

UNIVERSITE KASDI MERBAH- OUARGLA

Faculté Des Sciences De La Nature et De La Vie

Département Des Sciences Biologiques



Mémoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biotechnologie Végétale

Présenté par : BENMERIEM Fouzia

BENLIFA Safa

Thème

Réponse physio-biochimique de *Zygophyllum album* L. à la salinité

Soutenu publiquement

Le : 08 /07/2019

Devant le jury :

Melle HADJADJ S.	M.C. (A)	Présidente	UKM Ouargla
Mr CHAABNA A.	M.A.(A)	Examineur	UKM Ouargla
Melle SALHI N.	Pr.	Encadreur	UKM Ouargla
Melle TRABELSI H.	M.C. (A)	Co-Encadreur	UKM Ouargla

Année universitaire : 2018/2019

Remerciements

Nous remercions avant tout ALLAH qui nous a donné la volonté et la force ,pour que nous puise achevé ce modeste travail.

*Nous tiens à adresser nos sincères remerciements à nos promotrice **Melle SALHI Nesrine** ,pour son encadrement et son soutien chaleureux qui nos ont permis de bien mener ce travail.*

*Nous le remercions infiniment, pour son aide, ses conseils, ses orientations ainsi que, ses remarques et ses critiques qui nous ont été d'un apport précieux Un remerciement particulier à **Melle TRABELSI Hafida**. Laboratoire de bioressources sahariennes*

*Nos vifs remerciements vont également à la présidente de jury **Melle HADJADJ Soumia** , pour nos avoir accepté de présider ce jury, nous lui témoigner nos grâces et nos sympathies.*

*Nous avons aussi immense plaisir de remercier Mr. **CHAABNA AHMAD** d'avoir accepté d'examiner ce modeste travail.*

Nous tenons à remercier aussi: toutes

les personnes qui sont participés de prés ou de loin pour la réalisation de ce travail. En fin, nous remercions à Jon nos amis en particulier, ceux de notre promotion 2018/2019



Dédicace

Avec l'aide de Dieu tout puissant j'ai pu achever ce

Travail que je dédie pu achever ce

Travail que je dédie A mes très chers parents en

Reconnaissance de leurs divers Sacrifices,

de leur précieux conseils De leur soutien moral et

leurs

Encouragements.

Ames chers frères"Abdenmour, Zakaria"

Ama très chère soeur"Anfal"

A tout la famille BENLIFA et REDJALEMALLEH

pate Melle et

Mate;Melle A tout (tes) mes amis (es) Aceux qui ont

attribué de près ou de loin à

Lélaboration

De ce présent travail

BENLIFA Safa





Dédicace

الحمد لله الذي هدانا لهذا وما كنا لنهتدي لولا أن هدانا الله

Avant toute chose, je remercie Dieu الله le tout puissant, pour m'avoir donnée la force et la patience. et la chance d'étudier et de suivre le chemin de la science.

Je dédie ce travail à :

A ma très cher père l'homme le plus parfait dans le monde, le secret de ma réussite et mon grand exemple qui à rêvé toujours de me voir heureuse.

A ma très chère idéale mère, source de tendresse, en témoignage de ma reconnaissance pour son amour, sa patience et sa compréhension.

Mes très chères sœurs (Rahima, Asma).

Mes très chers frères (Khaled, Mahmmoud, Salim).

A le petit, diamant de ma frère« Ahmed rassil » et son mère.

A toute la famille BENMERIEM et ALLAM.

Et a tout que j'aime dans ma vie.



BENMERIEM Fouzia

Liste des abréviations

NI	Nombre Initial
NT	Nombre Total
LSD	Différence Minimale significative
CE	Conductivité Electrique
mM/l	milli Mole par litre
CV	Coefficient de Vélacité
Mg/gMF	Milli gramme par gramme de Matière Fraiche
DO	Densité Optique
Chl	Chlorophylle

Liste des tableaux

Tableaux	Titres	Pages
01	Composants utilisés dans solution KNOP	20
02	Les différentes concentrations de NaCl utilisées dans le milieu	21
03	de culture Potentiel hydrogène (pH) et la conductivité électrique(CE) des rhizosphères des stations de récoltées des plantes <i>Zygophyllum album</i> L.	26
04	Matrice de corrélations entre les différents paramètres étudiés	33

Liste des Figures

Figures	Titres	Pages
01	Schématisation du bilan de la circulation du sodium dans les plantes incluser ou excluser	13
02	Principales cibles cellulaires de la réponse des plantes au stress salin	14
03	Graines de <i>Zygophyllum album</i> L.	16
04	Pied de <i>Zygophyllum album</i> L	17
05	Mesure des pH et la Conductivité électrique CE	19
06	Cinétique de germination des graines de <i>Zygophyllum album</i> L. sous concentrations croissantes en NaCl	27
07	Variation du taux de germination final des graines de <i>Zygophyllum album</i> L. en fonction des concentrations croissantes en NaCl	28
08	Effet de stress salin sur le temps moyen de germination des graines de <i>Zygophyllum album</i> L .	30
09	Indice de stress de germination des graines de <i>Zygophyllum album</i> L.en fonction de différentes concentrations en NaCl	31
10	Variation de teneur en chlorophylle a,b et total(ab des feuilles de <i>Zygophyllum album</i> L .traitées au NaCl	32
11	corrélacion entre le pigment chlorophyllien et la conductivité électrique	35

Table des matières

Remerciements	
Dédicace	
Liste des abréviations	
Liste des photos	
Liste des figures	
Liste des tables	
Introduction.....	2
Chapitre I: Synthèse bibliographique	
I.1 - Salinité et sols salés.....	5
I.1.1- Définition de la salinité	5
I.1.2- Principaux sels solubles.....	5
I.1 2.1- Carbonates.....	5
I.1.2.2- Sulfates.....	5
I.1.2.3- Chlorures.....	5
I.1.2-Définition de sols salés (sols halomorphes).....	5
I.1.3- Types de salinité.....	6
I.1.3.1- Salinisation primaire.....	6
I.1.3.2-Salinisation secondaire.....	6
I.1.4- Répartition géographique et importance de la salinité...	7
I.2-Salinité et plante.....	7
I.2.1-Définition du stress.....	7
I.2.2-Catégories de stress.....	8
I.2.2.1- Stress abiotique.....	8
I.2.2.2-Stress biotique.....	8
I.2.3-Stress salin.....	8
I.2.3.1-Le stress hydrique.....	9
I.2.3.2-Le stress ionique.....	9

I.2.3.3-Le stress nutritionnel.....	9
I.3- Effets de la salinité sur la physiologie des plantes.....	9
I.3.1- Effet de la salinité sur la germination.....	9
I.3.1.1-Effet osmotique.....	10
I.3.1.2-Effet toxique	10
I.3.2 - Effet de la salinité sur la croissance et le développement.....	10
I.3.3- Effet de la salinité sur la photosynthèse.....	10
I.4- Comportement de la plante en milieu salin.....	11
I.5-Mécanismes de résistance à la salinité.....	11
I.5.1-Exclusion	12
I.5.2-Inclusion.....	12
I.5.3-La réexcrétion.....	12
I.6- Mécanismes d'adaptations à la salinité.....	13
I.6.1-Caractéristiques morphologiques.....	13
I.6.2- Caractéristiques physiologiques.....	13
I.6.2.1- Répartition et accumulation des ions dans la plante.....	14
I.6.2.2- Compartimentation vacuolaire.....	14
Chapitre II: Matériel et méthodes	
II.1 -Matériel et méthodes.....	16
II.1.1-Objectif.....	16
II.1.2- Choix des espèces.....	16
II.1.3- Présentation de l'espèce étudiée.....	16
II.1.3.1-Description botanique.....	16
II.1.3.2-Répartition géographique de <i>Zygophyllum album</i> L.....	18
II.1.3.3-Utilisation et importance de l'espèce étudiée.....	18
II.2-Méthodologie de travail.....	18
II.2.1- Sur terrain.....	18
II.2.1.1- Collecte des graines.....	18

II.2.1.2-Prélèvement du sol.....	18
II.2.2- Au laboratoire.....	18
II.2.2.1- Préparation de l'échantillon du sol (l'extrait 1/5) (m/v).....	18
II.2.2.1.1- Détermination de pH sur extrait 1/5.....	19
II.2.2.1.2- Détermination de la Conductivité électrique totale sur extrait 1/5	19
II.2.3 -Préparation de milieu de culture.....	20
II.2.3.1- Concentrations utilisées.....	20
II.2.3.2-Préparation des graines.....	21
II.2.3.3- Conduite de l'essai.....	21
II.2.4- Paramètres étudiés.....	21
II.2.4.1- Paramètre physiologique.....	22
II.2.4.1.1-Cinétique de germination.....	22
II.2.4.1.2-Taux de Germination Final (TFG%).....	22
II.2.4.1.3- Taux Moyen de Germination (T.M.G).....	22
II.2.4.1.4- Indice de Stress de Germination(ISG).....	23
II.2.4.2-Paramètre biochimique (Dosage des pigments Chlorophylliens (mg/gMF)).....	23
II.2.5-Tests statistiques appliqués.....	24
Chapitre III: Résultats et discussion	
III.1-Résultat de l'analyse du sol.....	26
III.2- Résultats de germination.....	27
III.2.1-Cinétique de germination.....	27
III.2.2-Taux de germination final.....	28
III.2.3- Temps moyen de germination (T.M.G).....	29
III.2.4- Indice de stress de germination (GSI).....	31
III.2.5- Effet de salinité sur la teneur en chlorophylle a, b, ab et caroténoïde des feuilles	32
III.2.5.1-Action de la salinité sur la teneur en chlorophylle a.....	32
III.2.5.2-Action de la salinité sur la teneur en chlorophylle b.....	33

III.2.5.3- Action de la salinité sur la teneur en chlorophylle totale.....	33
III.2.5.4- Action de la salinité sur la teneur en caroténoïde.....	33
III.2.5.5-L'étude sur corrélation entre la CE et les pigments chlorophylliens	33
III.3- Discussion.....	35
III.3.1-Cinétique de germination.....	36
III.3.2-Taux de Germination Final (TGF %).....	37
III.3.3-Temps Moyen de Germination (T.M.G).....	37
III.3.4-Indice de Stress de Germination (ISG)	38
III.3.5-Effet de salinité sur la teneur en chlorophylle a, b et ab des feuilles....	38
Conclusion.....	42
Références bibliographiques	
Annexes	

Introduction

La biodiversité du milieu saharien, constitue une ressource importante résultant de processus de sélection longs et complexes. Cet écosystème désertique contraignant, est caractérisé par un ensemble de conditions climatiques et édaphiques particulières qui paraissent inadéquates à la survie de nombreux êtres vivants. Il abrite de nombreuses espèces indigènes ayant élaboré des stratégies particulières pour s'adapter aux conditions environnementales extrêmes (Salinité, sécheresse,etc)(CHEHMA, 2005).

Les plantes répondent à ces contraintes de l'environnement par de nombreux changements, révèlent le caractère multifactoriel des mécanismes de tolérance et d'adaptation aux stress abiotiques. La réponse au sel des espèces végétales, dépend de l'espèce même, de sa variété, de la concentration en sel et du stade de développement de la plante (BEN NACEUR *et al.*, 2001).

En conditions stressantes, les plantes peuvent réagir en mettant en oeuvre des mécanismes, entre autres, physiologiques (KYLIN *et* QUATRANO, 1975; PARIDA *et* DAS, 2005) et biochimiques (BRUGNOLI *et* LAUTERI, 1991) impliquant une activité enzymatique (STEPHANOPOULUS, 1999; CHAFFEI *et al.*, 2004). Les critères d'identification de la tolérance au sel les plus usuels, incluent la vigueur, les dommages foliaires et la taille des plantes (MAAS *et* NIEMAN, 1975; SHANNON, 1984). D'autres indices de tolérance ont été proposés, basés sur des caractéristiques physiologiques spécifiques, notamment l'accumulation d'ions ou la production de métabolites spécifiques. (MAAS *et* NIEMAN, 1975., SHANNON, 1984).

Généralement les adaptations des plantes désertiques portent sur le raccourcissement de leurs cycles de développement de manière à supprimer toute leur partie aérienne pendant la période de sécheresse , qu'elles traversent alors, soit sous forme de graines, soit sous forme d'organes souterrains tels les bulbes et les rhizomes, d'autres au contraire maintiennent leur partie aérienne mais présentent un ensemble de dispositifs anatomiques qui ont pour effet de leur assurer une meilleure alimentation en eau et de diminuer les pertes par évapotranspiration (OZENDA, 1992) tels que la réduction de la surface foliaire, la diminution de la vitesse d'évaporation, et la constitution de réserve d'eau à l'intérieur des tissus (OZENDA, 1977).

Dans les écosystèmes fortement salés, les halophytes évoluent naturellement; néanmoins, au cours de leur développement, diverses espèces expriment des degrés différents dans la tolérance à la salinité (BELKHODJA *et* BIDAI, 2004).

Les halophytes sont des plantes dotées de caractéristiques requises pour tolérer le sel, semblent constituer un outil précieux pour valoriser les zones marginales fortement salées et menacées par la désertification (**NEDJIMI et DAOUD, 2006**). Elles supportent des teneurs en sel jusqu' à 7 fois plus élevées et dont la croissance est stimulée par des concentrations salines entre 200 et 500 mM/l (**FLOWERS et al; 1977**), représentent la limite supérieure des capacités adaptatives des organismes végétaux à la salinité.

La famille des Zygophyllaceae, comprend approximativement 27 genres et 285 espèces est représentée principalement dans les régions arides et semi arides (**BELGUIDOUM, 2012; MNAFGUI et al; 2012**). Au Sahara Algérien, on observe 7 genres et 27 espèces (**OZENDA, 1991**), elle constitue plus de 3% de la flore du désert dont plus du tiers est endémique (**SMATI, 2009**). Le genre *Zygophyllum* est le plus répondu de la famille (**HUSSEIN et al; 2011**). Ce sont des plantes très adaptées au milieu désertique par leur système de racines horizontales qui parcourent de longues distances et absorbent la moindre goutte d'eau (**SMATI, 2009**).

En effet, l'espèce *Zygophyllum album* L. pousse dans tous les endroits, y compris les zones salées, et est considéré comme une plante adaptative avec des sols salins (**HALIS, 2007**), qui représente un groupe de plantes succulante qui résiste à la sécheresse et à la salinité, et peut donc vivre dans des conditions climatiques sèches sévères, généralement le sol soutient ces espèces à une teneur en sel à 5,5% dans la couche superficielle (0-25 cm) avec un pourcentage en carbonates de 1,5% à 31,5%. La croissance et la distribution des espèces de genre *Zygophyllum* dépendent de la nature chimique du sol (**TIGRINE et al; 2006; HAMMAD et QARI, 2010**). Cependant, le stade de germination est souvent limité par la salinité du sol et se montre le plus sensible que les autres stades (**BOUDA S et HADDIOUI, 2011**).

C'est dans le contexte d'appréhender la réponse et le comportement de *Zygophyllum album* L. sous stress salin, que s'inscrit notre travail pour avoir une idée sur sa tolérance en sel au stade germination.

Donc Nous posons la question suivante:

1. Y-a-t-il un effet de salinité sur la germination des graines de *Zygophyllum album*?
2. À quelle concentration l'espèce peut résister?

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Partie bibliographique

I.1- Salinité et sols salés

I.1.1- Définition de la salinité

Plusieurs auteurs ont défini la salinité des sols comme étant la présence de concentration excessive de sels solubles dans le sol, ou lorsque les concentrations en sodium (Na^+), Calcium (Ca^{+2}), Magnésium (Mg^{+2}) sous formes de chlorures, carbonates, ou sulfates sont présentes en concentrations anormalement élevées (ASLOUM, 1990). Un sol salé indique la prédominance de NaCl .

La salinité des sols et des eaux, constitue un obstacle majeur les plus répandus au niveau de la planète et qui limite fortement les rendements agricoles, notamment dans les régions arides et de semi-arides, où les précipitations sont limitées et ne sont pas suffisantes pour transporter les sels du profil racinaire des plantes (KHALES et BAAZIZ, 2006 et SCHULZE et al; 2005). Ces charges en sels soumettent les plantes à un stress permanent (GUPTA et ABROL, 1990).

I.1.2 - Principaux sels solubles

Les principaux sels solubles qui participent dans la formation des sols salés sont :

I.1.2.1- Carbonates :

Les plus rencontrés sont le carbonate de sodium (Na_2CO_3), bicarbonate de sodium (NaHCO_3), carbonate de calcium (CaCO_3) et le carbonate de magnésium (MgCO_3) (AUBERT, 1982).

