 3).	36
Figure 18 : Temps moyen de germination de <i>l'Acacia horrida</i> sous l'effet des différentes contraintes salines (n = 3).	37
Figure 19 : moyen de germination de <i>l'Acacia horrida</i> sous l'effet des différents potentiels hydriques (n = 3).	38
Figure 20 : Taille des pousses de <i>l'Acacia horrida</i> soumise à différentes concentrations salines (n = 9).	39

Liste des figures

Figure 21 : Taille de la pousse de l' <i>Acacia horrida</i> soumise à différentes pressions osmotiques (n = 9).	39
Figure 22: Evolution du poids frais des pousses de l' <i>Acacia horrida</i> en fonction de différentes concentrations salines (n = 3).	40
Figure 23 : Production de la biomasse chez l' <i>Acacia horrida</i> (exprimé par poids sec) sous l'effet de la salinité (n = 3).	41
Figure 24 : Poids frais des pousses de l' <i>Acacia horrida</i> en fonction de l'évolution du stress hydrique (n = 3).	41
Figure 25 : Production de la biomasse chez l' <i>Acacia horrida</i> sous l'effet de l'évolution de la concentration du PEG6000 (n = 3).	42
Figure 26 : Indice de vigueur des semis de l' <i>Acacia horrida</i> sous l'effet de différentes concentrations salines.	43
Figure 27 : Indice de vigueur des semis de l' <i>Acacia horrida</i> en fonction du stress hydrique.	43

Liste des photos

Photos	Page
Photo 1 : Les graines d' <i>Acacia horrida</i>	25
Photo 2 : Scarification des graines	27
Photo 3 : Rinçage des graines d' <i>Acacia horrida</i> .	27
Photo 4 : Les graines déposées sur un papier absorbant pour les sécher	28
Photo 5 : Disposition des gaines en boîtes de Pétri	30
Photo 6 : Application du stress sur les graines.	30
Photo 7 : Déroulement de la germination	31
Photo 8 : Mesure de la longueur des pousses.	32
Photo 9 : Poids frais des plantules.	33
Photo 10 : Séchage des plantules à l'étuve afin de mesurer le poids sec.	33
Photo 11 : germination des graines de l' <i>Acacia horrida</i> irriguées avec de l'eau distillée (Témoin).	35
Photo 12 : germination des graines incubées à 20°C après 10 jours.	35

	Tableau	Page
Tableau 1 :	Synthèse du pourcentage de forme de dormance réparti dans 3 écosystèmes tropicaux distincts (extrait de Baskin et Baskin 1998).	8
Tableau 2 :	Taxonomie de l' <i>Acacia horrida</i> (L.) willd. (1806).	18
Tableau 3 :	Composition nutritionnelle des feuilles de l' <i>Acacia horrida</i>	21
Tableau 4 :	Les solutions de NaCl préparées.	28
Tableau 5 :	Les solutions de Na ₂ SO ₄ préparées.	28
Tableau 6 :	Les solutions de PEG ₆₀₀₀ préparées.	29

Liste des abréviations

ABA : Acide abscissique

ANOVA : Analyse de la variance

APX : Ascorbate peroxydase

CAT : Catalase

cm : Centimètre

FAO: Food and Agriculture Organization

g/L: Gramme par litre

H : Heure

Ha : Hectare

H₂O : Eau distillée

H₂SO₄ : Acide sulfurique

GPK : Glutamine peroxydase

J : Jour

Km : Kilomètre

MPa : Méga Pascal

m : mètre

mg : milli gramme

ml : milli litre

mM : milli mol

mm : millimètre

ms /cm : millisiemens par centimètre

N : Nombre de graines germées

NaCl : Chlorure de sodium

Na₂SO₄ : Sulfate de sodium

Ni : Nombre de graines germées en jours **i**

Nt : Nombre totale des graines utilisées

Liste des abréviations

O₂⁻ : Anion superoxyde

P : La moyenne des précipitations annuelles en millimètre

PEG₆₀₀₀ : polyéthylène glycol-6000

PF : Poids frais

PNG : Parc National de Gouraya

PS : Poids sec

ROS : Reactive Oxygen Species

S : seconde

SOD : Superoxyde dismutase

T : Température moyenne annuelle en °C

Tab : Tableau

TMG : Temps moyen de la germination

TFG : Taux final de la germination

°C : Degré Celsius

% : Pourcentage

[C] : Concentration.

¹O₂ : Oxygène singulet

Remerciements

Dédicaces

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction

1

PRTIE I :Analyse bibliographique

Chapitre I : Physiologie de la germination

I.Conditions de la germination	03
I.1.La semence	03
I.1.1.Définition	03
I.1.2. Qualité des semences	03
I.1.3.Constitution de la semence	03
I.2. La germination	04
I.2.1. Définition	04
I.2.2. Les phases de la germination	04
I.2.3. Facteurs de la germination	05
I.2.3.1. Condition externes de la germination	05
I.2.3.2. Condition internes de la germination	06
II. La dormance	07
II.1. Définition	07
II.2. Types de dormance	07
II.2.1. Dormance physique (tégumentaire)	07
II.2.2. Dormance morphologique (embryonnaire)	08
II.2.3. La dormance physiologique (chimique)	08
II.2.4. La dormance morpho-physiologique	08
II.2.5. La dormance physique-physiologique	08
II.3. La levée de dormance	08
II.3.1. Les conditions naturelles de la levée de dormance	08
II.3.2. Les prétraitements artificiels	09
II.4. Croissance et développement	09

Chapitre II : Stress abiotique

I. Stress environnementaux	
I. 1.Définition	10
I.2. Les stress abiotique chez les plantes	10
I.2.1. Le stress hydrique	10
I.2.2. Le stress thermique	11
I.2.3. Le stress salin	12
II. Salinité	12
II.1. Définition	12
II.2. La salinité et les plantes	12
II.2.1. Effet de la salinité sur les végétaux	13
II.2.2. Effet de la salinité sur la germination des graines	13

II.2.3. Effet de la salinité sur la croissance et le développement	13
II.3. Mécanismes de résistance à la salinité	14

Chapitre III : Généralité sur l'espèce étudiée

I. Généralité sur les Acacia	
II. Taxonomie des Acacia	16
II.1. Classification de Bentham (1875) à Maslin et al. (2003)	16
II.2. Classification récente	16
III. Répartition des Acacia dans le monde	17
VI. Présentation de l' <i>Acacia horrida</i>	17
VI.1. Systématique (Taxonomie)	18
VI.2. Description de l' <i>Acacia horrida</i>	18
VI.3. Intérêt de l' <i>Acacia horrida</i>	20

PARTIE II : Expérimentation

Chapitre I : Matériels et méthodes

I. Présentation de la station du prélèvement des graines	22
I.1. Situation géographique	22
I.2. La climatologie du Parc National de Gouraya	23
II. Matériel	24
II.1. Matériel végétale	24
II.2. Matériel de laboratoire	25
III. Les méthodes d'étude	26
III.1. Préparation des graines pour la germination	27
III.2. Préparation des solutions	28
III.3. Mise en germination des graines	29
III.4. Les paramètres étudiés	31
III.4.1 Taux final de germination (TG)	31
III.4.2. Temps moyen de germination (TMG)	32
III.4.3. La longueur de la pousse	32
III.4.4. Matière fraîche	32
III.4.5. Matière sèche	33
III.4.6. Indice de vigueur des plantules (IVP)	33
III.5. Les analyses statistiques	34

Chapitre II : Résultats et discussions

I. Résultats	35
I.1. Taux finaux de germination	35
I.2. Temps moyenne de germination	37
I.3. Mesure de la longueur des pousses	38
I.4. Poids frais et sec	40
I.5. Indice de vigueur des semis (IVS)	42
II. Discussion	44
Conclusion	47
Références bibliographiques	48
Annexe	
Résumé	



INTRODUCTION

Introduction

Dans leur environnement naturel, les végétaux sont soumis à un grand nombre de contraintes environnementales de nature biotique et abiotique qui vont influencer leur croissance et leur développement (**Maarouf et Raynaud, 2007**). Les perturbations d'ordre physiologique, morphologique, biochimique, moléculaire et hormonale sont imputables aux divers stress abiotiques (**Araus et al., 2002 ; Aubert, 2011**). Toutefois, certains végétaux disposent d'un potentiel génétique pour la tolérance vis-à-vis des stress environnementaux (**Diallo et al., 2013**).

Les plantes doivent affronter différents types d'agressions ou de stress abiotiques et s'y adapter, tel que le manque ou l'excès d'eau, les fortes ou faibles luminosités, la pollution de l'air, la salinité des sols, les températures extrêmes et le vent (**Tuteja, 2007**). Elles subissent également d'autres types d'agressions par des organismes vivants, on parle alors de stress biotiques.

En Algérie, par exemple, le réchauffement climatique, déjà une réalité, constitue l'un des facteurs contribuant à la salinisation des sols. En effet, dans les zones semi-arides, les faibles précipitations et la montée de la température engendrent l'accroissement de l'évaporation et provoquent ainsi la remontée des sels vers la rhizosphère. Le phénomène s'accroît d'avantage, suite à la pratique de l'irrigation et dans les zones à proximité de la mer où les eaux contiennent souvent des teneurs en sels jugées élevées sans pouvoir s'y soustraire (**Nedjimi, 2012**).

La germination et l'émergence des graines, étant des étapes déterminantes dans l'établissement des semis et la croissance des plantes, sont des processus critiques et vulnérables dans le cycle de vie des plantes. La germination des graines est régulée par l'interaction des conditions environnementales et l'état de préparation physiologique de la graine (**Steckel et al., 2004**). Chaque espèce végétale a une gamme spécifique d'exigences environnementales nécessaires à la germination (**Baskin et Baskin, 1998**). Le succès de la propagation naturelle dépend principalement de la réponse des graines aux facteurs environnementaux externes. En plus, le succès de la germination peut refléter la taille de la population, la distribution et l'abondance des plantes (**Ramirez-Padilla et Valverde, 2005**).

Au sein des Angiospermes, les Leguminosae (Fabaceae), troisième super-famille de dicotylédones par ordre d'importance, constitue l'un des groupes de végétaux supérieurs les plus abondants et les plus diversifiés (**Broughton, 1984**). Riche d'environ 674 genres et plus de 18 000 espèces (**Polhill et al., 1981**), elle est subdivisée en trois sous-familles d'importance inégale, les Mimosoideae, les Caesalpinioideae et les Papilionoideae ou Fabaceae, ce dernier nom peut désigner même toute la famille (**Fennane et al., 2007**). Il s'agit d'herbes annuelles et de plantes vivaces englobant des sous-arbrisseaux, arbrisseaux, arbustes et arbres ; les feuilles alternes, simples ou composées sont presque toujours stipulées (**Benabid, 2000**). Les plantes populaires de cette famille incluent les plantes cultivées ou des légumineuses à graines alimentaires (le haricot, le lupin, le pois, la

lentille, l'arachide, la luzerne, le trèfle, le soja, la cacahuète); ou d'ornement et de protection comme le Cercis, Mimosa, Parkia et Acacia (Molares et Ladio, 2012).

Les Acacias sont des Angiospermes spectaculaires, regroupant des espèces de simple couvert végétal à celles des forêts tropicales. La croissance facile et la résistance à la sécheresse, leur confèrent une importance économique immense et variable. Certaines Acacias arbustives fourragères, néanmoins, sont utilisées en agroforesterie surtout en régions tropicales. Ces espèces d'Acacia ont été introduites principalement dans de nombreux pays afin de revégétaliser des milieux dégradés caractérisés en particulier par des carences importantes en azote (N) et en phosphore (P) (Duponnois et al., 2013). *Acacia horrida* est une espèce écologiquement et économiquement importante car presque toutes ses parties, y compris l'écorce, les gousses, les graines, les feuilles et les épines, sont extrêmement utiles pour les humains et les animaux (Dinga et Du Preez, 2017).

Notre travail consiste à évaluer la capacité germinative des graines d'*Acacia horrida* en conditions de contraintes hydrique et saline simulées respectivement par les molécules du PEG₆₀₀₀, NaCl et Na₂SO₄.

1. Nous proposons dans une première partie une synthèse bibliographique :

- Le premier chapitre est basé sur les différents aspects physiologiques de la germination
- Un second s'inscrit dans le sens de la compréhension des mécanismes liés au stress environnementaux.
- Alors qu'un troisième chapitre est réservé à une présentation de l'espèce étudiée (*Acacia horrida*)

Dans une partie II nous allons exposer le matériel utilisé, la méthode suivie ainsi que les résultats obtenus avec une discussion.

2. Le premier chapitre décrit la méthodologie adoptée au cours de cette expérimentation.
3. un deuxième chapitre dédié à l'exploitation et la discussion des résultats obtenus portant sur les modalités d'adaptations aux stress environnementaux dans les premiers cycles de développement d'*Acacia horrida*. Une conclusion et des perspectives sont enfin suggérées.



PARTIE I :
SYNTHÈSE
BIBLIOGRAPHI

Chapitre I

I. Conditions de la germination

I.1. La semence :

I.1.1. Définition :

C'est un organe de reproduction des végétaux supérieurs destiné à donner naissance à une nouvelle génération de plantes au cours du processus de germination ; il assure donc la survie de l'espèce (**Multon, 1982**). Aussi, elle désigne un organe, ou un fragment de végétal, capable de produire un nouvel individu (**Vallée et al., 1999**), qui contient une plante à l'état embryonnaire, lien entre les générations, capable de se développer dans des conditions spécifiques (**Boyce, 1992**). En effet, la graine, c'est la forme sous laquelle sont détachés et dispersés les jeunes embryons (**Augier et al., 1982**). Selon **Sary et Some (1987)** c'est la partie interne du fruit, est un organisme vivant et fragile.

I.1.2. Qualité des semences :

Pour conduire aux meilleurs résultats en culture, un lot de semence doit être :

1. **Propre** : on parle de pureté spécifique (propreté au regard de la présence de matières inertes ou de graines étrangères).
2. **Conforme à la variété retenue** : on parle de pureté variétale qui est le degré de conformité d'un lot à une variété, définie par un ensemble de caractères morphologiques et, éventuellement physiologiques.
3. **Doué d'une bonne vitalité ou faculté germinative** ; c'est le pourcentage de semences capables de produire des germes normaux (**Chaux et Foury, 1994**).

I.1.3. Constitution de la semence :

Toute semence est constituée par au moins une graine (**Multon, 1982**). Elles ont toutes fondamentalement la même constitution. Elles comprennent :

1. **L'enveloppe** : qui entoure la graine.
2. **L'albumen** : c'est le tissu de réserve de la graine. Il est constitué de cellules remplies de grains d'amidon (**Boulal et al., 2007**).
3. **L'embryon** : noyé ou non dans un tissu de réserve et entouré par un ou deux téguments. Très généralement unique, est la structure essentielle de la graine.
4. **Le scutellum ou cotylédon** : sa fonction consiste à mobiliser et à absorber les nutriments lors de la germination (**Hopkins, 2003**) (**Fig. 1**).

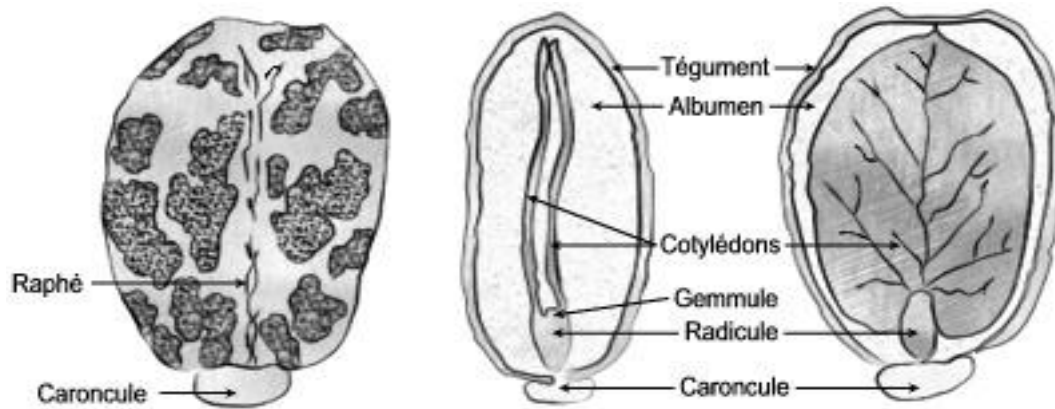


Figure 1 : Morphologie externe et structure interne de la graine albuminée de Ricin(Dicotylédones) (webmaster 1).

I.2. La germination :

I.2.1. Définition :

La germination est définie comme la somme des événements qui conduisent la graine sèche à germer; elle commence par la prise d'eau et se termine par l'allongement de l'axe embryonnaire (Hopkins, 2003). La germination est le passage de la vie latente 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 est dite germée, lorsque la radicule perce les enveloppes ou elle est visiblement allongée (Bewley, 1997).

I.2.2. Les phases de la germination

- **La phase I** : ou phase d'imbibition, l'imbibition est le passage de la semence d'un état déshydraté à un état hydraté (Vertucci, 1989). Ce passage est accompagné d'une élévation de l'intensité respiratoire et d'une réorganisation considérable des constituants cellulaires (Leopol, 1983).

- **La phase II** : ou phase de germination « *stricto sensu* », pendant cette phase, les semences ne s'imbibent plus et ne reflètent à une modification morphologique (Mazliak, 1982). Cette phase est caractérisée par une stabilisation et de l'activité respiratoire à un niveau élevée (Binet, 1968) ; elle est relativement brève (12 à 48 h) et s'achève avec l'émergence de la radicule hors de téguments séminaux (Heller et al., 1995).

- **La phase III** : est caractérisée par une reprise de l'absorption d'eau et une augmentation de la consommation d'oxygène, elle correspond à un processus de croissance de la radicule puis la tigelle (Fig. 3).

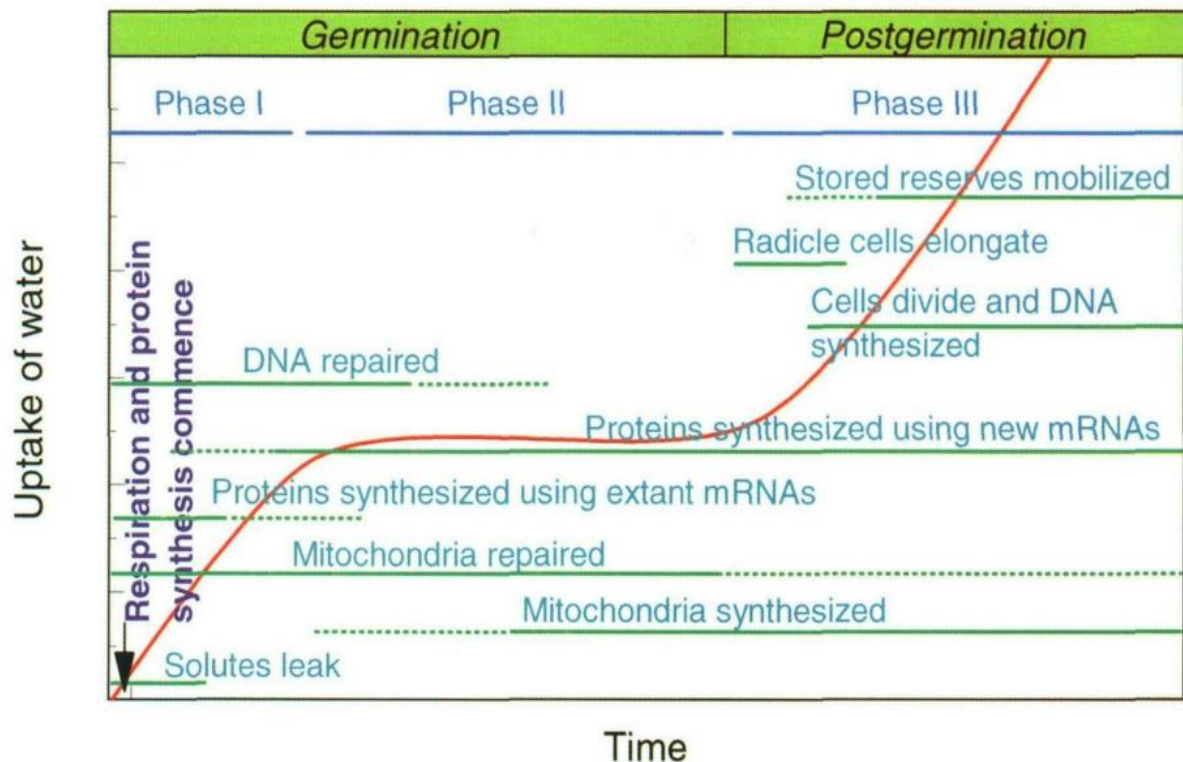


Figure 2 : Courbe théorique d'imbibition d'une semence.

