

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



Mémoire de Master Académique

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Ecologie et Environnement

Thème

Effet du stress salin sur la germination et post-germination de l'espèce *Anabasis articulata* (Forssk) Moq.

Présenté par : BERRAGHDA Nour El-Imane

Soutenu publiquement le :
12/07/2021

Devant le jury :

M^{lle}. HADJADJ S.	MCA	U.K.M. Ouargla	Présidente
M^{lle}. TRABELSI H.	MCA	U.K.M. Ouargla	Promotrice
M^r. KHERRAZE M.E.	MRB	C.R.S.T.R.A, Touggourt	Co-promoteur
M^{lle}. HANNANI A.	MCB	U.K.M. Ouargla	Examinatrice

Année universitaire : 2020/2021

Remerciements

Tout d'abord, nous tenons à remercier ALLAH, le tout puissant de nous avoir donné les ressources morales, physiques et intellectuelles pour conduire à terme ce travail.

*Je voudrais remercier, **Melle TRABELSI Hafida** Docteur au département de Sciences Biologiques, Université K.M Ouargla, pour avoir accepté de m'encadrer, pour m'avoir ouvert les portes de son laboratoire et son équipe et pour son conseil Chaleureux qui très importants durant toute la période de cette recherche.*

*Je tiens à remercier Co-encadreur **Mr Kherraze Mohammed EL hafed**, pour l'orientation, la confiance et la patience qui ont constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port.*

Le directeur de la station biophysique de Touggourt(CRSTRA) Dr Hdjouj Moussa pour son approbation et nous a ouvert toutes les portes du laboratoire sans oublier toutes les équipes de la station.

Nos reconnaissances s'adressent également à tous les membres de jury de nous fait l'honneur pour examiner ce travail.

*Je ne sais comment remercier le mari ma sœur **AbdElhakim**, qui a grandement contribué au déroulement de mes études et à la réalisation de ce travail.*

Nous remercions tous les enseignants du département de Biologie pour leurs orientations et informations et n'oublier pas nos amis de notre promotion de Master II écologie général et environnement 2020 / 2021. ainsi tous ceux qui de part leur aide, d'une manière ou d'une autre collaboré à la réalisation de ce modeste travail, qu'ils trouvent à travers cet écrit nos sincères gratitudes

Dédicace

Je dédie ce travail à mes parents Daoud et Farida, qu'ils trouvent ici ma plus profonde gratitude et tout mon amour pour leur soutien tout au long de mes études.

A ma mon fiancé Abd Elmoain qui m'a énormément soutenu pendant toutes ces années. Je lui dois une éternelle reconnaissance.

A mes soeurs Aziza khawla Hadjer et chada, Hafsa et frères Mohcen Zakaria et Siraj.

Et la joie de mon Cœur Wail ,Mayer et Islam

Et à toute la famille.

Et tous ceux que j'aime

Liste des tableaux

Tableau 01.Description des graines *d'Anabasis articulata*.

Tableau 02. Différentes concentrations des solutions salines a base de NaCl.

Tableau 03. Différentes concentrations utilisées de l'eau de forage.

Tableau 04.Analyse des forages à 25°C de 5stations de Touggourt.

Liste des figures

Fig.01 Evolution de la teneur en eau et événements métaboliques associés à la germination des grains .

Fig.02 Facteurs influençant la germination d'une graine .

Fig.03 Conséquence de stress sur la plante.

Fig.04 Stress osmotique provoqué par le gel, la sécheresse ou la salinité .

Fig.05 Courbe de germination exprimant les pourcentages de germination en fonction temps.

Fig.06 L'évolution de la cinétique de germination des plantules *d'Anabasis articulata* en fonction du temps à différentes concentrations en NaCl.

Fig.07 L'évolution de la cinétique de germination des plantules *d'Anabasis articulata* en fonction du temps à différentes concentrations de l'eau de forage.

Fig.08 Taux de germination final des graines *d'Anabasis articulata* en fonction de différentes concentrations salines.

Fig.9Taux de germination final des graines *d'Anabasis articulata* en fonction de différentes concentrations de l'eau de forage.

Fig.10Effet de NaCl sur la vitesse de germination.

Fig.11Effet de l'eau de forage sur la vitesse de germination.

Fig.12Evolution d'indice de récupération de la germination.

Fig.13 Effet de stress salin sur la longueur de radicule.

Fig.14 Effet de l'eau de forage sur la longueur de radicule.

Fig.15 Effet de stress salin sur la longueur de tigelle.

Fig.16 Effet de l'eau de forage sur la longueur de tigelle.

Fig.17 Effet de stress salin sur la longueur de feuille.

Fig.18 Effet de l'eau de forage sur la longueur de feuille.

Liste des photos

Photo 01. Plante *d'Anabasis articulata*

Photo 02 *Anabasis articulata* au stade de fructification.

Photo 03 Graines *d'Anabasis articulata*

Liste des abréviations

TG : Taux de germination

TMG : Temps moyen de germination

IR : Indice de récupération

LR : Longueur de radicule

LT : Longueur de tigelle

LF : Longueur de feuille

Tables des matières

Liste des Tableaux

Liste des Figures

Liste des photos

List des abréviations

Introduction 2

Chapitre I. Synthèse Bibliographique

I.1.	Aperçu général sur le stress salin.....	5
I.1.1.	Définition de la salinité.....	5
I.1.2.	Les types de la salinité.....	5
I.1.3.	Définition du stress	5
I.1.4.	Types de stress	6
I.2.	La graine et la germination	7
I.2.1.	Définition de la graine	7
I.2.2.	Définition de la germination	7
I.2.3.	Physiologie de la germination.....	7
I.2.4.	Conditions indispensables de la germination	8
I.2.4.1.	Conditions externes.....	9
I.2.4.2.	Conditions internes	9
I.3.	Effet du stress salin sur la physiologie de la plante.....	10
I.4.	Effet du stress salin en stadede germination.....	12
I.5.	Mécanismes et stratégies adaptatives des plantes aux stress salin.....	12
I.5.1.	Adaptation morphologique	13
I.5.2.	Adaptation physiologique	13
I.5.2.1.	Compartimentation vacuolaire.....	13
I.5.2.2.	Exclusion	13
I.5.2.3.	Inclusion.....	13

Chapitre II. Matériel et Méthodes

II.1.	Objectif.....	15
II.2.	Présentation de l'espèce.....	15
II.2.1.	Description de l'espèce.....	15
II.2.2.	Aire géographique de l'espèce	16
II.2.3.	Période de végétation	16
II.2.5.	Intérêts	16

II.3. Méthodologie de Travail	17
II.4.1. Collecte des graines	17
II.4.2. Préparation des solutions salines	17
II.4.2.2. Préparation des solutions à base de l'eau de forage.....	18
II.4.2.3. Mise en germination des graines	18
II.5. Paramètres étudiés	18
II.5.1. Paramètres physiologiques	18
II.5.1.1. Cinétique de germination.....	18
II.5.1.2. Taux de gémination	19
II.5.1.3. Vitesse de germination	19
II.5.1.4. Indice de récupération de la germination (Germination recovery).....	19
II.5.2. Paramètres morphologiques	20
II.5.2.1. Longueur de la racicule	20
II.5.2.2. Longueur de la tigelle	20
II.5.2.3. Longueur de feuilles	20
II.6. Analyse statistique.....	20

Chapitre III. Résultats et discussion

III.1. Choix de l'eau de forage pour l'application du stress	22
III.2. Paramètres physiologiques	23
III.2.1 Effet du stress salin sur la cinétique de germination	23
III.2.1.1- Effet de NaCl sur la cinétique de germination	23
III.1.1.2Effet de l'eau de forage sur la cinétique de germination.....	24
III.1.2. Effet du stress salin sur le taux final de germination.....	25
III.1.3. Effet de stress salin sur la vitesse de germination	28
III.1.4. Effet de stress salin sur l'indice de récupération de la germination (germination recovery).....	30
III.1.2. Paramètres morphologiques	31
III.1.2.1. Effet de stress salin sur la longueur de racicules.....	31
III.1.2.2. Effet de stress salin sur la longueur de tigelle	34
II.1.2.3.Effet de stress salin sur la longueur de feuille	36
Conclusion.....	37
Références bibliographiques	37

Résumés

Introduction

Les zones arides et semi-arides constituent environ les deux tiers de la surface du globe terrestre (**Benbrahimet al., 2004**). 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 (**Manchanda et Garg, 2008**). L'Algérie, dont une grande partie des régions se caractérise par un climat aride et semi-aride est touchée par le processus de salinisation, près de 3,2 millions d'hectares sont menacés de salinisation dans ce pays (**Benmahioul et al., 2009**). Les sols de la zone saharienne d'Algérie contiennent des quantités importantes de sels solubles, leur accumulation est due à la rareté des pluies qui ne pas pénétrer profondément dans le sol pour provoquer l'infiltration appréciable (**Halilet 1998**).

La salinité est une contrainte majeure qui affecte la croissance et le développement des plantes (**Bouaouina et al., 2000**). Chez les plantes et en présence de fortes teneurs en chlorure de sodium, de nombreux processus physiologiques sont sensiblement affectés : la germination, la croissance, la photosynthèse, le métabolisme et la disponibilité en nutriments (**Ayala-Astogra et Alcaraz-Melendez, 2010**). Une double problématique se pose à l'organisme végétal ; d'une part, le sel en abaissant le potentiel hydrique du sol menace l'approvisionnement en eau de la plante et d'autre part, l'absorption de sel par les tissus menace le bon fonctionnement physiologique des cellules. Face à ce danger, toutes les plantes ne sont pas égales. Certaines, nommées glycophytes, ne sont pas capables de supporter la présence de sels. Au contraire, les halophytes ont développé des réponses physiologiques pour assurer leur approvisionnement en eau tout en préservant leur métabolisme (**Bouزيد, 2010**). Certaines plantes telle que les halophytes peuvent croître dans des milieux salins comme les déserts, les prés salés, les chotts et les zones littorales, elles ont acquis des mécanismes permettant de supporter des concentrations élevées en sels (**Raven et al., 2003**).

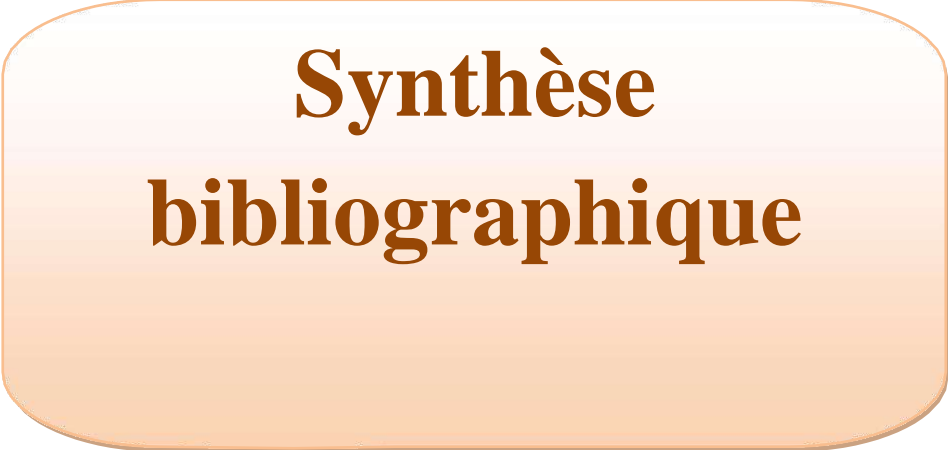
Neffati (1994), signale que la connaissance de la tolérance à la salinité au moment de la germination est une information utile mais non suffisante pour expliquer la distribution des espèces et leur développement dans les milieux salés. Cela doit tenir compte le stade du développement de la plante car 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 (**Rejiliet al., 2006**). La principale caractéristique des halophytes est de posséder une matière vivante capable de fonctionner activement en présence de fortes concentrations salines. C'est là l'aspect essentiel de leur résistance au sel (**Hasegawa et al., 2000**).

Les Amaranthaceae est une famille comprend plus de 800 espèces répartit en, environ, 75 genres, la plupart des espèces des Amaranthaceae contient des annuelles, des arbustes et des plantes vivaces (**Gudrunkadereit et al., 2003**), ils sont parmi les familles représentées au Sahara septentrional algérien et plus précisément dans la région du sud-est, les espèces de cette famille telle que « *Anabasis articulata* » représentent une résistance au climat difficile de la région passe par le développement de stratégies d'adaptation(**Houari et al., 2013**). Généralement les adaptations des plantes désertiques portent sur la réduction de la surface foliaire, la diminution de la vitesse, et la constitution de réserve d'eau à l'intérieur des tissus (**Ozenda, 1977**).

Compte tenu de l'importance du stade germinatif dans l'établissement des plantes spontanées en zones arides et l'effet des principales contraintes environnementales affectant la germination des graines notamment la sècheresse et la salinité, nous avons étudié le comportement physio-morphologique de l'*Anabasis articulata*, espèce spontanée du Sahara à usages multiples (médicinal, pastoral, écologique, etc) sous stress salin par le NaCl et l'eau de forage.

Dans ce sens, notre travail doit répondre aux interrogations suivantes :

- ✓ Ya-t-il un effet de salinité sur la germination de l'espèce étudiée ?
- ✓ A quelle concentration l'espèce peut-elle résister ?