I.1.2.2- Sulfates :

Les plus fréquents sont, le sulfate de magnésium (MgSO_4), sulfate de sodium (NaSO_4) et le sulfate de calcium (CaSO_4) (AUBERT, 1982).

I.1.2.3- Chlorures :

Principalement le chlorure de sodium (NaCl), le chlorure de calcium (CaCl_2) et chlorure de magnésium (MgCl_2) ce sont les plus solubles et fortement toxicité (AUBERT, 1982).

I.1.2-Définition de sols salés (sols halomorphes)

Les sols salins sont naturellement présents sous tous les climats et sur tous les continents. Ils sont là où l'évaporation excède les précipitations pluviales de façon permanente ou temporaire, ils sont étroitement liés à une source de salinité d'ordre géologique (évaporites), hydrogéologique (eaux souterraines) ou hydrologique (eaux marines) (**GIRARD et al; 2005**).

Les sols salés sont ceux dont l'évolution est dominée par la présence de fortes quantités de sels solubles, ou par la richesse de leur complexe absorbant en ions, provenant de ces sels et susceptibles de dégrader leurs caractéristiques et propriétés physiques, en particulier leur structure. On parle en général de sol salé lorsque la concentration des solutions dépasse 0,5 g/l (**ROBERT, 1996**). Selon (**CALVET, 2003**) un sol est dit salé quand la conductivité électrique est supérieure à 4 ds/m.

Génétiquement, les sols sont constitués par deux unités très différentes, les Sali sols, dans lesquels les sels de sodium, de calcium ou de magnésium sont sous la forme soluble de sels simples ou complexes. Les sodisols à complexe sodique dans lesquels les cations, essentiellement le sodium sont sous la forme échangeable, les sels solubles étant très peu abondants (**BOUTEYRE et LOYER, 2003**).

I.1.3- Types de salinité

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

I.1.3.1- Salinisation primaire :

Près de 80 % des terres salinisées ont une origine naturelle « édaphique », on qualifie alors la salinisation de « primaire ».

Dans ce cas, celle-ci est due à la formation des sels pendant l'altération des roches ou à des apports naturels externes :

- Dans les régions côtières, intrusion de l'eau salée ou submersion des terres basses.
- Inondation périodique par de l'eau de mauvaise qualité.
- Remontée d'une nappe phréatique salée près de la zone racinaire (**MERMOUD, 2006**). Ce type de sol est très fréquent dans les zones arides dû à une évapotranspiration potentielle qui dépasse largement la quantité d'eau arrivée au sol (**ANTIPOLIS, 2003**).

I.1.3.2- Salinisation secondaire

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

I.1.4- Répartition géographique et importance de la salinité

Les zones arides et semi-arides constituent environ les deux tiers de la surface du globe terrestre. Dans ces zones souvent marquées par des périodes sévères de sécheresse, la salinisation des sols est considérée comme l'un des principaux facteurs limitant le développement des plantes. A l'échelle mondiale, il est estimé que presque 800 millions d'hectares de terres sont affectés par le sel, En effet, la salinité s'étend sur plus de 6 % de la superficie totale de la planète dont 3.8 % sont situés en Afrique (**BENDIRE et al; 2014**). En l'Algérie, plus de 20% des sols irrigués sont concernés par des problèmes de salinité (**DOUAOUI et HARTANI, 2008**). Les sols salins se rencontrent dans les basses plaines et vallées d'Oranie, vallée de la Mina, près de Relizane par exemple, sur les hautes plaines au sud de Sétif et de Constantine, aux bords de certains chotts comme le Chott Melghir. Ils ont aussi une grande extension dans les régions Sahariennes au Sud de Biskra jusqu'à Touggourt, Ouargla au-delà (**AUBERT, 1982**).

I.2-Salinité et la plante

I.2.1-Définition du stress

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, (le type de contrainte, son intensité et sa durée) et génétiques (espèce et génotype) (**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.

Le stress est un ensemble de conditions qui provoquent des changements de processus physiologiques résultant éventuellement en dégâts, dommages, blessures, inhibition de croissance ou de développement. D'après (**JONES et al; 1989**), C'est une force ou influence hostile qui tend à empêcher un système normal de fonctionner".

I.2.2-Catégories de stress

On distingue deux grandes catégories de stress :

I.2.2.1- Stress abiotique

Les stress abiotiques sont causés généralement par la sécheresse (**GIRAUD et al; 2008**), la salinité (**LUHUA et al; 2008**), les hautes ou les basses températures, la lumière (**GIRAUD et al; 2008**), l'excès ou le déficit en aliments et les métaux lourds (**KLEIN et al; 2008**). 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 les membranes cellulaires (**ZHU, 2001; WANG et al; 2003**).

I.2.2.2-Stress biotique

Le stress biotique est dû à une agression par un autre organisme (insectes, animal,...Etc.). Ils sont nombreux et ont pour origine les virus, les organismes phytophages et les pathogènes. Afin de nombreux et ont pour origine les virus, système de défense qui fait intervenir une chaîne de réactions. Les protéines végétales défensives produites font office de rempart contre les agents nuisibles (**SHILPI & NARENDRA, 2005**).

I.2.3-Stress salin

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

La quantité de sels dans le sol que les plantes peuvent supporter sans grand dommage varie avec les familles, les genres et les espèces, mais aussi les variétés considérées (**LEVIGNERON et al; 1995**).

Ces mêmes auteurs précisent que, les conséquences d'un stress salin peuvent résulter de trois types d'effets que le sel provoque chez les plantes

I.2.3.1- Le stress hydrique

Une forte concentration saline dans le sol est tout d'abord perçue par la plante comme une forte diminution de la disponibilité en eau. Cela nécessite un ajustement osmotique adapté, afin que le potentiel hydrique cellulaire demeure inférieur à celui du milieu

extracellulaire et à celui du sol. Ce phénomène assure d'une part, la poursuite de l'absorption de l'eau du sol, et d'autre part, la rétention de l'eau intracellulaire et le maintien de la turgescence. Lorsque l'ajustement osmotique n'est pas suffisant, l'eau a tendance à quitter les cellules, ce qui provoque un déficit hydrique et la perte de la turgescence (**LEVIGNERON et al; 1995**).

I.2.3.2-Le stress ionique

En dépit d'un ajustement osmotique correct, la toxicité ionique survient lorsque l'accumulation de sels dans les tissus perturbe l'activité métabolique (**LEVIGNERON et al; 1995**).

I.2.3.3-Le stress nutritionnel

Des concentrations salines trop fortes dans le milieu, provoquent une altération de la nutrition minérale, en particulier vis-à-vis des transporteurs ioniques cellulaires. Le sodium entre en compétition avec le potassium et le calcium, et le chlorure avec le nitrate, le phosphore et le sulfate (**LEVIGNERON et al; 1995**).

I.3- Effets de la salinité sur la physiologie des plantes

I.3.1- Effet de la salinité sur la germination

La plupart des plantes sont plus sensibles à la salinité durant leurs stades de germination et de levée (**MAILLARD, 2001**). Parmi les causes de l'inhibition de la germination en présence de sel, la variation de l'équilibre hormonal a été évoquée (**DEBEZ et al; 2001**). Les semences des glycophytes et des halophytes répondent de la même manière au stress salin, en réduisant le nombre total des graines germées et en accusant un retard dans l'initiation du processus de la germination (**ISMAIL, 1990 In LACHIHEB et al; 2004**).

Bien que les halophytes possèdent une teneur très élevée en sel dans leurs tissus au stade adulte, leurs graines ne sont pas aussi tolérantes au sel au stade germination (**BELKHODJA et BIDAI; 2004**).

D'une façon générale, la tolérance au sel n'est pas constante pour une même espèce ou variété. Elle peut changer en fonction de l'espèce, du génotype, de l'âge et de l'état physiologique de l'organe (**ELMEKKAOUI, 1990**).

Le stade germination est souvent limité par la salinité du sol et se montre le plus sensible que les autres stades (**BOUDA et HADDIOUI; 2011**).

Selon les espèces, l'effet dépressif peut être de nature osmotique ou toxique :

I.3.1.1-Effet osmotique

La salinité inhibe l'absorption de l'eau, la mobilisation des réserves et leur transport vers l'embryon. Cependant il existe un seuil critique d'hydratation que l'embryon doit atteindre avant le démarrage des processus germinatifs (**REJILI et al; 2006**).

I.3.2.1 Effet toxique

Les effets toxiques sont liés à une accumulation cellulaire de sels qui provoquent des perturbations des enzymes impliquées dans la physiologie des graines en germination, empêchent la levée de dormance des embryons et conduisent à une diminution de la capacité de germination (**REJILI et al; 2006**).

I.3.2- 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 affecterait de plusieurs manières. Selon (**LEVIGNERON et al; 1995**), une augmentation brutale de la salinité du sol traduit par une réduction immédiate de la croissance foliaire. Un retard de décroissance important est signalé chez la plupart des glycophytes dès 50 mM/l de NaCl dans la solution du sol. Par contre chez les halophytes leur croissance ne semble diminuer que pour des concentrations beaucoup plus élevées c'est à partir de 480 mM/l de NaCl que sa production diminue (**BRUN, 1980**).

Parmi les manifestations morphologiques des plantes au stress salin, on distingue:

- ❖ Une faible ramification, une diminution de la longueur de diamètre, du poids sec des tiges.
- ❖ Un raccourcissement des entre-nœuds et une diminution du nombre de nœuds.
- ❖ Une réduction du nombre de feuilles (**HAMZA, 1977**) et de la surface foliaire (**LARHER et al; 1987**).

I.3.3- Effet de la salinité sur la photosynthèse

Le développement des plantes est le résultat de l'intégration et la régulation des processus physiologiques dont le plus dominant est la photosynthèse. La croissance du végétal autant que la production de biomasse est une mesure de la photosynthèse nette et comme les stress environnementaux affectent la croissance donc affectent la photosynthèse. Le stress salin cause des effets à long et à court terme sur la photosynthèse (**BOUZID, 2010**).

Les effets à court terme se manifestent après quelques heures jusqu'à un à deux jours de l'exposition au stress, et la réponse est importante ; il y a complètement arrêt de l'assimilation du carbone (**BOUZID, 2010**).

L'effet à long terme, s'exprime après plusieurs jours de l'exposition au sel et la diminution de l'assimilation du carbone est due à l'accumulation du sel dans les feuilles en développement (**MUNNS et TERMATT, 1986 in PARIDA et DAS, 2005**), aussi on a rapporté qu'il ya suppression de la photosynthèse sous les conditions d'un stress salin (**KAO et al; 2001 in PARIDA et DAS, 2005**) et qu'elle ne diminue pas mais plutôt stimulée par de petites concentrations de sel (**KURBAN et al; 1998 in PARIDA et DAS, 2005**).

La salinité réduit la vitesse de la photosynthèse suite à une diminution de la conduction stomatique de CO₂ (**SANTIAGO et al; 2000**).

La diminution de la vitesse photosynthétique est due à plusieurs facteurs comme la déshydratation des membranes cellulaires ce qui réduit leur perméabilité au CO₂, la toxicité du sel, la réduction de l'approvisionnement en CO₂ à cause de la fermeture des stomates, la sénescence accrue induite par la salinité et le changement dans l'activité des enzymes causé par le changement dans la structure cytoplasmique (**PARIDA et DAS, 2005**).

I.4- Comportement de la plante en milieu salin

Selon la tolérance au sel, on peut définir deux groupes des végétaux : les halophytes et Les glycophytes.

- Les halophytes supportent les concentrations en sels et la croissance est stimulée par la concentration entre 200 et 500 mM (**FLOWERS et al; 1977**).
- Les glycophytes représentent la majorité des espèces végétales dont leur croissance est ralentie dès que la concentration des milieux externes dépasse 100 mM et devient létale à partir de 300 mM (**GREENWAY et MUNNS, 1980**)

I.5-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 (figure 1), 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 exclu des feuilles, ces plantes sont dites « excluser ». A l'inverse, les plantes tolérant le NaCl, sont dites «

inclure » 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**) (Figure 01).

I.5.1-Exclusion

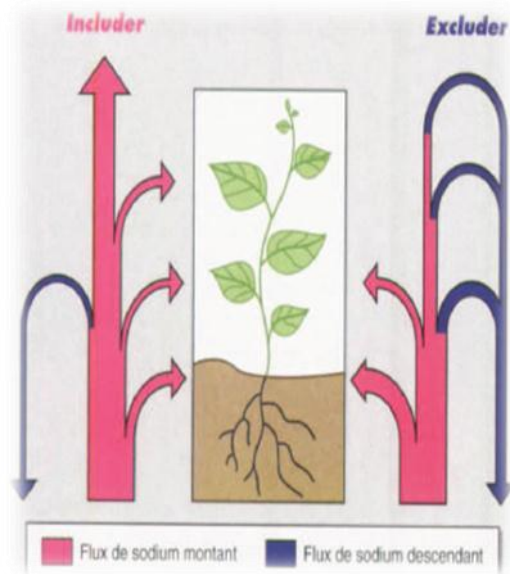
La plante empêche le sel de remonter dans la sève jusqu'aux feuilles. La présence de l'endoderme dans les racines ainsi que le transport sélectif, leur permet d'absorber les ions nutritifs utiles et de réexcréter les ions Na^+ (**GENOUX et al; 1991**). Quelques halophytes peuvent empêcher l'absorption excessive de sel par exclusion du sel 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**).

I.5.2-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^{++} , NO_3^- , SO_4^{--} et H_2PO_4^- sont maintenus contre leur gradient (**HOPKINS, 2003**).

I.5.3-La réexcrétion

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 réexcréter le sel à l'extérieur et l'éliminer vers le sol (**BERTHOMIEU et al; 2003**).



Chez les plantes de types includeur, 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 bleu). Les intensités relatives des flux sont symbolisées par la largeur des traits

Figure 01: Schématisation du bilan de la circulation du sodium dans les plantes includeur ou excluser (LEVIGNERON et al; 1995).

I.6- Mécanismes d'adaptations à la salinité

I.6.1- Adaptations morphologiques

La salinité est connue pour affecter de nombreux aspects des plantes et d'induire de nombreux changements dans leur morphologie. La morphologie et la structure des halophytes sont adaptées dans le sens de l'économie d'eau ; les caractères liés à cette adaptation sont une cuticule épaisse, des stomates rares (HELLER et al; 1998) et des cellules à grandes vacuoles permettant de stocker le NaCl (GARZA AGUIRRE et al; 2015). Une succulence des feuilles, qui deviennent épaisses ou cylindriques (Suaeda) ou de leurs tiges dans le cas de l'espèce aphyllé (Salicornia) (LEMEE, 1978). Ces adaptations jouent un rôle crucial dans la conservation de l'eau pour la croissance des plantes vivant dans des milieux salins.

I.6.2- Adaptations physiologiques

La tolérance à la contrainte saline est associée à des caractéristiques physiologiques essentielles. En effet, elle est basée sur une utilisation efficace des ions Na^+ et Cl^- dans l'ajustement osmotique et le maintien de la turgescence, une bonne compartimentation vacuolaire de Na^+ et Cl^- au niveau des feuilles, une sélectivité d'absorption et de transport en faveur de K^+ malgré l'excès de Na^+ dans le milieu de culture.

Pour qu'elles puissent absorber l'eau et continuer leurs fonctionnements vitaux, les halophytes adoptent deux mécanismes essentiels :

I.6.2.1-Répartition et accumulation des ions dans la plante

Une forte capacité d'absorption et une accumulation préférentielle de Cl^- et Na^+ dans les parties aériens surtout les feuilles chez les halophytes. Ainsi, plus de 90% de Na^+ sont accumulés au niveau de la partie aérienne (80% dans les feuilles) (ASLOUM, 1990), qui a pour but d'élever le potentiel osmotique qui peut dépasser 50 atm. Celui-ci contribue à maintenir le potentiel hydrique de la plante inférieur à celui de la solution du sol (LEMEE, 1978).