La phase I correspond à une prise d'eau rapide. La phase II est une phase de plateau qui se termine par la sortie de la radicule. La phase III est caractérisée par la reprise de l'imbibition. Seules les phases I et II correspondent à la germination au sens strict, alors que la phase III est une phase de croissance, post germinatif. Les traits indiquent la plage de temps pendant laquelle se déroule l'événement cité (Bewley, 1997).

I.2.3. Facteurs de la germination

Les facteurs de la germination, c'est à dire ceux qui interviennent au moment de la germination, sont nombreux. En fait, c'est l'influence combinée de ces différents facteurs qui rend possible ou non la germination. D'après Boualem (2014) elle dépend des :

- Conditions externes liées aux facteurs de l'environnement ;
- Conditions internes liées à l'état physiologique et aux caractéristiques de la graine.

I.2.3.1. Condition externes de la germination :

Selon Soltner (2007) la graine exige la réunion de conditions extérieures favorables à savoir l'eau, l'oxygène, et la température :

- **Eau** : Selon Chaussat et al. (1975) la germination exige obligatoirement de l'eau, celle-ci doit être apportée à l'état liquide, elle pénètre par capillarité dans les enveloppes. Elle est

remise en solution dans les réserves de la graine, pour être utilisée par l'embryon, et provoque le gonflement de leurs cellules, donc leur division (**Soltner, 2007**).

- **Oxygène** : La germination exige obligatoirement de l'oxygène (**Soltner, 2007**). Selon **Mazliak(1982)** une faible quantité d'oxygène peut être suffisante pour permettre la germination. D'après **Meyer et al. (2004)**, l'oxygène est contrôlé par les enveloppes qui constituent une barrière, mais en même temps une réserve.

- **Température** : La température est certainement le facteur le plus important de germination parce qu'elle joue un rôle dans la vitesse des réactions biochimiques (**Ammari, 2011**). La température a deux actions : Soit directe par l'augmentation de vitesse des réactions biochimiques, c'est la raison pour laquelle il suffit d'élever la température de quelques degrés pour stimuler la germination (**Mazliak, 1982**). Soit indirect par l'effet sur la solubilité de l'oxygène dans l'embryon (**Chaussat et al., 1975**).

- **La lumière** : selon **Heller et al. (1990)**, 70% des graines ont une photosensibilité positive, 25% sont des non-photosensibles (exigent l'obscurité pour germer) et 5% sont indifférenciées(**Fig. 5**).

I.2.3.2. Condition internes de la germination

La germination est influée par la structure de la graine, la maturité et la longévité des semences :

-**Structure de la graine** : La première condition d'une structure dite normale de la semence est la présence d'un embryon vivant, d'un tégument en bon état selon les cas d'un albumen intact (**Guyot, 1978**).

- **La maturité** : C'est l'état complet de la morphologie et la physiologie des semences, lorsque toutes ses parties constitutives sont différenciées, il y a des semences, bien que vivantes et morphologiquement mures ne germent pas, même en présence des conditions favorables pour la germination, parce qu'elles ne sont pas physiologiquement mures.

- **La longévité** : C'est la durée dont laquelle les semences restent vivantes et capables de garder leur pouvoir germinatif. Elle varie selon l'espèce et la variété (**Heller, 1990**).

- **L'aptitude à germer** : Quand les semences vivantes mures, placées dans des conditions favorables, germent mal ou pas de tout, elles sont dites dormantes ou inaptes à germer (**Lafoun, 1988**).

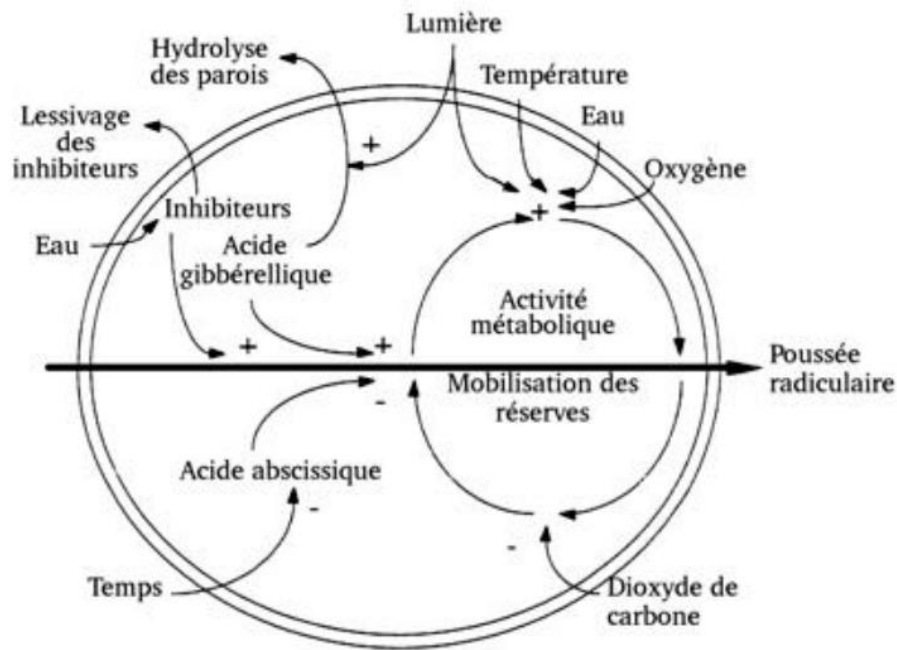


Figure 3 : Facteurs influençant la germination d'une graine (in (Bouredja, 2014)).

II. La dormance

II.1. Définition :

La dormance est un état physiologique durant lequel les fonctions biologiques d'une plante sont stoppées. C'est un repos apparent de l'activité de croissance d'un organisme ou d'une partie d'un organisme. Le processus est régulé par les hormones végétales et en particulier par l'acide abscissique (ABA). La dormance peut concerner la graine ou les bourgeons (Hilhorst, 2007).

II.2. Types de dormance :

La dormance des graines peut être considérée comme un « blockage » au bon déroulement de la germination d'une graine viable dans des conditions favorables (Soltner, 2001). En 2004, Baskin et Baskin ont proposé une classification des dormances des graines qui inclue 5 des formes de dormances.

II.2.1. Dormance physique (tégumentaire) : L'imperméabilité à l'eau ou à l'oxygène cause des dormances tégumentaires, c'est le cas des graines dures et coriaces (Soltner, 2001). D'après Mazliak (1982), les inhibitions tégumentaires peuvent être facilement définies par : les semences ont des enveloppes ; totalement imperméable à l'eau, les enveloppes séminales ne sont pas suffisamment perméables à l'oxygène.

II.2.2. Dormance morphologique (embryonnaire) : Selon **Baskin et Baskin(1998)**, la dormance embryonnaire est due à la présence d'un embryon «sous-développé» au moment de la dissémination des graines. Il existe deux types de dormance embryonnaire :

II.2.3. La dormance physiologique (chimique) : est la forme la plus abondante et se retrouve dans les graines de la majorité des angiospermes(**Tab. 1**). Elle est provoquée par la présence dans le péricarpe d'inhibiteurs de la croissance de l'embryon. Le principal inhibiteur est l'acide abscissique (ABA).

II.2.4. La dormance morpho-physiologique : qui combine la dormance morphologique et physiologique.

II.2.5. La dormance physique-physiologique : qui associe dormance tégumentaire et dormance physiologique. La germination ne peut se produire que si les deux types de dormance sont levés à la fois. Pour certaines espèces la dormance physique est levée avant la dormance physiologique et réciproquement pour d'autres.

II.3. La levée de dormance :

Il existe des conditions naturelles et artificielles grâce à des prétraitements qui permettent de lever les dormances des graines et d'améliorer la germination.

Tableau 1 : Synthèse du pourcentage de forme de dormance réparti dans 3 écosystèmes tropicaux distincts (extrait de **Baskin et Baskin 1998**).

	Forêt tropicale humide (%)	Forêt tropicale sèche (%)	Savane (%)
Dormance physiologique	25	37	46
Dormance morphologique	3	1	1
Dormance morpho-physiologique	9	2	4
Dormance physique	6	34	25
Dormance physique-physiologique	0.4	1	0.5

II.3.1. Les conditions naturelles de la levée de dormance

Plusieurs stimuli environnementaux peuvent faciliter la levée de dormance des graines, c'est le cas de l'humidité ou de la lumière. La température reste cependant le paramètre qui a le plus d'effet chez le plus grand nombre d'espèces (**Geneve, 2003**). La levée de dormances tégumentaires s'effectue par l'altération des enveloppes, sous l'effet de la sécheresse, qui fait

craqueler les téguments, ou celui des alternances de sécheresse et d'humidité, plus efficace encore, ou des alternances de gel et de réchauffement (Côme, 1970 ; Heller et al., 2000).

II.3.2. Les prétraitements artificiels

Les prétraitements ne font pas germer les graines, mais les rendent capables de germer ultérieurement quand toutes les conditions requises sont réunies. C'est, par définition, le (ou les) prétraitement(s) réalisé(s) avant, pendant ou après la conservation, qui permet (ent) l'élimination de la dormance par leurs effets mécaniques, chimiques, physiologiques (isolés ou associés) (Debroux et al., 1998). Selon cet auteur, il existe plusieurs types de prétraitements de scarification pour lever la dormance tégumentaire des graines, entre autre :

1. La scarification physique (chocs thermiques, H₂O à 100°C... etc)
2. La scarification chimique
3. La scarification mécanique

II.4. Croissance et développement

Après la germination, la radicule émerge au travers des téguments de la graine. La racine et la tigelle s'allongent et donnent naissance à une plantule montrant ses premières feuilles, les cotylédons. La plantule développe des formes et des architectures variées, parfaitement définies pour chaque espèce, port herbacé des céréales et port ligneux des arbres par exemple. C'est la période de développement végétatif de la plante (Morot-Gaudry, 2009).

Chapitre II

I. Stress environnementaux :

I.1. Définition :

On appelle stress toute pression dominante exercée par un paramètre, perturbant le fonctionnement habituel de la plante. Par ailleurs, la réponse du végétal dépend, entre autres, de ces paramètres environnementaux (type de contrainte, son intensité et sa durée) et génétiques (espèce et génome) (**Hopkins, 2003**).

Selon (**Dutuit et al., 1994**), le stress est le dysfonctionnement (rupture d'un équilibre fonctionnel) produit dans un organisme ou dans un système vivant, par exemple par une carence. C'est une force ou influence hostile qui tend à empêcher un système normal de fonctionner (**Jones et al., 1989**).

Selon **Marouf et Reynaud (2007)** le stress est l'ensemble des perturbations physiologiques ou pathologiques provoqués dans un organisme par des agents biotiques (parasites, pathogènes) ou abiotiques (salinité, sécheresse, température, pollution, etc.).

I.2. Les stress abiotiques chez les plantes :

Les facteurs abiotiques sont ceux liés à l'action du non-vivant sur le vivant ils sont dû principalement à des facteurs environnementaux. (**Lezzar et Meziani, 2015**), susceptibles de déclencher des modifications dommageables, provoquant ainsi chez une espèce végétale une augmentation du taux de mortalité de la population.

Les stress abiotiques induisent des changements physiologiques (**Langridge et al., 2006**) et des changements dans les processus cellulaires et moléculaires (**Chinnusamy et al., 2006; Talame et al., 2007**). Les stress peuvent également affecter le fonctionnement de la plante en perturbant les flux ioniques (**Langridge et al., 2006**) ou en altérant les parois ou membranes cellulaires (**Zhu, 2001 ; Wang et al., 2003**).

I.2.1. Le stress hydrique :

La sécheresse menant au stress hydrique dans la plante est un problème important qui réduit la productivité agricole tropicale, semi-aride et aride du monde (**Leakey et al., 2006**). Le stress hydrique du sol doit être décomposé en déficit hydrique et l'excès d'eau entraînant l'asphyxie. Il peut limiter ainsi la croissance des végétaux, en modifiant le lien entre la disponibilité et les besoins (**Bezzala, 2005**). Par exemple, le stress hydrique inhibe sévèrement

la photosynthèse, qui est un autre processus primaire, soit directement par limitation stomatique ou non-stomatique, et / ou indirectement suite à un stress oxydatif (Fig. 4).

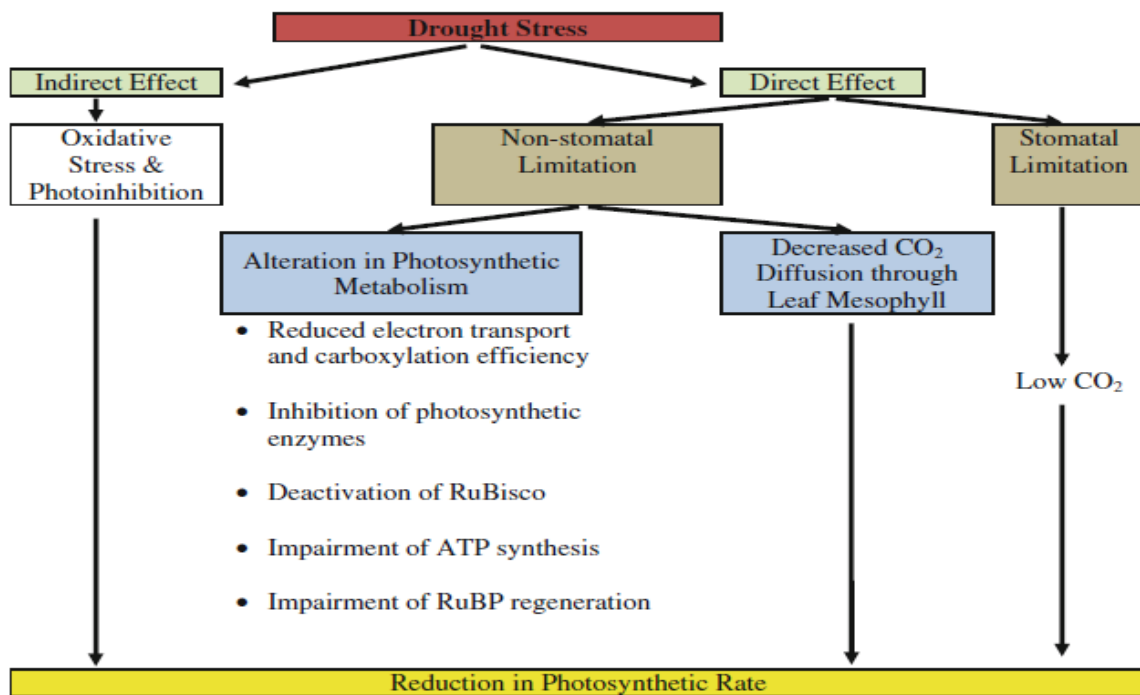


Figure 4 : Les effets directs et indirects du stress hydrique du taux photosynthétique chez les plantes.

RuBP : Ribulose 1,5 bisphosphate; **RuBisco :** Ribulose 1,5 bisphosphate carboxylase/oxygenase.

Il se traduit aussi par une série de modifications qui touchent les caractères morphologiques, physiologiques et biochimiques à partir du moment où les besoins en eau de la plante sont supérieurs aux quantités disponibles. Le déficit hydrique joue un rôle direct sur la physiologie des plantes ; toutes les fonctions physiologiques ne sont pas affectées en même temps et avec la même ampleur (Brisson, 2008).

I.2.2. Le stress thermique

Le stress thermique est souvent défini quand les températures sont assez hautes ou basses pendant un temps suffisant pour qu'elles endommagent irréversiblement la fonction ou le développement des plantes. Elles peuvent être endommagées de différentes manières, soit par des températures basses ou élevées de jour ou de nuit, par l'air chaud ou froid ou par les températures élevées du sol. La contrainte thermique est une fonction complexe qui varie selon l'intensité (degré de la température), la durée et les taux d'augmentation ou de diminution de la température (Oukarroum, 2007).

I.2.3. Le stress salin:

Le stress salin peut directement ou indirectement affecter le statut physiologique des plantes en changeant leur métabolisme, leur croissance et leur développement (**Ajmal Khan, 2000 ; Garg et al., 2002**). Il est difficile d'estimer les conséquences d'un stress salin, car il recouvre à la fois des stress hydriques, ioniques et nutritionnels. Ainsi, les impacts de la salinité sur le développement et le rendement de la plante sont aussi nombreux que difficiles à hiérarchiser. Les problèmes osmotiques pourraient se produire en raison de l'accumulation des concentrations élevées de Na^+ dans l'apoplasme des feuilles, puisque l'ion Na^+ présent avec les éléments circulants dans le xylème, est laissé pendant que l'eau s'évapore (**Tester et Davenport, 2003**).

II. Salinité :

II.1. Définition :

On désigne par salinité la concentration des solutions du sol en sels dissous. Son évaluation utilise la relation existant entre la concentration d'une solution et la résistivité résultante; celle-ci variant en raison inverse de la première : plus la concentration (salinité) sera forte, plus la résistivité sera faible (**Luttge et al., 2000**). La salinité se produit après l'évaporation de l'eau dans les zones terrestres arides, l'eau du sol se déplace vers la surface, c'est pourquoi les sels, surtout le NaCl , s'accumulent dans les couches superficielles du sol (**Luttge et al., 2000**).

II.2. La salinité et les plantes :

Les stress altèrent le métabolisme végétal menant aux effets négatifs sur la croissance, le développement et la productivité des plantes (**Less et Galili., 2008**). Selon **Levitt (1980)**, 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**).

II.2.1. Effet de la salinité sur les végétaux :

Le degré de tolérance des plantes à la salinité peut être différent d'un stade à un autre du cycle de la plante. Pour la plupart des espèces, les stades germination et émergence seraient les plus sensibles.

II.2.2. Effet de la salinité sur la germination des graines :

Les effets inhibiteurs imposés par la salinité sur le processus de la germination peuvent être également expliqué par l'altération de l'activité enzymatique, indispensable à la réactivation cellulaire pendant cette phase. Ainsi la salinité inhibe l'activité de plusieurs enzymes (**Larcher, 1995**).

La survie des plantes dans un milieu donné, dépend en grande partie de leur réaction au stade germination. La salinité peut entraîner une diminution importante du taux final de germination, qui peut à son tour conduire à l'établissement de peuplements irréguliers et réduire la récolte des rendements (**Yildirim et Güvenç, 2006**).

La présence excessive des sels solubles peut causer une forte pression osmotique chez les plantes et l'inhibition de la germination des graines ainsi que le développement de la plante entière en réduisant sa capacité à retenir l'eau entraînant des conséquences sur le niveau de croissance et sur l'activité métabolique (**Belkhodja et Bidai, 2004**). Plusieurs études ont montré que le sel a un effet dépressif sur le taux de germination, sur la croissance biologique et sur la production des graines (**Ben Naceur et al., 2001**).

II.2.3. Effet de la salinité sur la croissance et le développement :

La salinité est une contrainte majeure qui affecte la croissance et le développement des plantes (**Bouaouina et al., 2000**). La salinité des sols et des eaux demeure, pour les régions arides et semi arides, un obstacle majeur à la croissance des végétaux. Selon **Levigner et al. (1995)**, 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.

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

la croissance des plantes se fait selon trois manières principales : par une toxicité ionique (surtout de Na^+ et Cl^-), un stress osmotique et une perturbation nutritionnelle (Greenway et Munns, 1980 ; Levigneron et al., 1995).