**Synthèse
bibliographique**

Synthèse Bibliographique

I.1. Aperçu général sur le stress salin

I.1.1. Définition de la salinité

La salinité est définie selon plusieurs auteurs comme étant la présence d'une concentration excessive de sels solubles dans le sol ou dans l'eau d'irrigation (**Mahrouz, 2013**). La salinité est l'accumulation des sels solubles dans le sol ou sur sa surface (**Nasri, 2014**). La salinisation est le phénomène d'accumulation des sels solubles (en particulier le sodium) à la surface du sol et dans la zone racinaire, occasionne des effets nocifs sur les végétaux qui vont induire une diminution des rendements et une stérilisation du sol (**Mermoud, 2001**).

I.1.2. Les types de la salinité

D'après **Cherbuy (1991)**, la salinisation d'un milieu, implique la présence d'une source de sels qui peut être naturelle, dénommée primaire et une salinisation secondaire anthropique induite par les activités agricoles comme l'irrigation ou l'utilisation de certains types d'engrais.

I.1.2.1. La salinité primaire

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

I.1.2.2. La salinité secondaire

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

I.1.3. Définition du stress

Les plantes sont souvent confrontées à des conditions environnementales défavorables qu'on peut dénommer «stress ». Claude Bernard fut le premier à dégager une notion physiologique du stress en 1868. Selon lui, les réactions déclenchées par le stress visaient à maintenir l'équilibre de notre organisme (**Lemzeri, 2006**).

Le stress est un ensemble de conditions qui provoquent des changements de processus physiologiques résultant éventuellement en dégâts, dommages, blessures, inhibitions de croissance ou de développement (**Doumi, 2015**). La réaction de la plante dépend de ses limites écologiques (le type de contrainte, son intensité et sa durée) et des facteurs génétiques (espèce et génotype). Le stress est la rupture (interruption de la péréquation utile) livrée dans un être vivant, par exemple par une insuffisance (**Bougerra et Saker, 2017**).

D'une façon plus générale, on peut dire qu'au niveau cellulaire, un stress est causé par la variation d'un paramètre environnemental qui entraîne la mise en place des mécanismes de régulation de l'homéostasie. Les organismes sont généralement soumis à deux types de stress : les stress biotiques (dus à une agression par un autre organisme) et les stress abiotiques (qui sont dus principalement à des facteurs environnementaux) (**Levitt, 1980, Zhu, 2002 ; Vincent, 2006**).

I.1.4. Types de stress

Les plantes sont souvent exposées à des conditions naturelles défavorables et qui peuvent être de deux natures distinctes

I.1.4.1. Stress biotique

Le stress biotique est dû à l'interaction de la plante avec d'autres organismes comme les champignons, les insectes, les bactéries, les virus et les animaux. Ces organismes pathogènes infectant les végétaux et particulièrement les cultures maraîchères vont affecter la croissance et le rendement et peuvent être à l'origine de leur mort (**Ben Hassena, 2009**).

Il est imposé par d'autres organismes (insectes, herbivores...). Afin d'y faire face, la plante met en place un système de défense qui fait intervenir une chaîne de réactions. Les protéines végétales défensives produites font office de rempart contre les agents nuisibles (**Shilpi et Narendra, 2005**).

I.1.4.2. Stress abiotique

Le stress abiotique est dû principalement à des facteurs environnementaux comme la sécheresse, les températures extrêmes, la salinité... etc. Il se traduit par des modifications au plan morphologique, physiologique, biochimique et moléculaire qui réduisent la croissance et la productivité (**Serrano et al., 1999**).

I.1.4.3. Le stress salin

Est un excès d'ions en particulier, mais pas exclusivement, aux ions Na⁺ et Cl⁻ (**Midoun et Kadri, 2015**).

Le stress salin est dû à la présence de quantités importantes de sels. Il réduit fortement la disponibilité de l'eau pour les plantes, on parle alors de milieu "physiologiquement sec» (**Tremblin, 2000**). D'après **Torrecillas *et al.* (1994)** et **Tahri (2017)**, le stress salin intervient au moins par de trois types d'effets que le sel provoque chez les plantes :

- **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, ce qui provoque un déficit hydrique et perte de la turgescence ;
- **Stress ionique:** la toxicité ionique survient lorsque l'accumulation de sels dans les tissus perturbe l'activité métabolique ;
- **Stress nutritionnel:** des concentrations salines trop fortes dans le milieu provoquent une altération de la nutrition minérale. En particulier, vis-à-vis des transporteurs ioniques cellulaires, le sodium entre en compétition avec le potassium et le calcium, les chlorures avec le nitrate, le phosphate et le sulfate.

I.2. La graine et la germination

I.2.1. Définition de la graine

La graine résulte du développement d'un ovule fécondé ; elle contient l'embryon et les substances nutritives. Elle constitue une structure de protection qui permet à la plante de résister pendant des périodes plus ou moins longues face aux conditions défavorables saisonnières (température extrême, sécheresse) pendant lesquelles la plante serait incapable de pousser, ni même parfois de vivre. Les graines peuvent ne jamais se développer si les conditions climatiques défavorables se prolongent (**Murray, 2008**).

I.2.2. Définition de la germination

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

I.2.3. Physiologie de la germination

Selon **Heller et al. (2000)**, la germination de la graine se déroule en 3 phases :

- **La phase 1**, ou phase d'imbibition, assez brève selon les semences (de 6 à 12h), caractérisée par une forte hydratation des tissus, accompagnée d'une élévation de l'intensité respiratoire.
- **La phase 2**, au cours de cette phase il y'a une stabilisation de l'hydratation et de la respiration à un niveau élevé. Cette phase est relativement brève aussi de 12 à 48h. Elle s'achève avec l'émergence de la radicule hors des téguments séminaux. Durant cette phase, la graine peut être réversiblement déshydratée et réhydratée sans dommage apparent pour sa viabilité.
- **La phase 3**, Est caractérisée par une reprise de l'absorption d'eau et une augmentation de la consommation d'oxygène, elle correspond à un processus de croissance de la radicule puis la tigelle.

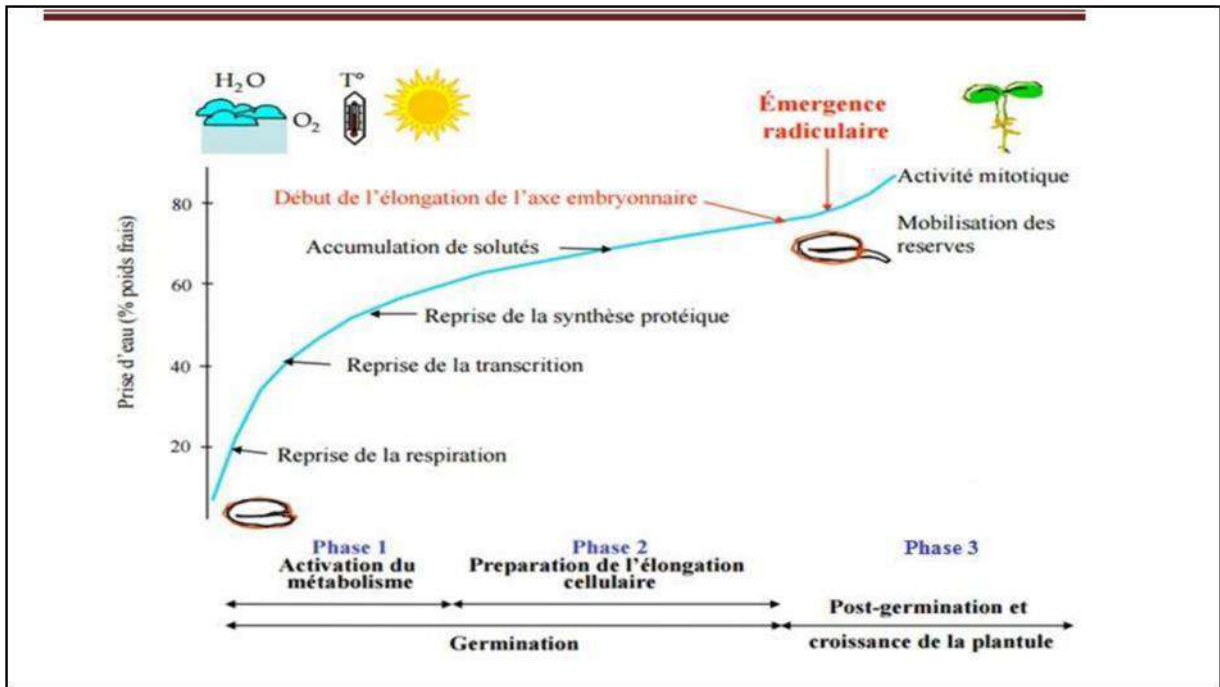


Figure 1. Evolution de la teneur en eau et événements métaboliques associés à la germination des graines (*Morot-Gaudry et al., 2009*)

I.2.4. Conditions indispensables de la germination

La germination de la graine dépend des conditions externes liées aux facteurs de l'environnement et des conditions internes liées à l'état physiologique et aux caractéristiques de la graine.

I.2.4.1. Conditions externes

- **L'eau :**

Est indispensable dans le milieu extérieur en quantité suffisante pour que la graine puisse l'absorber. La quantité de l'eau dépend de la nature spécifique de la graine et de la température. En général, le besoin en eau augmente avec la température (**Binet et Brunel, 1968**). Un excès d'eau est souvent néfaste à la germination, c'est la raison pour laquelle les semences ne germent généralement pas quand elles sont complètement immergées (**Mazliak, 1982**).

- **L'oxygène :**

D'une façon générale, la germination exige en effet assez peu d'oxygène (**Mazliak, 1982**).

- **La température :**

La température influe sur les activités enzymatiques, la perméabilité des membranes et l'entrée d'oxygène.

- **La lumière :**

Selon **Heller et al. (1990)**, 70 % des graines ont une photosensibilité positive, 25% sont à photosensibilité négative et 5% sont différentes (**fig.02**).

I.2.4.2. Conditions internes

- **La maturité:**

pour qu'une semence germe, il faut qu'elle soit mature et toutes les parties constitutives soient complètement différenciées morphologiquement (**Heller et al., 1990**).

- **La longévité :**

C'est la durée pendant laquelle les semences restent vivantes et gardent leur pouvoir germinatif. La longévité varie selon les espèces et elle dépend des conditions de conservation, d'humidité et de température (**Heller et al., 1990**).

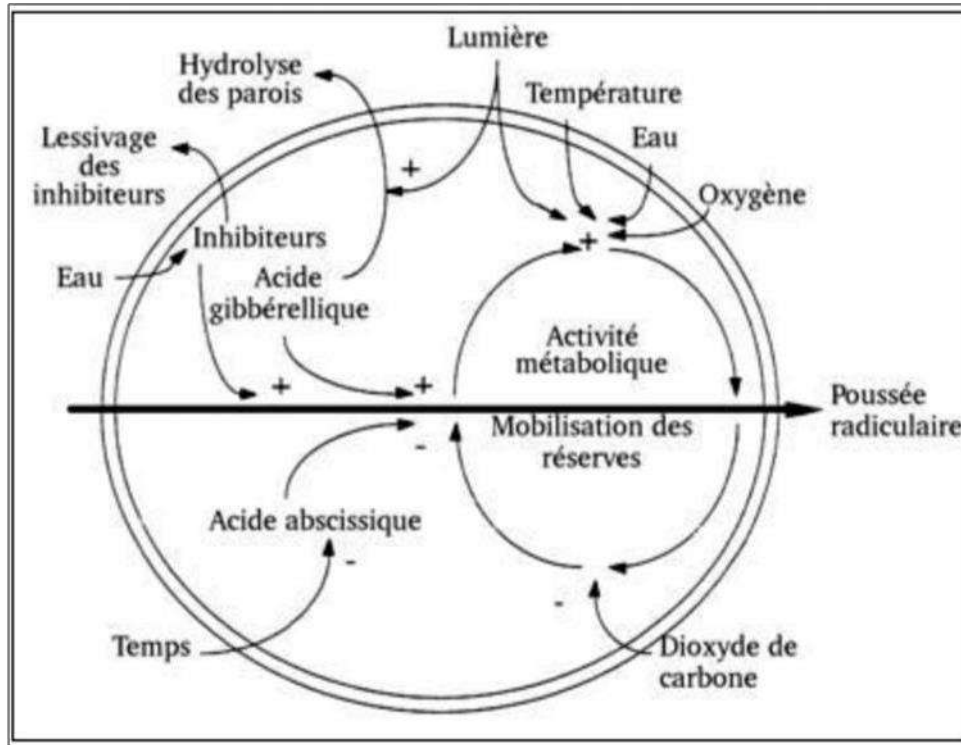


Figure 02. Facteurs influençant la germination d'une graine (Bouredja, 2014)

I.3. Effet du stress salin sur la physiologie de la plante

La salinité est l'un des facteurs limitant pour la croissance des plantes. Les effets de la salinité sont surtout l'arrêt de la croissance, le dépérissement des tissus sous forme de nécroses marginales, suivi par une perte de turgescence, par une chute des feuilles et finalement par la mort de la plante (Zid, 1982). La salinité provoque le plus souvent un retard dans le développement (Boukachabia, 1993), particulièrement la hauteur, le diamètre des tiges des différentes espèces, ainsi que la grosseur des fruits diminue d'une façon importante avec l'augmentation de la salinité (Khan et al., 1997).