I.6.2.2-Compartmentation vacuolaire

La compartimentation est la stratégie la plus efficace pour éviter la toxicité de Na^+ sur des sites métaboliques dans le cytoplasme (JEBNOUNE, 2008). La plante utilise, en effet, le sel pour ajuster la pression osmotique de ses cellules. Elle capte le sel qui parvient aux feuilles, au même titre que l'eau, par le mouvement ascendant de la sève dans les vaisseaux. A l'intérieur des cellules, le sel est alors stocké dans les vacuoles grâce à des systèmes de "pompes" moléculaires. Les vacuoles étant des compartiments fermés au sein de la cellule; le sel est ainsi isolé dans des constituants cellulaires vitaux (BERTHOMIEU, 2003 In BOUCHOUKH, 2010) (Figure 02).

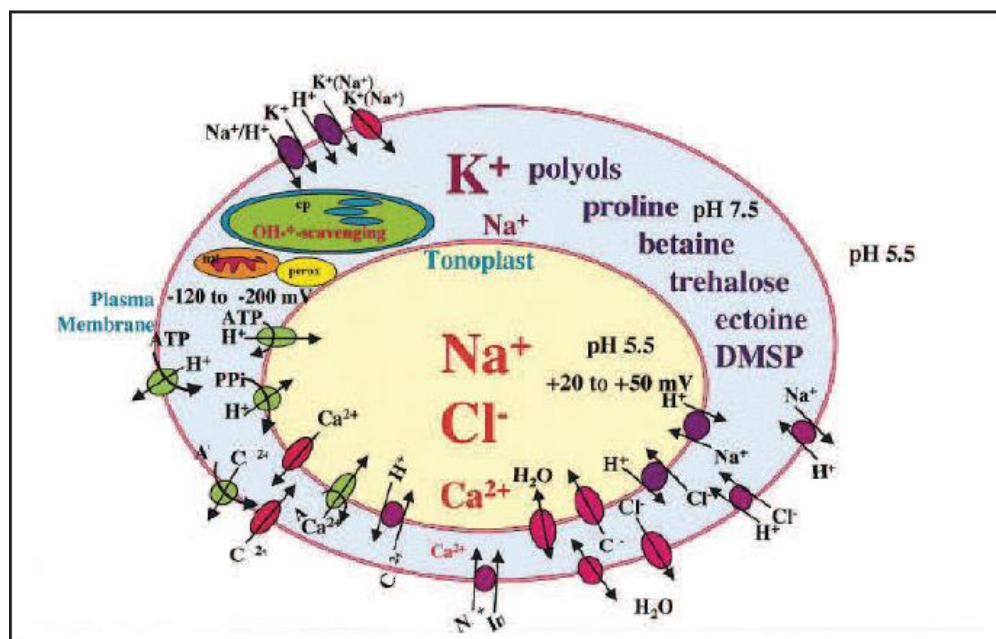


Figure 02: Principales cibles cellulaires de la réponse des plantes au stress salin (HASEGAWA *et al*; 2000).

Matériel et méthodes

II-Matériel et méthodes

II.1.1- Objectif

L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet de stress salin au stade germination des graines de l'espèce *Zygophyllum album* L., *in vitro*, en présence de différentes concentrations de NaCl.

II.1.2- Choix de l'espèce

Nous avons choisi pour notre étude les graines d'une halophile spontanée *Zygophyllum album* L. (Figure 3) de la famille des Zygophyllaceae, de la partie Sud Est du Sahara septentrional algérien, elles ont été retenues selon la disponibilité de leurs graines sur terrain.

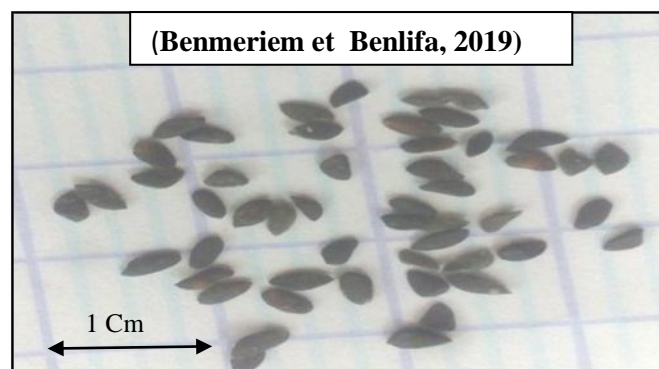


Figure 03: Graines de *Zygophyllum album* L.

II.1.3- Présentation de l'espèce étudiée

II.1.3.1- Description botanique

Le *Zygophyllum album* L. est un sous arbrisseau de la famille des Zygophyllacées, vivace, en coussinet, de 20 à 30 cm de hauteur (Figure 04). Les feuilles opposées pauvres d'une paire de folioles cylindriques et charnues, les fleurs sont blanchâtres (Figure c-04), les étamines sont nombreuses, l'ovaire est anguleux à cinq lobes plus ou moins saillants, le fruit est une capsule en forme de poire dilatée de la base au sommet (Figure d-04) (OZENDA et QUEZEL, 1956). Selon OZENDA (1977), le pédoncule fructifère bien plus court que le

[Tapez le titre du document]

fruit, la partie libre des carpelles sensiblement aussi longue que la partie soudée. Les graines de couleur noire à la maturité, de 0,3 cm de longueur et 0.1 cm de largeur .

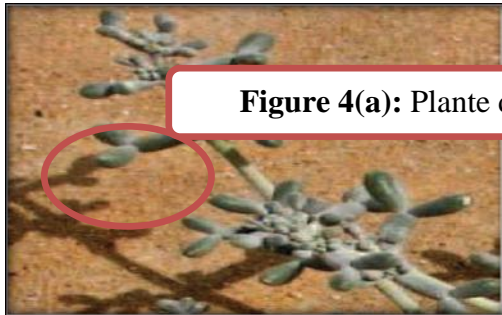


Figure 4(a): Plante de *Zygophyllum album* L.



Figure 4(c) : Fleurs de *Zygophyllum album* L.

Figure 4(b) : Feuilles de *Zygophyllum album* L.



Figure 4(d) : Fruite de *Zygophyllum album* L.

Figure 04: Pied de *Zygophyllum album* L.

II.1.3.2-Répartition géographique de *Zygophyllum album* L.

Elle est répartie dans tout le désert d'Afrique du Nord jusqu'à la péninsule arabique et sous les tropiques de l'Afrique de l'Est. Elle est également largement répartie en Égypte et est située dans des enclaves salines et sèches sur la bande côtière de la mer Méditerranée Rouge (WHITE, 1986; CHEHMA, 2006; HALIS, 2007).

II.1.3.3-Utilisation et importance de l'espèce étudiée

Le *Zygophyllum album* L., c'est une plante bien broutée par les dromadaires (OZENDA, 1991; CHEHMA, 2006).

Dans la thérapeutique traditionnelle, cette plante est utilisée comme remède empirique du diabète sucré (plante hypoglycémiant) aussi pour les traitements des caries dentaires (CHAREF et CHEHMA, 2006). Selon CHEHMA (2006), elles sont utilisées, en décoction, en poudre ou en pommade pour les traitements des diabètes, des indigestions et des dermatoses. Aussi que pour les soins corporels des nourrissons et comme cicatrisante (feuilles, fleurs et tiges) (UNISCO, 1960; CHEHMA, 2006).

II.2-Méthodologie de travail

II.2.1- Sur terrain

II.2.1.1- Collecte des graines

La collecte des graines a été faite sur terrain, en Mars (2019) d'une sebkha dans la région de Touggourt (Ain Sahara 01), de la Wilaya de Ouargla. les graines séchées naturellement ont été récoltées directement des plantes de plusieurs individus.

II.2.2.1-Prélèvement du sol

Les échantillons du sol de la rhizosphère ont, aussi, été prélevés afin d'effectuer les analyses physico-chimiques (le Potentiel Hydrogène pH et la Conductivité électrique CE).

II.2.2- Au laboratoire

II.2.2.1- Préparation de l'échantillon du sol (l'extrait 1/5) (m/v)

L'échantillon avec une spatule a été homogénéisé afin d'avoir un échantillon représentatif, les roches ou matériaux autres que le sol ou les sédiments doivent être enlevés. Dans une bouteille de plastique, nous avons pesé 5g de l'échantillon et nous avons

[Tapez le titre du document]

ajouté 25 ml de l'eau distillée. L'ensemble a été agité pendant 2 heures à la température ambiante du laboratoire avec un agitateur mécanique. Une filtration a été effectuée suite à l'agitation, à l'aide d'un papier filtre permet d'avoir l'extrait du sol.

II.2.2.1.1- Détermination du pH sur extrait 1/5

Nous avons introduit dans un bécher 25 ml de l'extrait du sol et plongé l'électrode de pH-mètre (Préalablement étalonné par 3 solutions des différents pH (4,7 et 10) dans le bécher. Cette étape a été finit par la lecture de la valeur du pH de l'extrait du sol affichée sur l'appareil (Figure 05-a).

II.2.2.1.2- Détermination de la Conductivité électrique totale sur extrait 1/5

Nous avons rincé la cellule du conductimètre avec l'eau distillée suivi par un calibrage de la cellule de conductivité avec une solution commerciale de KCl 0,010 M, dont la conductivité est certifiée. Nous avons ensuite plongé la cellule dans un récipient contenant l'échantillon de l'extrait du sol ainsi par une lecture de la conductivité électrique et la température de l'extrait du sol (Figure 05-b).



Figure 05: Mesure du (a) Potentiel Hydrogène pH et de (b) la Conductivité électrique CE

II.2.3- Préparation du milieu de culture

L'aspect le plus important de la culture *in vitro* est le choix d'un milieu de culture qui assure le bon développement des graines (**KADI, 2012**). Le milieu de culture utilisé dans la présente expérience est le milieu KNOP qui est une solution nutritive, modifiée par l'ajout de saccharose (20g/l), Agar (20g/l) et différentes concentrations de NaCl (Tableau 02).

Inventée par le chimiste allemand Johann KNOP (1817-1891), la solution de KNOP (ou liquide de KNOP) contient, entre autres, les 4 éléments dont les symboles chimiques mis à la suite forment le nom de celui-ci : K (potassium), N (azote), O (oxygène), P (phosphore).

Le liquide de KNOP est utilisé en biologie dans le cadre d'expériences sur la croissance accélérée de végétaux en laboratoire.

Tableau 01: Composants utilisés dans la solution du KNOP

Composants	Nomenclature	Poids en g
Nitrate de potassium	KNO ₃	<i>1</i>
Nitrate de calcium	Ca(NO ₃) ₂	<i>0.25</i>
Sulfate de magnésium	Mg SO ₄	<i>0.25</i>
Phosphate monopotasique	KH ₂ PO ₄	<i>0.25</i>
Sulfate férique	FeSO ₄	<i>Trace</i>
Eau distillé	H ₂ O	<i>1000 ml</i>
Saccharose	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	<i>20</i>
Agar	Agar	8
Chlorure de sodium	NaCl	Différentes concentrations

II.2.3.1- Concentrations utilisées

Nous avons utilisé cinq différentes concentrations salines à base de chlorure de sodium (NaCl), à savoir T0 comme témoin, avec 4 solutions salines (T1,T2 ,T3 et T4) (Tableau 03).

Tableau 02: Différentes concentrations de NaCl utilisées dans le milieu de culture

Traitement	T0	T1	T2	T3	T4
g/l	0	3	6	9	12
mM	0	50	100	150	200

II.2.3.2-Préparation des graines

Les graines étudiées doivent être homogènes et saines, elles ont été sélectionnées selon leur taille, leur forme et leur couleur, elles ont ensuite été désinfectées dans l'alcool pendant 2 secondes puis dans une solution d'eau de javel (hypochlorite sodium) à 5% pendant 15minutes, ensuite elles ont été rincées trois fois avec de l'eau distillée pendant 5 minute pour éliminer toute trace de chlore.

II.2.3.3-Conduite de l'essai

L'opération s'est déroulée sous une hotte à flux laminaire, en désinfectant les bocal pour éviter toutes éventuelles contaminations (**TURHAN et BASER, 2004**) et en utilisant l'ultraviolet pendant 10 minutes.

La mise en place des graines a été faite sur le milieu de culture KNOP dans des bocaux en plastique de 800ml, l'expérience a été faite sous une hotte à flux laminaire, dont les parois intérieures ont été préalablement désinfectées avec l'alcool pendant deux seconds et l'eau de javel (5%) pendant 15 mn.

25 graines ont été placées par bocal remplis de 200ml de milieu de culture solidifié par l'agar (20g/l) et hermétiquement fermés avec des bouchons stériles couverts par un parafilm, chaque traitement a porté sur 04 répétitions pour les 05 traitements de NaCl , à savoir 0, 50, 100, 150 et 200 mM

L'expérience s'est déroulée dans les conditions de laboratoire, dont les bocaux ont été mis à l'obscurité sous hotte, pendant 21jours.

II.2.4- Paramètres étudiés

Il est difficile de suivre le comportement d'une plante à partir d'un seul paramètre, en effet le suivi du comportement des plantes vis-à-vis du stress salin a été basé sur plusieurs paramètres physiologiques et biochimiques.

II.2.4.1- Paramètres physiologiques

II.2.4.1.1- Cinétique de germination

Pour mieux appréhender la signification physiologique du comportement germinatif des variétés étudiés, les taux quotidiens de germination ont été comptés quotidiennement jusqu'au 45^{ème} jour de l'expérience.

$$\text{TQG\%} = \frac{\text{Nombre de graine germées quotidiennement} \times 100}{\text{Nombre total de graines}}$$

Le pourcentage de la germination quotidienne dans les conditions de l'expérimentation est la cinétique d'évolution de la germination, obtenu dans les conditions choisies par l'expérimentateur, il dépend des conditions de la germination et des traitements subis par la semence (**BELKHOUDJA et BIDAI, 2004**).

II.2.4.1.2- Taux final de germination (TFG%)

Le taux de germination final constitue le meilleur moyen d'identification de la concentration saline qui présente la limite physiologique de germination des graines. Il est exprimé au(%) par le rapport nombre de graines germées sur nombre total de graines (**AHOTON, 2009**).

$$\text{TG \%} = \frac{\text{NI}}{\text{NT}} \times 100$$

Où **NT** : Le nombre total des graines mises en germination ;

NI : Le nombre des graines germées.

II.2.4.1.3- Taux Moyen de Germination (T.M.G)

[Tapez le titre du document]

D'après **COME (1970)**, la vitesse de germination peut être exprimée de plusieurs façons :

-Pourcentage de semences germées ou taux de germination au bout d'un certain temps après l'ensemencement;

-Le temps moyen nécessaire à la germination représente l'inverse du «Coefficient de vélocité» (**KOTOWSK, 1926**).

$$TMG = 1 / CV \times 100$$

$$Cv = \frac{N1 + N2 + \dots + Nn}{N1T1 + N2T2 + \dots + NnTn} \times 100$$

Où

N1 : nombre de graines germées au temps T1 ;

N2 : nombre de graines germées au temps T2 ;

Nn : nombre de graines germées au temps Tn .

II.2.4.1.4- Indice de stress de germination

L'indice de stress de germination est un indice potentiellement bénéfique pour la sélection des génotypes résistants à la salinité (**AFLAKI et al; 2017**). Il est calculé par la formule suivante :

$$ISG = \frac{PI, \text{ sous condition de stress}}{PI, \text{ sous non condition de stress}} \times 100$$

$$PI = nd2 (1) + nd3 (0, 9) + nd4 (0, 8) + nd5 (0, 7) + nd6 (0, 4) + nd7 (0, 3)$$

Dans cette formule, nd2 jusqu'à nd7 sont des graines germées de premier jour au septième jour (**BOUSLAMA et SCHAOAUGH, 1984**).

II.2.4.2-Paramètre biochimique (Dosage des pigments Chlorophylliens (mg/gMF))

La salinité réduit le contenu chlorophyllien, cette réduction est dépendante de l'intensité du stress et du degré de tolérance de la plante (**ZHAO et al., 2007**). Selon **VELEGALETI et**

al (1990), la réduction de la chlorophylle est corrélée avec l'accumulation du Cl⁻ dans les tissus.

Il existe deux principaux types de chlorophylle chez les plantes terrestre et certaines algues : la chlorophylle a et la chlorophylle b. Chez les plantes, seule la chlorophylle a est directement impliquée dans les réactions lumineuses, elle absorbe la lumière des régions bleu violet et rouge du spectre et apparaît vert foncé, car elle réfléchit principalement la lumière verte (**BRACK et MATHIS, 2000**).

La chlorophylle b n'est pas directement impliquée dans les réactions lumineuses. Mais transmet l'énergie absorbée à la chlorophylle a. la chlorophylle b est donc appelée pigment accessoire (**BRACK et MATHIS, 2000**).