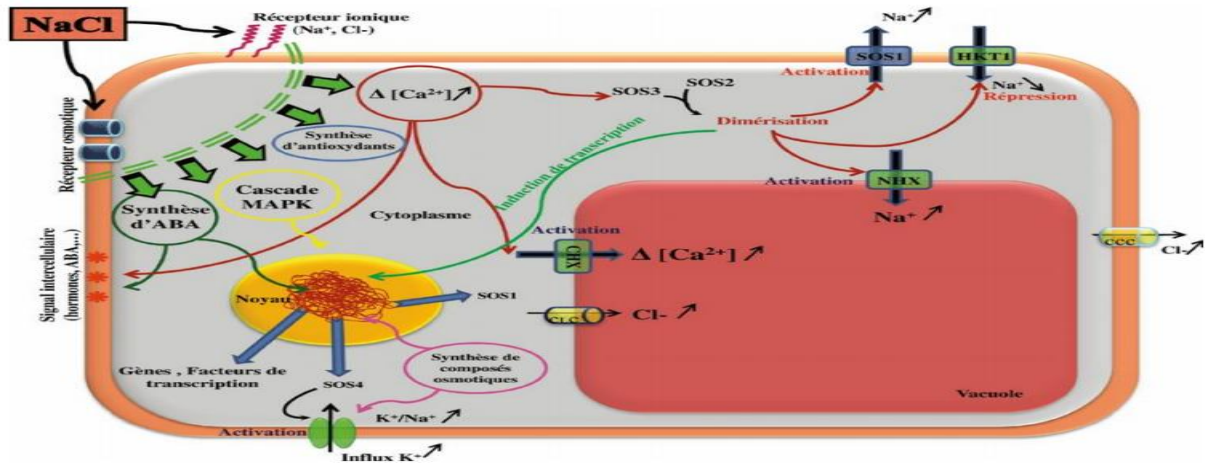


Figure 5 : Synthèse des principaux mécanismes cellulaires de perception, signalisation et réponse au stress salin chez les plantes (Arbaoui, 2016).

II.3. Mécanismes de résistance à la salinité :

La résistance d'une plante à la salinité s'exprime par sa capacité à survivre et à produire dans des conditions de stress salin (Piri et al., 1994). Les plantes développent plusieurs stratégies pour limiter le stress salin, qui diffèrent selon la catégorie de la plante (Berthomieu et al., 2003).

Chez les plantes sensibles au NaCl , le Na^+ s'accumule dans les racines, puis est exclu par les feuilles, ces plantes sont dites «excluser». À l'inverse, les plantes tolérantes au NaCl sont dites « incluser » car elles ont en général des feuilles plus chargées en Na^+ que les racines lorsqu'elles sont cultivées en présence de sel (Haouala et al., 2007).

II.3.1. Exclusion

La plante empêche le sel de remonter dans la sève jusqu'aux feuilles. La présence de l'endoderme dans les racines ainsi que le transport sélectif, leur permet d'absorber les ions nutritifs utiles et de réexcréter les ions Na^+ (Genoux et al., 1991).

Quelques halophytes peuvent empêcher l'absorption excessive de sel par son exclusion au niveau des racines et de la partie inférieure de la tige. Dans ce cadre, la sortie de Na^+ des vaisseaux du xylème en échange d'une entrée de K^+ venant des cellules

parenchymateuses du xylème et du parenchyme avoisinant, joue un rôle important dans la tige et les racines (Luttge et al, 2002)

II.3.2. Inclusion

La plante retient le sel qui parvient aux feuilles au même titre que l’eau, par le mouvement ascendant de la sève dans les vaisseaux. A l’intérieur des cellules, le sel est alors stocké dans les vacuoles grâce à des systèmes de pompes moléculaires. Les vacuoles sont des compartiments fermés au sein de la cellule, le sel est ainsi isolé des constituants cellulaires vitaux (Berthomieu et al, 2003), ou excrété par des glandes vers l’extérieur (Alem et Amri, 2005).

L’excrétion dans les glandes à sel est très spécifique ; d’abord Na^+ , Cl^- et HCO_3^- sont excrétés contre le gradient de concentration, alors que des ions comme Ca^{++} et SO_4^{2-} sont maintenus contre leur gradient (Hopkins, 2003).

II.3.3. Recirculation

La plante a la capacité de réexpédier aussitôt l’excès de sel parvenu jusqu’aux feuilles vers ses racines, par l’intermédiaire de sa sève descendante par le phloème. Les racines peuvent ensuite recycler le sel à l’extérieur et l’éliminer vers le sol (Berthomieu et al, 2003).

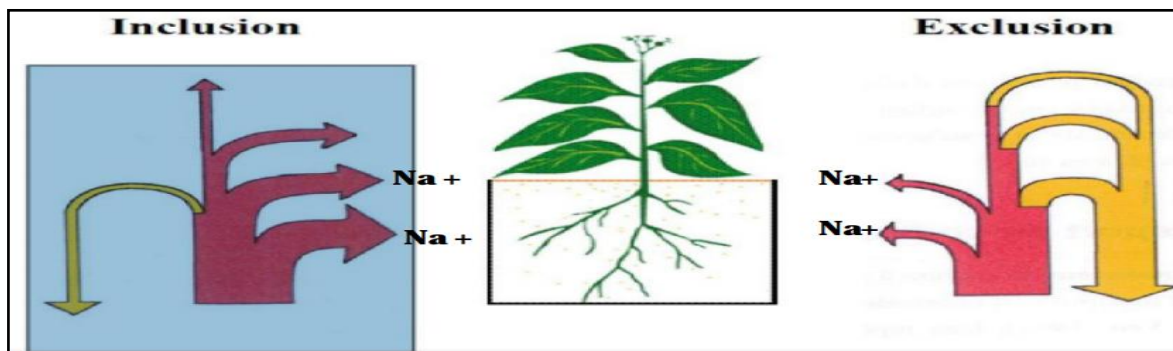


Figure 6 : Illustration des stratégies « exclusion et inclusion » (Bassou, 2019).

Chez les plants de types incluser, les flux de sodium sont essentiellement ascendants (en rose) et le sel est accumulé dans les parties aériennes. Chez celles de type excluser, la plus grande partie du sodium véhiculé vers les feuilles est réexporté vers les racines via le phloème (en jaune). Les intensités relatives des flux sont symbolisées par la largeur des traits.

Chapitre III

I. Généralité sur les Acacia

Acacia est un genre de la sous famille des Mimosoidae, cosmopolite très riche en espèces. De nouvelles espèces sont découvertes régulièrement. 1250 espèces ont été identifiées et la majorité sont originaires d'Australie; seules 134 espèces sont africaines (**Wickens 1996**). Ce nombre est passé à plus de 1350 espèces dont 957 en Australie (**Maslin, Miller, Seigler, 2003**). De plus, trois nouvelles espèces tout récemment décrites au Kimberley, en Australie Occidentale (**Lewington et Maslin, 2009**).

II. Taxonomie des Acacia

II.1. Classifications de Bentham (1875) à Maslin et al. (2003)

Les Fabaceae au sens large sont apparues il y a 70 millions d'années (**Polhill et al., 1981**). Elles sont subdivisées en trois sous-familles : Papilionoideae, Mimosoideae et Caesalpinioideae (**Lewis et al., 2001**). Parmi les Mimosoideae, Acacia représente le genre le plus nombreux.

La systématique du genre Acacia a une histoire complexe (**Maslin et al., 2003**). Le nom Acacia proviendrait du grec akazein (aiguiser), par allusion aux stipules épineuses de nombreuses espèces africaines et asiatiques (**Ross, 1973**). Le genre a été décrit pour la première fois par Philipp Miller en 1754; qui réserva le nom "Acacia" pour les plantes "Mimosoides" présentant de nombreuses étamines libres; l'espèce de référence était *A. nilotica* (**Maslin et al., 2003**). En 1875, George Bentham, botaniste britannique publia la version finale de sa classification du genre Acacia en identifiant six séries : Gummiiferae, Vulgares (nommé *Senegalia* en 1986), Filicinae, Phyllodinae, Botryocephalae et Pulchellae ; cette division était basée principalement sur les caractères du feuillage et des stipules et dans une moindre mesure de l'inflorescence (**Maslin et al., 2003**).

II.2. Classification récente

Jusqu'en 2005, *A. horrida* était connu aussi sous le nom d'*Acacia karroo*, hormis selon des recherches taxonomiques récentes et des preuves moléculaires, le genre Acacia s'est avéré polyphylétique (**Maslin et al., 2013**). Ça ne pouvait pas être maintenu comme une entité unique, et une proposition a été avancée pour qu'elle soit divisée en cinq genres (**Brummitt, 2004**). Selon la nouvelle classification proposée, ratifiée dans le Congrès International de Botanique à Vienne en juillet 2005, le genre Acacia a été divisé en cinq genres monophylétiques (*Vachellia*, *Senegalia*, *Mariosousa*, *Acaciella* et *Acacia*), avec tous l'Acacia africain relevant désormais de *Vachellia*.

III. Répartition des acacias dans le monde

L'aire naturelle des acacias s'étend sur tous les continents sauf l'Europe et l'Antarctique (FAO 1980), (Fig. 7). Les 1350 espèces d'Acacia dans le monde (y compris le genre mono spécifique *Faidherbia*. Chev) (Maslin et al., 2003) se répartissent comme suit : 144 en Afrique, 89 en Asie, 185 en Amérique, et 993 en Australie et dans les régions du Pacifique (Konate, 2010).

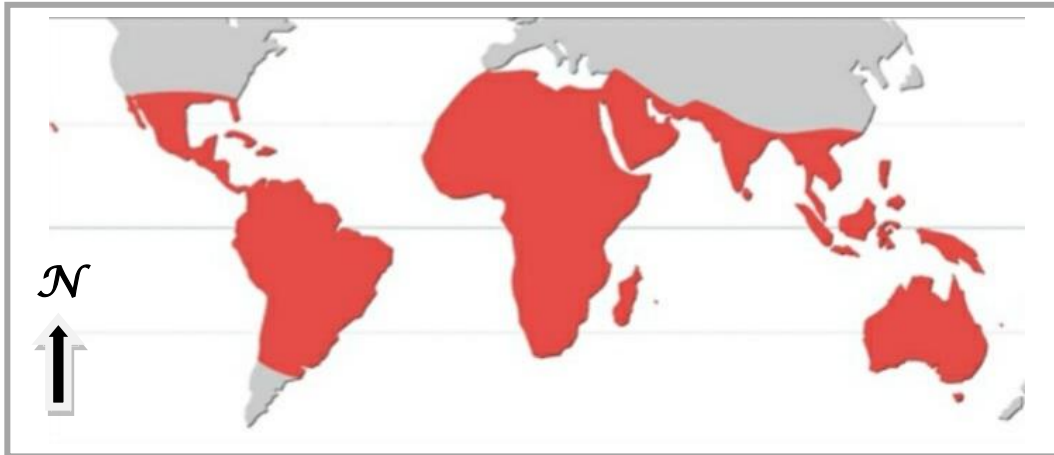


Figure 7 : Aire de répartition du genre Acacia dans le monde (Maslin et al., 2003).

VI. Présentation de l'*Acacia horrida* :

Acacia horrida (L.) Willd, appelée aussi *Acacia Karroo* Hayne. (Lahdachi et al., 2015) ou *Vachellia karroo* (Dingaen et Du Preez, 2017), en français Gommier du cap, est une légumineuse appartenant à la famille des Fabacées, la sous famille des Mimosoidées et le genre Acacia. Originaire du sud-ouest de l'Afrique. On le rencontre dans les régions méditerranéennes (Fig. 8).

L'*A. horrida* est, dans l'ensemble, facile à cultiver et devient souvent une espèce envahissante et agressive dans de précieuses terres agricoles et zones de pâturage, un phénomène généralement appelé empiètement de la brousse. Cette espèce se régénère par voie végétative et à partir de graines, alors que la régénération à partir de cette dernière est la plus dominante (Mucunguzi, 1995).

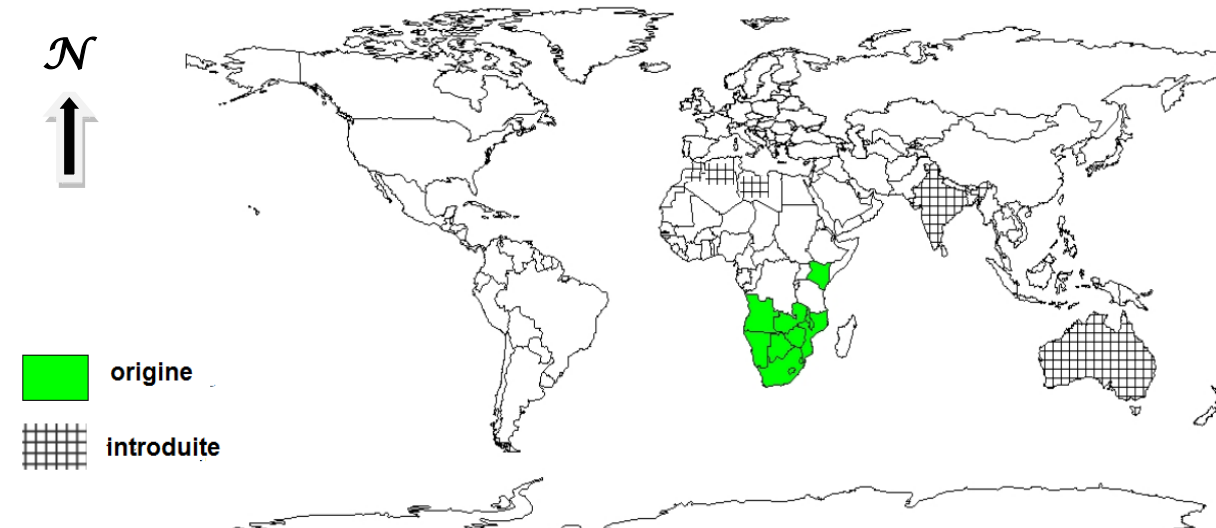


Figure 8 : Répartition de l'*Acacia horrida* dans le monde

VI.1. Systématique (Taxonomie) :

L'*Acacia horrida* est une Angiosperme dicotylédone appartenant à la famille des Fabacées

Tableau2. Taxonomie de l'*Acacia horrida* (L.) willd. (1806)

Règne	Plantae
Clade	Angiosperme
Clade	Dicotylédone
Classe	Magnoliopsida
Ordre	Fabales
Famille	Fabaceae
Genre	Acacia
Espèce	<i>Acacia horrida</i>

VI.2. Description de l'*Acacia horrida*:

➤ **Description morphologique :**

Acacia horrida est une espèce ligneuse de 3 à 4 m de hauteur, et atteignant occasionnellement 10 m. de haut, obconique, se ramifiant à la base, s'étalant, parfois plus large que haut, à sommet plat. On le trouve en Afrique, en Asie, en Inde et en Amérique du Sud.

Les feuilles sont bipennées de couleur vert pale, glauque, composées, alternes et avec plus de 10 folioles. Les folioles sont oblongues de 5 mm de long. Les stipules sont de longues épines droites (9 cm), deux à la base de chaque feuille (**Fig. 9**).



Figure 9 : Une jeune plante d'*Acacia horrida* (L.) willd magnifiquement armé de longues épines blanches

Comme chez les autres espèces de ce genre, les petites fleurs jaunes sont disposées en grappes globulaires denses (**Fig. 10**).

Les racines sont superficielles. Comme pour la majorité des plantes de la famille des Fabaceae. La racine est de type pivotant avec des racines secondaires susceptibles de puiser l'eau en profondeur et de fixer les sables (**Dingaen et Du Preez, 2017**).



Figure 10 : Les organes aériens de l'*Acacia horrida*

A : tronc; B : les épines; C : les branches ; D : la fleur ; E : les gousses et F : les graines
d'*Acacia horrida*

VI.3. Intérêt de l'*Acacia horrida*

Acacia horrida est utilisé comme fourrage pour le bétail, pour son bois et comme combustible. En raison de ses énormes épines, il constitue une excellente haie protectrice. Son bois est extrêmement dur et est souvent utilisé dans la fabrication de meubles et comme la charpente dans la construction de maisons; le tronc n'est pas assez droit pour le rendre précieux comme arbre à bois. C'était l'arbre le plus important pour l'industrie du tannage en Afrique du Sud, mais l'extrait de son écorce laisse le cuir avec une odeur plutôt mauvaise. L'inclusion des feuilles d'*Acacia horrida* comme complément alimentaire dans l'alimentation des chèvres et autres animaux d'élevage pourrait profiter aux petits agriculteurs des zones rurales pendant la pénurie critique de fourrage (Maroyi, 2017). L'arbre produit une bonne gomme, mais elle est de couleur jaunâtre (Fig. 11).



Figure 11 : Arbre d'Acacia horrida exsudant de la gomme.

La composition nutritionnelle des feuilles d'A. horrida est indiquée dans le tableau 3. Les feuilles d'A. horrida contiennent des niveaux élevés de protéines brutes et minérale set les valeurs de protéines brutes pour cette espèce se situent dans la fourchette optimale de (120–230) g / kg de matière sèche qui est nécessaire à la reprise de poids corporel et au maintien de la croissance et à la production de bétail. Les feuilles de l'A. horrida ont également des niveaux modérés de fibres détergentes qui sont une indication de leurs valeurs alimentaires élevées.

Tableau3 : Composition nutritionnelle des feuilles de l'Acacia horrida (Negesse et al., 2001).

Caloric and nutritional composition	Values
Acid detergent fibre (ADF) (%)	32.4
Ash (g/kg DM)	51
Ca	1.73 ± 0.02
Crude fibre (g/kg DM)	259
Crude protein (g/kg DM)	148.9
Cu (ppm)	10.7
Dry matter (%)	97.0
Ether extract (%)	2.4
Fe (ppm)	175 ± 18
K (%)	0.970 ± 0.001
Mg (%)	0.320 ± 0.001
Mn (ppm)	13 ± 3
Na (%)	0.01 ± 0.00
Neutral detergent fibre (NDF) (%)	38.0
Organic matter (%)	92.1
P (%)	0.13 ± 0.01
Se (ppm)	0.17
Tannin (%)	2.220 ± 0.008
Total phenolics (%)	38.0
Zn (ppm)	66 ± 2



PARTIE II :
EXPÉRIMENTATION

Chapitre I

I. Présentation de la station du prélèvement des graines

Le parc national de Gouraya (PNG) est créé par décret n° 84.327 du 03 Novembre 1984 et régit par un statut défini par le décret n° 83-458 du 23 Juillet 1983, fixant le statut type des parcs nationaux modifié et complété par le décret exécutif n°98.216 du 24 juin 1998.

Il a été classé en 2004 comme réserve de biosphère par le conseil international de coordination du programme « l'homme et la biosphère » (MAB) de l'UNESCO à Paris (Anonyme, 2006).

I.1. Situation géographique

Le parc national de Gouraya (PNG) est localisé dans la Wilaya de Bejaia, il fait partie des chaînes littorales de l'Atlas tellien. Occupant une superficie de 2080 ha, il représente 10,2% de la superficie totale de la wilaya.

Le PNG s'ouvre sur la mer sur une distance de 11,5 km de falaises, d'arches marines, de grotte et de gouffres. Il est limité au nord et à l'est par un cordon de falaises, à l'ouest par les villages d'Issoumar et de Taourirt-Ighil et au sud par la ville de Bejaia (Anonyme, 2006).