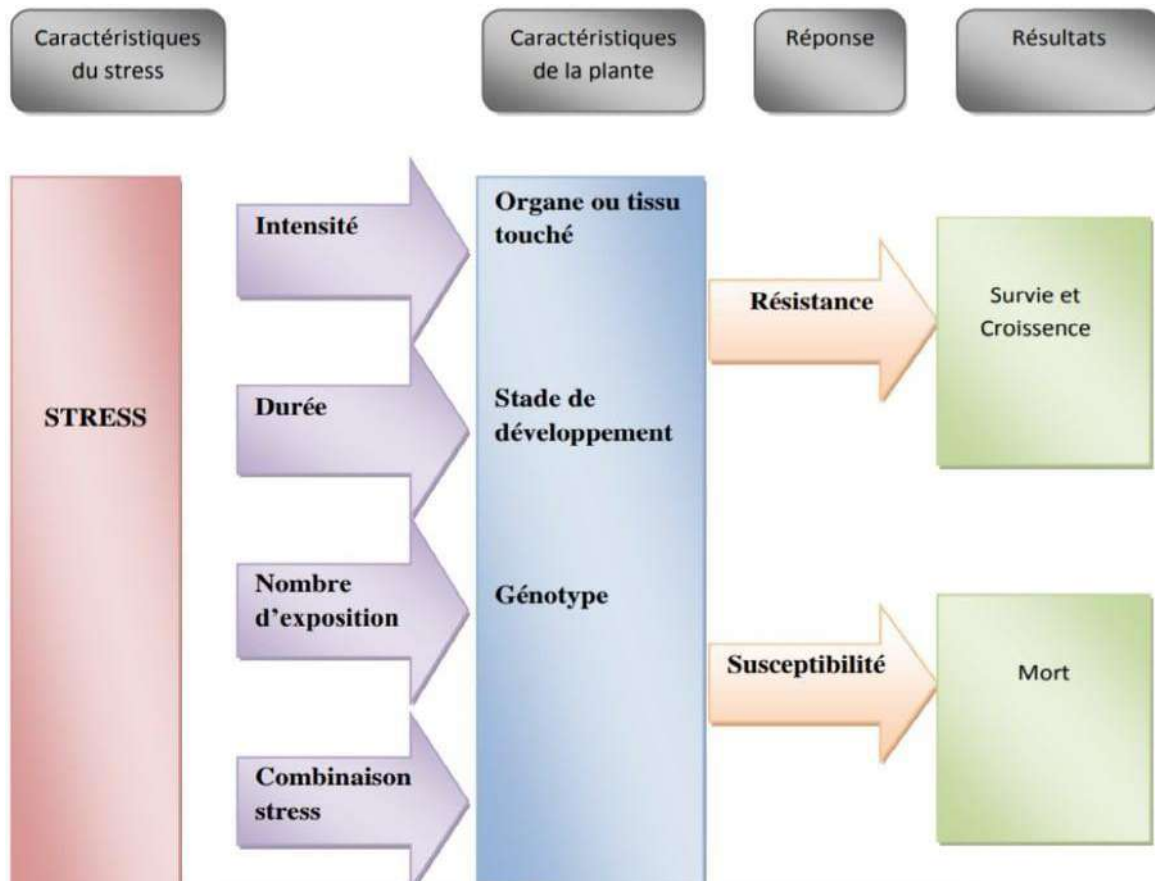


Figure 03. Conséquence de stress sur la plante (Nilsen, 1996)

L'impact des stress environnementaux sur les végétaux dépend de la nature des contraintes physiques, ainsi le gel, la déshydratation et la salinité ont en commun une composante osmotique qui peut rompre l'homéostasie hydrique cellulaire, la cause primaire du stress est alors la baisse d'activité de l'eau cellulaire qui déstabilise la membrane et les macromolécules et entraîne la perte de la turgescence des tissus (Lugan, 2008) (Fig. 04)

Les réponses des plantes aux stress peuvent emprunter plusieurs voies, les plantes qui échappent aux stress les évitent en accomplissant leurs cycles de développement lors de périodes où les stress sont peu importants. Les espèces qui évitent les stress possèdent des mécanismes qui isolent leurs cellules des conditions inductrices de stress, alors que d'autres tolèrent le stress par une modification de leur métabolisme, ce qui leur permet d'être en équilibre thermodynamique avec le stress et ne subir aucun dommage. Cette façon de décomposer peut permettre de mieux comparer les stratégies de différentes espèces.

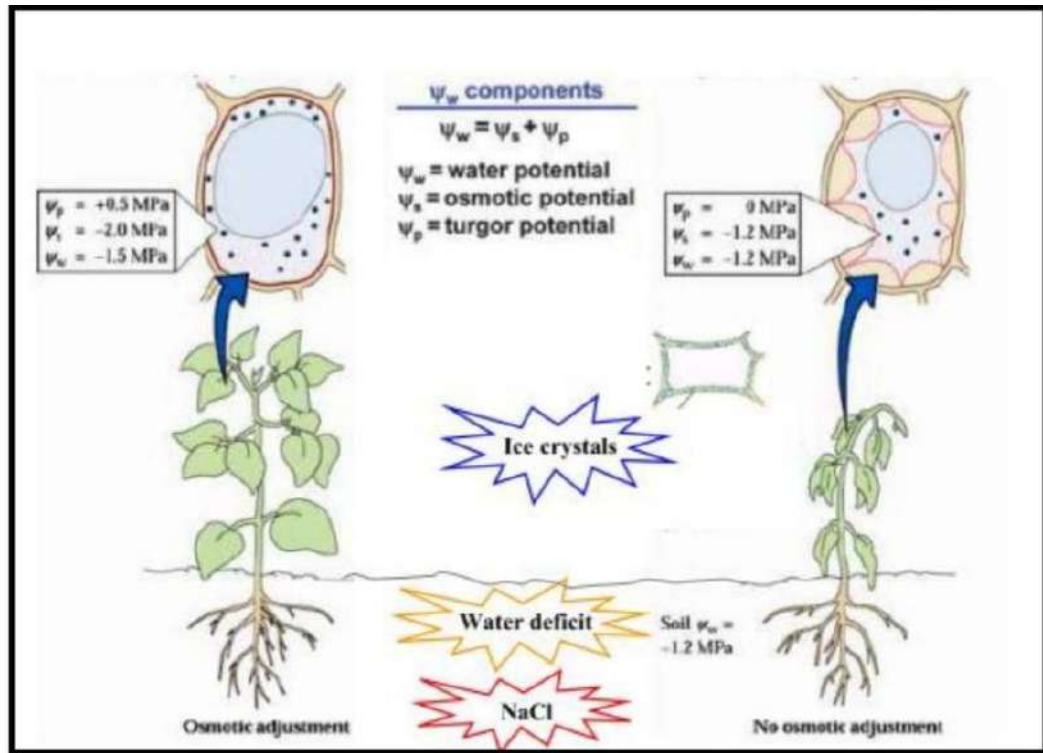


Figure 04. Stress osmotique provoqué par le gel, la sécheresse ou la salinité (Verslue et al., 2006)

I.4. Effet du stress salin en stade de germination

Le stade plantule est le plus altérable dans le cycle de vie de la plante et c'est la germination qui détermine le temps et le lieu pour que la croissance de la plantule ébauche. Ce stade de germination est souvent limité par la salinité du sol et se montre le plus sensible que les autres stades (Saidetal., 2011 ; Tadrent, 2017). Selon Rejili et al. (2006), les semences répondent au stress salin en réduisant le nombre total des graines germées et en accusant un retard dans l'initiation du processus de la germination. Selon l'espèce, l'effet dépressif peut être de nature osmotique et/ ou toxique :

□ **Effets osmotiques** : Les effets osmotiques se traduisent par l'inaptitude des graines à absorber des quantités suffisantes en eau pour les ramener à leur seuil critique d'hydratation, nécessaire au déclenchement du processus de germination (Rejilietal., 2006 ; Nasri, 2014).

□ **Effets toxiques** : 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 ; Nasri, 2014).

I.5. Mécanismes et stratégies adaptatives des plantes aux stress salin

Pour limiter le stress salin, les plantes en déclenchent des mécanismes de la tolérance qui contribuent à l'adaptation au stress et qui ont d'ordre :

I.5.1. Adaptation morphologique

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 (**Zidane, 2017**).

On peut résumer les caractères associés à cette adaptation :

- La présence d'une cuticule épaisse
- Des stomates rares
- Des cellules à grandes vacuoles pour favoriser le stockage de NaCl
- Des racines très développées
- Une diminution de la surface foliaire.

I.5.2. Adaptation physiologique

I.5.2.1. Compartimentation vacuolaire

La compartimentation des ions est l'un des mécanismes d'adaptation à la contrainte saline les plus efficaces pour éviter la toxicité de Na⁺ sur des sites métaboliques dans le cytoplasme. La plante 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 sont des compartiments fermés au sein de la cellule, le sel est ainsi isolé des constituants cellulaires vitaux (**Hanana et al., 2011 ; El Madidi et al., 2003**).

I.5.2.2. Exclusion

Chez les plantes sensibles au NaCl, le Na⁺ s'accumule dans les racines, puis exclu des feuilles, ces plantes sont dites «excluders». La plante empêche le sel de remonter jusqu'aux feuilles; une première barrière existe au niveau de l'endoderme, couche interne de cellules de la racine. Cependant, cette barrière peut être interrompue en particulier de l'émergence des ramifications de la racine (**Elmadidi et al., 2003**).

I.5.2.3. Inclusion

Les plantes « incluser » résistantes au NaCl, accumulent le Na⁺ dans les feuilles où il est séquestré soit dans la vacuole, l'épiderme foliaire, les limbes âgés... Les vacuoles sont des compartiments fermés au sein de la cellule, le sel est ainsi isolé des constituants cellulaires vitaux, ou excrété par des glandes vers l'extérieur (**Berthomieu et al., 2003**).

Matériel et Méthodes

II. Matériel et Méthodes

II.1. Objectif

L'objectif de notre travail est d'étudier l'effet du stress salin par les différentes concentrations de NaCl et de l'eau de forage sur la germination de l'espèce *Anabasis articulata*.

II.2. Présentation de l'espèce

- **Nom scientifique** : *Anabasis articulata* (Forssk.) Moq. (1849)
- **Nom vernaculaire**: Baguel (البازل), Ajrem (العجرم)
- **Synonyme** : *Salsola articulata* Forssk. (1775)

II.2.1. Description de l'espèce

C'est une espèce endémique saharienne à buisson bas, à souche épaisse et tortueuse, de couleur vert bleuté très clair. Les rameaux articulés et presque sans feuilles ; pendant les périodes de grande sécheresse les rameaux sont caducs et tombent au pied de la plante. Les feuilles opposées, ont une partie libre très courte, obtuse ou terminée par une pointe blanchâtre (Photo 1). Les fleurs blanches rosées sont isolées à l'aisselle de chaque feuille (**Ozenda, 2004**).



Photo 01. Plante d'*Anabasis articulata*

Le fruit est entouré par trois ailes (**Photo 2**) dues à la dilatation de trois de ses sépales, les graines sont spiralées, de couleur marron foncé (**Photo 3**) et de poids très léger (Tableau 1).

Matériel et Méthodes

Tableau 1. Description des graines d'*Anabasis articulata*

Longueur (mm)	Largeur (mm)	Forme	Couleur	Poids de 100 graines
2±0.75	2±0.75	Spiralée	Marron foncé	0.16 g



Photo 02. *Anabasis articulata* au stade de fructification



Photo 03. Graines d'*Anabasis articulata*

II.2.2. Aire géographique de l'espèce

Commun dans tout le Sahara (Boulos, 1999; Chehma et al., 2006 ; Ozenda, 2004).

II.2.3. Période de végétation

Floraison en novembre-décembre (Chehma et al., 2006; Quezel et Santa, 1962-1963).

II.2.4. Habitat

Terrains ensablés des regs et des lits d'oueds, où il peut coloniser de très grandes surfaces (Boulos, 1999 ; Chehma et al., 2006). Et se développe en pierre et dans les oueds sablonneux largement parcouru par les dromadaire et les chèvres (Chopra, 1956)

II.2.5. Intérêts

L'espèce *Anabasis articulata* comme d'autres plantes de la famille des Amaranthaceae est, largement, employée dans la médecine traditionnelle algérienne contre le diabète (Kambouche et al., 2009). Les parties aériennes sont utilisées en décoction et sous

forme de cataplasme pour soigner les dermatoses, les maladies de la peau (eczéma), les maux de la tête et la fièvre (**Hammiche et Maiza, 2006**). D'autres propriétés cholinergiques ont été aussi signalées chez cette espèce (**Tilyabaev et Abduvakhobov, 1998**).

L'*Anabasis articulata* ayant aussi un intérêt pastorale, dont elle est appréciée par les dromadaires et broutée par les chèvres (**Quezel et Santa, 1962; Ozenda, 1991**).

II.3. Méthodologie de Travail

Dans cette étude, nous avons conduit deux essais au laboratoire sur la germination des graines de l'*Anabasis articulata*, le premier concerne l'effet du stress salin en utilisant le NaCl ; le second, concerne l'effet de l'eau de forage, dont chacun nous avons utilisé différentes concentrations salines croissantes.