Concernant le dosage de chlorophylle , nous avons prélevé des feuilles fraiche des 10 individus au stade végétatif, d'une sebkha dans la région de Touggourt (Ain Sahara 01), de la Wilaya de Ouargla.

Les teneurs moyennes en chlorophylle a et b sont déterminées par la méthode de **RAO et LE BLA (1965)**. L'extraction de la chlorophylle est réalisée par broyage de 1g de matière fraîche de la feuille de chaque échantillon est additionne trace de carbonate de calcium et d'acétone (20ml à 80%). La solution obtenue est filtrée à l'abri de la lumière pour éviter l'oxydation de la chlorophylle. On procède ensuite aux mesures spectrophotométriques

(JENWAY6300) à deux longueurs d'onde ($\lambda_1= 645$ et $\lambda_2= 663\text{nm}$).

On emploie ici le système d'équation d'Arnon et Mc Kinney :

Concentration en chlorophylle a (Cchl_a) = 12,7 x DO₆₆₃ – 2,69 x DO₆₄₅

Concentration en chlorophylle b (Cchl_b) = 22,9 x DO₆₄₅ – 4,68 x DO₆₆₃

Concentration en caroténoïdes = 5 x DO₄₆₀ – (Cchl_a x 3,18) + (Cchl_b x 130,3) /200

Concentration en chlorophylles totales = DO₆₅₂ x 1000 /34.5

La lecture des DO de l'extrait pigmentaire à 460, 645, 652 et 663 nm puis la résolution de ce système d'équations donnera les concentrations en chlorophylle a, en chlorophylle b et en caroténoïdes exprimées en µg/ml.

II.2.5-Tests statistiques appliqués

Les résultats obtenus ont été traités et analysés à l'aide d'un logiciel Costat (version 6.4), en utilisant One way ANOVA, dans le but de déterminer la signification des différents traitements salins et leurs effets sur les paramètres que nous avons étudié.

Résultats et discussion

III.1-Résultat de l'analyse du sol

Suit aux analyses du sol, nous avons signalé que les majorités les échantillons du sol de la rhizosphère des 10 individus sont extrêmement salé bien que les restes sont très salé.

Tableau 03: Potentiel d'hydrogène (pH) et la conductivité électrique(CE) des rhizosphères retenus

Rhizosphère	pH	CE (ms/cm)	Degré de salinité	pH du sol
1	7.8	3.79	Très salé	alcalin
2	7.8	3.33	Très salé	alcalin
3	7.7	4.62	Extrêmement salé	alcalin
4	7.7	4.22	Extrêmement salé	alcalin
5	7.9	5.56	Extrêmement salé	alcalin
6	7.9	4.16	Extrêmement salé	alcalin
7	7.7	5.01	Extrêmement salé	alcalin
8	7.8	4.56	Extrêmement salé	alcalin
9	7.8	3.72	Très salé	alcalin
10	7.5	3.88	Très salé	alcalin

III.2- Résultats de germination

III.2.1- Cinétique de germination

Pour mieux appréhender la signification physiologique du comportement germinatif de l'espèce étudiée, le nombre de graines germées a été compté quotidiennement jusqu'aux 21 jours de l'expérience selon les concentrations en NaCl (Figure 06)

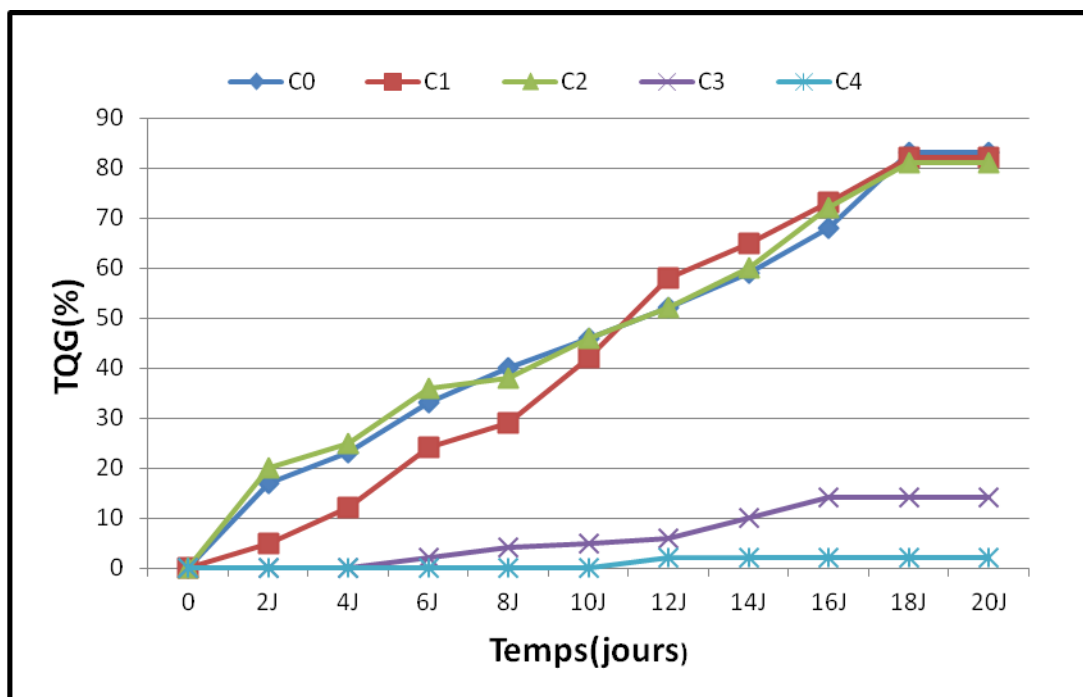


Figure 06 : Cinétique de germination des graines de *Zygophyllum album* L. sous concentrations croissantes en NaCl.

La figure 06 exprime la dynamique de la germination des graines qui se sont développées dans un milieu de culture salin, de l'espèce *Zygophyllum album*. Nous avons remarqué une variation dans le temps de germination observé au niveau du lot Témoin par rapport aux lots traités.

La germination au niveau du témoin commence à partir de 02 jours, avec un taux de germination de 17%, ensuite elle a été augmentée et stabilisée à partir des 18^{ème} jours où le taux atteint son maximum de 83%.

Pour les graines traitées dans le milieu de 50 et 100 mM de NaCl, la germination a commencé dans le deuxième jour. Le taux de germination a augmenté et il a été stabilisé à partir du 18^{ème} jours, soit 82% et 81% respectivement.

Par contre, chez les graines traitées par 150 mM de NaCl, la germination commence à partir du 6^{ème} jours. Le taux de germination est maximal (2%), ensuite il augmente jusqu'à le 16 jours et stabilise à partir de ce jour jusqu'à le 21 jours, égal à 14%, et très faible par rapport au Témoin (83%).

Il est important de noter que, la germination a été déclenchée en retard, elle commence par les 12 jours pour des graines traitées par 200 mM de NaCl. Le taux de germination est maximal (2%) et stabilise à partir de ce jour jusqu'à la fin de l'expérience égal à 2% très faible par rapport au Témoin (83%).

III.2.2- Taux de Germination Final (TFG%)

Dans le but de mieux cerner l'effet de la salinité sur la germination des espèces étudiées, les résultats de l'effet de stress salin sur le taux cumulé de germination sont exprimés dans la Figure 07.

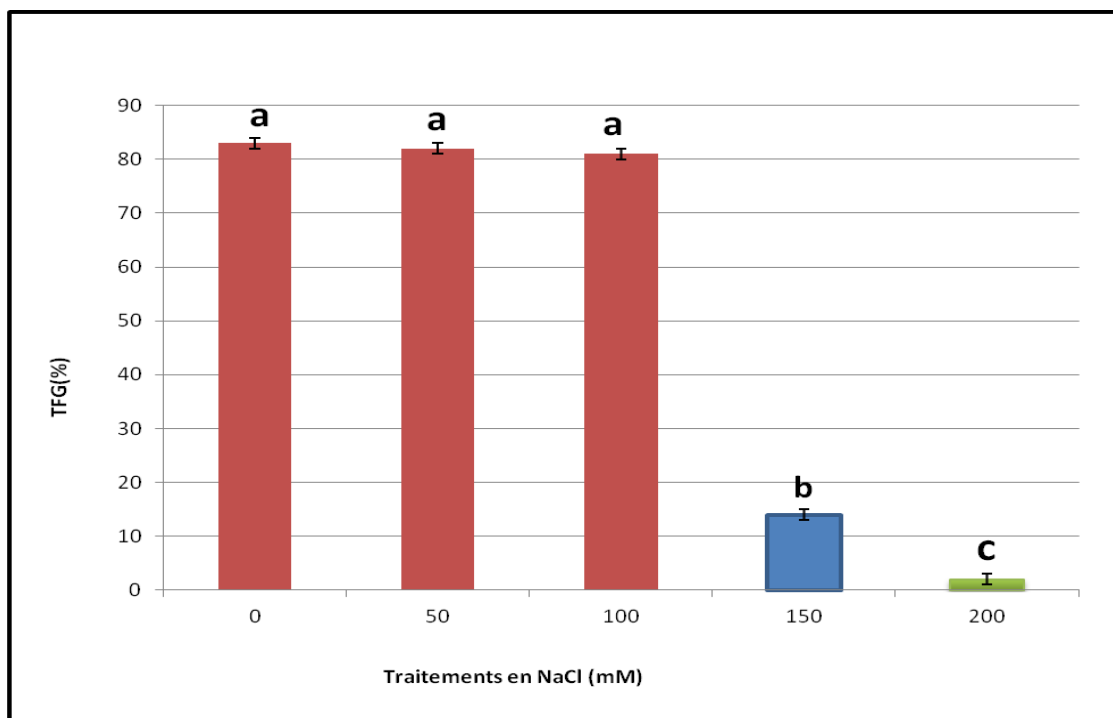


Figure 07: Variation du taux de germination final des graines de *Zygodhylum album* L. en fonction des concentrations croissantes en NaCl

Les résultats obtenus après les 21 jours de culture montrent que le taux cumulé de germination varie, distinctement, avec les traitements salins appliqués. En effet, l'étude statistique à l'aide de l'analyse de variance (ANOVA) sur le taux de germination pour d'espèce *Zygophyllum album* L. révèlent qu'il y a une différence très hautement significatif seuil 0.1% les traitements ($P \leq 0,001$) (annexe 02).

Et le test LSD (Least Square différence) regroupe le résultat des moyens (3 groupe a, b et c) ont montré une différence très hautement significative entre les témoins et les graines traités avec le traitement salin, ainsi que l'interaction salinité-plante montre un effet non significatif des concentrations 50 et 100 mM par rapport au témoin où ces derniers traitements ont un seul groupe homogène (a), cependant le traitement 150 et 200 mM, statistiquement prouve un effet inhibiteur significatif ont des différentes groupe homogène (b et c) (annexe 03).

La Figure 07 illustre les résultats comparatifs de taux de germination final des graines de *Zygophyllum album* L. sous différents niveau de sel. La lecture des histogrammes montre que le Témoin a enregistré une valeur maximale égale à 83 ($\pm 11.01\%$) que le taux de germination finale est important pour des graines traitées par 50, 100 mM de NaCl égal à 82 ($\pm 8.32\%$) 81 ($\pm 3.82\%$) respectivement, comparativement au Témoin.

Pour les graines traitées par 150 mM de NaCl en remarque Taux égal à 14 ($\pm 2.30\%$), les graines sont fortement affectées et leurs taux de germination étaient au fur et à mesure plus faibles, contrairement des graines traitées par 200 mM de NaCl où le taux de germination est complètement inhibée d'une façon remarquable 2 ($\pm 4\%$).

III.2.3- Temps moyen de germination (T.M.G)

Dans le but de mieux cerner l'effet de la salinité sur la germination de cette espèce, on a exprimé les résultats d'effet de stress salin sur le temps moyen de germination (TMG) (Figure 08).

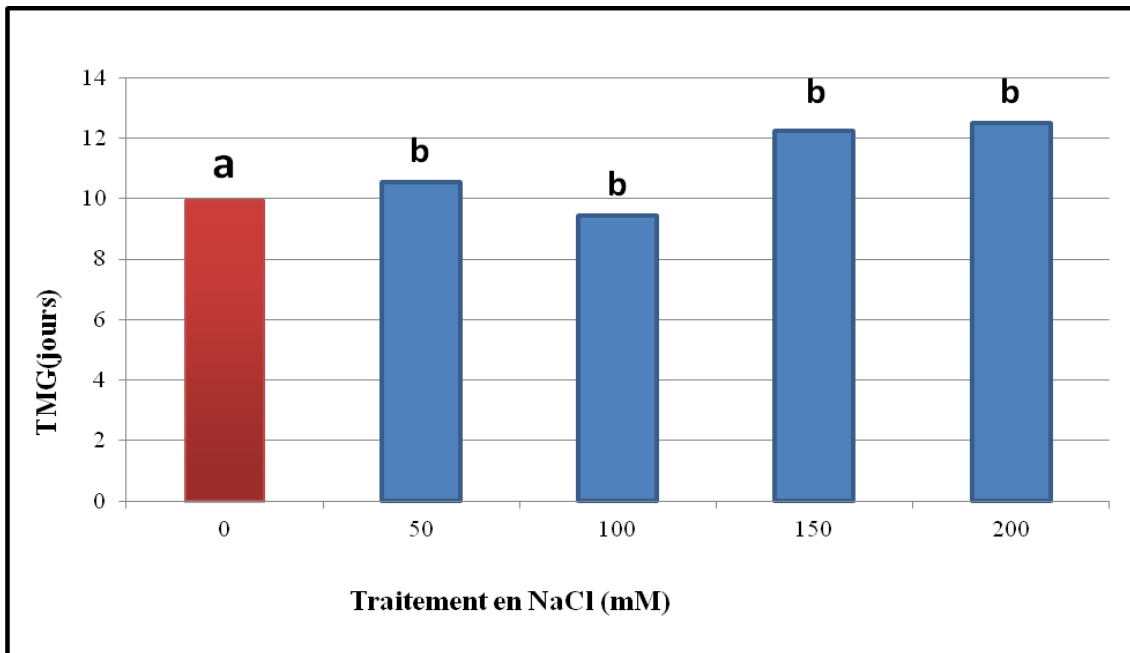


Figure 08: Le temps moyen de germination des graines de *Zygophyllum album* L. en fonction des concentrations croissantes en NaCl

La Figure 08 explique la variation de la vitesse de germination en fonction de stress salin sur l'espèce étudiée.

L'augmentation de la salinité provoque un ralentissement significatif de temps moyen de germination ($P < 0.001$) (annexe 02). En effet, le temps moyen de germination chez le témoin est de 9.94 ± 3.35 jours, et pour des graines traitées à une concentration de 50mM de NaCl, le TMG enregistré est de 10.53 ± 1.16 jours, et pour les graines traitées par 100 mM de NaCl, le TMG en remarque une diminution égal à 9.42 ± 1.42 jours, Par contre, pour des graines traitées par la concentration le plus élevée 150mM de NaCl, le TMG augmente de façon considérable soit 12.25 ± 1.19 jours, il continue à être augmenter chez la concentration la plus élevée 200 mM de NaCl soit 12.5 ± 0 jours.

L'étude statistique à l'aide de l'analyse de la variance (ANOVA) sur le temps moyen de germination pour l'espèce étudiée, révèle que les traitements à une différence Hautement significative ($P 0,0029$), (cf annexe 02).

Le temps moyen de germination s'allonge en fonction du stress salin 50,100,150,200 mM.

III.2.4- Indice de Stress de Germination (GSI)

Indice de stress de germination des graines de *Zygophyllum album* L. en fonction de différentes concentrations en NaCl présente de la (Figure 09).