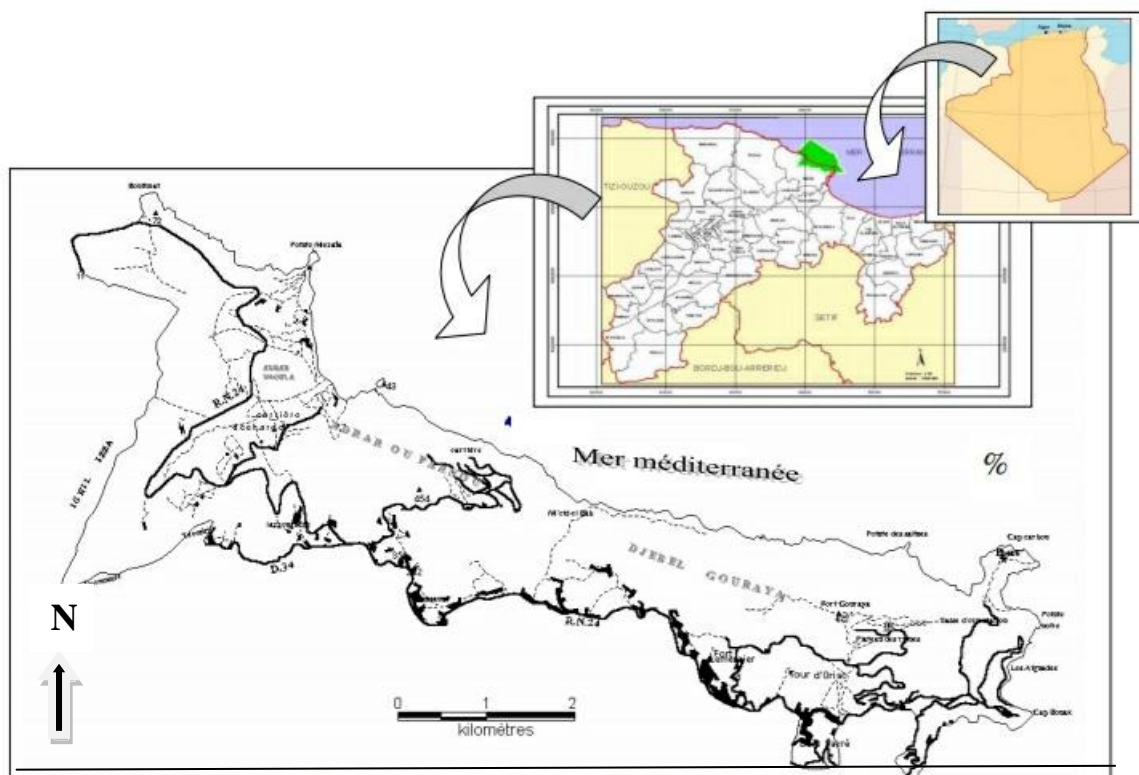


Figure 12 : Situation du Parc National de Gouraya (Moussouni, 2008).

I.2. La climatologie du Parc National de Gouraya :

Les données climatiques de la région proviennent de la station météorologique de Bejaia.

Cette station possède les caractéristiques suivantes :

1. Coordonnées géographiques : 36°43'N. 05°04'E.
2. Altitude : 1.75m. Période : 2009-2019
3. Localisation : Aéroport AbenRamdane.

1. Le climat :

La région du Parc National de Gouraya est soumise à un climat de type méditerranéen. Les données climatiques utilisées sont recueillies de la station météorologique de Bejaia, qui s'étale sur une période de dix ans (2009-2019).

2. La température :

La température est l'un des facteurs majeurs de première importance, elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition d'espèces et communautés d'être vivant dans la biosphère (**Radame, 1984**).

Les valeurs moyennes de la température mensuelles de l'air de la région de Bejaia de l'année (2009-2019), sont présentées dans la figure 13.

Le maximum des moyennes des températures sont atteintes en mois d' Août (26,15°C), et le minimum en mois de Février avec une température de (11.25 °C). On déduit que cette région a un climat doux et tempéré.

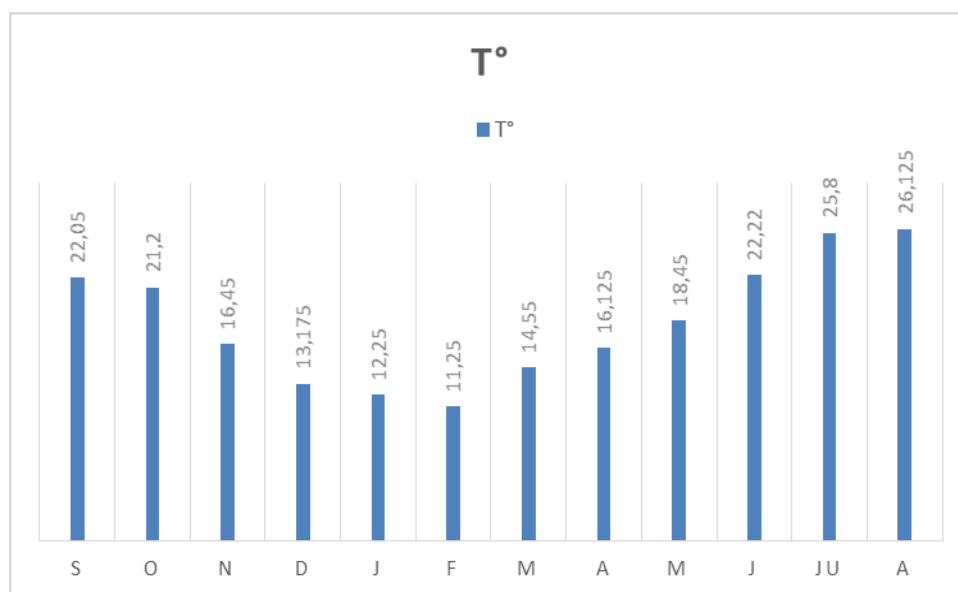


Figure 13 : histogramme des températures moyennes mensuelles de la région de Bejaia.

3. Les précipitations :

La pluviométrie constitue un facteur écologique de première importance (**Radame, 2003**). Elle exerce une influence sur la vitesse de développement des végétaux.

La distribution saisonnière des pluies n'est pas homogène, d'après la figure 14 les précipitations moyennes annuelles sont abondantes à notre station, elles dépassent les 794,045mm par an.

Les valeurs maximales des précipitations moyennes mensuelles sont observées en mois de Mars, Février, Octobre, Novembre et Janvier. Par contre, les précipitations diminuent dramatiquement durant la période de Juin, Juillet et Août. La valeur minimale est enregistrée au mois de juillet avec un 1.51 mm.

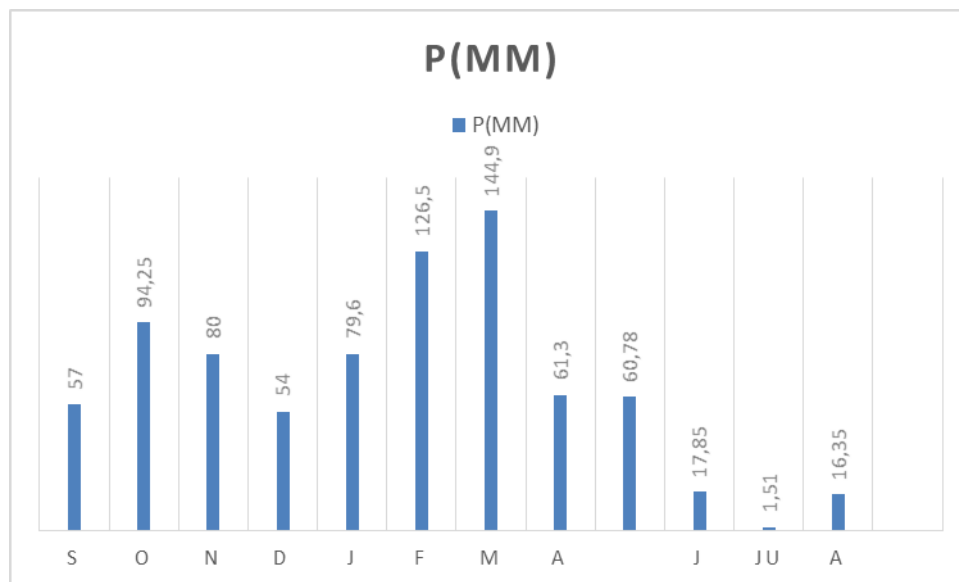


Figure 14 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la région de Bejaia (2009-2019).

II. Matériel

Le présent travail est réalisé au niveau de laboratoire de recherche d'écologie et environnement.

II.1. Matériel végétale :

- 1. Site de prélèvement des graines :** Les graines sont récoltées au niveau du parc national de Gouraya.

2. **Les graines :** Le matériel végétal utilisé pour cette étude est les graines d'*Acacia horrida*.



Photo 1: Les graines d'*Acacia horrida*.

II.2. Matériel de laboratoire :

1. Etuve obscure à différentes températures (20°C, 60°C)
2. Balance électrique
3. Acide sulfurique (H₂SO₄)
4. Sulfate de sodium (Na₂SO₄)
5. Chlorure de sodium (NaCl)
6. Polyéthylène glycol-6000 (PEG₆₀₀₀)
7. Eau distillée (H₂O)
8. Boîtes de Pétri
9. Seringue de 5ml
10. Une pince
11. Ciseaux
12. Papier filtre
13. Papier absorbant
14. Papier aluminium
15. Passoire
16. Balance analytique
17. Balance électronique à haute précision (0,001g)
18. Becher
19. Parafilm

III. Les méthodes d'étude :

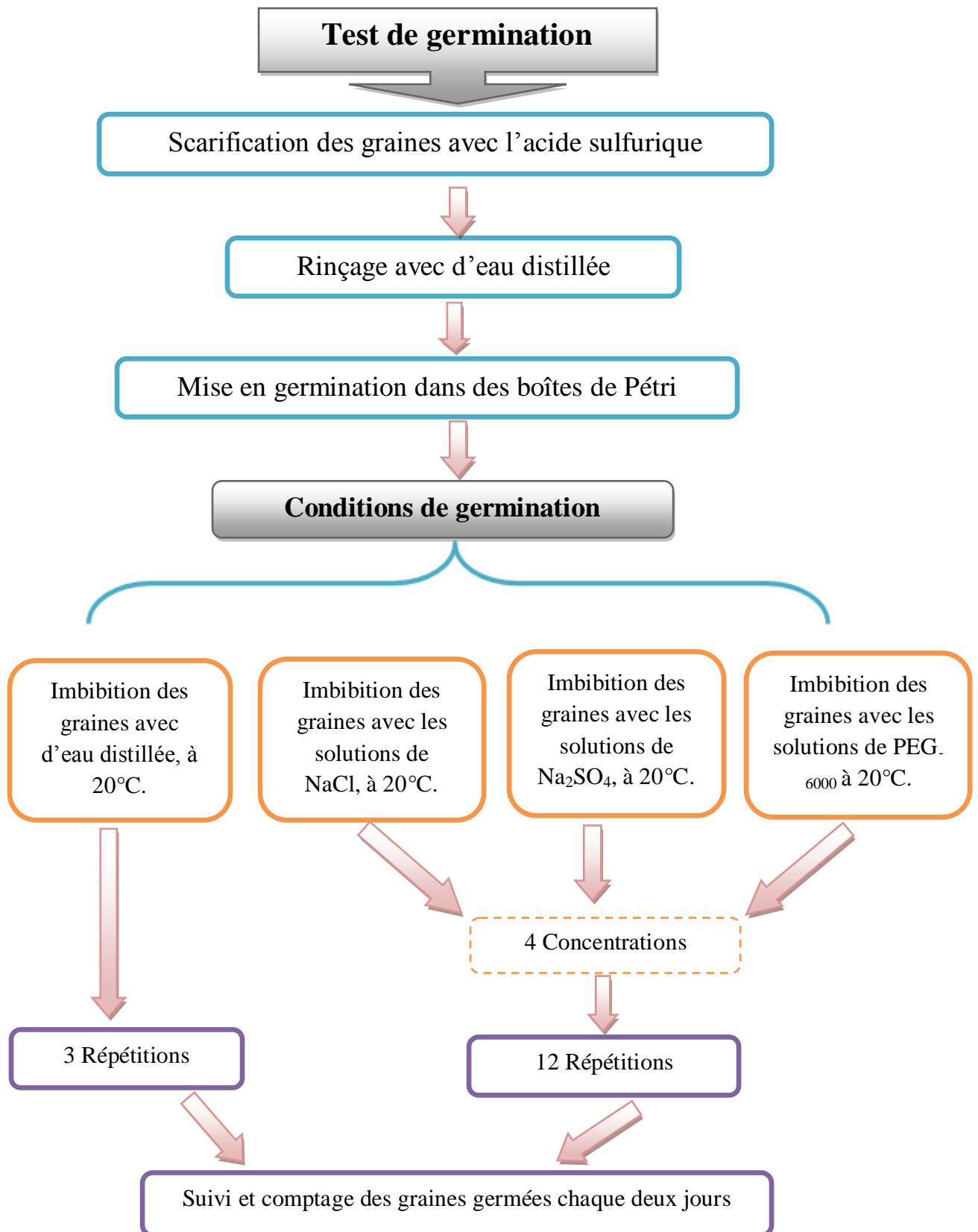


Figure 16 : Protocole expérimental

III.1. Préparation des graines pour la germination :

1. 1^{ère} étape : La scarification des gaines :

Le produit chimique le plus fréquemment employé pour lever la dormance tégumentaire est l'acide sulfurique concentré (**Kemp, 1975**). Cette expérience consiste à immerger les graines (600 graines \approx 22,43g) complètement dans 100ml de l'acide sulfurique (H_2SO_4) non dilué pendant 20 minutes (**Photo 2**).



Photo 2 : Scarification des graines.

1 : Acide sulfurique ; **2 :** Les graines d'*Acacia horrida*

3 : Becher contient 22,34 g de gaines d'*Acacia horrida* dans 100 ml d'acide sulfurique

2. 2^{ème} étapes : Rinçage des graines :

Les graines, après, ont été rincées plusieurs fois (9 à 10 fois) avec l'eau de robinet pour éliminer les traces de l'acide sulfurique, en finissant le rinçage par l'utilisation de l'eau distillée (**Photo 3**).

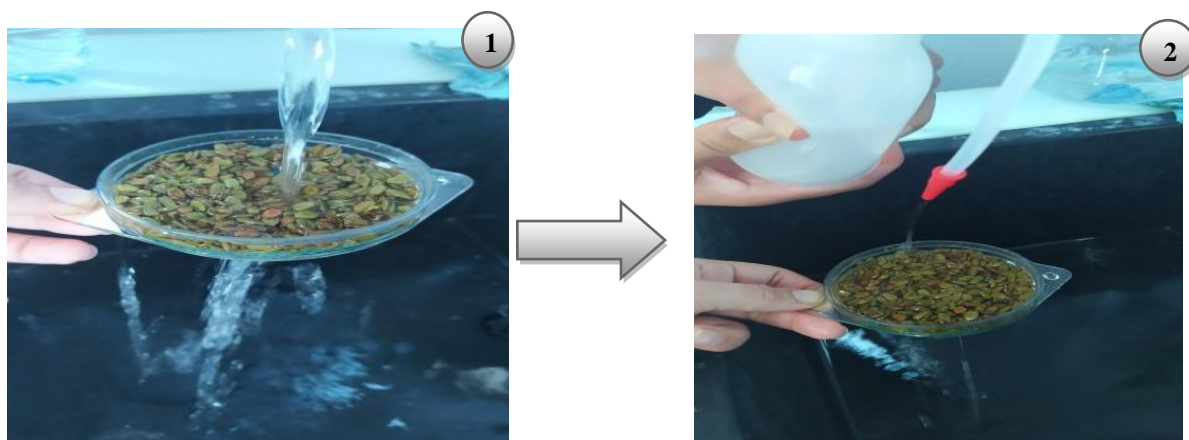


Photo 3 : Rinçage des graines d'*acacia horrida*.

3. 3^{ème} étapes : Séchage des graines :

Les graines sont ensuite séchées par un papier absorbant avant d'être déposées dans des boîtes de Pétri de 9 cm de Ø (**Photo 4**).



Photo 4 : Les graines déposées sur un papier absorbant pour les sécher.

III.2. Préparation des solutions :**1. NaCl**

Tableau 4 : Les solutions de NaCl préparées.

Solution	S0	S1	S2	S3	S4
[C] mM	0	90	180	270	360
g /l	0	5,2	10,51	15,77	21,04
Conductimétrie (ms/cm)	0.005	10,47	17,92	26,7	34,7

2. Na₂SO₄

Tableau 5 : Les solutions de Na₂SO₄ préparées.

Solution	S1	S2	S3	S4
[C] mM	90	180	270	360
g /l	12,78	25,57	38,35	51,14
Conductimétrie (ms/cm)	14,21	25,5	37,8	43,9

3. PEG-6000

Selon la méthode décrite par **Michael et Kaufman (1973)**, le potentiel hydrique est calculé comme suite : $\Psi = - (1.18 \times 10^{-2}) C - (1.18 \times 10^{-4}) C^2 + (2.67 \times 10^{-4}) CT + (8.39 \times 10^{-7}) C^2T$

Où :

Ψ : le potentiel hydrique (en bar),

C : est la concentration de PEG-6000 en g / kg de H₂O

T : est la température d'incubation en degrés Celsius

1 bar = 0.1 Méga pascal (MPa)

Tableau 6 : Les solutions de PEG-6000 préparées.

Solution	S1	S2	S3	S4
Potentiel osmotique (MPa)	-0,25	- 0,5	- 0,75	- 1
g / l	127,5	192	242	284

III.3. Mise en germination des graines:

1^{ère} étape : La déposition des graines dans des boîtes de Pétri :

Nous avons déposé les graines séchées dans des boîtes de Pétri stérile de 9 cm de diamètre tapissées d'une couche de papier filtre. Chaque essai a été porté sur 45 graines, soit 3 répétitions de 15 graines pour chaque lot.

2^{ème} étapes : L'imbibition les graines d'*Acacia horrida* (application du stress)

Nous avons irrigué chaque boîte de Pétri par 7ml d'eau distillée pour les témoins et le même volume pour les différentes solutions testées (**Photo 5 et 6**), puis nous les avons scellé hermétiquement avec du parafilm afin de limiter l'évaporation.

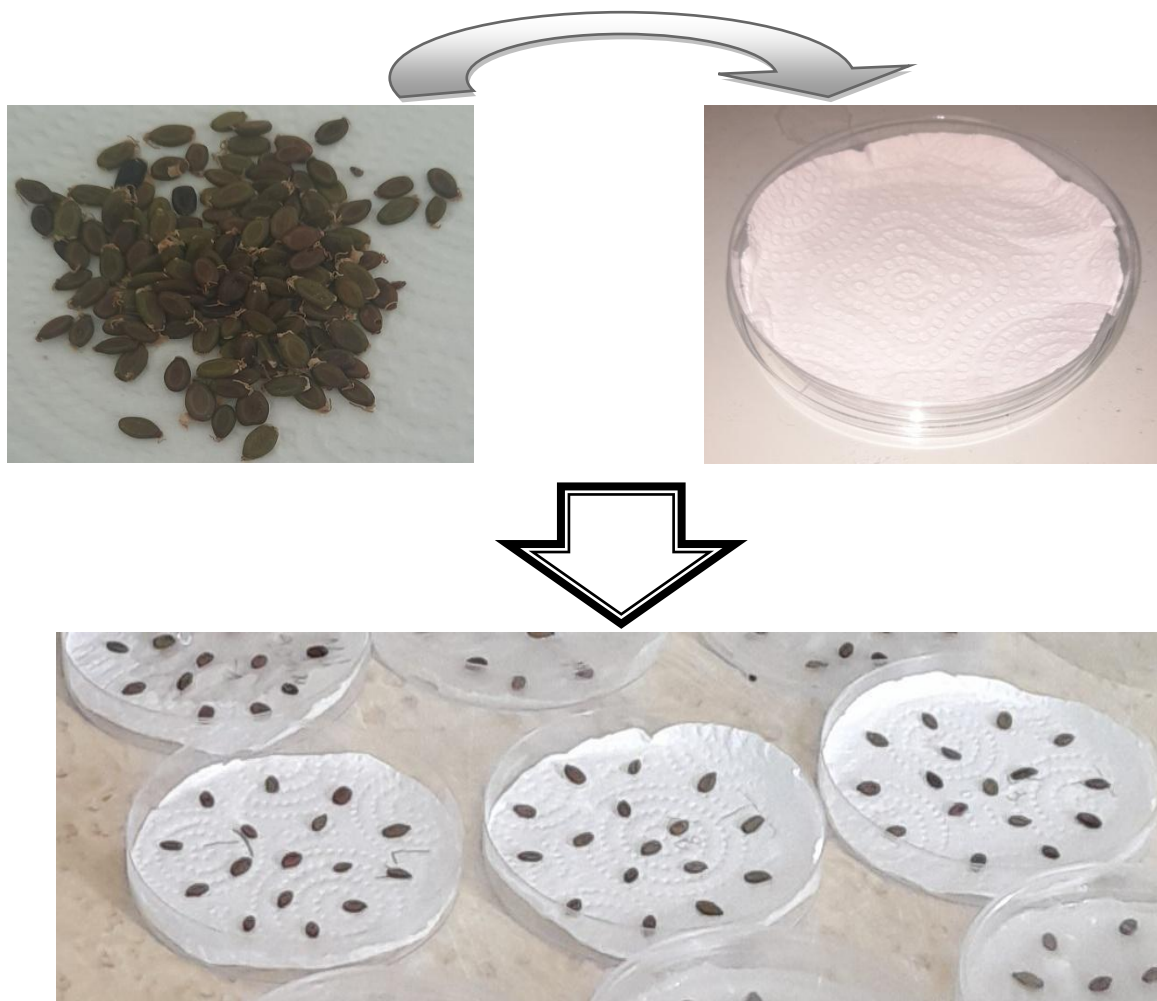


Photo 5 : Disposition des gaines en boîtes de Pétri.