II.4.1. Collecte des graines

Nous avons collecté les fruits d'*Anabasis articulata* pendant le mois de janvier 2021 directement des plantes mères dans une station d'Oued Righ situé au nord-est du Sahara septentrional algérien (32°54' à 39°9'N, et 05°50' à 05°75'E.), et les avons amené au laboratoire pour extraire les graines et les mises en germination.

II.4.2. Préparation des solutions salines

II.4.2.1. Préparation des solutions à base de NaCl

Nous avons préparé 6 différentes solutions salines (50, 100, 150, 200, 250 et 300 mM) avec solution témoin (0mM) (**Tableau2**), par le Chlorure de sodium (NaCl) comme un agent stressant à cause de son dominance dans les sols de la région d'Oued Righ (**Snouuss et Halitim, 1998**).

Tableau 2 : Différentes concentrations des solutions salines à base de NaCl.

	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
Concentration (mM)	0	50	100	150	200	250	300
Concentration (g/ml)	0	0.3	0.6	0.9	1.17	1.46	1.8

II.4.2.2. Préparation des solutions à base de l'eau de forage

Nous avons analysé 5 provenances de l'eau de forage provenant de la région de Oued Righ, en calculant la Conductivité électrique pour ressortir l'eau la plus chargée en sel. Après l'analyse, l'eau la plus chargée en sel était retenue pour notre expérience, où nous avons préparé six différentes solutions à base de l'eau de forage retenue.

II.4.2.3. Mise en germination des graines

Les graines ont été placées dans des boîtes de pétri, contenant deux couches de papier filtre, et mises à germer dans une étuve à l'obscurité et réglée à 25C° pendant 9 jours. Chaque essai porte sur 100 graines, soit 4 répétitions de 25 graines par boîte de Pétri par traitement (NaCl et eau de forage). Nous avons ajouté 4 ml de l'eau distillée pour le témoin, et 4 ml de solutions préparées des différentes concentrations salines. Des observations ont été effectuées chaque 48 heures permettant de compter le nombre de graines germées pendant la durée de l'expérimentation.

II.5. Paramètres étudiés

La salinité est une contrainte majeure qui affecte la croissance et le développement des plantes (**Bouaouina et al., 2000**) ; pour cela, notre travail s'est basé sur l'étude des paramètres physiologiques (germination) et morphologiques (post-germination) de l'espèce étudiée.

II.5.1. Paramètres physiologiques

II.5.1.1. Cinétique de germination

Elle représente les pourcentages de germination en fonction du temps (Figure 5). Elles donnent une idée complète de l'évolution de la germination d'un lot de graine placé dans des conditions déterminées. Lorsqu'il n'est pas possible de représenter les courbes de germination, on exprime souvent les résultats par des pourcentages ou des vitesses de germination. Divers modes d'expression de ces grandeurs ont été proposés. Nous citerons les plus couramment utilisés tels que le pouvoir de germination, la capacité de germination ou la vitesse de germination (**Heller et al., 1990**).

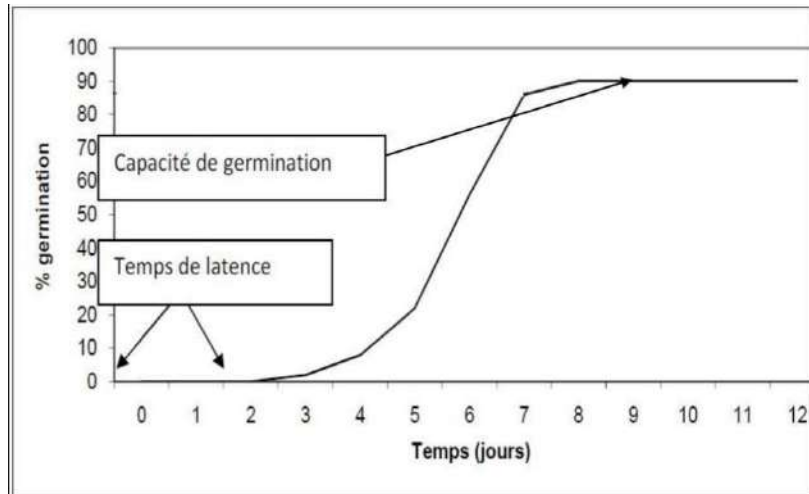


Figure 05. Courbe de germination exprimant les pourcentages de germination en fonction temps (Haller *et al.*, 1990)

II.5.1.2. Taux de germination

Est exprimé par le rapport du nombre de graines germées sur le nombre total de graines. (AHOTON, 2009) et à été exprimé comme :

$$FG = (Ni/Nt). 100$$

Ni : est le nombre total des graines germées.

Nt : est le nombre total de graines mises à germer.

II.5.1.3. Vitesse de germination

Timson (1965) a proposé d'exprimer la vitesse de germination par la somme (Σn) des Pourcentages de germination obtenus pendant les n premiers jours :

$$\Sigma n = N1 + N2 + N3. \dots + Nn$$

Nn = pourcentage des graines germées après n jours.

Selon la rapidité de la germination, n peut varier (5 jours, 10 jours ...).

II.5.1.4. Indice de récupération de la germination (Germination recovery)

C'est un paramètre qui permet de déterminer l'origine de l'effet dépressif (osmotique et/ou toxique). Dans ce cadre, les graines qui n'ayant pas pu germer sous différentes concentrations étudiées ont été bien lavées et mises dans un nouveau milieu ne contenant que de l'eau distillée. La germination de ces graines a été

comptée de nouveau dans une durée de 7 jours, et exprimée par l'indice de récupération (El-Keblawy et Bhatt, 2015).

$$\text{IR}\% = (a-b/c-b) * 100$$

Où

a : nombre total des graines germées après transfert dans l'eau distillée

b : nombre total des graines germées dans la solution saline

c : nombre total des graines

II.5.2. Paramètres morphologiques

Les valeurs présentées du paramètre morphologique sont les moyennes des 25 plantules (soit 4 répétitions par traitement) âgées de 10 jours.

II.5.2.1. Longueur de la racicule

Afin d'étudier la croissance de la plante vis-à-vis du stress, la longueur de racines primaires de 10 plantules d'*Anabasis articulata*, ont été mesurées à l'aide d'un papier millimétré gradué.

II.5.2.2. Longueur de la tigelle

Nous avons mesuré la longueur de la tigelle de 10 plantules d'*Anabasis articulata* à l'aide d'un papier millimétré gradué.

II.5.2.3. Longueur de feuilles

A la fin de l'expérimentation, et à l'aide d'un papier millimétré gradué, nous avons mesuré la longueur des feuilles.

II.6. Analyse statistique

Nous avons utilisé le logiciel XLStat (2014) pour effectuer l'étude physiologique et morphologique. Une analyse statistique One way ANOVA, a été utilisée pour évaluer l'effet de la salinité sur les paramètres étudiés, dont nous avons procédé à l'analyse de la variance et la comparaison des moyennes pour estimer la signification à l'aide de test Tukey (HSD).

Résultats et discussion

III. Résultats et discussion

La réaction des plantes à la salinité est très différente soit au stade de germination ou celui du développement (Thamir *et al.*, 1992). Généralement, elles portent sur la réduction de la surface foliaire, la diminution de la vitesse, et la constitution de réserve d'eau à l'intérieur des tissus (Ozenda, 1977). Pour cela, on s'est basé sur les paramètres physiologiques et morphologiques dans notre étude.

III.1. Choix de l'eau de forage pour l'application du stress

Les résultats obtenus nous ont montré que l'eau de forage de la station de Temacine Ouest est la plus chargée en sel (tableau 3) par rapport à d'autres provenances échantillonnées. A cet effet, elle était retenue pour l'application du stress dans notre expérience.

Tableau 3 : Analyses de l'eau de forage de 5 stations de Touggourt

Commune	pH	CE (mS/cm)	T (°C)	Salinité
Temacine Ouest	7,56	10,04	22,38	8,51
Temacine Est	7,43	7,15	22,32	5,48
Megarine	9,06	7.13	22,42	5,4
Zaouia Abedia1	7,42	4,70	22,45	3,36
Zaouia Abedia 2	7,58	10,49	22,49	8,40

Cette eau provient de la nappe Miopliocène de la commune de Temacine, elle est chlorurée, sulfato calcique et magnésienne ($SO_4+Cl+Ca+Mg$) (Tabouch *et Achoun*, 2004). A cet effet, les différentes concentrations salines à base de l'eau de forage de Temacine Ouest, utilisées dans l'étude de germination sont reportées dans le tableau 3.

Tableau 4 : Différentes concentrations utilisées de l'eau de forage

	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
Les concentrations Mm	0	26	52	78	104	129
Les concentrations g/ml	0	1.5	3	4.5	6	7.5

III.2. Paramètres physiologiques

III.2.1 Effet du stress salin sur la cinétique de germination

III.2.1.1- Effet de NaCl sur la cinétique de germination

La figure 05 montre l'effet et l'évolution de la cinétique de germination des plantules d'*Anabasis articulata* en fonction du temps à différentes concentrations en NaCl après 9 jours de la mise en germination dans l'étuve à 25°.

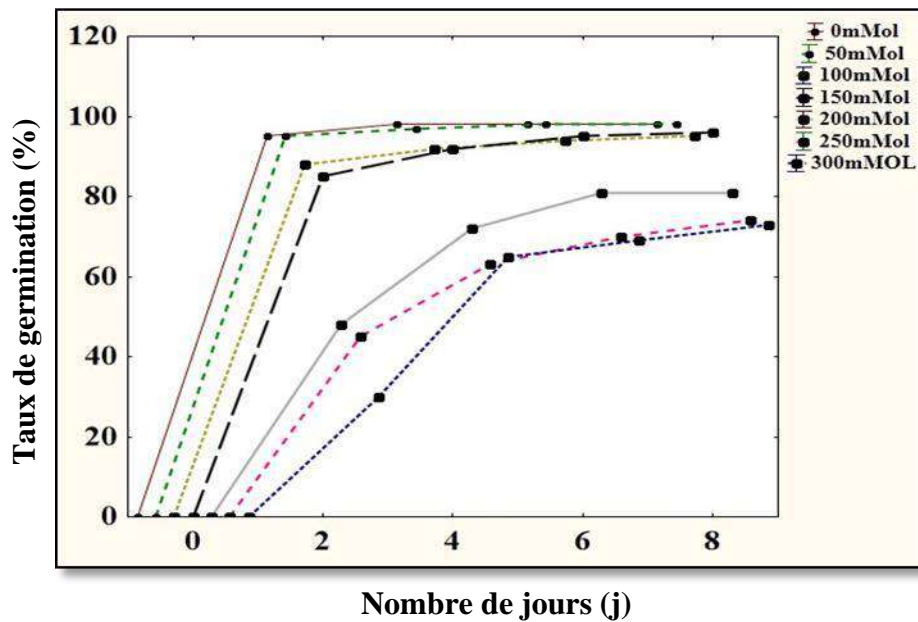


Figure 05. Cinétique de germination des plantules d'*Anabasis articulata* en fonction de différentes concentrations en NaCl

La cinétique de la germination des graines sous l'effet des concentrations croissantes en sel décrit une forme sigmoïdale comprenant deux phases :

Une phase de latence, nécessaire à l'apparition des premières germinations (entre 0 et 4^{ème} jours), au cours de laquelle nous avons signalé un fort taux de germination. La durée de cette phase est variable selon les concentrations croissant de NaCl, elle est courte voire absente après 48h chez les plantes témoins à 98% et celles irriguées par des concentrations de 50 et 100, 150 mM de NaCl avec des pourcentages estimés à 98 et 96, 95%, respectivement. Mais, elle devient plus au moins longue après 96h, surtout chez les plantes soumises au traitement de (200 et 250, 300 mM) avec des taux de germination faible de NaCl, Pour lesquelles cette phase peut aller jusqu'à 4^{ème} jour.

Une deuxième phase (entre 4 et 8^{ème} jours), correspondant à une capacité germinative qui a été variée entre les faibles et les fortes doses de NaCl, Il est

important de noter que, la germination a été déclenchée en retard pour les concentrations de 200 et 250, 300 mM de NaCl et a été stabilisée à 48 et 45, 30 %. Mais le témoin et les traitements faible dose, Elles s'ont allongée vers le deuxième pour arriver à une capacité germinative maximale d'environ 98 %. Nous avons enregistré une différence hautement significative ($p < 0.001$) entre le Témoin et les traitements appliqués. La tolérance au sel s'exprime habituellement en termes de croissance de rendement ou de survie. Chez la graine d'*AnabasisArticulata* ces résultats viennent confirmer la tolérance sur le stress jusqu'à 300mM.

En effet, **Benyahia (2020)** a montré que sur le plan physiologique, l'augmentation de la concentration en sel retarde la vitesse, le taux de germination final et ralentit la cinétique de germination chez l'espèce d'*Anabasis articulata* de Oued N'sa (Ouargla). La même remarque a été signalée par les travaux de **Chaouch Khouane et Boukhetta (2014)** et **Trabelsi et Kherraze (2020)** qui ont montré que l'augmentation de la concentration en sel, retarde le taux et ralentisse la cinétique de germination chez les espèces *Zygophyllum album* et *Peganum harmala*.