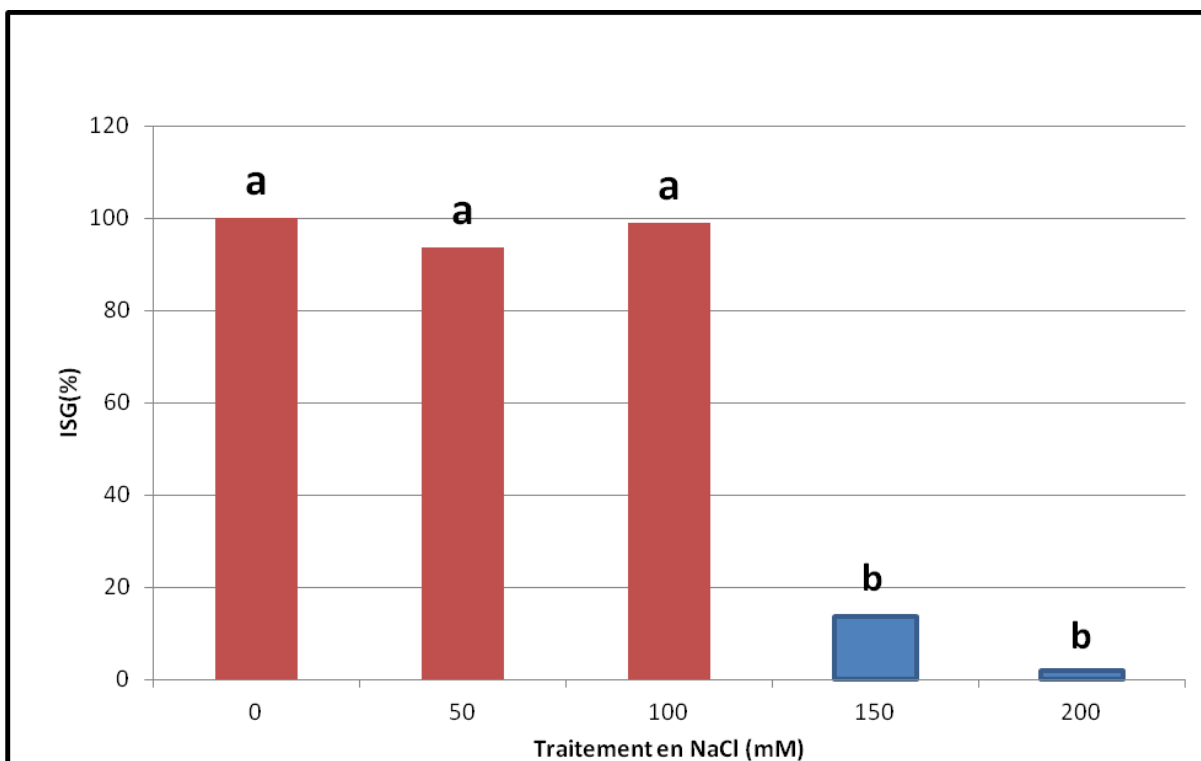


Figure 09 : Indice de stress de germination des graines de *Zygophyllum album* L. en fonction de différentes concentrations en NaCl.

L'examen de la figure 09 démontre que les valeurs d'indice de stress de germination sont plus élevées au niveau de témoin, il est de $100 \pm 0\%$ chez les graines traitées par 50 mM de NaCl, nous enregistrons une diminution de (ISG), soit $93.64 \pm 17.18\%$, et pour des graines traitées par 100 mM de NaCl en remarque une augmentation de (ISG) considérablement égal à $99 \pm 13.86\%$. contrairement aux graines traitées par 150 et 200mM de NaCl, nous signalons une diminution considérable de (GSI) égale à $13.69 \pm 3.57\%$ et 1.98 ± 3.96 respectivement.

En effet, l'étude statistique à l'aide de l'analyse de la variance (ANOVA) sur l'indice de tolérance au sel montre qu'il y a une différence hautement significative entre les traitements ($P \leq 0,001$) (annexe 02).

Nous signalons, aussi, un effet non significatif entre concentrations de 50 et 100 mM/l et le témoin. Cependant, le traitement 150 et 200Mm prouve, statistiquement, un effet inhibiteur significatif sur la germination (b). (annexe 03).

III.2.5- Effet de salinité sur la teneur en chlorophylle a, b,ab et caroténoïde des feuilles

Afin d'estimer l'état photosynthétique de la plante *Zygothymus album* L, au traitement salin, le dosage des chlorophylles (a, b et totale) a été effectué.

La Figure 10 représente les résultats de teneur en chlorophylle a, b et ab des feuilles de *Zygothymus album* L. sous différentes concentrations de Na Cl, l'allure générale des résultats démontre qu'il y a une variation de teneur des différents types de chlorophylle (a,b et ab), et caroténoïdes.

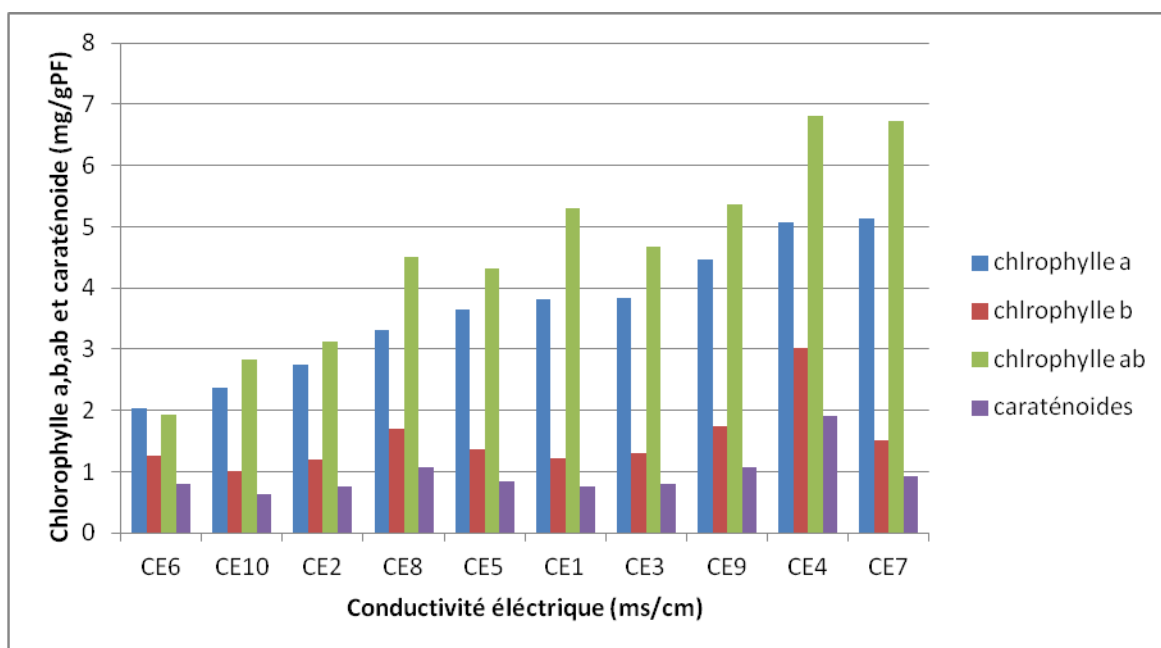


Figure 10: variation de teneur en chlorophylle a,b , total ab et caroténoïde des feuilles de *Zygothymus album* L. en fonction de conductivité électrique

III. 2.5.1-Effet de la salinité sur la teneur en chlorophylle a

Dans La Figure 10 les taux de chlorophylle a, en observe que la plus élevée chez l'individu 7 et enregistré une valeur maximale égale à (5.14 mg /g MF). Par contre, on enregistre une valeur minimale la plus faible chez l'individu 6 égale à (2.03 mg /g MF).

Nous avons enregistré une élévation de la teneur en chlorophylle a mais, reste non significative.

III.2.5.2- Effet de la salinité sur la teneur en chlorophylle b

La Figure 10 montre que pour les taux de chlorophylle b, on observe que la plus élevée est chez de l'individu 4 a enregistré une valeur maximale égale à (3.01 mg /g MF) . Par contre, on remarque une valeur minimale et la plus faible égale à (1 mg /g MF) chez l'individu 10.

III.2.5.3- Effet de la salinité sur la teneur en chlorophylle totale

La Figure 10 les taux de chlorophylle totale, valeur réelle en observe que la plus élève chez l'individu 4 à été enregistré une valeur maximale égal à (6.81 mg /g MF), Par contre, on remarque une valeur minimale et la plus faible égal à (1.94mg /g MF) chez l'individus 6.

III.2.5.4- Action de la salinité sur la teneur en caroténoïde

La Figure 10 représente les taux de caroténoïde, en observe que la valeur la plus élevée chez l'individu 4 a enregistré une valeur maximale égale à (1.90 mg /g MF). Par contre, on remarque une valeur minimale la plus faible égale à (0.63 mg /g MF) chez l'individu 10.

L'études sur les corrélations entre la CE et les pigments chlorophylliens

Tableaux 04 : Matrice de corrélations entre les différents paramètres étudiés

	CE	chla	chlb	Chlab	carotén.
CE	1				
Chla	-0,087	1			
Chlb	-0,021	0,655	1		
Chlab	-0,115	0,983	0,660	1	
carotén.	-0,023	0,625	0,999	0,631	1

Les coefficients de corrélation varient entre -1 et 1. Une valeur positive indique une corrélation positive. Une valeur négative signifie une corrélation négative. Une valeur proche de zéro reflète l'absence d'une corrélation linéaire et pour notre cas, aucune des corrélations n'est significative. Pour cela, nous avons en choisi d'un autre teste qui sont les courbes de tendances, et nous avons calcule la racine de R^2 si le valeur de R est proche a 1 indique que il y a une correlation significative.

La Figure 11-1 montre la relation entre les 02 variables (chl a et CE), et très importante et élevée ,c'est une courbe de tendance polynomiale, Certains points sont proches de la ligne, mais d'autres en sont éloignés, ce qui indique qu'il existe une forte relation entre les variables $R=0.61$. jusqu'a $CE=4.5\text{mS/cm}$ la chlorophylle a été augmente au delà de 4.5 mS/cm au chlorophylle a à été diminué.

La Figure 11-2 montre la relation entre les 02 variables (chl b et CE), et très importante ,c'est une courbe de tendance polynomiale, Certains points sont proches de la ligne, mais d'autres en sont éloignés, ce qui indique qu'il existe une forte relation entre les variables $R=0.59$. jusqu'a $CE=4.5\text{mS/cm}$ la chlorophylle a été augmente au delà de 4.5 mS/cm au chlorophylle a à été diminué.

La Figure 11-3 montre la relation entre les 02 variables (chl ab et CE), et très importante et élevée ,c'est une courbe de tendance polynomiale, Certains points sont proches de la ligne, mais d'autres en sont éloignés, ce qui indique qu'il existe une forte relation entre les variables $R=0.62$. jusqu'a $CE=4.5\text{mS/cm}$ la chlorophylle a été augmente au delà de 4.5 mS/cm au chlorophylle a à été diminué.

La Figure 11-4 montre la relation entre les 02 variables (caroténoïde et CE), et très importante ,c'est une courbe de tendance polynomiale, Certains points sont proches de la ligne, mais d'autres en sont éloignés, ce qui indique qu'il existe une forte relation entre les variables $R=0.58$. jusqu'a $CE=4.5\text{mS/cm}$ la chlorophylle a été augmente au delà de 4.5 mS/cm au chlorophylle a à été diminué.

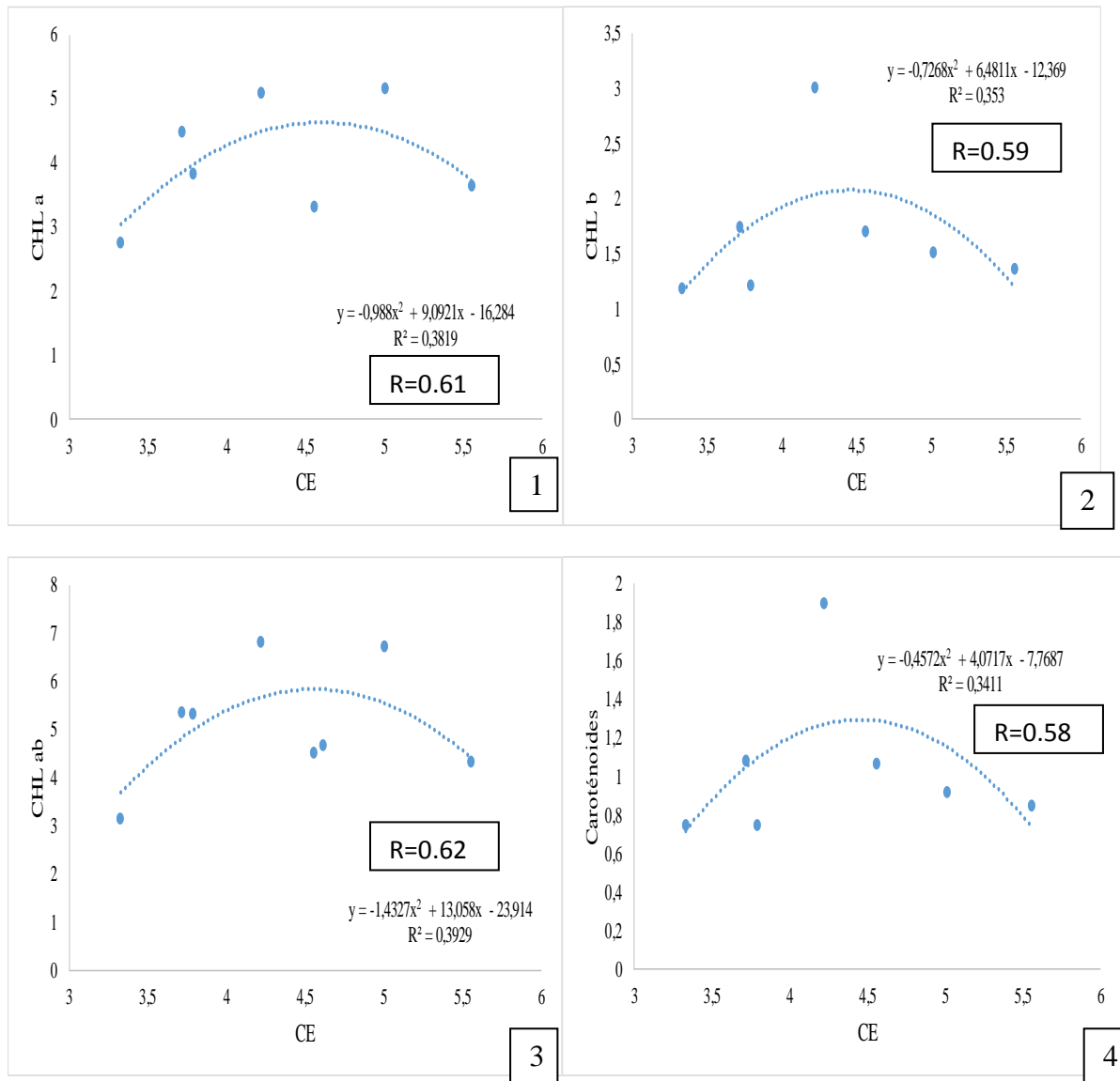


Figure 11 (1,2,3,4) : corrélation entre le pigment chlorophyllien et la conductivité électrique

III.3- Discussion

La germination est un stade critique pour le succès de l'établissement du cycle de vie des plantes, elle prédétermine largement les chances de suivi des plantules jusqu'à la maturité (CHAUHAN *et al.*, 2009). Selon LAURENT et AHMED (1991), la germination correspond au passage de l'état de vie ralentie à l'état de vie active, les réserves qui assuraient le métabolisme résiduel de l'embryon vont être activement métabolisées pour assurer la croissance de la plantule. La première étape de la germination est l'absorption d'eau et la réhydratation des tissus de la graine par un processus appelé imbibition (HOPKINS, 2003).

La réponse des graines à la salinité pourrait être un indicateur de la tolérance des plantes au sel pour les stades ultérieurs du développement (**MISRA et DWIVEDI, 2004**).

III.3.1-Cinétique de germination

Les résultats obtenus montrent que la germination des graines témoins est précoce dans les deuxièmes jours, après 2 jours elle atteint 17% et suit une évolution germinative très rapide jusqu'aux 18jours, avec un taux maximal de 84 %.

Bien que, les graines stressées au NaCl ont perdu leur précocité et marquent un retard au cours de la germination, la durée de ce retard dépend de la concentration saline (2 jours pour les graines stressées à 50 et 100 mM/l de NaCl, et 6 jours pour les graines stressées à 150mM/l de Na Cl, par contre 12 jours pour les graines stressées à 200mM de NaCl) .

Ce retard dans la germination est proportionnel à la concentration saline et serait dû à une difficulté d'hydratation des graines par suite d'un potentiel osmotique élevé, entraînant une certaine inhibition des mécanismes aboutissant à la sortie de la radicule hors des téguments et par conséquent un retard de germination des graines (**GILL et al., 2003**), s'expliquerait par le temps nécessaire à la graine pour mettre en place des mécanismes lui permettant d'ajuster sa pression osmotique interne.