Photo 6 : Application du stress sur les graines.

3^{ème} étapes : L'incubation des boîtes de Pétri dans une étuve obscure

Les boîtes de Pétri sont enfin mises dans une étuve à 20°C, l'émergence de la radicule étant indicateur de la germination (**Photo 7**).

La germination est repérée par la sortie de la radicule hors du tégument de la graine dont la longueur est d'au moins de 2mm (**Sayaar et al., 2010**). Le comptage des graines germées a été fait chaque deux jour.



Photo 7 : Déroulement de la germination.

1 : Étuve réglée à 20 °C ; **2 :** La disposition des graines dans l'étuve ; **3 :** La germination des premières gaines.

III.4. Les paramètres étudiés :

III.4.1. Taux final de germination (TG) :

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

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

Le taux de germination final a été déterminé à la fin des 10 jours d'après la formule suivante :

$$\text{Le taux finale de germination \%} = (\text{Ni} / \text{Nt}) \times 100$$

Avec :

Ni : Nombre des graines germé

Nt : Nombre des graines mise en germination

III.4.2. Temps moyen de germination (TMG)

Le temps moyen de germination (TMG) donne une idée sur la vitesse de germination qui peut s'exprimer par la durée médiane de germination (Scott et al., 1984) ou par le temps moyen de germination (Côme,1970).

Le temps moyen de germination est calculé par la formule donnée par (Maziliak, 1982)

$$\text{TMG} = (N1T1 + N2T2.....NnTt) / N$$

TMG : temps moyen de germination

N1 : nombre de graine germant au temps T1

N2 : nombre de graine germant au temps T1+T2

N : nombre total des semences ayant germé à la fin du temps de l'essai

III.4.3.La longueur de la pousse

Pour déterminer l'effet du stress salin sur la croissance nous avons mesuré la taille de la pousse en centimètres (cm) à l'aide d'un papier millimétré. On a sélectionné trois plantules représentativement pour chaque traitement. Les valeurs données sont les moyennes obtenues des trois plantes parmi trois répétitions.



Photo 8 : Mesure de la longueur des pousses.

III.4.4. Matière fraîche :

Après 10 jours nous avons abouti à la mesure des poids frais des pousses germées. Pour cela trois plantules pour chaque boîte ont été sélectionnées au hasard et pesées (Photo9).

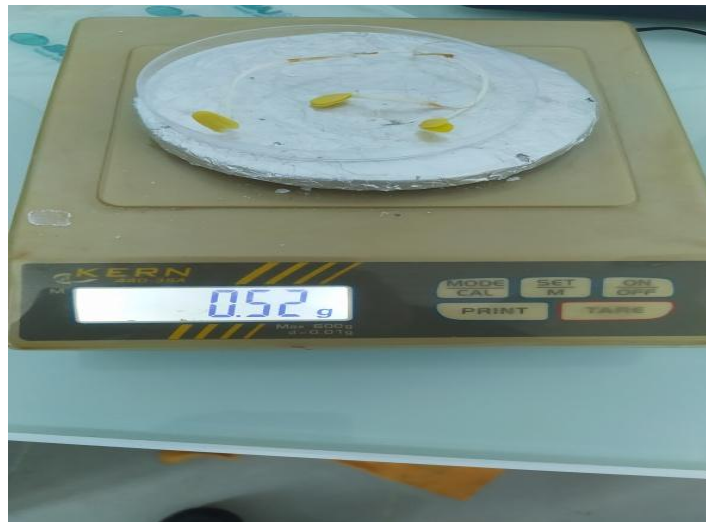


Photo 9 : Poids frais des plantules.

III.4.5. Matière sèche :

Les plantules ont été mises dans une étuve réglée à 60 °C durant 48 heures. Après séchage les échantillons sont pesés pour déterminer le poids sec de chaque traitement, exprimé en mg (**Photo 10**).

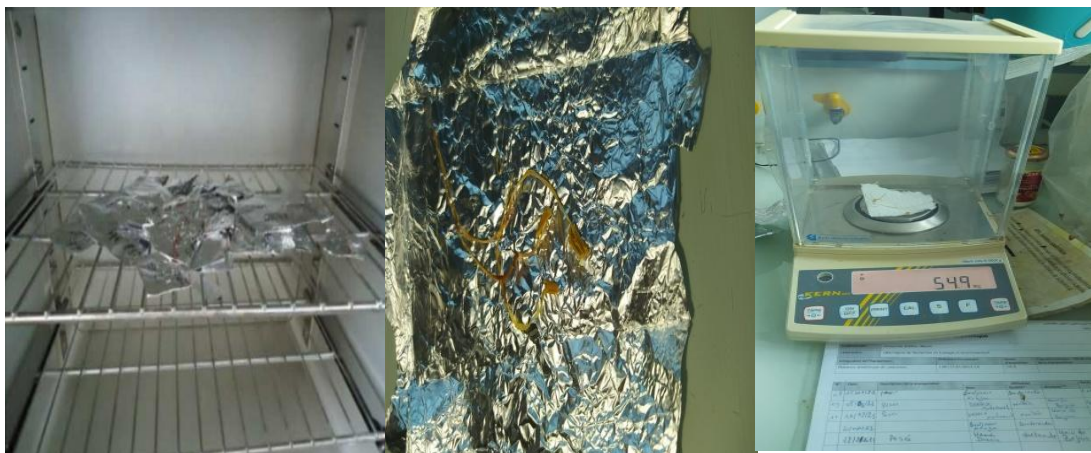


Photo 10: Séchage des plantules à l'étuve afin de mesurer le poids sec.

III.4.6. Indice de vigueur des plantules (IVP) :

Pour calculer le taux de la production de biomasse la formule suivante est utilisée
 $IVP = TMG \times \text{le poids sec de la plantule}$ (**Yan, 2015**).

$$IVP = TMG \times PS$$

III.5. Analyse statistique :

Les analyses statistiques ont été appliquées uniquement sur le taux final et le temps moyen de germination. Pour chacun des essais appliqués, les résultats obtenus sur trois répétitions à raison de quinze graines par boîte de Pétri sont statistiquement analysés par le logiciel SPSS pour Windows, version 22. Une analyse de la variance (ANOVA) a été effectuée pour la comparaison de plusieurs moyennes. Le test de Duncan est utilisé pour identifier la signification des différences entre les moyennes deux à deux au seuil de 5%.

Chapitre II

I. Résultats :

La scarification des graines d'*Acacia horrida* dans l'acide sulfurique pendant 20 minutes à donner un taux finale de germination de l'ordre de 82.22% au témoin.



Photo 11 : germination des graines de l'*Acacia horrida* irriguées avec de l'eau distillée (Témoin).

I.1. Taux finaux de germination :

La germination a été étudiée à travers le taux final et la vitesse de l'apparition de la radicule (exprimée par le temps moyen de germination ou TMG) des graines de l'*Acacia horrida* témoins ou traitées avec différents stress (salin et hydrique) (**Fig 16**). L'étude a été réalisée dans un incubateur sous une température contrôlée (20 ± 1 °C).



Résultats obtenues 10 jours après le traitement

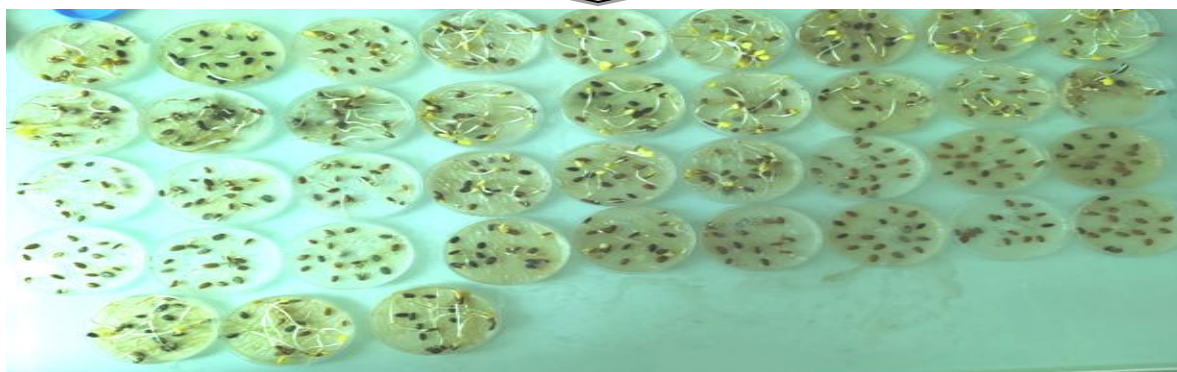


Photo 12 : germination des graines incubées à 20°C après 10 jours.

Le stress salin imposé dans le milieu influence significativement ($P < 0,001$; annexe 1) la germination des graines d'*Acacia horrida*, bien que les meilleurs taux de germination ont été enregistrés dans l'intervalle (0 à 180 mM) avec un taux de l'ordre de 82.22% au témoin, de l'ordre de 80% à la concentration 90-180 mM de Na_2SO_4 et à la concentration 90 mM de NaCl. Au-delà de ces concentrations la germination figure une baisse avec une absence totale de l'émergence de la radicule à 360 mM Na_2SO_4 .

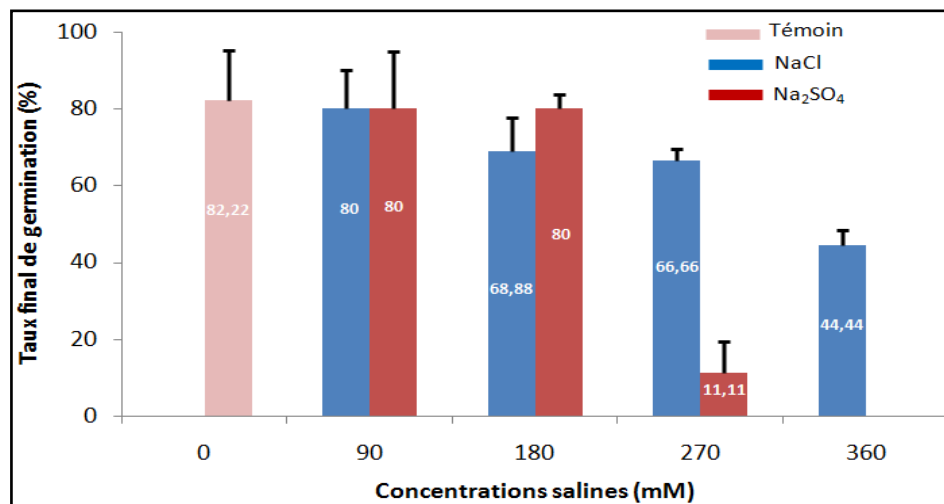


Figure 16 : Taux final de germination des graines de l'*Acacia horrida* sous l'effet des différentes contraintes salines (n = 3)

De part le stress salin, et d'après les résultats de la figure 28, il ressort que le taux final de germination est variable par rapport au stress hydrique, alors que, de façon intéressante, une légère augmentation de la germination sous le traitement de $-0,25$ MPa par rapport au témoin (**Fig. 17**) a été constatée avec un taux de 86.66 % vs. 82.22 % respectivement.

A partir de $-0,5$ MPa, nous avons témoigné une baisse du taux final de germination qui avait débuté avec l'augmentation du stress (71,11 %). Une chute brusque du taux final de germination est signalée à -1 MPa (31,11 %). Globalement, nous avons constaté que la diminution du potentiel hydrique engendre une chute significative du taux de germination final chez l'espèce étudiée ($F = 8,39$; $P = 0,003$; annexe 1).

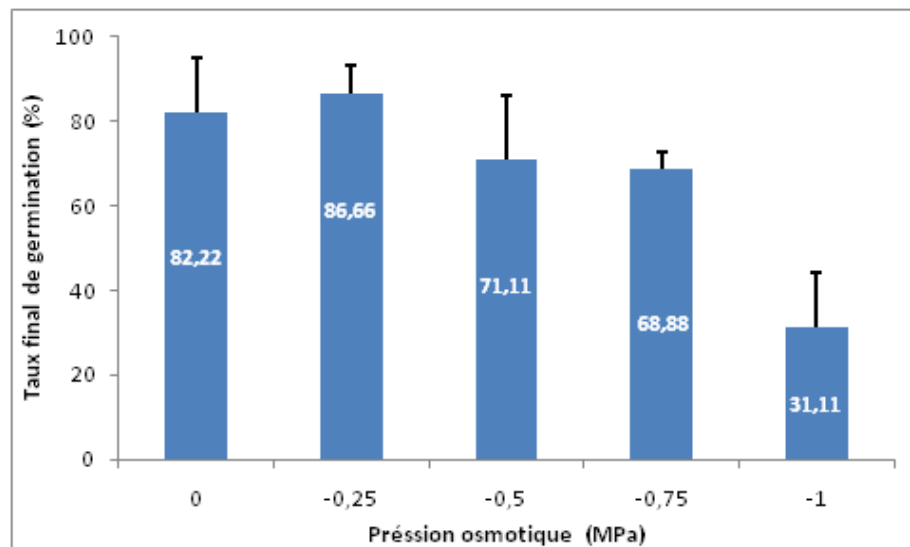


Figure 17 : Taux final de germination des graines de l'*Acacia horrida* sous l'effet des différents potentiels hydriques (n = 3).

I.2. Temps moyen de germination :

L'augmentation des concentrations salines réduit significativement le temps moyen de germination ($P < 0,001$; annexe 2). La figure 18, illustre l'évolution de la vitesse de germination exprimée par le temps moyen de la germination (TMG). Il faut noter qu'aux plus fortes concentrations le TMG diminue considérablement, quoique avec les plus faibles concentrations salines (90 et 180 mM) le TMG se prolonge et il est de 12,12 %. jour^{-1} à 90 mM Na_2SO_4 et au 11,94 %. jour^{-1} à 180 mM NaCl .

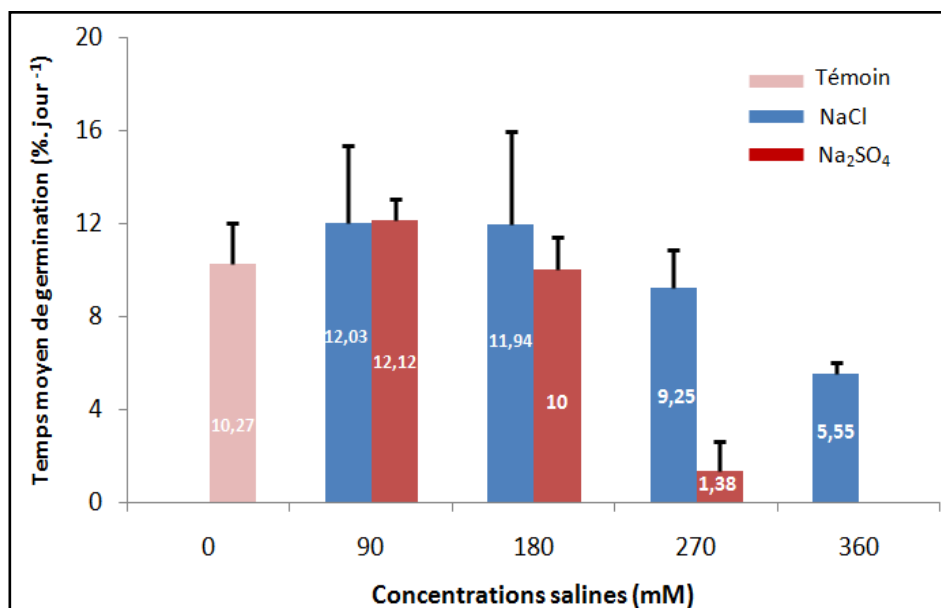


Figure 18 : Temps moyen de germination de l'*Acacia horrida* sous l'effet des différentes contraintes salines (n = 3).

D'après les résultats mentionnés dans la figure 19, il ressort que le temps moyen de germination est variable. La vitesse de germination la plus importante est enregistrée au -0,25 MPa (21,66 %·jour⁻¹) alors que plus le stress est imposant une baisse significative, à $P < 0,01$ ($F = 9,03$; annexe 2), du taux moyen de germination est signalée, d'où la plus faible valeur a été notée à -1 MPa (3,88 %·jour⁻¹).

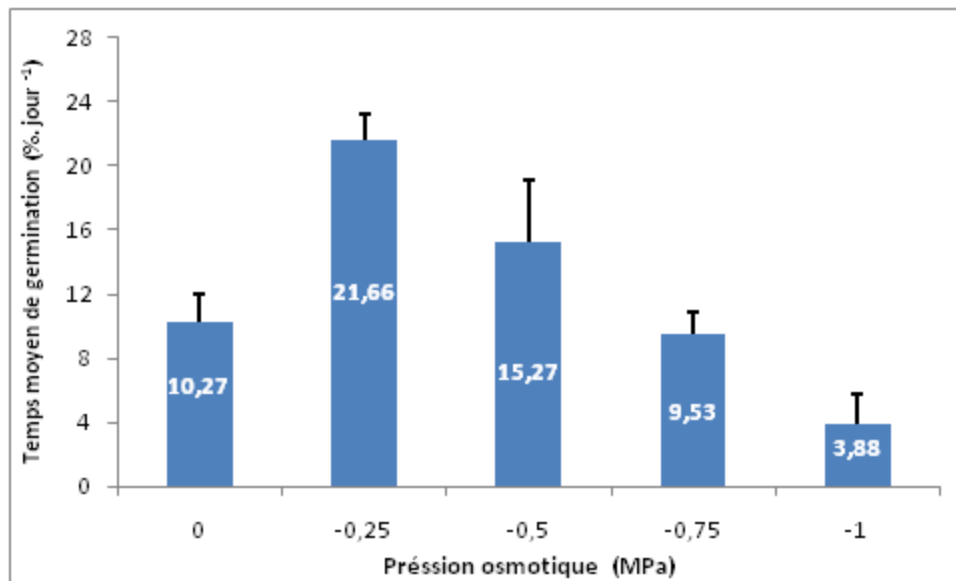


Figure 19 : Temps moyen de germination de l'*Acacia horrida* sous l'effet des différents potentiels hydriques (n = 3).

I.3. Mesure de la longueur des pousses :

L'observation de la taille des pousses met en évidence l'effet des différentes concentrations salines sur la croissance d'*Acacia horrida*.

Comme la figure 20 le montre, le Na₂SO₄ a un effet positif sur l'élongation des pousses d'*Acacia horrida* avec une longueur moyenne de 9,48 cm à la concentration 90 mM. En parallèle, le témoin affiche une longueur moyenne de 9,07 cm. La concentration 270 mM Na₂SO₄ affecte négativement l'allongement de la pousse en ralentissant sa croissance avec une longueur moyenne qui ne dépasse pas 3.5 mm.