III.1.1.2 Effet de l'eau de forage sur la cinétique de germination

La figure 06 montre l'effet et l'évolution de la cinétique de germination des plantules d'*Anabasis articulata* en fonction du temps à différentes concentrations de l'eau de forage.

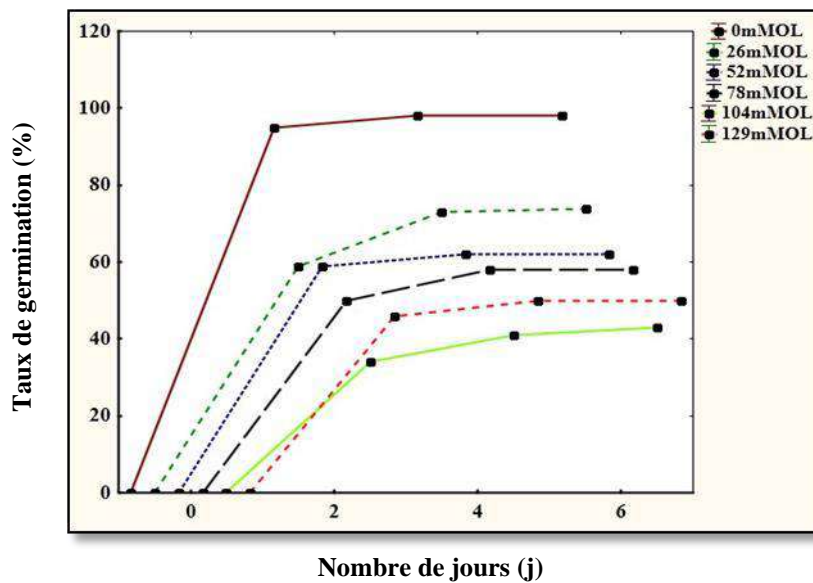


Figure 06. Cinétique de germination en fonction de différentes concentrations de l'eau de forage.

L'effet de l'eau de forage sur le comportement germinatif des graines d'*Anabasis articulata* se traduit par une augmentation du temps de latence et diminution de taux de germination. L'analyse de la variance indique la dilution de l'eau de forage à des concentrations élevées et le Témoin dont il y a une différence très hautement significative ($Pr < 0.0001$).

La cinétique de la germination des graines sous l'effet des concentrations croissantes de l'eau de forage décrit une forme sigmoïdale comprenant deux phases :

Une phase de latence, nécessaire à l'apparition des premières germinations (entre 0 et 2^{ème} jours), au cours de laquelle forts taux de germination. La durée de cette phase est variable selon les concentrations croissant, elle est courte voire absente après 48h chez les plantes témoins. Mais, elle devient plus au moins longue après 96h, surtout chez les plantes soumises aux différents traitements de ($SO_4+Cl+NO_3$) avec une réduction important de taux, Pour lesquelles cette phase peut aller jusqu'à 4^{ème} jour.

Une deuxième phase (entre 4 et 6^{ème} jours), correspondant à une capacité germinative qui a été variée entre le témoin de taux 98% et les autres traitements, Ils sont important de noter que, la germination a déclenchée en retard pour les concentrations de 26 et 52,78,104,126mM et a stabilisée à 74% ,62%,58%,43% et 50% respectivement. Alors que nous trouvons dans l'étude de **Ben Sekerifa et Khellafi (2018)** qui montre la présence de sels dans la solution d'imbibition ralentit la vitesse de germination des graines de *Zygophyllum album* L. et diminue leur capacité germinative, et ceci aussi bien en présence de $CaCl_2$ qu'en présence de $NaCl$. Et l'observation de **Krama et Rahmani (2018)** qui montre la présence de sel dans la solution d'imbibition ralentit la vitesse de germination des graines de *Zygophyllum album* L. et diminue leur capacité germinative aussi bien en présence de Na_2SO_4 qu'on présence de $NaCl$.

III.1.2. Effet du stress salin sur le taux final de germination

a)-Effet du $NaCl$ sur le taux final de germination

La figure 07 exprime l'effet du stress salin sur la germination de l'espèce étudiée sous différentes concentrations de $NaCl$

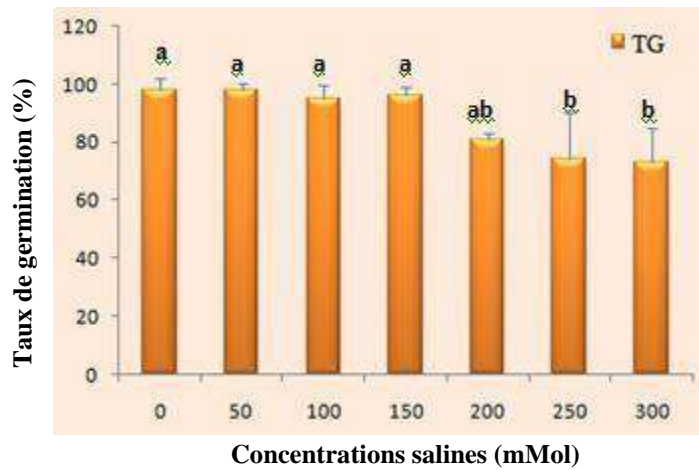


Figure07. Taux final de germination en fonction de différentes concentrations Salines de NaCl

A partir des résultats illustrés dans la figure 09 qui montre le taux final de germination (TG) d'*Anabasis articulata* sous l'effet de différentes concentrations en NaCl. On remarque une légère variation des valeurs de TG pour les différents traitements. Pour le témoin, on enregistre le grand taux de germination, avec 98% ; il semble être similaire ou très proche de T₁, T₂, T₃, T₄ de taux 98%, 95%, 96% et 81% respectivement. Tandis que le TG dans les graines traitées par 200mM, 250mM et 300mM, on remarque une diminution légère jusqu'à 73% pour T₆ max par rapport aux autres traitements. L'analyse de variance indique qu'il y a une différence très hautement significative ($Pr < 0.0001$) entre le témoin et les autres concentrations.

Plusieurs auteurs ont affirmé que, l'élévation de la concentration de NaCl diminue le taux de germination (Tlig *et al.*, 2008 ; Gorai *et al.*, 2011 ; El keblawy, 2011a ; El keblawy, 2011b; Boudehane et Chabbi, 2015 ; Benyahia, 2020). La germination des plantes, qu'elles que soient halophytes ou glycophytes est affectée par la salinité (Ghamnia, 2013 ; Trabelsi et Kherraze, 2020). 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, de l'âge et de l'état physiologique de l'organe (El-Mekkaoui, 1990).

b)-Effet de l'eau de forage sur le taux final de germination

Après le test de germination par l'eau de forage, nous avons obtenu les résultats figurant dans la **Figure 8**.

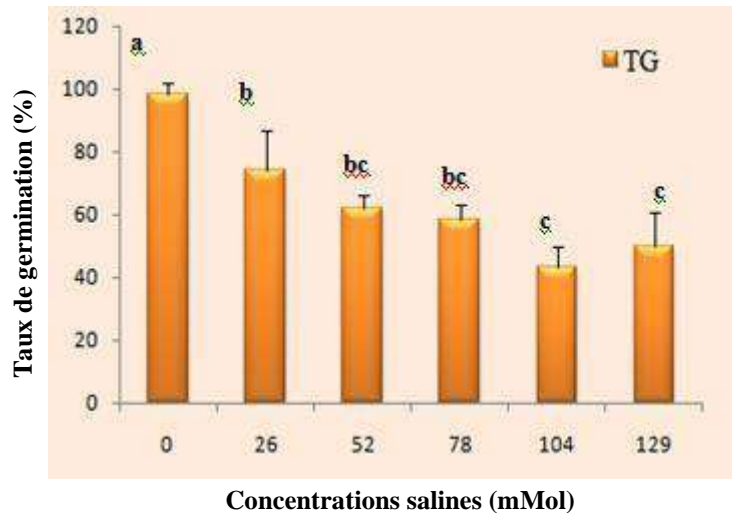


Fig. 08 Taux de germination final en fonction de différentes concentrations de L'eau de forage.

A partir des résultats illustrés dans la figure 09 qui montre la diminution remarquable sur TG final entre les traitements. On a observé une grande différence entre le témoin et les concentrations après 9 jours, le TG est maximal lorsque les graines sont imbibées à l'eau distillée (témoin) atteignent 98% de germination. Alors que les graines des traitements (26, 52, 78 et 129mM) enregistrent une diminution remarquable par rapport au témoin. Tandis que le TG dans les graines traitées par 104mM marque une très forte diminution (43%). L'analyse de la variance révèle clairement que le taux final de la germination chez les graines d'*Anabasis articulata* expose une différence très hautement significative ($Pr < 0.0001$) entre le témoin et les traitements.

Ces résultats sont en accord avec ceux précédemment cités par **Ghulam et Faris (2001)**, **Khan et Gulzar (2003)** et **Silva et al. (2003)**, où ils Il a été constaté que l'effet négatif de la salinité sur La germination peut être osmotique ou ionique Dans le pourcentage final de réduction de germination. Et pour les observations de **Karam et al. (2011)** sur l'effet de stress salin sur la germination de trois groupes de chacun de *Zygophyllum coccineum L.* et *Peganum harmala*. D'autre part, pour des graines *Panicum turgidum* a été remarquablement germé Diminue et ralentit à des concentrations élevées de NaCl et KCl et a été complètement inhibée à 300 et 400 mM (**Al-Keblawy, 2004**). De même les observations de **Ben Sekerifa et Khellafi (2018)** en présence de NaCl et CaCl₂ et aussi de **Krama et Rahmani (2018)** sous

L'effet de NaCl et Na₂SO₄ sur la germination des graines de *Zygophyllum album* L. Ceci montre bien que la germination des graines en présence du stress salin varie d'une espèce à l'autre. Ungar(1991) affirme que la germination des graines des halophytes en milieu salin est variable et spécifique à l'espèce.

La germination est affectée plus par l'eau de forage que du NaCl, ceci est dû à la différence entre les deux types de sel.

III.1.3. Effet de stress salin sur la vitesse de germination

a)-Effet de NaCl sur la vitesse de germination

En appliquant un stress salin sur les graines d'*Anabasis articulata*, nous avons observé une légère diminution de la valeur du TMG sous l'influence d'une augmentation des concentrations de NaCl (Figure 09).

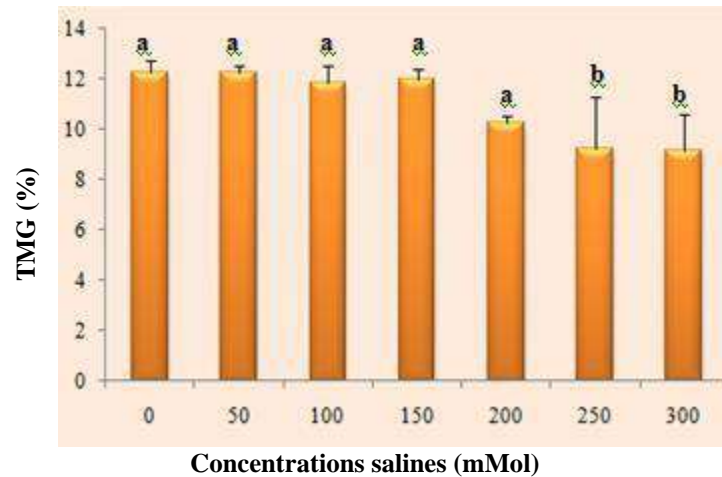


Fig.09 Effet de NaCl sur la vitesse de germination

Les graines témoins qui ont été imbibées par l'eau distillée marquent la vitesse de germination de taux 12.25 % jour⁻¹, ce qui explique que sa vitesse de germination est la plus rapide comparativement aux traitements salins. Chez les graines traitées par 50, 100, 150mMol de NaCl, on marque la similarité sur le TMG d'environ 12 % jour⁻¹, tandis que les graines stressées par une concentration de 200 et 250mMol taux la plus tardif de 10.25% jour⁻¹ et 9,25% jour⁻¹respectivement. Pour ce qui est de T₆, nous avons signalé la faible vitesse avec un taux d'environ 9% jour⁻¹.L'analyse de la variance de TMG indique une différence très hautement significative (Pr< 0.0001) du temps moyen de germination (TMG) entre le témoin et les concentrations s'appliquées. Tandis que les résultats obtenus par Selami et Meddour (2016) ont montré que l'élévation de la concentration de NaCl à partir de 100Mm induit une

Diminution de taux aussi bien que la vitesse de germination sur quatre espèces spontanées (*Asphodelus tenuifolius*, *Genista saharae*, *Oudneya africana* et *Retama reatam*).

Plusieurs études ont montré que l'application de différentes concentrations salines sur les graines des halophytes comme les glycophytes affect négativement la vitesse de la germination comme les résultats de (Benyahia, 2020 ; Ben Gamra, 2007 ; Trabelsi et Kherraze, 2020). Les perturbations observées pourraient être expliquées par une diminution du potentiel osmotique du milieu suite à l'ajout du sel (Mauromical et Licandro, 2002). Sur cette base, on peut dire que l'*Anabasis articulata* reste la plus résistée au stress salin par NaCl et en même temps qu'elle n'est pas un grand effet sur la vitesse de germination de ces graines.

b)- Effet de l'eau de forage sur la vitesse de germination

Les résultats de l'effet l'eau de forage sur la vitesse de germination sont présentés dans la **Figure10**.