Selon **BLISS et al., (1996)** Le retard de la germination des graines ainsi que la diminution de la moyenne de germination journalière de espèce avec l'augmentation de la concentration saline est expliqué par le temps nécessaire à la graine de mettre en place des mécanismes lui permettant d'ajuster sa pression osmotique interne.

En effet, la salinité réduit la capacité germinative et la vitesse de germination. Pour certains auteurs tels que **ORDENER et al. (2008)** ; **LACHIHEB et al. (2004)** et **BOUDOU et HADDIANI (2011)**, la salinité réduit le nombre total des graines germées et accuse un retard dans l'initiation du processus de la germination. la germination des graines d'halophytes est fortement baissée ou totalement inhibée sous les fortes concentrations. La salinité provoque, aussi, le plus souvent un retard dans le développement de la plante (**GILL, 1979; ELMEKKAOU, 1990 et BOUKACHABIA, 1993**).

L'étude que nous avons effectuée sur la cinétique de la germination pour les graines stressées au NaCl présume une forme de tolérance limitée de cette espèce à la concentration 100 mM de NaCl.

III.3.2-Taux de Germination Final (TGF%)

Le taux de germination, en condition des stress salin, donne toujours une idée plus en moins précise du comportement des espèces étudiées (**BEN NACEUR et al., 2001**).

Nos résultats rejoignent ceux de **MAALEM et RAHMOUNE (2009)** qui ont montré que la salinité affecte l'imbibition et la germination des graines de l'Atriplex, d'autre part, **BOUDA et HADDIOUI (2011)** ont affirmé que la germination des graines est maximale dans l'eau distillée et qu'elle diminue avec l'augmentation de la concentration en sel dans le milieu, en effet, en présence de dose élevée en NaCl, la proportion d'osmoticum pénétrant les structures de germination n'est pas suffisante à assurer l'imbibition de la graine en condition de très faible potentiel osmotique du milieu. Le faible potentiel externe entraîne une inhibition de l'activité enzymatique des graines et retarde la sortie et le développement de la radicule et par conséquent la germination (**GILL et al; 2003 ; MISIC et al; 2009 ; BEN DKHIL et DENDEN, 2010**). Cette diminution a été signalée par plusieurs auteurs comme **PASSAM et KAKOURIOTIS (1994)**.

Nos résultats rejoignent ceux de **BENSEKRIFA et KHLAFI (2018)** qui ont montré que ce retard de germination est proportionnel avec la concentration saline.

Selon **ISMAIL (1990)** le NaCl agit sur la germination de *Zygophyllum* en diminuant plus ou moins fortement son taux, ainsi il réduit l'utilisation des réserves nutritive des graines.

III.3.3-Temps Moyen de Germination (T.M.G)

La vitesse de germination, exprimée en coefficient de vélocité (CV) diminue en fonction du NaCl, plus la concentration de NaCl est élevée, plus la vitesse de germination diminue. Au contraire le temps moyen (TM) s'allonge sous l'effet du stress salin.

L'augmentation de la concentration de NaCl dans le milieu de culture a provoqué, un allongement de la période de germination, soit 10,53 jours pour la concentration 50mM/l de NaCl, et 9.42 jours pour la concentration 100 mM/l de NaCl, par contre les concentrations de 150 et 200Mm/L de NaCl enregistrent 12.25 jours et 12.5 jours respectivement.

Les perturbations observées pourraient être expliquées par une diminution du potentiel osmotique du milieu suite à l'ajout du sel (**MAUROMICALE et LICANDRO, 2002**) **BEN MILED et al (1986)** ; **SMAOUI et al. (1986)** ; **BOTIA et al (1998)** et **JAOUADI et al (2010)** ont expliqué que ce retard pourrait être dû à l'altération des enzymes et des hormones qui se trouvent dans la graine. Et D'après **BEN MILED et al. (1986)**, ce retard de germination s'expliquerait par le temps nécessaire aux graines pour déclencher les mécanismes leur permettant d'ajuster leur pression osmotique.

III.3.4- Indice de Stress de Germination (ISG)

Selon **KRISHNAMURTHY et al., (2007)** la réduction de l'indice de tolérance de la germination au stress pourrait être due à l'effet de la salinité. En raison pour attribuer au retard de germination des graines et à la levée des racines dans les niveaux de salinité plus élevé pourrait être due à un effet osmotique néfaste qui empêche les plantes de maintenir leurs besoins nutritionnels propres à leur croissance, ce qui entraîne une faible tolérance à la salinité .

III.3.5-Effet de salinité sur la teneur en chlorophylle a, b,ab et caroténoïdes des feuilles

La réponse biochimique de plante *Zygophyllum album* L. a abouti aux résultats suivant : Les teneurs en chlorophylle a et b enregistrées révèlent que le *Zygophyllum album* L. réagit par une augmentation de ces paramètres ; la salinité a donc un effet positif sur la biosynthèse de la chlorophylle. La teneur en chlorophylle b est plus faible et s'accumule lentement par rapport à la chlorophylle a. La teneur en chlorophylle peut être considérée comme un indicateur clé de l'état physiologique de la plante (**STEELE et al., 2008**) ,cela a été montré par les travaux de **BENDOB (2016)** qui a signalé que les taux de chlorophylle diminuent en fonction de la salinité du milieu, comme chez les Halophytes *Atriplex halimus* et *A. canescens*.

La salinité affecte de nombreux processus biologiques, parmi les quelles la synthèse des caroténoïdes et de la chlorophylle (**PRADO et al., 2000** ; **RUFINO et al., 2010**).

La baisse de la teneur en chlorophylle serait la conséquence de la réduction de l'ouverture des stomates comme l'ont évoqué **BROWN et TANNER (1983)** et ceci visant à

limiter les pertes en eau par évaporation et, par la même, l'augmentation de la résistance à l'entrée du CO₂ atmosphérique nécessaire à la photosynthèse (SLATYER, 1974), et serait probablement la conséquence de la réduction de la taille des cellules foliaires sous l'effet du stress salin qui engendre une plus grande concentration (SIAKHENE, 1984).

Selon CLEMENT (1981), les halophytes sont considérées comme étant des plantes en C₄. Ces plantes peuvent maintenir longtemps les stomates fermés lors d'une sécheresse physiologique suite aux fortes concentrations en sels, ce qui provoque une diminution de l'activité photosynthétique tout en compensant la réduction de l'absorption de CO₂, par leur efficacité élevée de la fixation de CO₂ et par l'absence de photorespiration qui représente normalement une perte de carbone.

D'après BENREBIHA *et al.* (2012) lors d'un stress le potassium intervient dans les processus de la photosynthèse, favorise la synthèse des glucides et participe au transfert de ceux-ci vers les organes de réserve. Ce qui lui permet de conférer aux plantes une meilleure résistance aux différents stress

Cela peut s'expliquer par l'amélioration modérée de contenu en pigments chlorophylliens, induite par l'élévation de salinité d'eau.

La chlorophylle totale est un bon indicateur du seuil de tolérance au stress salin comme le rapporte GUETTOUCHE (1990) pour qui, plus ce paramètre est élevé plus les populations sont tolérantes au déficit en eau. où nous avons constaté un abaissement du taux chlorophyllien pour l'individu 6. Ces résultats nous conduisent à conclure que l'individu 4 s'adapterait mieux à la salinité que les autres.

Cet effet dépressif de sel selon ASHRAF et BHATTI (2000) pourrait être attribué à une diminution de la biosynthèse de la chlorophylle due à une carence des nutriments.

La réversibilité de l'effet du NaCl est un paramètre qui peut aider à déterminer l'origine de l'effet dépressif de la salinité sur la germination.

La salinité peut se manifester par deux effets : osmotique qui est réversible et/ou toxique qui est irréversible. La présence de doses élevées en NaCl entraîne la diminution du potentiel osmotique du milieu, cela peut retarder ou empêcher l'absorption de l'eau nécessaire pour la germination (MIRMAZLOUM *et al.*, 2010).

Cet effet toxique peut entraîner l'accumulation des ions de Na⁺ et Cl⁻ dans l'embryon, et contribue ainsi à l'altération des processus métaboliques de la germination voir même à la mort de l'embryon par excès d'ions (**HAJLAOUI et al., 2007**).

Pendant la germination, l'émergence de la racicule serait contrôlée par l'osmolarité du milieu, alors que la croissance ultérieure de la plantule serait limitée par la mobilisation et le transport des réserves vers l'axe embryonnaire (**HAJLAOUI et al., 2007**). Bien qu'il ne reflète pas intégralement le comportement des plantes dans leurs conditions naturelles, le taux de germination, en conditions de stress salin, donne toujours une idée plus ou moins précise du comportement d'espèce étudiée.

A partir de nos résultats, on peut remarquer une relation entre la tolérance à la salinité au moment de la germination et l'écologie d'espèce. Dans ce sens **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.

Finalement, il y a lieu de signaler que ce classement doit tenir compte le stade du développement de la plante car il a été démontré qu'une espèce peut être sensible à un stade et tolérante à un autre et que le mécanisme de tolérance nécessite une réelle adaptation des majeures parties de la plante ou bien de leurs tissus sinon de leurs cellules (**REJILI et al., 2006**).

Conclusion

La salinité est une contrainte majeure qui affecte la croissance et le développement des plantes surtout dans les régions arides et semi-arides qui souffrent de problèmes de la salinité du sol.

Au terme de notre étude qui s'intéresse à l'effet de stress salin sur les graines de *Zygophyllum album L.*, en appliquant différentes concentrations de sel de NaCl à savoir 50 ,100,150 et 200mM/l *in vitro*, ainsi que l'évaluation la réponse et le comportement de *Zygophyllum album L.* à travers le dosage de chlorophylles au niveau des feuille. Les résultats obtenus conduisent aux principaux points suivants :

- Les graines de *Zygophyllum album L.* tolèrent la concentration saline de 100 mM/l de Na Cl .
- La capacité germinative et la vitesse de germination d'espèce étudiée sont touchées et elles diminuent avec l'augmentation de la concentration du NaCl ajouté.

Les résultats rapportés dans cette étude montrent que la salinité a un effet néfaste sur le développement de *Zygophyllum album L.* au stade de la germination et poste germination , mais le degré de réponse vis-à-vis du stress salin, varie selon l'intensité du sel.

Le stress salin induit une variabilité dans le taux de chlorophylle a et b quand le stress est très important, ceci est un mécanisme de réduction des besoins en eau et provoqué par la réduction de taux de chlorophylle totale, c'est un élément métabolique peuvent être considérés comme « marqueurs physiologiques » du degré de tolérance au stress salin et par conséquent peuvent être utilisés pour la sélection précoce de écotype tolérantes au sel chez l'espèce étudiée.

Au final, notre étude n'est qu'un point de départ pour la recherche sur les plantes spontanées et l'effet de différentes concentrations salines sur le comportement physiologique de ces espèces a permis de mieux comprendre le comportement et le

développement de cette plante vis-à-vis du sel et ainsi de déterminer et sélectionner les espèces les mieux résistantes à la salinité, pour arriver à cet objectif il est indispensable de faire des études plus complètes, il serait indispensable:

- ✓ D'étudier la réponse de germination de ces espèces face au stress salin avec d'autres intervalles de concentrations ;
- ✓ D'étudier la réponse de germination et de croissance en utilisant d'autres paramètres entre autre morphologiques, physiologiques et anatomiques ;
- ✓ D'étudier la réponse de germination des espèces appartenant à la même famille pour mettre en évidence la comparaison.

Référence bibliographiques

1. **AFLAKI F., SEDGHI M, PAZUKI A ,PESSARAKLI M., 2017-** Investigation of seed germination indices for early selection of salinity tolerant genotypes: A case study in wheat, *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 29(3): 222-226.
2. **AHOTON L., ADJAKPA M ., M'PO IFONTI et AKPO L., 2009 -** Effet des prétraitements des semences sur la germination de *Prosopis africana* (Guill., Perrot. et Rich.) Taub., (Césalpiniciacées). *Tropicultura* 27(4) .pp : 233-238.
3. **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.
4. **ANONYME b., 2006 -** Institut techniques de grande culture. « ITGC » Guide des principales variétés de céréales à paille en Algérie ,2006.p121, 123,129.
5. **ANTIPOLIS S., 2003 -** Les menaces sur les sols dans les pays Méditerranéens. Les cahiers du plan bleu, Vol.2 :44-49. arides tropicales et méditerranéennes in l'aridité, une contrainte au développement. Arides. Tunisie.78p.
6. **ASHRAF M.Y AND BAHATTI A.S., 2000 -** effect of salinity on growth and chlorophyll content of rice ,*Pak.Sci.Industr,Res*,43,130-131.
7. **ASLOUM H., 1990 -** Elaboration d'un système de production maraîchère (Tomate, *Lycopersicon esculentum L.*) en culture hors sol pour les régions sahariennes. Utilisation de substrats sableux et d'eaux saumâtres. Thèse de doctorat, développement et amélioration des végétaux, Université de Nice Sophia- Antipolis (France): 24-32.
8. **AUBERT G., 1982 -** les sols sodiques en Afrique du nord .Cahier O.R.S.T.O.M .Service Pédologie.194P.
9. **BELGUIDOUM M., 2012-** Une approche phytochimique pour différencier deux espèces de genre *Zygophyllum*. Mémoire Master Académique. Université Kasdi Merbah Ouargla. 55p.
10. **BELKHODJA M., BIDAI Y., 2004-** Réponse des graines d'*Atriplex halimus L.* à la salinité au stade de la germination. *Sécheresse* n°4, vol 15, pp 331-334.
11. **BEN DKHIL B.; DENDEN M., 2010 –** Salt stress induced changes in germination, sugars, starch and enzyme of carbohydrate metabolism in *Abelmoschus esculentus L.* (Moench) seeds. *African Journal of Agriculture Research* Vol.5 :12, pp.412-418.
12. **BEN DOB, KHOUILDAT ., 2016-** Action de la salinité et de l'acide salicylique sur le comportement physiologique et anatomique des plantules d'*Atriplex*.

13. **BEN MILED D., BOUSSAID M. et ABDELKEFI A., 1986** - Tolérance au sel d'espèces annuelles du genre *Medicago* au cours de germination. In : Colloque sur d'Ingénieur d'Etat En biologie, Université Kasdi-Merbah Ouargla, 87p. Djerba, Tunisie.
14. **BEN NACEUR M., RAHMONE 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. *Secheresse*. Vol. 3, 167-174.
15. **BENIDIRE L ., DAOUI K ., FATEMI Z . A, ACHOUAK W, BOUARAB L.,OUFDOU K., 2014** - Effet du stress salin sur la germination et le développement des plantules de *Vicia faba* L.,J, Master. *Environ. Sci* 6 (3)(2015)840-851.
16. **BERTHOMIEU P., CONEJERO G., NUBLAT A., BRACHENBURY W.J., LAMBERT C., SAVIO C., UOZUMI N., OIKI S., YAMADA K., CELLIER F.,GOSTI F., SIMONNEAU T., ESSAH P.A. , TESTER M.,VERY 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*, Vol. 22: 2004- 2014.
17. **BOTIA P., CARVAJAL M., CERDA A., MARTINEZ V., 1998-** "Response of eight Cucumismelo cultivars to salinity during germination and early vegetative growth", *Agronomie* 18,503-513.
18. **BOUAOUINA., S., ZID, E. ET HAJJI., M., 2000-** Tolérance à la salinité, transports ioniques et fluorescence chlorophyllienne chez le blé dur (*Triticum turgidum* L.) CIHEAM –Options Méditerranéennes. pp.-2.
19. **BOUCHOUKH I., 2010-** Comportement écophysiological de deux Chénopodiacées des genres *Atriplex* et *Spinacia* soumises au stress salin .p 16- 29- 6 -35.
20. **BOUDA S., HADDIOUI A., 2011** - Effet du stress salin sur la germination de quelques espèces du genre *Atriplex*. *Revue « nature & technologie »*. N° 05/juin 2011. P 72 à 79.
21. **BOUKACHABIA, E., 1993-** Contribution à l'étude de quelques mécanismes morphologiques et biochimiques de tolérance à la salinité chez cinq génotypes de blé dur (*Triticum durum* Dest). Mémoire de Magister en production et physio vég. Annaba. 108.
22. **BOUSLAMA M. , AND W., T SCHAPAUGH., 1984** - Stress tolerance in soybeans. I. Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance, *Crop Sci*. 24: 933-937.
23. **BOUTEYRE G., LOYER Y., 2003-** Sols salés eaux saumâtre des régions arides tropicales et méditerranéennes in l'aridité, une contrainte au développement. ORSTOM, Paris.