D'autre part, et aux plus faibles concentrations, le NaCl allonge la taille des pousses (7,98 cm à 90 mM vs. 9,07 cm à 0 mM); tandis qu'aux plus fortes concentrations, jusqu'à 360 mM, une réduction considérable de la taille des pousses a été observée.

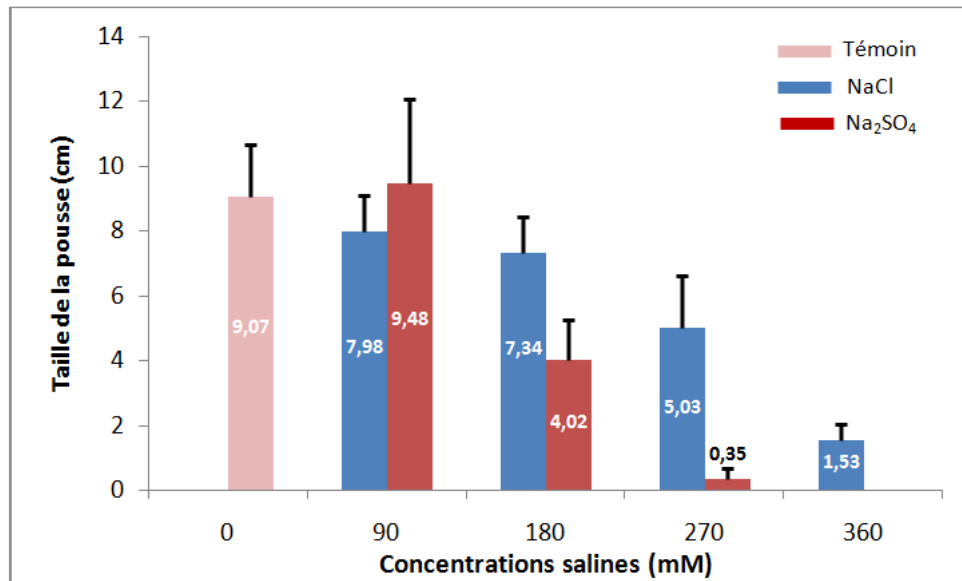


Figure 20 : Taille des pousses de l'*Acacia horrida* soumise à différentes concentrations salines (n = 9).

Le stress hydrique a fait diminuer la taille des pousses qui avait atteint son maximum de 9,07 cm au 0 MPa (témoin) alors que nous avons remarqué une réduction de la taille des pousses qui commença dès les plus faibles stress hydriques (-0,25 MPa / 6,58 cm) afin d'atteindre 2,03 cm à la pression osmotique de -1 MPa (**Fig. 21**).

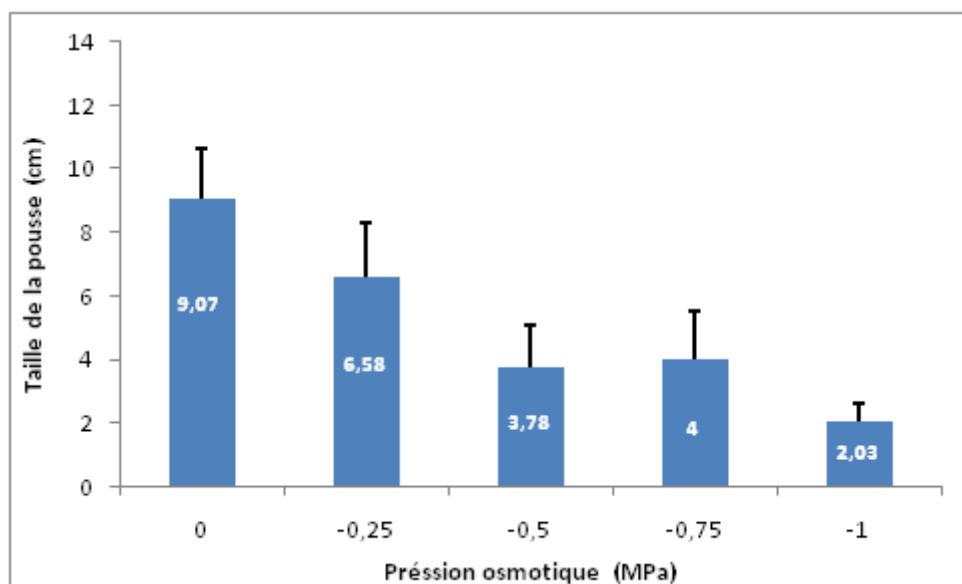


Figure 21 : Taille de la pousse de l'*Acacia horrida* soumise à différentes pressions osmotiques (n = 9).

I.4. Poids frais et sec

A la lumière de la figure 22, nous avons remarqué que les deux sels influencent sur le poids frais des pousses. En effet, le poids frais est plus important chez les graines traitées avec du NaCl à la concentration 90mM, qui présente une valeur presque identique à celui du témoin (175,77 mg et 173,33 mg respectivement). Les pousses soumises au NaCl ont maintenu le poids frais mais elles ont commencé à chuter significativement à partir de la concentration 360 mM. Par contre, les graines traitées par le Na₂SO₄ présentent un poids frais de 162,22 mg à la concentration 90 mM, bien que ces valeurs ont chuté à 270 mM pour atteindre 51,11 mg et cela par rapport au témoin.

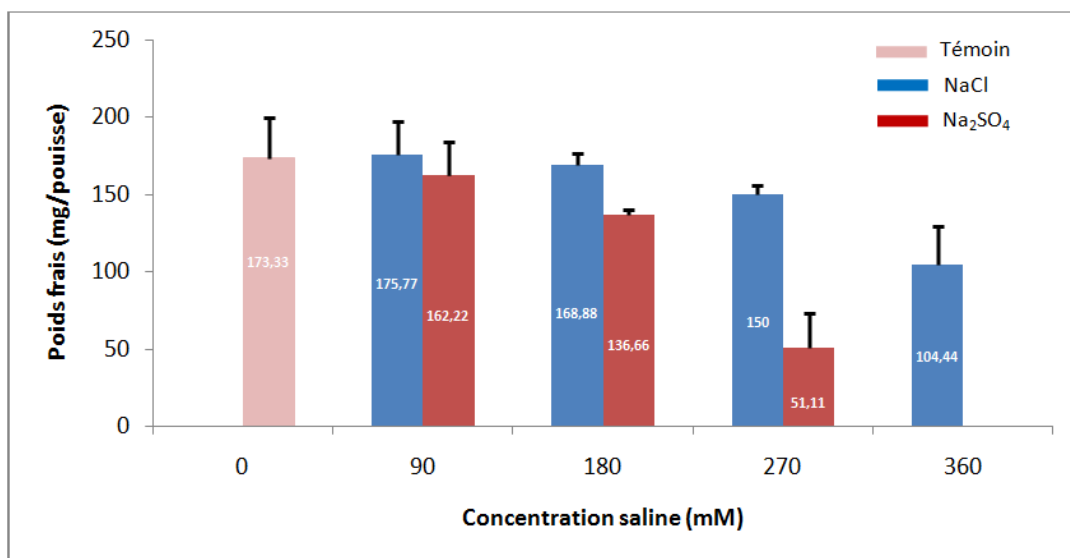


Figure 22 : Evolution du poids frais des pousses de l'*Acacia horrida* en fonction de différentes concentrations salines (n = 3).

Le NaCl stimule de la production de biomasse reflétée par une augmentation constante du poids sec qui est proportionnelle avec les concentrations de ce sel (de 15,32 mg au témoin jusqu'à 19,02 à 360 mM NaCl), tandis que le Na₂SO₄ maintenait les valeurs du poids sec presque similaire à 90 mM (17,03 mg) et 180 mM (17,78 mg), après, à 270 mM, une régression significative de ce paramètre est enregistré (12,5 mg) (**Fig. 23**).

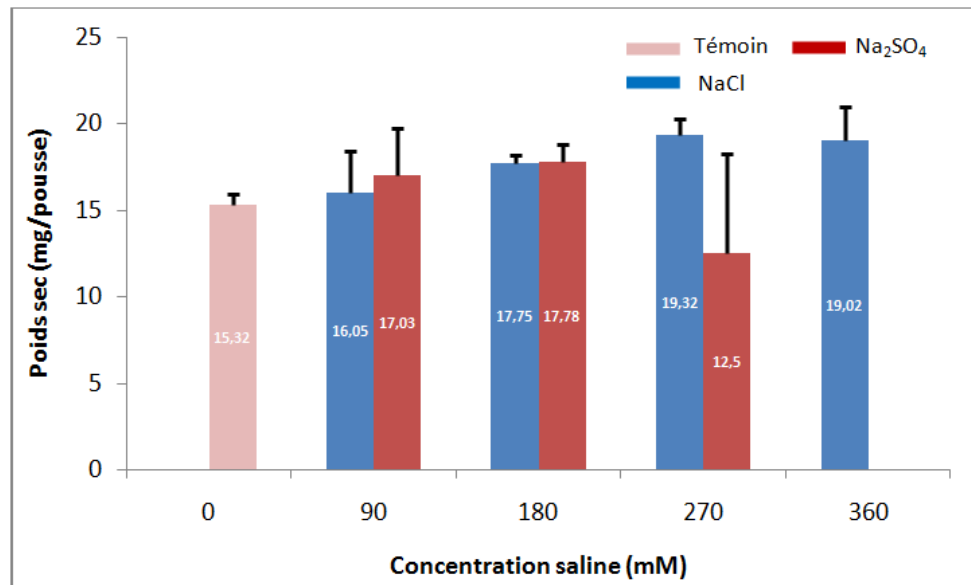


Figure 23 : Production de la biomasse chez l'*Acacia horrida* (exprimé par poids sec) sous l'effet de la salinité (n = 3).

La figure 24, stipule que l'évolution du stress hydrique influe sur le poids frais des pousses. La diminution du potentiel hydrique du milieu réduit significativement la percolation de l'eau dans les tissus (exprimé par poids frais), où on a enregistré un poids frais de 134,4 mg à -0,25 MPa. La plus faible valeur du poids frais est enregistrée à -1 MPa (61,11 mg)

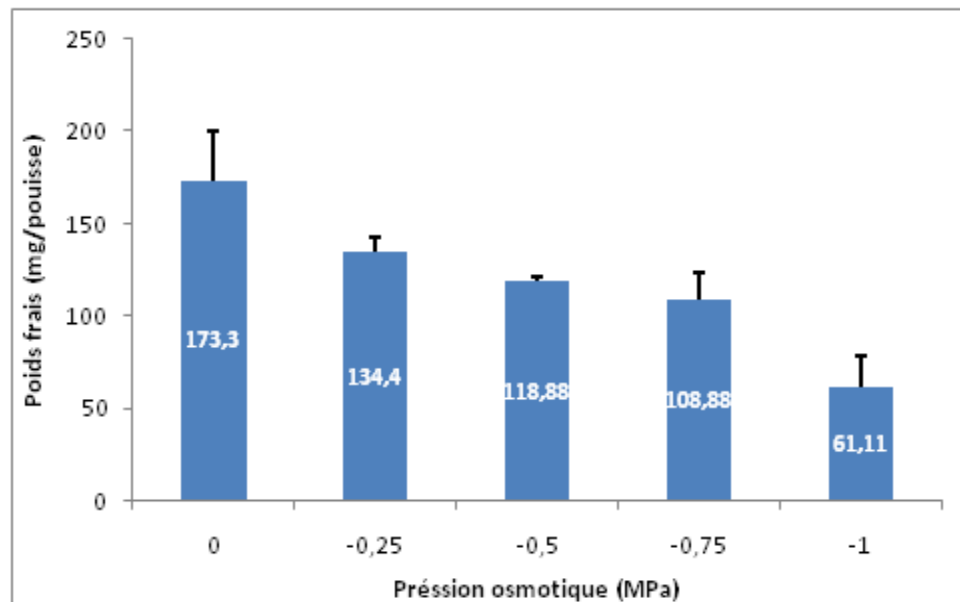


Figure 24 : Poids frais des pousses de l'*Acacia horrida* en fonction de l'évolution du stress hydrique (n = 3).

Contrairement au poids frais, le poids sec ne semble pas être influencé par les différentes concentrations du PEG₆₀₀₀. En effet, le poids sec des pousses oscille entre 15,32 mg et 19,83 mg. Donc un effet non significatif de différents ampleurs de stress hydrique sur le poids sec par rapport au témoin a été noté.

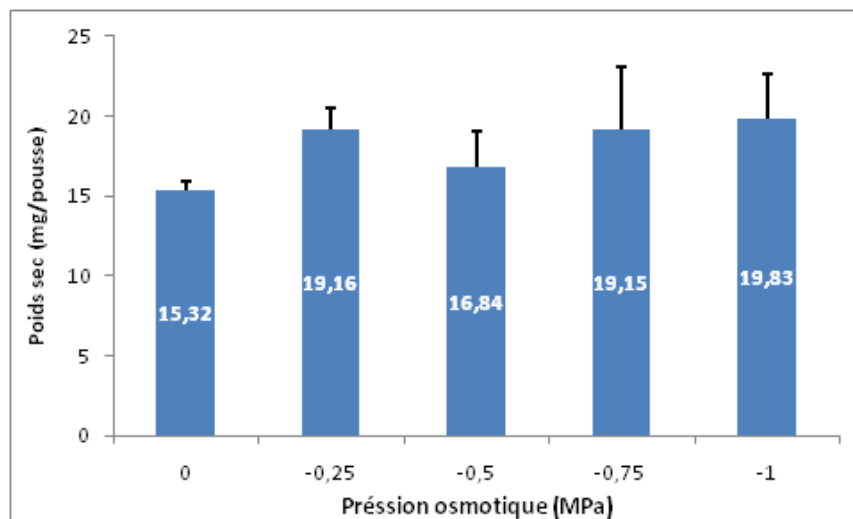


Figure 25 : Production de la biomasse chez l'*Acacia horrida* sous l'effet de l'évolution de la concentration du PEG₆₀₀₀ (n = 3).

I.5. Indice de vigueur des semis (IVS) :

L'indice de vigueur des semis varie en fonction des concentrations salines. Nous avons noté que la valeur maximale de 213.97 est enregistrée à la concentration 180mM de Na₂SO₄ et elle est nulle à la concentration 360mM. En outre, l'indice de vigueur a présenté une légère diminution sous l'effet des différentes concentrations de NaCl.

La figure 26 montre que mise à part les différents degrés du stress hydrique, l'indice de vigueur présente :

La valeur maximale atteinte par l'indice de vigueur était de 415.86 à -0.25 MPa et une réduction de 40 % (246,29) par rapport à ce dernier a été notée sous -0,5 MPa, une réduction graduelle est constatée au-delà de ce potentiel hydrique. A la pression osmotique de -1 MPa le IVS = 80,04 (**Fig. 27**).

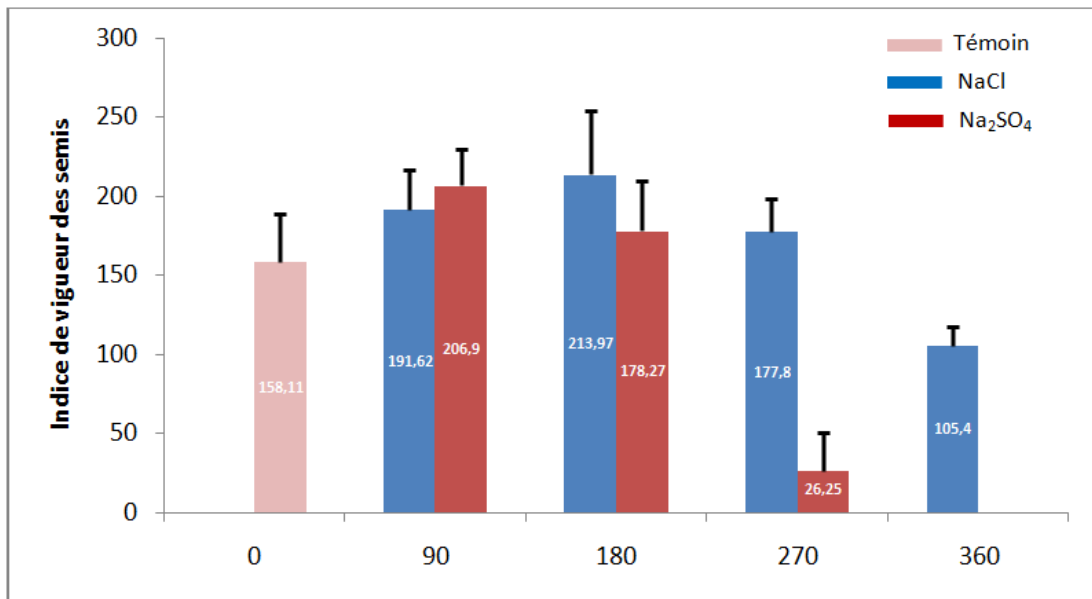


Figure 26 : Indice de vigueur des semis de l'Acacia horrida sous l'effet de différentes concentrations salines.

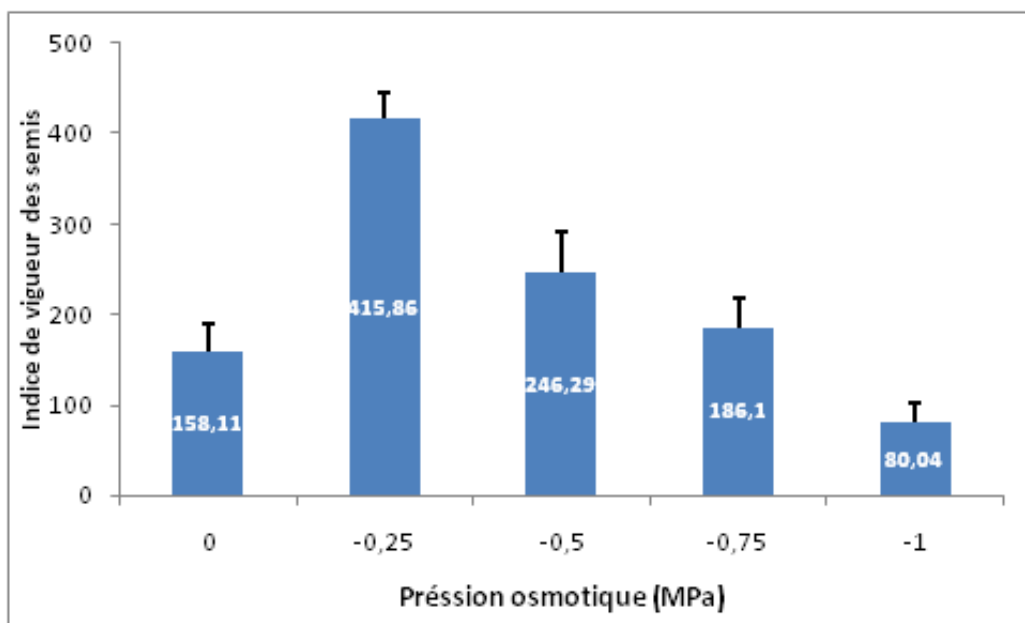


Figure 27 : Indice de vigueur des semis de l'Acacia horrida en fonction du stress hydrique.

II. Discussion :

Acacia horrida constitue un élément capital dans son groupement d'origine au sud-ouest de l'Afrique et dans l'équilibre et le maintien de nombreux écosystèmes arides, semi-arides et désertiques (**Dingaan et Du Preez, 2017**). 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.

Des travaux antérieurs ont démontré que les graines de l'*A. horrida* manifestent des comportements variés vis-à-vis du facteur thermique et du prétraitement au moment de leur germination, les résultats qui ont été obtenus mettent en évidence le rôle capital de l'acide sulfurique pour lever l'inhibition tégumentaire des graines. En effet, l'immersion des semences pendant 20 min dans l'acide sulfurique pur permet d'obtenir le plus fort taux de germination et une diminution du temps moyen de germination (**Choinski et Tuohy, 1991**). L'efficacité de l'acide sulfurique pour lever l'inhibition tégumentaire sur d'autres espèces prairiales et pastorales avait été démontrées par plusieurs auteurs (**Behaeghe et al., 1962 ; Clatworthy, 1984 ; Grouzis, 1987 ; Vora, 1989**). Toutefois, une immersion prolongée des graines dans l'acide peut endommager l'embryon et réduire les performances germinatives. La durée optimale de trempage paraît être en rapport avec la dureté des téguments (**Neffati, 1994**).