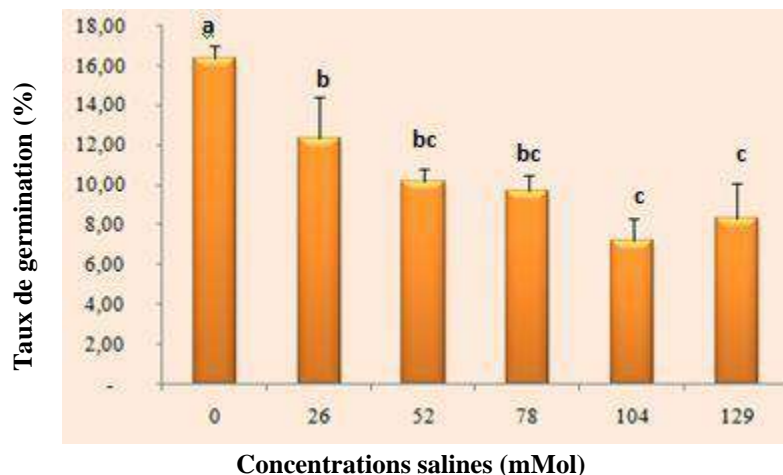


Fig.10 Effet de l'eau de forage sur la vitesse de germination

D'après les données de la figure 11, nous ne constatons que la diminution remarquable sur le TMG à cause d'augmentation des concentrations de solution qui ont été préparé par la dilution de l'eau de forage. Alors que dans le témoin et le premier traitement y a une faible concentration de sel, dont nous avons enregistré le plus grand pourcentage de vitesse de germination. Contrairement aux autres traitements, nous remarquons une diminution de la vitesse en fonction d'augmentation de la dose saline. Où nous trouvons de T₂ et T₃, T₅ le taux sont 10.17% jour⁻¹ et 9.67% jour⁻¹, 8.33% jour⁻¹ tandis que les graines stressées par une

concentration 104mM(T₄) signées la faible vitesse avec de valeur la plus tardif de 7.17% jour⁻¹.L'analyse de la variance révèle un effet très hautement significatif du sel sur la vitesse de germination avec une probabilité (Pr< 0.0001).

Les résultats ont été rapportés sur l'effet de l'eau de forage, qui a affecté sur la vitesse de germination, contrairement aux résultats obtenus dans le premier essai de stress salin pour le chlorure de sodium, qui n'a pas un grand effet sur la vitesse. Alors que nous trouvons dans l'étude de **Ben Sekerifa et Khellafi (2018)** que la présence de sels dans la solution d'imbibition ralentit la vitesse de germination des graines de *Zygophyllum album* L.et diminue leur capacité germinative, et ceci est observé aussi bien en présence de CaCl₂ qu'en présence de NaCl. De plus, **Krama et Rahmani (2018)** ont montré la présence de sel dans la solution d'imbibition ralentit la vitesse de germination des graines de *Zygophyllum album* L. et diminue leur capacité germinative. Le même résultat a été observé en présence de Na₂SO₄ qu'en présence de NaCl pour les concentrations de sels élevées.

III.1.4. Effet de stress salin sur l'indice de récupération de la germination (germination recovery)

a)- Effet du NaCl sur l'indice de récupération

Les résultats de test d'indice de récupération de la germination d'*Anabasis articulata* sont présentés dans la **Figure11**.

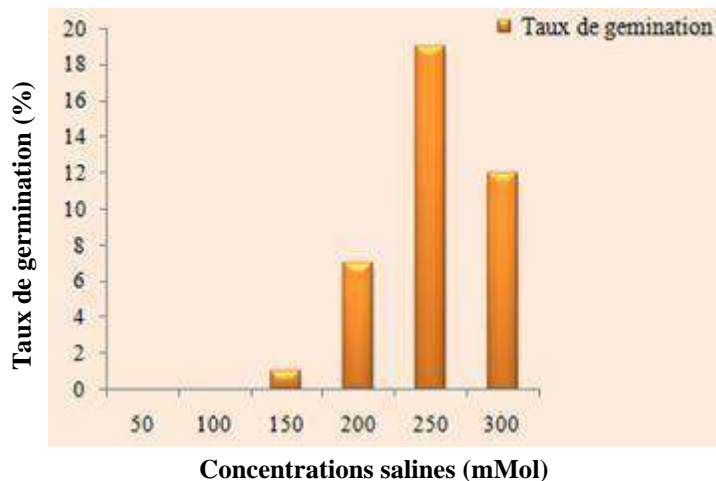


Fig. 11 Evolution d'indice de récupération de la germination en fonction des concentrations salines.

Les résultats de test d'indice de récupération montrent que le transfert des graines dans l'eau distillée est suivi d'une reprise de la germination, pour les traitements T₃ et T₄, T₅ et T₆ soit 1%, 7%,19% et 12% respectivement.

L'indice de récupération est un paramètre qui peut aider à déterminer l'origine de l'effet dépressif de la salinité sur la germination soit osmotique (ionique) ou toxique. Les effets osmotiques du sel se traduisent par l'inaptitude des graines à absorber des quantités suffisantes en eau pour les ramener à leur seuil critique d'hydratation, nécessaire au déclenchement du processus de germination. Donc, on peut dire que l'inhibition est d'ordre osmotique, vu qu'il y a une reprise significative de germination. Nos résultats corroborent ceux de **Benyahia (2020)** pour l'espèce *Anabasis articulata* et ceux **d'El-Keblawy (2004)** pour l'espèce *Panicum turgidum* qui ont montré une reprise de germination des graines prétraitées avec des concentrations élevées de sels (NaCl).

b)- Effet de l'eau de forage sur l'indice de récupération de la germination

Les graines qui ont été transférées du milieu traité par différentes concentrations n'ont pas germé même dans un environnement non salin, cela signifie que l'effet de l'eau de forage ($\text{SO}_4+\text{Cl}+\text{NO}_3$) a un effet toxique 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 ; Nasri, 2014**).

III.1.2. Paramètres morphologiques

III.1.2.1. Effet de stress salin sur la longueur de racicules

a)-Effet du NaCl sur la longueur de racicules

La figure **12** représente la longueur de racicule *d'Anabasis articulata* qui a été mesurée le dernier jour de l'expérience (le 10^{ème} jour) sous l'effet de différentes concentrations en NaCl.

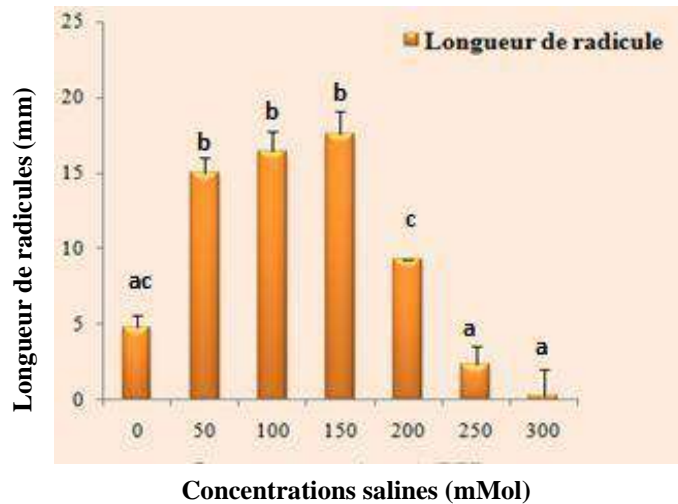


Fig. 12 Effet de NaCl sur la longueur de racines

Les résultats obtenus en ce qui concerne l'effet de la salinité sur la longueur des racines des plantules d'*Anabasis articulata*, montrent un effet négatif sur l'élongation de partie racinaire en fonction de l'augmentation des concentrations salines dans des fortes doses. On observe une augmentation de la longueur de racine sous l'influence de l'augmentation de NaCl jusqu'à 150 mM de 17.6mm. Et nous notons une réduction importante de la longueur racinaire en fonction de l'élévation des concentrations 200, 250 et 300mMol, dont les valeurs enregistrées sont 9.3, 2.3 et 0.3mm respectivement, tandis que la longueur racinaire chez les plantules témoin avec une valeur de 4,7 mm. L'analyse de la variance par le test Tukey HSD, montre qu'il y a une différence très hautement significative pour l'effet du stress sur la longueur des racines ($Pr < 0,0001$).

Cela signifie que *Anabasis articulata* a été affectée par des milieux du fort stress salin pour les concentrations de 200, 250 et 300mM et d'autre part la longueur de la racine augmente avec l'augmentation du NaCl dans les concentrations 50,100 et 150Mm, Pour limiter le stress salin, les plantes déclenchent des mécanismes de tolérance, On peut résumer des caractères associés à cette adaptations : -des stomates rares – des cellules à grand vacuole pour favoriser le stockage de NaCl –des racines très développés qui contribuent à l'adaptation morphologique, la salinité est connue pour affecter de nombreux aspects des plantes et d'induire de nombreux changements dans leur morphologie pour l'économie d'eau (Zidane, 2017). Lachaal (1998) de sa part a indiqué que la tolérance au sel s'exprime habituellement en termes de croissance, de rendement ou de survie, longueur des

parties aériennes et racinaires, le même auteur utilise la longueur des racines comme un indicateur fiable de la tolérance au sel. Pour cela on peut dire que *Anabasis articulata* est résistante au stress jusqu'à 200Mm.

Des résultats différents ont été trouvés chez les observations de **Benyahia (2020)** sur de même espèce de notre étude mais a d'autre région qui montré que réduction importante de la longueur racinaire en fonction de l'augmentation des concentrations salines de NaCl. Cependant, les résultats obtenus par **Ansli (2019)** pour l'espèce *Oudneya africana* a montré que la croissance des parties végétatives (radicules et tigelles) diminue proportionnellement avec l'accroissement de salinité.

b)-Effet de l'eau de forage sur la longueur de radicules

La figure 13 illustre les variations des longueurs de radicule d'*Anabasis articulata* aux différentes concentrations de l'eau de forage qui ont été mesurées le dernier jour de l'expérience.

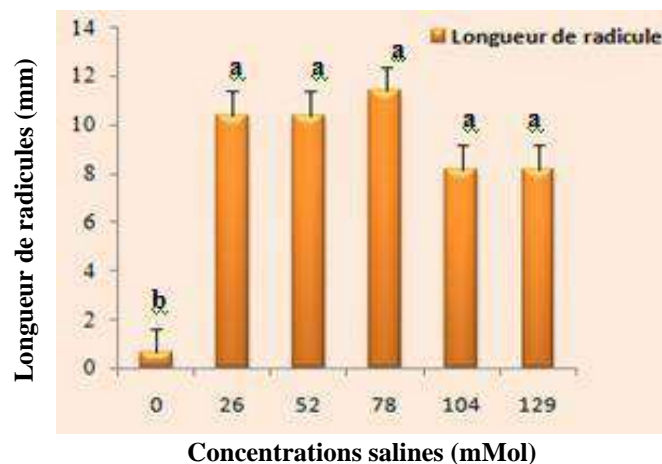


Fig. 13 Effet de l'eau de forage sur la longueur de radicule

Les résultats obtenus de la figure 15 en ce qui concerne l'effet de la salinité sur la longueur racinaire des plantules d'*Anabasis articulata*, nous ont montré l'augmentation sur l'élongation de partie racinaire en fonction des concentrations croissant et certain moment on observé une réduction légère. Nous notons une augmentation importante de la longueur racinaire en effet des concentrations 26, 52 et 78mMol où nous avons enregistré les valeurs 10.4, 10.4 et 11.4mm respectivement par rapporte de témoin de valeur 0.62mm, tandis que nous avons trouvé diminution légère sur la concentration 78mM qui enregistre la plus bas de valeur a 8.16mm. A cause de ça la résistance au stress salin de la partie racinaire, Perce que Les racines

sont directement en contact avec la salinité du sol et elles constituent la première ligne de défense contre le stress salin (Benrebihia *et al.*, 1987). Selon Zidane (2017) qui a montré sur la morphologie et la structure des halophytes sont adaptées dans le sens de l'économie d'eau par développement des racines pour éviter le sel.

Des résultats différents ont été trouvés chez les observations de Benyahia (2020) sur de même espèce de notre étude mais à d'autre région qui a montré que la réduction importante de la longueur racinaire en fonction de l'augmentation des concentrations salines de NaCl et Hamrouni *et al.*, (2011) qui a indiqué que la plante s'adapte au stress salin en réduisant son système racinaire.

Une analyse de la variance d'ANOVA a indiqué qu'il y a une différence très hautement significative entre le témoin et les différentes concentrations avec un $P > 0.0001$. On peut conclure la même réponse d'*Anabasis articulata* sur l'effet de l'eau de forage et NaCl pour adapter les milieux salins de fortes doses sur la partie racinaire.

III.1.2.2. Effet de stress salin sur la longueur de tige

a)-Effet du NaCl sur la longueur de tiges

Les résultats représentés dans la figure 16 expriment la longueur de tige en fonction des concentrations salines de NaCl.