24. **BOUZID S., 2010-** Étude de l'effet de la salinité et de la présence du molybdène sur le comportement écophysologique de deux variétés de plantes de l'espèce *Phaseolus vulgaris L.* .Thèse de magistère en Biologie Végétale, Université Mentouri Constantine,124p
25. **BRACK A., MATHIS P., 2000-** la chimie du vivant de la protéine à la photosynthèse .A Quatre /Quatre . Le Pommier .157 p.
26. **BROWN, P.W AND TANNER, C.B; 1983** - "Alfalfa stem and leaf growth during water stress" Agro.p75, 779-804.
27. **BRUGNOLI E., LAUTERI M., 1991-** Effects of salinity on stomatal conductance, photosynthetic capacity and carbon isotope discrimination of salt tolerant (*Gossypium hirsutum L*) and salt sensitive (*Phaseolus vulgaris L*) C3 non halophytes. Plant physiol. 95: 628-635.
28. **BRUN A., 1980-** Effets comparés de différentes concentrations de NaCl sur la germination, la croissance et la composition de quelques populations de luzernes annuelles d'Algérie. Thèse doct. 3ème cycle Montpellier.
29. **CALVET R., 2003-** Le sol, propriété et fonction, phénomènes physiques et chimiques. Tome 2. Ed. France. Agricole, Cambridge Unive Press. 511 P.
30. **CHAFFEI C., PAGEAU K., SUZUKI A., GOUIA H., GHORBEL MH., MASCLAUX-DAUBRESSE C., 2004-** Cadmium toxicity induced changes in nitrogen management in *Lycopersicon esculentum* leading to a metabolic safeguard through an amino acid storage strategy. Plant Cell Physiol. 45:1681–1693.
31. **CHAREF S .,CHEHMA S.,2006** -Contribution à l'étude de l'influence des conditions Edaphiques sur la distribution spatiale de *ZygophyllumAlbum* dans la cuvette de OUARGLA. Mémoire d'Ingénieur d' Etat En biologie, UniversiteKasdi-Merbah Ouargla, 87p.
32. **CHAUHAN J.S .,TOMAR Y.K ., INDRAKUMAR SINGH N.,SEEMA A et BEBARA T.I., 2009-** Effect Of Growth Hormones On Seed Germination And Seedling Growth Of Black Gram And Horse Gram. *Journal of American Science* 5 :79-84.
33. **CHEHMA A., 2005-**étude floristique et nutritive des parcours camelins du Sahara septentrional algérien cas des régions d'Ouargla et Ghardaïa. Mémoire de doctorat. Univ d'Annaba, 2 Pages.
34. **CHEHMA A., 2006-** Catalogue des plantes spontanées du Sahara septentrional algérien.
35. **CHINNUSAMY V., ZHU J., ZHU J.K., 2006-**Gene regulation during cold acclimation in plants. *PhysiologiaPlantarum*. Vol. 126, no1. 163 p.

36. **CLEMENT MATHIEU ET FRANÇOISE PIELTAIN., 2003** – Analyse chimique des sols, 2eme triage Edition TEC et DOC 11, rue lavoisier 75008 paris,p146.
37. **COME., 1970** - Les obstacles à la germination. Ed. Masson et Cie, Paris. P162.
38. **DEBARA T.I., 2009** -Effect of Growth Hormones On Seed Germination And Seedling Growth Of Black Gram And Horse Gram. Journal of American Science 5:79-84.
39. **DEBEZ A., CHAIBI W., BOUZID S., 2001** - Effet du NaCl et de régulateurs de croissance sur la germination d’*Atriplex halimus* L. Cahiers d’Etudes et de Recherches Francophones/Agricultures, Vol. 10, No. 2: 135- 138.
40. **DOUAOUL, A. ET HARTANI, T., 2008-** Impact de l’irrigation par les eaux souterraines sur la dégradation des sols de la plaine du Bas-Chellif. Scientific commons. Vol. 2, no3, p. 9.
41. **DUTUIT P., POURRAT Y., DUTUIT J.M., 1994-** La notion de stress de la cellule à l’écosystème. Sécheresse, Vol. 5, N°. 1: 23-31.
42. **EL-MEKKAOUI M., 1990** - Etude des mécanismes de tolérance à la salinité chez Enhanced Tolerance to Oxidative Stress in Transgenic Arabidopsis Plants Expressing Proteins Etude de la germination des graines d’*aracia tortilis* sous différentes contraintes abiotiques. *Biotechnol . Agro .Soc. Environ .*, 14 (4) :643-652.
43. **FLEISCHMAN, D. E., 1990** - Some approaches to rapid and presumptions diagnosis of chemicals stress in plants. In: , W., Gorsuch, J. W., Lower, W. R., (éds.) Plants for toxicity assessment. *American Society for Testing and Material*; Philadelphia, pp. 333 – 345.
44. **FLOWERS TJ., TROKE PF., YEO AR., 1977-** The mechanism of salt tolerance in halophytes. *Annual Review of Plant Physiology* 28, 89–121. doi:10.1146/annurev.pp.28.060177.000513.
45. **GARZA AGUIRRE R A., HERNANDEZ PIÑERO J L, ROCHA ESTRADA A., FOROUGHBAKHCH-POURNAVAB R., MORENO-LIMON. S., 2015** - Microanalysis of leaves of *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. under saline conditions. *Int. Jour. Farm and Alli. Sci.* Vol., 4 (1): 26-31.
46. **GENOUX C., PUTZOLA F., MAURIN G., 1991** -Thème général: la lagune germination, growth and soluble sugar contents of *Sorghum bicolor* L. Moenchseeds germination, la croissance et la composition de quelques populations de luzernes.

47. GILL P.K., SHARMA A.D., SINGH P., BHULLAR S.S., 2003 - "Changes in germination, growth and soluble sugar contents of *Sorghum bicolor* L. Moench seeds under various abiotic stresses", *Plant Growth Regulation* 40 (2), pp. 157-162.
48. GILL, K.S., 1979 - Effects of soil salinity on grain filing and grain development in burly. *Biologia plantarum*. 24 (4): 266-269.
49. GIRARD P., PROST J., BASSEREAU P., 2005-Passive or Active Fluctuations in graminées halophytes spontanées de la Tunisie méridionale. *Options Méditerranéennes*.
50. GIRAUD E., LOIS H.M. HO, CLIFTON R., CARROLL A., ESTAVILLO G., TAN Y.F., HOWELL K.A., IVANOVA A., POGSON B.J., MILLAR A.H. AND WHELAN J., 2008 - The Absence of ALTERNATIVE OXIDASE1A in Arabidopsis Results in Acute Sensitivity to Combined Light and Drought Stress. *Plant physiol.* 147 :595-610.
51. GREENWAY H et MUNNS R., 1980- Mechanism of salt tolerance in non-halophytes. *Annual Review of Plant Physiology*, (31).pp:149-190.
52. GRIME J P., 1979- Plant strategies and vegetation processes. New York: John Wiley.
53. GUETTOUCHE R., 1990-Contribution à l'identification des caractères morpho physiologiques d'adaptation à la sécheresse chez le blé dur (*Triticum durum* Desf). Thèse diplôme d'Agronomie approfondie.
54. GUETTOUCHE R., 1990-Contribution à l'identification des caractères morpho physiologiques d'adaptation à la sécheresse chez le blé dur (*Triticum durum* Desf). Thèse diplôme d'Agronomie approfondie.
55. GUPTA, R.K; ABROL, I.P., 1990 - Salt-affected soil: Their reclamation and management for crop production. *Advances in Soil Science*. Springer-Verlag, New York. 11: 288.
56. HAJLAOUI H., DENDEN M., ET BOUSLAMA M., 2007 - Etude de la variabilité intraspécifique de tolérance au stress salin du pois chiche (*Cicer arietinum* L.) au stade germination. *Tropicultura*, Vol 25 (3), Pp 168-173.
57. HALIS Y., 2007 - Encyclopédie des plantes de Suff, plantes du désert communes dans la zone de compétition .Le grand est. Alwaleed Press. La vallée 248 p.
58. HAMMAD I., QARI SH., 2010 - Genetic diversity among *Zygophyllum* (*Zygophyllaceae*) populations based on RAPD analysis. *Genet. Mol. Res.* 9: 2413.
59. HAMZA M, 1977-Action de différents apports de chlorure de sodium sur la physiologie de deux légumineuses (*Phasolus vulgaris*) sensible et (*Hedysarum curnosum*) tolérante, relation hydrique et ionique. Thèse de doctorat. Univ Paris VII.

- 60. HAOUALA F., FERJANI H., BEN EL-HADJ S., 2007-** Effet de la salinité sur la répartition des cations (Na⁺, K⁺ et Ca⁺⁺) et du chlore (Cl⁻) dans les parties aériennes et les racines du ray-grass anglais et du chiendent. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, Vol. 11, N°3 : 235- 244.
- 61. HASEGAWA P M., BRESSAN R A., ZHU J K., BOHNERT H J., 2000 -** Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Plant Mol. Biol.* Vol. 54: 463- 499.
- 62. HELLER R., ESNAULT R., LANCE C., 1998-** *Physiologie végétale. Tome1. Nutrition.* 6^{ème} édition, DUNOD, Paris: 134- 135.
- 63. HOPIKNS W.G., 2003 -** *physiologie végétale-traduction de la 2^{ème} édition .américane* par Serge .R. Ed. de Book, p.66-81.
- 64. HUSSEIN SR, MARZOUK M , IBRAHIM L, KAWASHTY S, SALEH N., 2011-** Flavonoids of *Zygophyllum album* L.f. and *Zygophyllum simplex* L. (*Zygophyllaceae*), *Biochemical Systematics and Ecology* 39 ; 778 –780.
- 65. ISMAIL, A.M.A., 1990-**Germination ecophysiology in populations of *Zygophyllum qatarense*.hadidi from contrasting habitats. Effect of temperature, salinity and growth regulators with special reference to fuscococcin. *Journal of arid environments*, (18) : 185-194.
- 66. JABNOUNE M., 2008-** Adaptation des plantes au stress salin : caractérisation de transporteurs de sodium et de potassium de la famille HKT chez le riz. Thèse Doct. CNRS/INRA/Sup. Agro. Univ. / Montp II.289P.
- 67. JAOUADI W . , HAMROUNI L . ;SOUAYEH N . ; LARBI M.K., 2010-** Etude de la germination des graines *d'aracia tortilis* sous différentes contraintes abiotiques. *Biotechnol . Agro .Soc. Environ .*, 14 (4) :643-652.
- 68. JONES H.G., FLOWERS T.J., JONES M.B., 1989-** *Plants under stress.* Cambridge, Cambridge University Press.
- 69. KADI Z., 2012 -** Selection de l'orge (*hordeum vulgare* l.) Pour la tolérance aux stress abiotiques, thèse de doctorat, faculté des sciences de la nature et de la vie (univ setif), Algerie, p 126.
- 70. KHALES A et BAAZIZ M., 2006 -** Etude des peroxydases d'écotypes d'*Opuntia Ficus indica* L en relation avec le développement dans les conditions de stress Salin. Congrès international de Biochimie, Agadir: pp. 133-136.
- 71. KLEIN M.A., SEKIMOTO H., MILNER M.J., KOCHIAN L.V., 2008-**Investigation of heavy Metal Hyperaccumulation at the Cellular Level : Développement and

- Characterization of *Thlaspi caerulescens* Suspension Cell Lines. *Plant Physiol.* 147 : 2006-2016.
- 72. KOTOWSKI, F., 1926** - Temperatures relations to germination of vegetable seed. *Proc. Amer. Soc. Horticult. Sci.*, 23: 176-184 pages.
- 73. KURBAN, H., SANEOKA, H., NEHIRA, K., ADILLA, R. AND FUJITA, K. 1998**
Effect of salinity on growth and accumulation of organic and inorganic solutes in the leguminous plants *Alhagi pseudoalhagi* and *Vigna radiata*. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 44: 589–597.
- 74. KYLIN A., QUATRANO R S., 1975** - Metabolic and biochemical aspects of salt
L'institut de recherche Sahariennes , tome XIV 1ier2émesemestres . Université d'Alger, 147- la salinité au stade de la germination. *Sécheresse* n°4, vol 15. P 334.
- 75. LACHIHEB K., NEFFATI M., ZID E., 2004-** Aptitudes germinatives de certaines graminées halophytes spontanées de la Tunisie méridionale. *Options Méditerranéennes*. 62: 89-93.
- 76.**
LACHIHEB, K., NEFFATI, M., ZID, E. 2004-Aptitudes germinatives de certaines graminées halophytes spontanées de la Tunisie méridionale. Zaragoza: CIHEAM, *Cahiers Options Méditerranéennes*; n. 62. pp 89-93.
- 77. LAMBERT C., SAVIO C., UOZUMI N., OIKI S., YAMADA K., CELLIER F., GOSTI F., SIMONNEAU T., ESSAH P.A. , TESTER M., VERY 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*, Vol. 22: 2004- 2014.
- 78. LANGRIDGE P., PALTRIDGE N., FINCHER G., 2006-** Functional genomics of abiotic stress tolerance in cereals. *Brief Funct Genomic Proteomic*. 4(4):343-54.
- 79. LARHER F., HUQIS M., GERNAT-SAUUGE D., 1987-** Les colloques d'INRA. N°7, nutrition azotée des légumineuses, P.GUY. Ed INRA: 181-192.
- 80. LAURENT B., AHMED B., 1991-** la germination des semences en condition sèche .*Science et changement planétaire* . Vol2, N 4.P 239-249.
- 81. LE GOUPIL J.C., 1974** -Agronomie Tropicale. Série 3 : Séminaire "développement rural .
- 82. LEMEE G., 1978** - Précis d'écologie végétale. Masson, Paris : 131- 132.

- 83. LEVIGNERON A., LOPEZ F., VANSUYT G., BERTHOMIEU P., FOURCROY P., CASSE-DELBART F., 1995-** Les plantes face au stress salin. Cahiers Agricultures.4 (4): 263-273.
- 84. LUHUA S., CIFTCI-YILMAZ S., HARPER J., CUSHMAN J., MITTLER R., 2008-** Enhanced Tolerance to Oxidative Stress in Transgenic Arabidopsis Plants Expressing Proteins of Unknown Function. Plant Physiol. 148 : 280-292.
- 85. LUTTGE U., KLUGE M., BAUER G., 2002-**Botanique. 3^{ème} édition, Tec et Doc-Lavoisier, Paris: 439- 450.
- 86. MAALEM S. et RAHMOUNE C., 2009 -** Toxicity of the Salt and Pericarp Inhibition on the Germination of some *Atriplex*-Species. American-Eurasian. *Journal of Toxicological Sciences*. 1 (2) : 43-49.
- 87. MAAS EV., NIEMAN RH., 1975-** Physiology tolerance to salinity.32: 277-299. In G.S.JUNG : « Group tolerance to suboptimal imand condition ».
- 88. MAILLARD J., 2001-**Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone sahélienne. Risqueset recommandations. Handicap International. Novembre 2001, 34 p.
- 89. MASCLAUX-DAUBRESSE C., 2004 -** Cadmium toxicity induced changes in nitrogen management in *Lycopersicon esculentum* leading to a metabolic safeguard through an amino acid storage strategy. Plant Cell Physiol. 45:1681–1693.
- 90. MAUROMICALE G., LICANDRO P., 2002 -** Salinity and temperature effects on germination, emergence and seedling growth of globe artichoke. Agronomie ; 22 : 443-50.
- 91. MERMOUD A., 2006-** Cours de physique du sol : Maîtrise de la salinité des sols. Ecole polytechnique fédérale de lausanne, 23p.
- 92. MIRMAZLOUM S.I., SZABO K., POORKALHOR V., 2010. NEMETH E., HORTIC.21., 2010 -** The presoaking effects of PEG6000, KNO₃ and KCL on seed germination and seedling performance of *Nigella sativa*, L. 2nd International Conference on Horticulture Post-graduate Study, 2010, Lednice.
- 93. MISIC D. ; SILER B . ; FLIPOVIC B . ; POPOVIC Z . ; ZIVKOVIC S . ; CVETIC . ; MIJOVIC A., 2009-** rapid sélection of salt tolerant genotypes of the potentially medicinal plant *Centaureum maritimum* .Arch .Biol . Sci.Belgrade 61 (1) :57-69