Concernant le comportement des semences d'*A. horrida* 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 360 mM de NaCl et probablement à une concentration encore plus élevée, et de 270 Mm de Na₂SO₄. Ainsi, les valeurs limites affichées par *A. horrida* sont nettement supérieures à celles publiées par **Totey et al. (1987)** pour l'*Acacia auriculiformis* A. Cunn. Ex Benth. dont la germination est réduite dès que la concentration saline atteint 4,6 g.l⁻¹ NaCl (78,7 mM), par **Kayani et al. (1990)** pour le jojoba (réduction de 50 % de la capacité germinative à 85,54 mM NaCl) et par **Cavalcante et al. (1995)** pour *Leucaenaleucocephala* (Lam.) de Wit. Les travaux de **Kshetrimayum et al. (2017)** ont bien montré qu'à partir de seulement 0,2 % de NaCl (34,22 mM), des processus métaboliques des graines en germination sont affectés comme la diminution de l'expression des voies enzymatiques de synthèse des aquaporines, ce qui influe sur la pénétration de l'eau dans la

graine, affectant ainsi sa capacité d'imbibition. Le retard de la germination engendré par les concentrations croissantes du milieu en NaCl résultait 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 (Smaoui et al., 1986 ; Medjebeur et al., 2018).

D'autres parts, Neffati (1994) signale que la connaissance de la tolérance à la salinité au moment de la germination est une information utile mais non suffisante pour expliquer la distribution des espèces et leur développement dans les milieux salés. Nos résultats corroborent aussi ceux de Ndour et al. (1998) et de Danthu et al. (2003) qui ont montré que l'*A. tortilis* est parmi les espèces africaines d'acacia dont la germination est la moins perturbée par la salinité.

La germination des graines implique une panoplie de changements morphologiques et respiratoires qui, en conséquence, trois phases distinctes sont manifestées, chacune caractérisée par la dynamique de l'absorption d'eau (Carrillo-Reche et al., 2021). La germination commence par « l'imbibition » (phase I), caractérisé par une absorption fulgurante d'eau par la graine sèche et une augmentation progressive de sa taille, bien que cette phase soit associée à une activité métabolique nulle ou faible (Bewley et al., 2013). Par la suite, la phase de « latence » (ou phase II), impliquant une activité métabolique intense (y compris la transcription et la traduction de nouveaux gènes) et une stabilisation de l'absorption d'eau et de la respiration (Ma et al., 2017). Enfin, la mobilisation active des réserves vers l'embryon en croissance provoque une autre augmentation abondante de la respiration des graines et de la demande d'absorption d'eau, conduisant à l'émergence de la radicule à travers le tégument, qui marque la fin de la germination *sensu stricto* et le début de la croissance des plantules (Bewley et al., 2013).

Les résultats relatifs à l'effet du stress hydrique sur la germination montrent que les semences d'*A. horrida* sont moyennement tolérantes au stress hydrique. La valeur limite du potentiel pour laquelle la quasi-totalité des graines sont moins germées se situe à -1 MPa. Plus la pression osmotique est élevée, plus le taux final et le temps moyen de germination diminuent. Dans ce contexte, Singh et al. (1991) ont montré que les graines de nombreuses espèces d'acacia utilisées en Inde ne germent pas dès que le potentiel hydrique atteint -9 ou -12 bars (ou -0,9 à -1,2 MPa). La germination d'*A. tortilis* et d'*A. karroo* Hayne est nulle pour une pression de -8 bars (-0,8 MPa) (Choinski et al., 1991). Celles d'*A. triplex vesicaria*

Heward et *Atriplex nummularia* Lindl, s'annulent lorsque la pression atteint respectivement -2 et -4 bars (**Sharma, 1973**). De même, selon **Ndour et al. (1998)** la germination de l'*A. tortilis raddiana* est possible sous de plus fortes contraintes hydriques (- 2,1 MPa) que celles mesurées pour d'autres espèces d'acacia.

Nos résultats permettent de supposer que d'après l'analyse de la tolérance au stress osmotique, les graines d'*A. horrida* ne devraient pas avoir de grandes difficultés à germer en régions arides ou semi-arides. **Ndour et al. (1998)** affirment que l'aptitude à germer en conditions de stress hydrique ou saline n'est pas obligatoirement représentative de l'écologie de la plante adulte, rejoignant ainsi **Sharma (1973)** et **Sy et al. (2001)**.

En ce qui concerne la croissance de la plantule, l'effet de la salinité et de l'osmolarité se sont manifestés par une réduction de la taille des plantules comparativement à celle des graines témoins. Selon **Gomes et al. (1983)**, l'émergence de la racine serait contrôlée par l'osmolarité du milieu pendant la germination, alors que la croissance ultérieure de la plantule serait limitée par la mobilisation et le transport des réserves vers l'axe embryonnaire.

Parallèlement à l'ajustement osmotique généré par l'absorption des ions, les plantes adaptatives au sel sont également capables de synthétiser des solutés organiques protectrices, tels que la proline, la glycine bêtaïne, les sucres solubles et les polyalcools dans le cytoplasme pour empêcher la perte d'eau (**Yang et al., 2007**), ce trait est donc un processus métabolique actif. Bien qu'il s'agisse d'une glycophyte, *A. horrida* a tendance à absorber de l'eau, comme en témoigne le maintien d'une performance élevée de croissance des pousses et ainsi qu'une valeur élevée de poids frais, même à des concentrations de sels dépassant 90 mM, alors que ces paramètres diminuaient à mesure que la salinité augmentait, cela suggère que, à une solution saline plus douce, les mécanismes empêchant les ions d'agir comme substances toxiques sont actifs, principalement le processus d'ajustement osmotique et les osmolytes accumulés impliqués dans la protection contre les radicaux libres (**De Souza et al., 2016**). D'autres plantes sensibles au sel, telles *Medicago sativa* et *Elymus dahuricus*, ont montré une diminution spectaculaire des longueurs de la racine, mais pas de celle de la tige, alors qu'elles sont soumises à de faibles concentrations de NaCl et Na₂SO₄ (**Zhang et al., 2018**).

A l'instar du stress salin, la croissance des plantules a également été affectée par l'augmentation du stress hydrique, et par conséquent la longueur des pousses a vu une nette régression avec l'augmentation du PEG dans le milieu, néanmoins le poids frais et sec de l'*A.*

horrida ont été entretenus, ce qui indique que cette espèce maintient ces deux derniers paramètres comme une stratégie d'adaptation pour surmonter la sécheresse, ce qui peut garantir la survie des plantules pendant les premières phases après la germination. En fait, **Faisal et al. (2019)** ont souligné que les effets de la sécheresse dépendent non seulement du degré et de la durée de la pénurie d'eau, mais également de la phase de croissance des plantes.

Dans nos conditions de travail et avec les lots de graines dont nous disposons, le taux de l'indice de vigueur témoin d'*A. horrida* est de 158,11. Lorsqu'en exprimant la germination en ajoutant dans le milieu du NaCl, Na₂SO₄ ou de PEG, nous avons noté que l'indice de vigueur des graines diminue dans les plus fortes concentrations (à 360 mM pour le NaCl, 270 mM pour le Na₂SO₄ et à une pression de -1 MPa pour le PEG₆₀₀₀). Cette détérioration de la performance des semis de notre espèce est probablement due à l'induction d'une surproduction des dérivés réactifs d'oxygène (ROS), qui sont principalement l'anion superoxyde (O₂^{•-}), le peroxyde d'hydrogène (H₂O₂), le radical hydroxyle (•OH) et l'oxygène singulet (¹O₂), en aboutissant à la peroxydation des lipides chloroplastiques et mitochondriaux, à la perte de l'intégrité membranaire, à la dégradation des protéines et à l'inactivation des enzymes (**Reolon et al., 2013**). Alors que les plantes tolérantes à la salinité développeraient des systèmes enzymatiques tels que la superoxyde dismutase (SOD), l'ascorbate peroxydase (APX), la catalase (CAT), et la glutamine peroxydase (GPK) qui jouent un rôle majeur dans l'allègement et la réparation des dommages causés par les activités des ROS (**Munns, 2005**).



CONCLUSION

Conclusion

D'après notre étude, et à partir du moment où les graines sont libérées de leur dormance (traitement chimique à base d'acide sulfurique), celles-ci sont capables de germer dans une température de 20°C et dans un large éventail de stress salin et hydrique. Ce qui nous a permis de constater une grande variabilité de réponses des semences aux différents traitements appliqués.

Les résultats rapportés dans cette étude nous laissent supposer que l'*Acacia horrida* est une plante tolérante à l'action de NaCl et le PEG₆₀₀₀ mais sensible à l'action de Na₂SO₄ au stade de germination. La capacité germinative ainsi que la vitesse de germination sont fortement touchées à des concentrations de Na₂SO₄ qui dépassent 180mM. D'autre part, cette légumineuse s'adapte aux sols pauvres et à une résistance remarquable aux stress hydrique, et pour des seuils élevés.

Au terme de notre travail qui a visé l'étude de la tolérance de l'*A. horrida* aux contraintes salines et hydriques, en appliquant des différentes concentrations de sel (NaCl et Na₂SO₄) et de PEG₆₀₀₀ sur les paramètres de développement (TFG, TMG, PF, PS, TP et IVS) ; nous avons relevé à cet effet que :

1. La germination des graines scarifier par l'acide sulfurique pendant 20 min à donner un taux de l'ordre 82.22% de graine qui germer.
2. Les graines de cette espèce continuent à germer même à des concentrations salines fortes (360 mM de NaCl) et à de faible potentiel hydrique (jusqu'à -1 MPa). Cela indique qu'*Acacia horrida* est considéré comme plante tolérante au sel et à la sécheresse.
3. La germination des graines d'*Acacia horrida* est pratiquement inhibée à 51.14 g/l de Na₂SO₄
4. Na₂SO₄ a un effet adverse sur l'émergence de notre espèce, qui se traduit par l'inhibition totale de la germination aux fortes concentrations, ce sel est plus inhibiteur que le NaCl.

Bien que ces résultats soient encourageants, il est important de multiplier les essais pour d'autres traitements à fin de terminer les meilleures conditions de développement et

de croissance. D'un autre côté, l'étude des contraintes salines et hydriques nous a permis de déterminer le seuil de tolérance de l'espèce au stade germinatif. Il est important de poursuivre l'analyse du comportement de l'*A. horrida* à tous stades de développement dans le but de réunir des informations supplémentaires pour comprendre les mécanismes d'adaptation de cette plante en conditions stressantes.



BIBLIOGRAPHIE

Ajmal khan N., Irwin A., Showalter A.M., Showalter U. 2000. Effect of salinity on growth, water relation and ion accumulation of the subtropical perennial Halophytes, *Atriplexgriffithii* var. *stocksi*, *annals, of botany*, 85 : 225-232.

Alem C., Amri A., 2005. Importance de la stabilité des membranes cellulaires dans la tolérance à la salinité chez l'orge. *Reviews in biology and Biotechnology*, Vol. 4, No. 1:20-31.

Ammari S, 2011. Contribution à l'étude de germination des graines des plantes sahariennes broutées par le dromadaire, 46p.

Anonyme, 2006. Plan de gestion du P.N.G., wilaya de Béjaïa, phase B. Ministère de l'agriculture. Direction générale des forêts.203 p.

Araus J. L; Slafer G.A; Reynolds M.P., Royo C. 2002 - Plant breeding and drought in C-3 cereals: what should we breed for? *Ann. Bot.* (89) 925-940.

Arbaoui M, 2016. Effet du stress salin sur des plantules de tomate (*Lycopersiconesculentum* Mill.) cultivées sur substrat sableux amendé en bentonite. Thèse de doctorat. Univ. Oran. 168p.

Aubert Y, 2011. Rôles de deux protéines à EF-Hand dans les réponses au stress hydrique et à l'acide abscissique - Analyse fonctionnelle de RD20, une caléosine et de CML9, une forme divergente de calmoduline. Thèse de Doctorat, université Paul Sabatier, Toulouse, France. P 306.

Augier J., Rubat M. L. 1982. Cours de botanique, Monocotylédones. Le chevalier (Ed.) Paris, 325p. Boyce K., 1992- « Une Introduction à la Science et Technologie des semences. » Manuel technique, Alep, Syrie.

Baskin J.M., Baskin C.C.1998.Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. Academic Press, San Diego, CA, USA.

Baskin J., Baskin C. 2004.A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research*, 14(1), 1-16.

Bassou S, 2019. Effet du stress salin sur la germination de trois variétés d'haricot (*Phaseolusvulgaris* L). Mémoire de Master. Univ. Biskra. 43p.

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.

Belkhodja M., et Bidai Y. 2004. La réponse des graines d'*Atriplexhalimus* L. à la salinité au stade de la germination. *Science et changements planétaires / Sécheresse*. Volume 15, Numéro 4. pp 331-335.

Benabid A, 2000. Flore et écosystèmes du Maroc, Evaluation et préservation de la biodiversité. Ibis Press, Paris.

Ben Naceur M., Rahmoune C., Sdiri H., Meddahi M.L., 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*. Volume 12, Numéro 3. pp 167-174.

Berthomieu P., Conejero G., Nublat A., Brackenbury J., Labert C., Savio C., Uozumi N., Oiki S., Yamada K., Cellier F., Gosti F., Simonneau T., Essah P.A., Tester M., Vey A.A., Sentenac H., Casse F. 2003. Functional analysis of AtHKT1 in Arabidopsis shows that Na⁺ recirculation by the phloem is crucial for salt tolerance. *Embo Journal* 22: 2004-2014.

Bewley J.D., 1997. Seed germination and dormancy. *Plant Cell* 9 (7): 1055-1066.

Bewley J.D., Bradford K.J., Hilhorst H.W.M., Nonogaki H. 2013. *Seeds: physiology of development, germination and dormancy*. New York, NY, Springer.

Bezzala A., 2005. Essai d'introduction de l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels), dans la zone de M'doukel et évaluation de quelques paramètres de résistance à la sécheresse. Université El HADJ LAKHDAR. BATNA. Thèse de Magister 143p.

Binet P., Brunel J.P. 1968. *Physiologie végétale : photosynthèse*. Paris, Soin (éd.). 793p.

Boualem S., 2014. Contribution à l'amélioration des techniques de stratification et de greffage de quelques espèces du genre *Pistacia*. Thèse de Doctorat en Sciences. Faculté S.N.V, Université de Mascara, 130p

Bouaouina S., Zid E., Hajji M. 2000. Tolérance à la salinité, transports ioniques et fluorescence chlorophyllienne chez le blé dur (*Triticum turgidum* L.). *CIHEAM-Options Méditerranéennes* : 239-243.

Boulal H., Zaghouane O., El mourid M., et Rezgui S. 2007. *Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blé et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie)*. Ed. ITGC. INRA. ICARDA. 176 p.

Bouredja N., 2014. Contribution à l'étude de *Retama monosperma* (L.) Boiss. : Recherche des conditions optimales de germination, caractérisation des polysaccharides pariétaux et biométrie des fibres des gousses. Thèse de doctorat, université Djilali Liabès. 127 p.

Boyce K., 1992. « Une Introduction à la Science et Technologie des semences. » Manuel technique, Alep, Syrie.

Brisson N., 2008. Modéliser la réponse des cultures à la contrainte hydrique avec le modèle STICS pour comparer des stratégies et anticiper les changements climatiques. Note technique Agroclim INRA Avignon, pp : 9-18.

Broughton W.J., 1984. Nitrogen fixation: Legumes. *The Journal of Chartto and Windus* 2Td londress. 117.

Brummitt RK, 2004. Report of the Committee for Spermatophyta: 55. Proposal 1584 on *Acacia*. Taxon. **53**:826-829

Calu G, 2006. *Arabidopsis thaliana* et *Thellungiella halophila*, plantes modèles dans l'étude du stress salin, in Spectro Sciences

Carrillo-Reche J., Newton A.C., Quilliam R.S. 2021. Using seed respiration as a tool for calculating optimal soaking times for 'on-farm' seed priming of barley (*Hordeum vulgare*). Seed Science Research, 1–9.

Cavalcante A.M.B., Perez S.C.J.G.A. 1995. Efeitos dos stresses hídrico e salino sobre a germinação de sementes de *Leucaena leucocephala*. (Lam.) de Wit. Pesq. Agropec. Bras., 30 : 281-289.

Chaussat R., Le Deunff Y. 1975. La germination des semences. Bordars (Ed.) Paris, 232p.

Chaux C., Foury C. 1994. Maîtrise des facteurs de production, qualité et traitement des semences, mise en culture par semis en place in Production légumière. Tome 1 - Généralité. Tec et Doc. Lavoisier. pp 277-431-445.

Chinnusamy V., Zhu J., Zhu J.K. 2006. Gene regulation during cold acclimation in plants. *Physiologia Plantarum*. Vol.126, no 1.163 p.

Choinski J.S., Tuohy J.M. 1991. Effect of water potential and temperature on the germination of four species of African savanna trees. *Ann. Bot.*, 8, 227-233.

Clatworthy J.N, 1984. Recherche sur le pâturage au Zimbabwe. Recherche sur l'amélioration des pâturages en Afrique orientale et australe. In : Comptes-rendus d'un atelier tenu du 17 au 21 septembre 1984 à Harara, Zimbabwe. Ottawa : Centre de Recherche pour le Développement International (CRDI), 25-61.

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

Danthu P., Roussel J., Neffati M.O. 2003. La graine et la germination d'*Acacia raddiana*. Un arbre au désert, *Acacia raddiana*. Édi. IRD. Paris : 269-287.

De Souza, M.O., Pelacani, C.R., Willems, L.A.J., De Castro, R.D., Hilhorst, H.W.M., Ligterink, W. 2016. Effect of osmopriming on germination and initial growth of *Physalis angulata* L. under salt stress and on expression of associated genes. *An Acad Bras Cienc* 88, 503-516.

Diallo B., Samba S.A.N., Sane D., Diop T. 2013. Effet du chlorure de sodium sur la germination de graines de *Ricinus communis* L. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 7(4): 1534-1544.

Dingaan M., Du Preez P.J. 2017. *Vachellia (Acacia) karroo* Communities in South Africa: An Overview, Pure and Applied Biogeography, Levente Hufnagel, IntechOpen, DOI: 10.5772/intechopen.70456.

Debroux L., Delvingt W., Mbolu M., Amougou A.1998. La régénération du Moabi et du Mukulungu au Cameroun. Bois et forêts des tropiques. 255 : 5-17.

Duponnois, R., Hervé Sanguin B.E., Thioulouse J., Le Roux C., Tournier E., Galiana A., Prin Y., Dreyfus B.2013. L'introduction d'acacias australiens pour réhabiliter des écosystèmes dégradés est-elle dépourvue de risques environnementaux ?. Bois et Forêt des tropiques N°318.

Dutta R., Raman K., Agrawa M. 2002. Effect of tree plantation on the soil characteristics and microbial activity of coal mine spoil land. Tropical Ecology. 43, (2). 315-324.

Dutuit P., Pourraty., Dutuit J M.1994.La notion de stress de la cellule à l'écosystème. Sécheresse, Vol. 5, N°1:P. 23- 31

Faisal S., Mujtaba S.M., Mahboob A.W. 2019. Polyethylene glycol mediated osmotic stress impacts on growth and biochemical aspects of wheat (*Triticumaestivum* L.). Journal of Crop Science and Biotechnology, 22(3): 213–223.

Fennane M., Ibn Tattou M., Ouyahya A., El Oualidi J. 2007.Flore pratique du Maroc. Travaux de l'Institut Scientifique Série Botanique n° 38, Rabat.