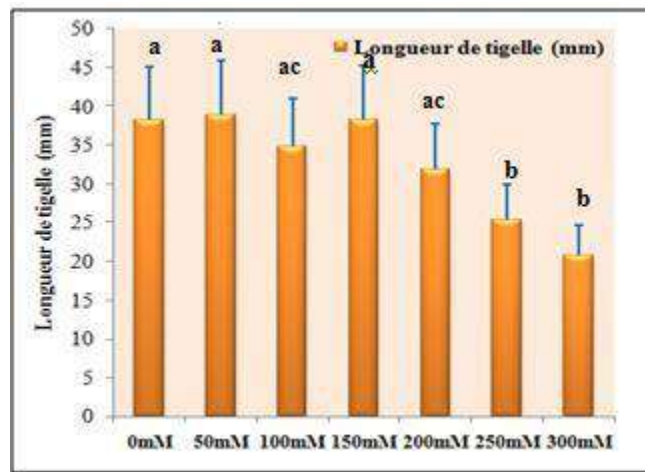


Fig. 14 Effet de NaCl sur la longueur de tiges

Les résultats obtenus de la figure 14 en ce qui concerne l'effet de la salinité sur la longueur de tige des plantules d'*Anabasis articulata*, montre un effet négatif sur l'élongation de la partie aérienne en fonction de fortes concentrations salines, nous avons observés dans le témoin et les concentrations de NaCl à faible dose telles que 50,100 et 150mM convergeaient vers la longueur de tige à 38,84 34,72 38,28 mm

et dans les traitements au NaCl à dose élevée (200mM, 250mM et 300mM), la longueur était réduite à des valeurs (31.88, 25.26 et 20.8mm respectivement). La salinité provoque le plus souvent un retard dans le développement des plantes halophytes (**Boukachabia, 1993**), particulièrement la hauteur, le diamètre des tiges des différentes espèces, ainsi que la grosseur des fruits diminue d'une façon importante avec l'augmentation de la salinité (**Khan et al., 1997**). En ce cas, on peut dire que le seuil de tolérance chez l'*Anabasis articulata* est de 200Mm sur la plan morphologique.

L'analyse de la variance pour la longueur de tige montre qu'il y a une différence très hautement significative pour l'effet du stress sur la longueur des tiges ($Pr < 0,0001$). Plusieurs études ont montré la réduction de la longueur de tige sous l'effet de sel comme de **Benyahia (2020)** qui a montré une réduction de longueur de partie aérienne en fonction de l'augmentation de la salinité dans le milieu pour l'*Anabasis articulata* et **Karoune et al., 2016** qui ont montré les résultats du rapport partie aérienne/partie racinaire ainsi que l'indice de sensibilité ont montré que l'influence négative de la salinité par le NaCl est plus marquée sur la croissance des parties aériennes que racinaires. La diminution de la croissance de l'appareil végétatif observée peut être expliquée aussi par une augmentation de la pression osmotique provoquée par NaCl, ce qui bloque l'absorption de l'eau par les racines. Les plantes s'adaptent ainsi au stress salin par la réduction de leur croissance afin d'éviter les dommages causés par le sel (**Yeo et Flowers, 1983**).

a)- Effet de l'eau de forage sur la longueur de tiges

Les résultats représentés dans la figure 15 expriment la longueur de tige en fonction des concentrations de l'eau de forage.

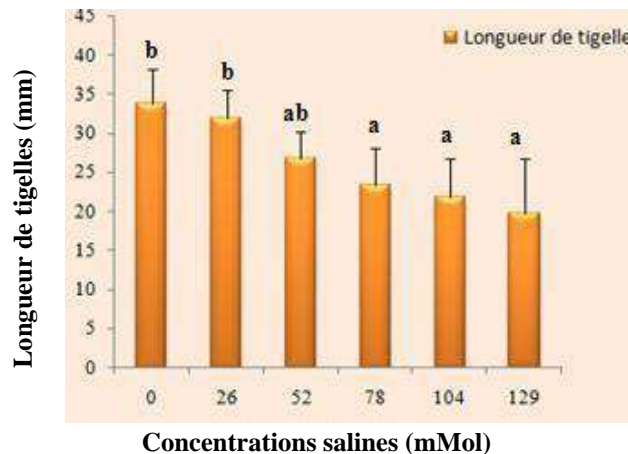


Fig. 15 Effet de l'eau de forage sur la longueur de tige

Les résultats obtenus de figure 15 ont montré que la salinité exerce un effet inhibiteur sur la croissance des plantules d'*Anabasis articulata* qui se traduit par une réduction légère de longueur de la partie aérienne (tigelle) en fonction de l'augmentation de la salinité dans le milieu par l'eau de forage. Une diminution dans la longueur de tigelle a été notée dans les traitements 78, 104 et 129mMol où nous avons enregistré les valeurs 23.4, 21.8 et 19.8 mm respectivement, en même temps, on enregistre pour le témoin la valeur la plus élevée à 33.8mm. La tolérance au sel s'exprime habituellement en termes de croissance, de rendement ou de survie, longueur des parties aériennes et racinaires. Plusieurs études ont été montrées la réduction de la longueur de tigelle sous l'effet de sel parmi lesquelles celles qui sont en concordance avec nos résultats d'une part l'étude faite par **Baba Sidi-Kaci, (2010)** indiquée que le traitement salin appliqué sur la plante halophyte *Atriplex halimus* enregistre une réduction de longueur de tige par rapport au témoin et même observation de l'étude de **Benyahia(2020)** pour *Anabasis articulata*

Dans ce sens **Ansli (2019)**, résulte que la croissance des parties végétatives (radicules et tiges) diminue proportionnellement avec l'accroissement de salinité. L'analyse de la variance pour la longueur de tige par le test Tukey HSD, montre qu'il y a une différence très hautement significative pour l'effet du stress sur la longueur des tiges ($P < 0,0004$).

II.1.2.3.Effet de stress salin sur la longueur de feuille

a)-Effet du NaCl sur la longueur de feuille

La figure 16 présente les résultats de l'étude de l'effet de la salinité sur le développement de la longueur des feuilles après 10 jours d'exposition des graines d'*Anabasis articulata* à différentes concentrations en NaCl.

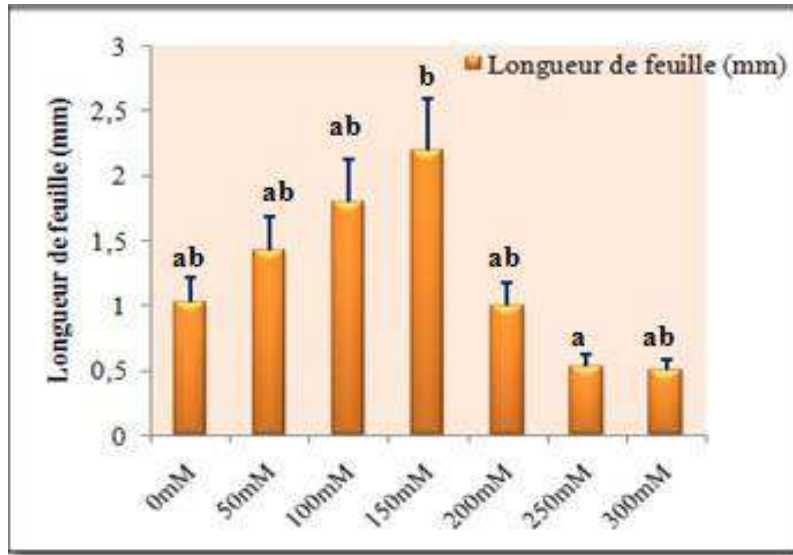


Fig. 16 Effet de NaCl sur la longueur de feuille

Les résultats obtenus à ce qui concerne l'effet de la salinité sur la longueur de feuille des plantules d'*Anabasis articulata*, nous notons d'augmentation sur la longueur dans les concentrations de faible dose de NaCl a 50,100 et 150mMol a des valeurs 1.42 , 1.79 et 2.19mm et affecté par les traitements de forte dose comme T₄ et T₅,T₆ a des valeurs 0.54mm et 0.58mm, 0.5mmsuccessivement. L'étude statistique à l'aide d'ANOVA sur la longueur de feuille montre qu'il y'a une différence très hautement significative entre les traitements avec Pr<0.0001.

Pour limiter le stress salin, on peut dire l'*Anabasis articulata* déclenche des mécanismes de la tolérance qui contribuent à l'adaptation au stress alors comme par Compartmentation vacuolaire pour éviter la toxicité de Na⁺ sur des sites métaboliques dans le cytoplasme. La plante capte le sel, qui parvient aux feuilles, au même titre que l'eau, par le mouvement ascendant de la sève dans les vaisseaux (Hanana et al., 2011). Ou par mécanisme d'Inclusion accumulent le Na⁺ dans les feuilles où il est séquestré soit dans la vacuole, l'épiderme foliaire, les limbes âgés... Les vacuoles sont des compartiments fermés au sein de la cellule, le sel est ainsi isolé des constituants cellulaires vitaux, ou excrété par des glandes vers l'extérieur (Berthomieu et al., 2003).

Donc on peut dire sur l'effet de stress salin par le NaCl sur *Anabasis articulata* dans les paramètres morphologique sont même qui effectué dans les dose au fort de sel a 200mM et plus résistance face au stress salin.

b)-Effet de l'eau de forage sur la longueur de feuilles

Le figure 17 présente les résultats de l'étude l'effet de la salinité de l'eau de forage sur le développement de la longueur des feuilles après 9 jours d'exposition des graines d'*Anabasis articulata* à différentes concentrations.

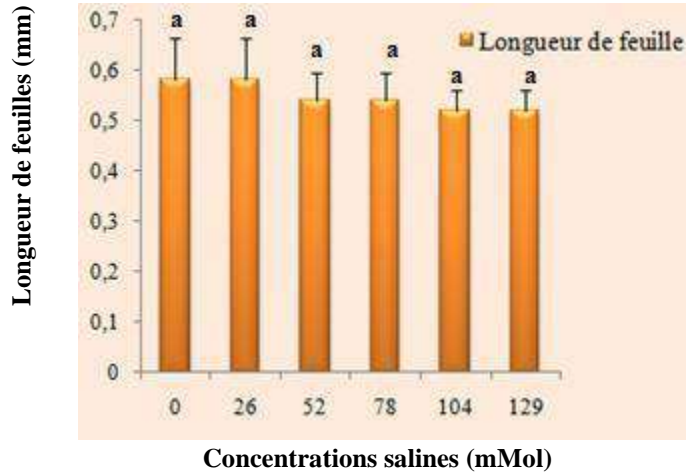


Fig. 17 Effet de l'eau de forage sur la longueur de feuille

Les résultats obtenus en ce qui concerne l'effet de la salinité de l'eau de forage sur la longueur de feuille des plantules d'*Anabasis articulata*, nous notons n'est pas d'effet en fonction d'augmentation de la dose des solutions préparées. Nous avons remarqué les valeurs sont similaires pour tous les milieux stressée de l'eau de forage. L'analyse statistique à l'aide d'ANOVA sur la longueur de feuille montre qu'il y'a une différence non significative entre les traitements avec $P < 0,8736$.

À partir des résultats des première et deuxième expériences, il a été conclu que l'effet de l'eau de forage a été absent pour la longueur de feuilles de *Anabasis articulata*.

Conclusion

Conclusion

L'objectif de notre travail réside dans l'étude de stress salin sur le comportement germinatif des graines d'*Anabasis articulata* aux concentrations croissantes de sels à base de NaCl et de l'eau de forage, ainsi que l'évaluation de la réponse physiologique et morphologique des graines de cette espèce provienne de la région d'Oued Righ. D'après les résultats obtenus, il ressort que :

Sur le plan physiologique

- L'étude de la cinétique de germination des graines d'*Anabasis articulata* montre que la réponse germinative aux traitements appliqués, varie selon la concentration et le type du sel.
- Les graines d'*Anabasis articulata* résistent aux concentrations salines élevée s'arrivent jusqu'à 300mM pour le NaCl et 104Mm pour l'eau de forage.
- L'étude de l'effet du stress salin a révélé que les fortes doses du chlorure de sodium (NaCl) et ceux de l'eau de forage provoquent un retard léger sur le taux et la vitesse de germination par rapport au témoin.
- L'étude de l'indice de récupération des graines montre une reprise de germination ce qui révèle que l'inhibition est d'ordre osmotique pour le NaCl, contrairement à l'eau de forage où l'inhibition était d'ordre toxique.

Sur le plan morphologique

- L'enrichissement des milieux de germination en sel s'accompagne d'une réduction proportionnelle de l'élongation des parties végétatives (radicules et tigelles, feuilles) dans la concentration saline de 200mM de NaCl, alors que pour l'eau de forage la concentration 104mM sauf que la longueur de feuilles, il n'y a eu aucun effet.

En général, la salinité par le NaCl a un effet dépressif, par contre, l'eau de forage à un effet nocif sur la germination et la post-germination des graines d'*Anabasis articulata*.

Malgré la résistance de l'halophyte *Anabasis articulata* au stress salin mais la salinité a toujours un effet néfaste sur l'*Anabasis articulata* au stade germination et post-germination.