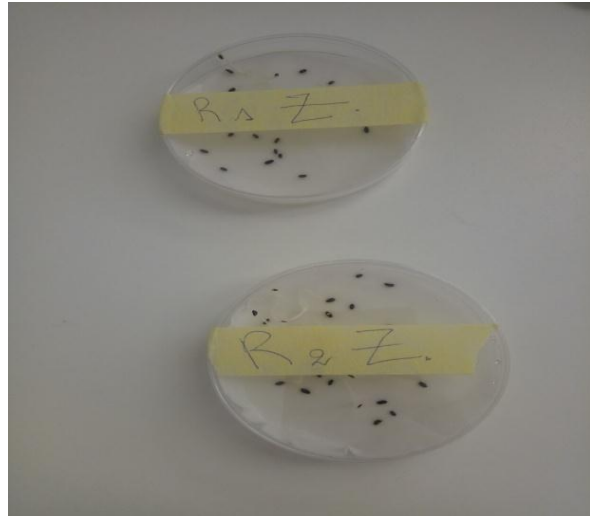
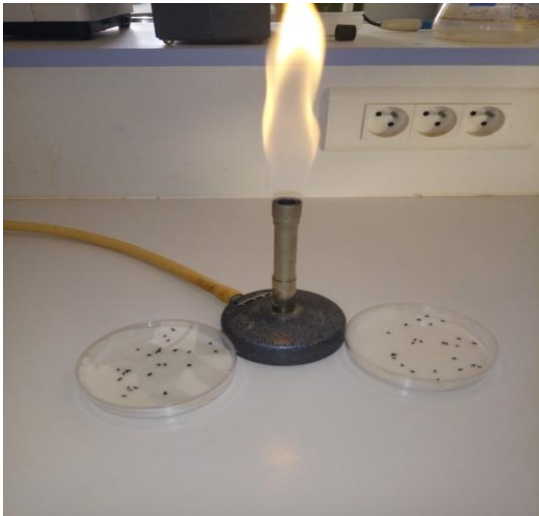
94. MISRA N ., DWIVEDI U.N., 2004 - Genotypic difference in salinity tolerance of green gram cultivars .Plants Science , 166 :1135-1142.
95. MNAFGUI K., HAMDEN K., HICHEM BS., KCHAOU M., MBAREK N., SADOK S., DERBALI F., ALLOUCHE N., ELFEKI A., 2012- Inhibitory activities of *Zygophyllum album*: a natural weight-lowering plant on key enzymes in high-fat diet-fed rats. Hindawi Publishing Corporation . 620384: 9 p.
96. MUNNS R, TERMAAT A., 1986 - hole-plant responses to salinity. Australian Journal of Plant Physiology 13: 143–160.
97. NEDJIMI B., DAOUD Y., 2006 - Effect of Na₂SO₄ on the growth, water relations, proline, total soluble sugars and ion content of *Atriplex halimus sub sp. Schweinfurthii* through in vitro culture. Anales de Biologia, 28: 35-43.
98. NEFFATI M., 1994 - Caractérisation morpho-biologique de certaines espèces of *Thlaspi caerulescens* Suspension Cell Lines. Plant Physiol. 147 : 2006-2016.
99. OUFDOU K., 2014 - Effet du stress salin sur la germination et le développement des plantules de *Vicia faba* L., *J. Mater. Environ.. Sci.* 6 (3) (2015) 840-851.
100. OZENDA P., 1977 - Flore de Sahara septentrional. Ed. Centre nati. rech. sci. (C. N. R. S.), parie, 622 Pages.
101. OZENDA P., 1991- Flore de Sahara, 3^{ème} édition mise à jour et augmentée, Ed C.N.R.S. Paris, 662 Pages.
102. OZENDA P., QUEZEL P., 1956 - La zygophyllacée dans l'Afrique de Nord. Travaux de P 72 à 79.
103. P., CASSE-DELBART F., 1995 - Les plantes face au stress salin. Cahiers Agricultures.4 (4): 263-273.
104. PARIDA AK., DAS AB., 2005 - Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 60: 324-349.
105. PASSAM H.C.; KAKOURIOTIS D., 1994 – The effects osmoconditioning on thegermination emergence and early plant.
106. PIRI K ; ANCEAU C ; EL JAAFARI S ; LEPOIVRE P ; SEMAL J., 1994- Plante pionnière des sebkhas de l'ouestalgérien. *Sécheresse.* pp : 109-116.
107. PRADO F.E., BOERO C., GALLARDO M., GONZALEZ J.A., 2000-“Effect of NaCl on germination, growth and soluble sugar content in *Chenopodium quinoa* Willd. Seeds”, *Botanical Bulletin of Academia Sinica* 41, pp. 27-34.
108. RAO D.N., AND LE BLANC B.F., 1965 - Effects of sulfur dioxide on the Lichens alga, with reference to chlorophyll. *Bryologie*, 69; 69-75.

109. **REJILI M., VADEL M A., NEFFATP M., 2006** - Comportements germinatifs de deux populations de *Lotus creticus* (L.) en présence du NaCl. Revue des Régions Arides, Vol. 17, N°.1 : 65- 78.
110. **ROBERT M., 1996-** Le sol : interface dans l'environnement ressource pour le développement. Ed. MASSON, Paris. 96 P.
111. **RUFFINO A.M.C, ROSA M, HILAL M, GONZALEZ J.A, PRADO F.E., 2010** - The role of cotyledon metabolism in the establishment of quinoa (*Chenopodium quinoa*) seedlings growing under salinity, Plant and Soil 326, 213–224.
112. **SANTIAGO L.S., LAU T.S., MELCHER P.J., STEELEO.C., AND GOLDESTEIN G., 2000-** Morphological and physiological responses of hawiiian *Hibiscus tiliaceus* populations to light and salinity, Int.J. Plant Sci. 161: 99-106.
113. **SCHULZE E.D et al., 2005** - Plant ecology. Edition Springer Berlin, Heidelberg, p692.
114. **SENTENAC H., CASSE F., 2003** - Functional analysis of AtHKT1 in *Arabidopsis* septentrional algérien cas des régions d'Ouargla et Ghardaïa. Mémoire de doctorat. Univ d'Annaba, 2 Pages.
115. **SHANNON M C., 1984** - Breeding, selection, and the genetics of salt tolerance. *In:* shows that Na⁺ recirculation by the phloem is crucial for salt tolerance. EMBO Journal, Vol. 22: 2004- 2014.
116. **SHILPI & NARENDRA., 2005-** cold salinity and drought stress.
117. **SIAKHENE, N., 1984** - effet du stress hydrique sur quelques espèces de luzerne annuelle" thèse Ing Agr, INA, El Harrach, 90 p.
118. **SLATYER, R.O., 1974** - "The effect of internal water status on plant growth development and yield in : plant response to climatic factors" proc.of upsalsimpium, Unesco.
119. **SMAOUI A., CHERIF 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.
120. **SMATI D., 2009** - Contribution à l'étude de *Zygophyllum* utilisés en médecine traditionnelle algérienne. Thèse en vue de l'obtention du doctorat en science médicale. Springer-verlag, New York: 147-167.

121. **STEELE M, GITELSON A.A AND RUNDQUIST D.C., 2008** - A comparison of two techniques for non-destructive measurement of chlorophyll content in grapevine leaves, *Agron J.V.* 100. Pp 779-782.
122. **STEPHANOPOULUS G., 1999**-Metabolic fluxes and metabolic engineering .Metabolic Studies. Analysis and Synthesis (Poljakoff-Mayber, A. and Gale, J., eds), Vol. 15: 147-167. Springer, Berlin. sur la dégradation des sols de la plaine du Bas-Chellif. Scientific commons. Vol. 2, no3, p. 9.
123. **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.
124. **TIGRINE KN., MEKLATI BY., CHEMAT F., 2006** - Analysis by gas chromatography–mass spectrometry of the essential oil of *Zygophyllum album L.* an aromatic and medicinal plant growing in Algeria. *The International Journal of Aromatherapy.* 16: 187–191.
125. **TREMBLIN G., 2000**- Comportement auto-écologique de *Halopeplis amplexicaulis*: plante pionnière des sebkhas de l'ouest algérien. *Sécheresse*, 11 (2):109-116.
126. **TURHAN H et BASER I., 2004** - *in vitro* and *in vivo* water stress in sunflower (*Helianthus annuus L.*) *Helia.* 27. 40. UDC. (633.854) pp: 227- 236.
127. **UNISCO., 1960** - Les plantes médicinales des régions arides. P32.
128. **VELEGALETI, R. R., KUMAR, D., MARSH, S., REICHENBACH, N. G., FLEISCHMAN, D. E., 1990**- Some approaches to rapid and presumptions diagnosis of chemical stress in plants. In: , W., Gorsuch, J. W., Lower, W. R., (éds.) *Plants for toxicity assessment. American Society for Testing and Material; Philadelphia*, pp. 333 – 345.
129. **WANG W; VINOGRAD B; ALTMAN A., 2003** - Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta*, 218, 1-14.
130. **WHITE F., 1986** - La Végétation de l'Afrique, Mémoire accompagnant la carte de végétation de l'Afrique. Orstom-Unesco. Paris. 246 p.
131. **ZHAO H., DAI T. B, JING Q., JIANG D AND CAO W. X., 2007**- Leaf senescence and grain filling affected by post-anthesis high temperatures in two different wheat cultivars. *Plant Growth Regul.* 51: 149-158.
132. **ZHU J.K., 2001** - Plant salt tolerance. *Trends in plant Sci.* 6 : 66-71.

Annexe

Annexe I



Test de germinations préliminaire des graines de *Zygophyllum album* L.



Préparation de l'extrait dilué

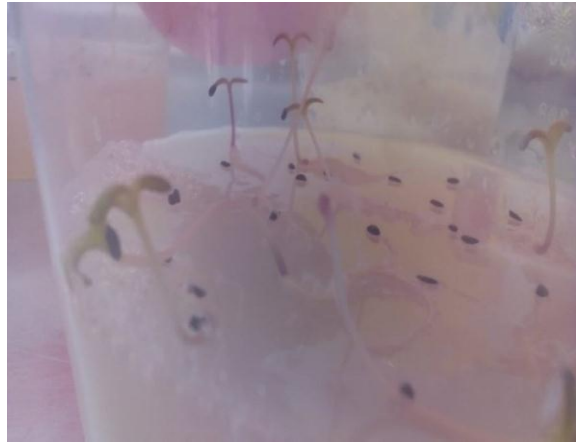
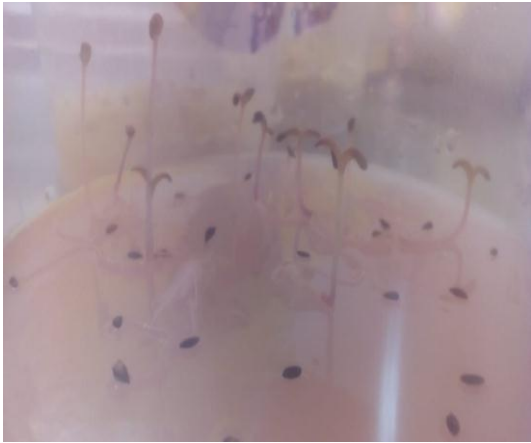
[Tapez le titre du document]



Mesure de la Potentiel Hydrogène pH et la Conductivité électrique CE



La mise en germination et la contamination des graines



Germination des graines de *Zygochloa barbinervis* L.



Dosage de la chlorophylle

Annexe II

Tableau 05: Analyse de variable de la variance taux de germination final des graines de *Zygophyllum album* L.(ANOVAP Test ≤ 0.05).

Source	df	Type I SS	MS	F	P
Main Effects traitment	4	26580.8	6645.2	146.58529	0.0000 ***
Error	15	680	45.333333	<-	

Tableau06: Analyse de variable de la variance de temps moyen de germination des graines de *Zygophyllum album* L.(ANOVA Test $P \leq 0.05$).

Source	df	Type I SS	MS	F	P
Main Effects triatement	4	131.90645	32.976612	6.5889312	.0029 **
Error	15	75.07275	5.00485	<-	

Tableau 07 : Analyse de variable de la variance sur l'indice de stress des graines de *Zygophyllum album* L.(ANOVA Test $P \leq 0.05$).

Source	df	Type I SS	MS	F	P
Main Effects Traitement	4	39002.49053	9750.6226	94.514665	.0000 ***
Error	15	1547.477725	103.16518	<-	

Annexe III

Tableau 08:groupes homogènes de taux de germination final des graines de *Zygophyllum album* L.((Test LSD avec signification de 0,05).

n Means = 5

LSD 0.05 = 10.1477295858

Rank	Mean	Name	Mean	n	Non-significant ranges
1	1		83	4	a
2	2		82	4	a
3	3		81	4	a
4	4		14	4	b
5	5		2	4	c

Tableau09:groupes homogènes de temps moyen de germination des graines de *Zygophyllum album* L (Test LSD avec signification de 0,05).

n Means = 5

LSD 0.05 = 3.37175175173

Rank	Mean	Name	Mean	n	Non-significant ranges
1	5		16.5	4	a
2	4		12.25	4	b
3	2		10.5375	4	b
4	1		9.9425	4	b
5	3		9.42	4	b

Tableau10:groupes homogènes de l'indice de stress des graines de *Zygophyllum album* L. (Test LSD avec signification de 0,05).

0

n Means = 5

LSD 0.05 = 15.3082882956

Rank	Mean	Name	Mean	n	Non-significant ranges
1	1		100	4	a
2	3		99.0025	4	a
3	2		93.6475	4	a
4	4		13.685	4	b
5	5		1.9825	4	b

Réponse physio-biochimique de *Zygophyllum album* L. à la salinité

Résumé

Notre travail vise à étudier l'effet la salinité sur le comportement germinatif de l'espèce *Zygophyllum album* L.. pour cela, les graines de cette espèce ont été mises dans un milieu de culture de KNOP en ajoutant différentes concentrations de NaCl, (soit 50, 100, 150 et 200 mM/l). Les résultats obtenus après 21 jours montrent que, les graines de *Zygophyllum album* L. tolèrent la concentration saline modérée 100 mM/l de NaCl. L'augmentation de la concentration en sel, retarde la précocité, le taux de germination final et ralentisse la cinétique de germination et l'indice de stress de germination. La teneur en chlorophylle a, b et ab des feuilles montre qu'il y a une relation n'est significative, ce qui suggère l'utilisation de l'espèce *Zygophyllum album* L. dans l'adaptation à la contrainte saline.

Mots clés: Graines, Halophyte, *Zygophyllum album* L., Germination, Salinité.

Physio-biochemical réponse of *Zygophyllum album* L. to salinity

Abstract

Our work aims at studying the effect of salinity on the germinative behavior of the species *Zygophyllum album* L. .. For this, the seeds of this species were put in a culture medium of KNOP by adding different concentrations of NaCl, (50 , 100, 150 and 200 mM/l). The results obtained after 21 days show that the seeds of *Zygophyllum album* L. tolerate the moderate saline concentration of 100 mM/l NaCl. The increase in salt concentration delays the early growth rate, the final germination rate, and slows the germination kinetics and the germination stress indication. The chlorophyll content a, b and ab of leaves shows that there is a very highly significant relationship, suggesting the involvement of the species *Zygophyllum album* L. in adaptation to salt stress.

Key words: Seeds, Halophyte, *Zygophyllum album* L., Germination, Salinity.

الاستجابة الفيزيائية والكيميائية للألبوم *Zygophyllum* إلى الملوحة

ملخص

يهدف عملنا إلى دراسة تأثير الملوحة على السلوك الإنباتي للأنواع *Zygophyllum album* L. لهذا ، وضعت بذور هذا النوع في وسط زراعي KNOP بإضافة تركيزات مختلفة من NaCl (50 ، 100 ، 150 و 200 مللي مول / لتر). أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها بعد 21 يوماً أن بذور *Zygophyllum album* L. تتحمل التركيز الملحي المعتدل البالغ 100 مللي مول / لتر من كلوريد الصوديوم. تؤدي الزيادة في تركيز الملح إلى تأخير معدل النمو المبكر ، ومعدل الإنبات النهائي ، وإبطاء حركات الإنبات ومؤشر إجهاد الإنبات. يوضح محتوى الكلوروفيل a و b و ab الأوراق أن هناك علاقة كبيرة للغاية ، مما يشير إلى مشاركة الأنواع *Zygophyllum album* L. في التكيف مع الإجهاد الملحي.

الكلمات المفتاحية: البذور ، Halophyte ، *Zygophyllum album* L ، الإنبات ، الملوحة.