Garg AK., Kim JK., Owens TG., Ranwla AP., Choi YD., Kochian LV., Wu RJ. 2002.Trehalose accumulation in rice plants confers high tolerance levels to different biotic stresses. Proceedings of the national Academy of Sciences, USA, 99: 15898-15903.

Geneve R.L, 2003. Impact of temperature on seed dormancy. HortScience. 38:336-341.

Genoux C., Putzola F., Maurin G., 1991. Thème générale : la langue Méditerranéenne, TPE : Les plantes halophytes.

Grouzis M, 1987. Structure, productivité et dynamique des systèmes écologiques sahéliens (Mare d'oursi, Burkina Faso). Thèse d'État : Université de Paris Sud, Centre d'Orsay (France).

Greenway H., Munns R., 1980.Mechanism of salt tolerance in non-halophytes. Annual Review of Plant Physiology (31):149-190.

Guyot L, 1978.Biologie végétale. Collection que sais- je .Eds. Press universitaire de France, p. 127

Hachicha M, 2007. Les sols salés et leur mise en valeur en Tunisie. Sècheresse, 18: 45-50.

Haouala F., Ferjani H., Benel 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 du chiendent. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 11(3).235-244.

Heller R, 1990. Physiologie végétale. Tome 2 : Développement. N°4, Paris, Masson (Ed.), 266p.

Heller R., 1995. Physiologie végétale, Développement Tome 2, Edition MASSON, Paris, 315p.

Heler R., Esnault R., Lance C. 2000. Physiologie végétale et développement, Ed. Dunod, Paris. 366p.

Hilhorst H.W.M. et Koornneef M. 2007 - Dormancy in Plants. Encyclopedia of Life Sciences John Wiley and Sons, Ltd. www.els.net. 24/ 10/ 2009. 4 p.

Hopkins W.G, 2003. Physiologie végétale. Traduction de la 2eme édition américaine par SERGE R. Ed de Boeck. pp 309-362.

Jones H.G., Flowers TJ., Jones M B. 1989. Plants under stress. Cambridge, University Press.

Jouadi W., Hamrouni L., Souayah N., Khouja M.L. 2010. Etude de la germination des graines d'Acacia tortilis sous différentes contraintes abiotiques. Rev. Biotechnol Agronomic, Soc. Environnement, 14(4) :643-652.

Kayani S.A., Naqvi H.H., Ting.P. 1990. Salinity effects on germination and mobilisation of reserves in jjoba seeds. Crop. Sci., 30, 704-708.

Kemp R.H, 1975. Seed pretreatment and principles of nursery handling. In Report on FAO/DANIDA Training Course on Forest Seed Collection and Handling, Vol. II.FAO, Rome.

Klein M.A., Sekimoto H., Milner M.J., Kochian L.V. 2008. Investigation of heavy Metal Hyperaccumulation at the Cellular Level : Developpment and Characterization of Thlaspi caerulescens Suspension Cell Lines. Plant Physiol. 147 : 2006-2016.

Konate N.M, 2010. Diversité interspécifique d'efficience d'utilisation de l'eau des acacias sahéliens et australiens.

Kshetrimayum E., Prasad-Saho D., Mitra J., Kumar-Panda S. 2017. Regulation of seed germination and the role of aquaporine under abiotic stress. Intern. J. Envir. Agricult. Biotechnol., 2, 607-615.

Lafon J.P., Tharaud C., Prayeur C. 1988. Biologie des plantes cultivées II. Physiologie du développement génétique et amélioration. P.67

Lahdachi FZ., Nassiri L., Ibijbijen J., Mokhtari F. 2015. Aperçu sur les Acacias Spontanes et Introduits au Maroc. European Scientific Journal. 11(23) : 88-102.

Langridge P., Paltridge N., Fincher G. 2006. Functional genomics of abiotic stress tolerance in cereals. Brief Funct Genomic Proteomic. 4(4):343-54.

Larcher W,1995. Plant under stress. In, Physiological Plant Ecology. Third edition. Springer. 321-448.

- Leakey Andrew D.B., Uribe Larrea M., Ainsworth E.A., Naidu S.L., Rogers A., Ort D.R., Long S.P. 2006.** Photosynthesis, Productivity and Yield of Maize are not Affected by Open-Air Elevation of CO₂ Concentration in Absence of Drought. *Plant Physiol.* 140: 779-790.
- Leopold D A.C, 1983.** Temperature effects on soybean inhibition and leakage .*plant physiol*, 65, p.1096-1098.
- Less H., Galili G. 2008.** Principal transcriptional Programs regulating plant amino acid metabolism in Response to abiotic stresses. *Plant Physiol* 147.
- Levigneron A., Lopez F., Varisuyt G., Berthomien P., Casse-Delbar T. 1995.** Les plantes face au stress salin. *Cahier d'agriculture* 4: 263-273.
- Levitt J, 1980.** Responses of plants to environmental stresses. Water radiation, salt and others stresses. Academic Press, New York, Vol. 2: 365-406.
- Lewington M.A., B.R. Maslin. 2009.** Three new species of *Acacia* (leguminosae: Mimosoideae) from the Kimberley Region, Western Australia. *Nuytsia*. 19:63-75.
- Lewis G.P., B.D. Schrire, B. Mackinder., M. Lock 2001.** Legumes of the world. Kew, UK, Royal Botanic Gardens. Publishing Corporation Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, Article ID 901918, 12 pages.
- Luhua S., Sultan Ciftci-Yilmaz, Jeffery Harer, John Cushman, and Ron Mittler. 2008.** Enhanced Tolerance to Oxidative Stress in Transgenic *Arabidopsis* Plants Expressing Proteins of Unknown Function. *Plants Physiol.* Vol. 148, p. 280-292.
- Luttge U., Kluge M. et Bauer G. 2000.** La nutrition minérale des plantes; croissance, développement, sénescence et mort in *Botanique*. Tec et Doc. LAVOISIER. pp449-451-501-512.
- Luttge U., Kluge M., Bauer G., 2002.** *Botanique*. 3^{ème} édition, Tec et Doc-Lavoisier, Paris: 439-450.
- Ma Z., Bykova N.V., Igamberdiev A.U. 2017.** Cell signaling mechanisms and metabolic regulation of germination and dormancy in barley seeds. *Crop Journal*, 5, 459–477.
- Marouf A. et reynaud J. 2007.** *La botanique de A à Z*. 1662 définitions. Ed Dunod va: P.286.
- Maroyi A, 2017.** *Acacia karroo* Hayne: Ethnomedicinal uses, phytochemistry and pharmacology of an important medicinal plant in southern Africa. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine* 2017; 10(4): 351–360.
- Maslin, B.R., J.M. Miller., D.S. Seigler. 2003.** Overview of the generic status of *Acacia* (Leguminosae: Mimosoideae). *Australian Systematic Botany*. 16(1):1 -18.

- Maslin BR, Seigler DS, Ebinger J. 2013.** New combinations in *Senegalia* and *Vachellia* (Leguminosae: Mimosoideae) for Southeast Asia and China. *Blumea*. **58**:39-44.
- Mazliak P, 1982.** Croissance et développement. *Physiologie végétale II*. Hermann ed., Paris, Collection Méthodes, 465p.
- Medjebeur, D., Hannachi, L., Ali-Ahmed, S., Metna, B., Abdelguerfi, A. 2018.** Effets de la salinité et du stress hydrique sur la germination des graines de *Hedysarum flexuosum* (Fabaceae). *Revue d'écologie (Terre et Vie)* 73 (3), 318–329.
- Meyer S., Reeb C., Bosdeveix R. 2004.** Botanique, biologie et physiologie végétale .Ed. Moline, Paris, 461p.
- Michael B.E., Kaufman M.R. 1973.** The osmotic potential of Polyethylene Glycol 6000. *Plant Physiol.* 51 (5): 914-916.
- Morot-Gaudry J.F, 2009.** Biologie végétale – croissance et développement. dunod. 216 p.
- Mucunguzi P, 1995.** Effects of bruchid beetles on germination and establishment of *Acacia* species. *African Journal of Ecology*.; **33**:64-70
- Multon J.L, 1982.** Conservation et stockage des graines et grains et produits dérivés. Céréales, oléagineuse, protéagineuse, aliments pour animaux. Technique et Documentation. Lavoisier Paris Apria. Volume 1, 233.
- Moussouni A, 2008.** Identification, évaluation et cartographie des habitats naturels du Parc National de Gouraya (Wilaya Béjaia). Mémoire Ing. INA (Alger), 77 p.
- Ndour P., Danthu P. 1998.** Effet des contraintes hydriques et salines sur la germination de quelques acacias africains. In :Campa C., Grignon C., Gueye M. &Hamon S., eds. Co
- Munns R, 2005.** Genes and salt tolerance binding them together. *NewPhytol.*, 167, 645-663.
- Nedjimi B, 2012.** Rangeland improvement and management options in the arid steppes of Algeria. In: Germano, M.D. (Ed.), *Steppe ecosystems: dynamics, land use and conservation*. Nova Science Publishers, Inc., New York, NY, USA, pp. 157–170.
- Neffati M, 1994.** Caractérisation morpho biologique de certaines espèces végétales nord africaines : implication pour l'amélioration pastorale. Thèse de doctorat :Université de Gand (Belgique).
- Negesse T., Rodehutschord M., Pfeffer E. 2001.** The effect of dietary crude protein level on intake, growth, protein retention and utilization of growing male Saanenkids. *Small Rumin Res*; 39(3): 243-251.
- Oukarroum A, 2007.** Vitalité des plantes d'orge (*Hordeum vulgare* L.) en conditions de stress hydrique et thermique analysée par la fluorescence chlorophyllienne. Thèse doctorat. Université De Genève.

Polhill, R.M., P.H. Raven., C.H. Stirton.1981.Evolution and systematics of the Leguminosae. In P H Advances in legume systematics, part 1 Eds. R.M. Pohill and P.H. Raven. Royal Botanic Gardens, Kew, UK, pp. 1-26.

Pinkard E.A, 2003. Growth and physiological responses of Blackwood (*Acacia melanoxylon*) growing with a *Pinusradiata* nurse crop following application of nitrogen and phosphorus. *Forestry Tasmania Trees* (Heidelberg, Germany), 17 (4), 325-335.

Piri K., Anceau C., EL Jaafari S., Lepoivre P., Semal J. 1994. Sélection in vitro de plantes and rogénétiques de blé tendre résistantes à la salinité. L'amélioration des plantes. Ed. AUPELF-UREF, Paris: 311-320.

Ramade F, 1984.Éléments d'écologie, écologie fondamentale. Ed. McGraw-Hill, Paris, 397 P.

Ramade F, 2003.Éléments d'écologie, écologie fondamentale. Ed. Dunod, Paris, 397 P.

Ramirez-Padilla C.A., Valverde T. 2005.Germination responses of three congeneric cactus species (*Neobuxbaumia*) with differing degrees of rarity. *J. Arid Environ.* 61: 333-343.

Reolon F., Marini P., De Magales J., De Moraes D.M., De Amarante L. 2013. Salicylic acid maize seedlings subjected to salt stress. *J. Seed Sci.*, 35, 457-465.

Ross J.H., 1973.Towards a classification of the African acacias.*Bothalia.* 11 (1 and 2):107-13.

Rush D.W., Epstein E.1981.Breeding and selection for salt-tolerance by incorporation of wild germplasm into a domestic tomato.*J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 106: 699-704

Sary H., Some L.M. 1987.Comment choisir les prétraitements à appliquer aux semences forestières Fiche technique M.E.T. /C.N.S.F, 12 p.

Sayar R., Bchini H., Mosbahi M., Khemira H., Czech J.,Genet. 2010. *Plant Breed.*, 46(2), 54-63.

Scott S.J., Jones R.A., Williams W.A. 1984. *Crop science*, 24(6), 1192-1199.

Seigler S. Seilheimer S.,Keesy J.,Huang H. F. 1986. Tannins from four common *Acacia* species of Texas and Northeastern Mexico, *Economic Botany* 40:220-232.

Singh C., Khajuria H.N., Singh A., Sharma F. 1991.*Acacias for arid regions.* *Acta Bot. Indica*, 19, 29-32.

Sharma M.L. 1973. Simulation of drought and its effect on germination of five pasture species. *Agron. J.*, 65, 982-987.

Soltner D, 2001. Les bases de la production végétale. Tome III la plante et son amélioration, 3e édition Paris. p189

Soltner D, 2007. Les bases de la production végétale tome III, la plante. Ed. Collection sciences et technique agricole Paris, 304p.

Smaoui A., Chérif A. 1986. Effet de la salinité sur la germination des graines de cotonnier. In : Colloque sur les végétaux en milieux arides, 8-10 septembre 1986, Djerba, Tunisie.

Steckel L.E., Sprague C., Stoller E.W., Wax L. 2004. Temperature effects on germination of nine Amaranthus species. Weed Sci. 52: 217-221.

Sy A., Grouzis M., Danthu P. 2001. Seed germination of seven Sahelian leguminous species. J. Arid Environ. 49, 875-882.

Talame V., Ozturk N., Bohnert H.;Tuberosa R. 2007. Barley transcript profiles under dehydration shock and drought stress treatments: a comparative analysis. Journal of Experimental Botany 58 (2): 229-240.

Tester M., Davenport R. 2003. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. Ann. Bot. 91,503-527.

Totey N.G.et al., 1987. Afforestation of salt affected wasteland. Screening of forest tree species of Madhya Pradesh for salt tolerance. Indian Forester, 113: 805-815.

Tuteja, 2007. Mechanisms of high salinity tolerance in plants. Osmosensing and osmosignaling, vol 428. Elsevier Academic Press, San Diego, pp. 419–438.

Vallée C., Bilodeau G., Cegep J.D.L. 1999. Les techniques de culture en multicellulaires. Institut Québécois du développement de l'horticulture ornementale. Technology and Engineering, 394p.

Vertucci C.W, 1989. The kinetic of seeds inhibition controlling factors and relevance to seedlings vigor. Seed moisture CSSA special publication. N°14. P.93-115.

Vora R.S, 1989. Seed germination characteristics of selected native plants of the Low Rio Grande Valley, Texas. J. Range Manage., 42(1): 36-40.

Wang J.R., Wei Y.M., Long X.Y., Yan Z.H., Nevo E., Baum B.R., Zheng Y.L. 2008. Molecular evolution of dimeric α -amylase inhibitor genes in wild emmer wheat and its ecological association. Research article. BioMedCentral.

Wickens G.E, 1996. Rôle des acacias dans l'économie rurale des régions sèches d'Afrique et du Proche-Orient.

Web master 1: <https://floranet.pagesperso-orange.fr/gene/botagen/gen8.htm>

Yan M, 2015. Seed priming stimulate germination and early seedling growth of Chinese cabbage under drought stress. South African Journal of Botany 99, 88–92.

Yang, C., Chong, J., Li, C., Kim, C., Shi, D., Wang, D. 2007. Osmotic adjustment and ion balance traits of an alkali resistant halophyte *Kochiasieversiana* during adaptation to salt and alkali conditions. Plant Soil 294, 263–276.

Yildirim E.,Güvenç I.2006.Salt Tolerance of Pepper Cultivars during Germinationand Seedling Growth. Turk J Agric For 30 : 347-353.

Zhang H., Tian Y., Guan B., Zhou D., Sun Z., Baskin C.C. 2018. The best salt solution parameter to describe seed/seedling responses to saline and sodic salts. Plant Soil 426, 313–325.

Zhu J.K, 2001.Plant salt tolerance. Trends in plant Sci. 6: 66-71.

Annexe 1

ANOVA 2 stress salin x taux final de germination

Tests des effets intersujets

Variable dépendante: valeurs

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Carré moyen	F	Signification
Modèle corrigé	25623,704 ^a	9	2847,078	15,752	,000
Constante	106405,926	1	106405,926	588,721	,000
sel	2370,370	1	2370,370	13,115	,002
concentration	17845,926	4	4461,481	24,684	,000
sel * concentration	5407,407	4	1351,852	7,480	,001
Erreur	3614,815	20	180,741		
Total	135644,444	30			
Total corrigé	29238,519	29			

a. R-deux = ,876 (R-deux ajusté = ,821)

ANOVA 1 stress hydrique x taux final de germination

ANOVA

val

	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
Intergroupes	5765,926	4	1441,481	8,388	,003
Intragroupes	1718,519	10	171,852		
Total	7484,444	14			

Annexe 2

ANOVA 2 stress salin x temps moyen de germination

Tests des effets intersujets

Variable dépendante: moye

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Carré moyen	F	Signification
Modèle corrigé	535,350 ^a	9	59,483	8,092	,000
Constante	2064,856	1	2064,856	280,901	,000
sel	69,177	1	69,177	9,411	,006
concent	390,417	4	97,604	13,278	,000
sel * concent	75,756	4	18,939	2,576	,069
Erreur	147,016	20	7,351		
Total	2747,222	30			
Total corrigé	682,366	29			

a. R-deux = ,785 (R-deux ajusté = ,688)

ANOVA 1 stress hydrique x temps moyen de germination

ANOVA

moye

	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
Intergroupes	536,780	4	134,195	9,036	,002
Intragroupes	148,508	10	14,851		
Total	685,288	14			

Résumé

Cette étude a pour objectif d'évaluer les modalités d'adaptation d'*Acacia horrida* aux stress environnementaux (salins et hydriques). Pour cela nous avons soumis les graines en utilisant différentes concentrations de NaCl, Na₂SO₄ (90, 180, 270 et 360mM) et de PEG₆₀₀₀, comme simulateur de stress hydrique, à différents potentiels osmotiques (-0.25, -0.5, -0.75 et -1MPa). Dans une première étape, la germination de l'*A. horrida* est suivie à travers le taux final et la vitesse de la germination; dans la seconde étape, nous apprécions la réponse des plantules en mesurant la longueur de la pousse, les poids frais et sec, ensuite l'indice de vigueur des semis.

L'étude de l'effet de ces deux stress sur la germination a montré un effet de sel et de PEG hautement significatif sur le taux et le temps moyen de germination qui révèle une bonne tolérance de l'espèce à la salinité, puisqu'elle a réussi à germer dans des concentrations élevées de NaCl (à 360mM, TFG = 44.44 %) et au stress hydrique (à -1 MPa, TFG = 31,11%). Par contre, cette espèce semble être sensible à la salinité et à la sécheresse, comme c'était traduit par la réduction de la taille des pousses, lors des phases initiales de croissance.

La présente étude montre ainsi que la capacité germinative d'*Acacia horrida* vis-à-vis des contraintes environnementales est assurément suffisante pour envisager l'utilisation de cette espèce en reboisement et d'élargir par conséquent son aire de répartition pour son exploitation.

Mots clés : *Acacia horrida*, croissance, germination, stress salin, stress hydrique.

Abstract

This work's main aim was to assess the adaptation modalities of *Acacia horrida* facing different levels of environmental stresses (i.e. salt stress and drought). For this, we have conducted a study on the germination behavior of seeds using two environmental constraints: salt stress by using NaCl and Na₂SO₄ at different levels (90, 180, 270 and 360 mM) and water stress, as simulated by PEG₆₀₀₀, at different water potentials (-0.25, -0.5, -0.75 and -1 MPa). Firstly, the seed germination features were recorded through final rate and speed of germination; on the other hand, we appreciated the response of seedlings to different treatments by measuring the length of seedlings, fresh and dry weights, as well as the vigor index.

Salt and water stress significantly effect germination as was displayed through a steady decrease in seed emergence with increasing both stresses, still, despite at higher stress levels, *A. horrida* seeds successfully established and were able to germinate up to 360 mM NaCl (44.44%), 270 mM Na₂SO₄ (11.11%), and - 1 MPa PEG (31.11%). Overall, this species seems to be sensitive to salt and drought stresses, as it was reflected by a reduction in seedling length, at the initial growth phases.

The results of this study on germination behavior, being the most sensible stage in plant life cycle, in *Acacia horrida* seeds against abiotic stresses is certainly useful to imbedding this species in reforestation projects and consequently spreading its distribution for exploitation.

Keywords: *Acacia horrida*, growth, germination, salt stress, water stress.