Conclusion

Enfin, notre résultat n'est qu'un point de départ en ce qui concerne les mécanismes d'adaptation de l'espèce *Anabasis articulata*, pour cela cette étude doit être complétée par d'autres travaux portent sur :

- L'étude de la réponse de germination de cette espèce de région Oued Righ face au stress salin avec d'autres intervalles de concentrations ;
- Etudier la réponse à la salinité par d'autres populations de l'*Anabasis articulata* ;
- Poursuivre les études sur la germination et la croissance en utilisant d'autres paramètres d'ordre anatomiques et biochimiques pour mieux comprendre les réponses de cette plante face aux contraintes environnementales.

**Références
bibliographiques**

Références bibliographiques

Ansi R., 2019. Effet de stress salin sur la germination et croissance de l'espèce *Oudneya africana* R. Mémoire de Master. Biotechnologie végétale. Ouargla : Université Kasdi Merbah-Ouargla Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie Département des sciences Biologiques.

Ahoton L.E., J.B. Adjakpa., M. M'po Ifonti et E.L. Akpo., 2009- Effet des prétraitements des semences sur la germination de *Prosopis africana* (Guill., Perrot. et Rich.) Taub., (Césalpiniacées). *Tropicultura*, 27 (4): P 233-238.

Aveyard, J.M. 1968-The effect of seven pre-sowing seed treatments on total germination and germination rate of six acacia species. *J. Soil Conser. Serv., N.S.W.* 24(1), 43–54.

Ayala-Astorga., G. I., ALCARAZ-MELENDZ L., 2010-Salinity effects on protein content, lipid peroxidation, pigments and proline in *Paulownia imperialis* (Siebols & Zuccarini) and *Paulownia fortunei* (Seemann & Hemsley) grown in vitro. *Electron. J. Biotechnol.* 13: 1-15.

Baba-Sidi Kassi S., 2010 Effet du stress salin sur quelques paramètres phonologiques (biométrie, anatomie) et nutritionnels de l'Atriplexe d'une valorisation agronomique. Mémoire de Magistère. Univ Kasdi Merbah. Ouargla, 75p+Annexe.

Baatour O., M'rah S., Ben Brahim N., Boulesnem F., Lachaal M., 2004- Réponse physiologique de la gesse (*Lathyrus sativus*) à la salinité du milieu. *Revue des Régions Arides*, Tome 1, No. Spécial : 346- 358.

Ben Hassena A., 2009-Induction des réactions de défense chez les plantes pour lutter contre les maladies. Thèse de doctorat, Université du 7 novembre à Carthage. Tunisie, 150p.

Ben-Sekerifa B., Khellafi H., 2018-Effet de la salinité sur quelques traits physiologiques chez (*Zygophyllum album* L.) .Mémoire de Master. Univ Kasdi Merbah. Ourgla, 69p.

Benbrahim, K. F., Ismaili, M., Benbrahim, S. F., & Tribak, A. 2004- Problèmes de dégradation de l'environnement par la désertification et la déforestation: impact du phénomène au Maroc. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 15(4), 307- 320.

Benyahia A., 2020-Effet de stress salin sur la germination et la croissance de l'espèce *Anabasis articulata* (Fors) Moq. Mémoire de Master. Univ Kasdi Merbah. Ourgla, 58p.

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

Ben Sekerifa, B., Khellafi, H., & Hadjadj, S-Effet de la salinité sur quelques traits physiologiques chez (*Zygophyllum album* L.) .Mémoire de Master. Univ Kasdi Merbah. Ourgla, 69p.

Berthomieu P., Conejero G., Nublat A., Brachenbury W.J., Lambert C., Savio

Références bibliographiques

C., Uozumi N., Oiki S., Yamada K., Cellier F., Gosti F., Simonneau T., Essah P.A., Tester M., Very 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.

Benrebiha., 1987 Effet du stress salin sur la germination et la croissance de l'armoise.

Ben Hassena A., 2009- Induction des réactions de défense chez les plantes pour lutter contre les maladies. Thèse de doctorat, Université du 7 novembre à Carthage. Tunisie, 150p.

Bewley J., 1997 Seed germination and dormancy. Plant cell **9**, 1055-1066 biométrie, anatomie et nutritionnels de l'Atriplexe d'une valorisation agronomique. Mém de blanche (Artemisia herba alba asso). pp :40.

Binet P., Brunel J.P. 1968. Physiologie végétale : Photosynthèse. Paris, Doin (éd.). 793 p.

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

Bouzi N., 2010- Étude de la résistance d'*Atriplex halimus* subsp. *Schweinfurthii* aux selssolubles. Acta Botanica Gallica, vol.157, N° 4: 787-791.

Boulos, L. 1999- Flora of Egypt. Vol. 1 pp. 125-126, (Azollaceae - Oxalidaceae). Al Hadara Publishing, Cairo, Egypt.

Bougerra I., Saker F.Z., 2017- Etude du comportement de quelques populations locales de luzerne pérenne (*Medicago sativa* L.) sous contrainte saline (chambre de culture) et en plein champs dans la région de M'sila. Thèse de doctorat, Université Mohamed Boudiaf de M'Sila, 107p.

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

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

Bougerra I., Saker F.Z., 2017- Etude du comportement de quelques populations locales de luzerne pérenne (*Medicago sativa* L.) sous contraintes saline (chambre de culture) et en plein champs dans la région de M'sila. Thèse de doctorat, Université Mohamed Boudiaf de M'Sila, 107p.

Cavanagh, A.K. (1980). Some aspects of the history of seed coat treatments applied to acacias. International Group for the Study of Mimosoideae. Bulletin No. 8., 31–6.

Chehma A., 2006 Catalogue des plantes spontanées du Sahara septentrional Algérienne. Labo. Rech. Prot. Ecos zones arides et semi arides. Université d'Ouargla.

Cherfaoui., Abdelkadar., 1987. Contribution à l'étude comparative de germination des

Références bibliographiques

semences de quelque *Atriplex* de provenance Djelfa. Thèse de magistère. p65.

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

Cheverry C., Rbert M., 1998-La dégradation des sols irrigués et de la ressource en eau. Etude et Gestion des sols, Vol. 5, No. 4: 217- 226.

Cherbuy B., 1991-Les sols salés et leur réhabilitation étude bibliographique. Cemagraf, école. Nat. Renne, 170p.

Chaouch khouane Rachida, Boukhetta Zineb, 2015. Effet de stress abiotique « salin et hydrique » sur la germination de quelques espèces spontanées sahariennes. Mémoire de licence. Biologie et physiologie végétale. Ourgla : Université Kasdi Merbah-Ouargla Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie Département des sciences Biologiques.

Chopra, I.C (1956). Glossary of Indian medicinal plants. Council of Scientific & Industrial Research. New Delhi, 219.

Gist, R. et G.O. Mott. 1957. Some effects of light intensity, temperature, and soil moisture on the growth of alfalfa, redclover and birdsfoot trefoil seedlings. *Agronomy Journal* 49:33-36.

Clemens, J., Jones, P.G., and Gilbert, N.H. (1977). Effect of seed treatments on germination in *Acacia*. *Aust. J. Bot.* 25, 269–76

Côme D., 1970 : Les obstacles à la germination (monographie et physiologie végétale). Masson et Cie (Ed.) Paris, 162p

Delwaulle, J.C. (1979). Plantations forestières en Afrique tropicale sèche. Techniques et espèces à utiliser. *Bois et Forêts des Tropiques* 187, 117–44.

Doumi A., 2015-Analyse du comportement de 06 lignées de petit pois (*Pisum sativum* L.) soumises au stress salin. Mémoire de Master en Sciences Agronomiques, Université Mohamed BOUDIAF de M'sila, 91p

Dupont, F., Guignard, J.L. (2007). Abrégés botanique systématique moléculaire. 14ème édition révisée, Masson.

El-Keblawy A., Arvind Bhatt., 2015 Aerial seed bank affects germination in two small-seeded halophytes in Arab Gulf desert Ed Department of Applied Biology, Faculty of Science and Sharjah Research Academy, ^a University of Sharjah, United Arab Emirates ^bGulf Organization for Research & Development, P.O. Box 210162, Doha, Qatar .

Flowers T. J., Flowers S. A., 2005- Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders?. *Agricultural Water Management*, 78: 15–24.

Ford-Robertson, F.C. (1948). The pretreatment of forest seed to hasten germination. *For. Abst.* 10(2–3), 153–58, 281–5.

Ghoulam C, Fares K. 2001. Effect of salinity on seed germination and early seedling growth of sugarbeet (*Beta vulgaris* L.). *Seed Sci. Technol.*, 29: 357-364.

Gist, R. et G.O. Mott. 1957. Some effects of light intensity, temperature, and soil moisture on

Références bibliographiques

- the growth of alfalfa, redclover and birdsfoottrefoilseedlings. *Agronomy Journal*49:33-36.
- Groya, F.L. et C.C. Sheaffer.** 1981. Establishment of sodseededalfalfa at variouslevels of soilmoisture and grasscompetition. *Agronomy Journal* 73:560-565.
- Gravot A., 2009**-Les réponces de stress chez les végétaux.Support se cours, M1 UE RFO.
- Gudrun kadereit, thomas borsch, kurtweising, helmutFreitag,** « phylogeny of Amaranthaceae and chenopodiaceae and the evolution of C4 photosynthesis », *International journal of plant sciences*, vol.164, n°6 ,2003, p.959-986 .
- Côme D., 1970** : Les obstacles à la germination (monographie et physiologie végétale). Masson et Cie (Ed.) Paris, 162p
- Delwaulle, J.C. (1979).** Plantations forestières en Afrique tropicale sèche. Techniques et espèces à utiliser. *Bois et Forêts des Tropiques* 187, 117–44.
- Doumi A., 2015**-Analyse du comportement de 06 lignées de petit pois (*Pisumsativum*L.) soumises au stress salin. Mémoire de Master en Sciences Agronomiques, Université Mohamed BOUDIAF de M'sila, 91p
- Dupont, F., Guignard, J.L.** (2007). *Abrèges botanique systématique moléculaire*. 14ème édition révisée, Masson.
- El-Keblawy A., Arvind Bhatt., 2015** Aerial seed bank affects germination in two small-seeded halophytes in Arab Gulf desert Ed Department of Applied Biology, Faculty of Science and Sharjah Research Academy, ^a University of Sharjah, United Arab Emirates^bGulf Organization for Research & Development, P.O. Box 210162, Doha, Qatar .
- Flowers T. J., Flowers S. A., 2005**- Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders?. *Agricultural Water Management*, 78: 15–24.
- Ford-Robertson, F.C.** (1948). The pretreatment of forestseed to hasten germination. *For. Abst.* 10(2–3), 153–58, 281–5.
- GhoulamC, Fares K. 2001.** Effect of salinity on seed germination and early seedling growth of sugarbeet (*Beta vulgaris* L.). *SeedSci. Technol.*,29: 357-364.
- Gist, R. et G.O. Mott. 1957.** Some effects of light intensity, temperature, and soilmoisture on the growth of alfalfa, redclover and birdsfoottrefoilseedlings. *Agronomy Journal*49:33-36.
- Groya, F.L. et C.C. Sheaffer.** 1981. Establishment of sodseededalfalfa at variouslevels of soilmoisture and grasscompetition. *Agronomy Journal* 73:560-565.
- Gravot A., 2009**-Les réponces de stress chez les végétaux.Support se cours, M1 UE RFO.
- Gudrun kadereit, thomas borsch, kurtweising, helmutFreitag,** « phylogeny of Amaranthaceae and chenopodiaceae and the evolution of C4 photosynthesis », *International journal of plant sciences*, vol.164, n°6 ,2003, p.959-986 .
- Hanana, H., Talarmin, H., Pennec, J. P., Droguet, M., Morel, J., &Dorange, G. (2012).**Effect of okadaic acid on cultured clam heart cells: involvement of MAPkinase pathways. *Biology open*, 1(12), 1192-1199.
- Hamdy A. 1999.**Saline irrigation and management for a sustainable use. In:Advanced Short Course on Saline Irrigation Proceeding,Agadir. P152-227.
- Hamrouni L., Hanana M., Abdelly C. etGhorbel A., 2011.** Exclusion du chlorure et inclusion du sodium : deux mécanismes concomitants de tolérance à la salinité chez la vigne sauvage *vitisviniferasubsp.sylvestris* (var.'sejnène') *Bitechnol. agronom. Soc. Environ*,15 (3), 387-400.

Références bibliographiques

- Hasegawa M., Bressan A., Zhu J., Bohnert H., 2000**-Plant cellular and molecular responses to high salinity ; Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 51: 463-99 (2000).
- Hammiche, V., Maiza, K. (2006)**. Traditional medicine in Central Sahara Pharmacopoeia of TassiliN'ajjer. J Ethnoph, 105 :358–367.
- Heller R., Esnault R., Lance C. 1990**.Abrégés de physiologievégétale (Tome II). Masson (ed.) Paris, 266 p.
- Helier R., Esnault r et Lance C., 1989** : Physiologie Végétale. Nutrition. Ed. Masson, Paris, p46.
- Heller R., Esnault R. Et Lance C. 2000**. Physiologie végétale et développement, Ed. Dunod, Paris. P366.
- Houari E. K. D.1, Chehma A.1, Labadi., 2013** Stratégies D'adaptation Anatomique DeQuelquesAmarantaceae Vivaces Spontanées Du Sud-est Algérien,Université Kasdi Merbah Ouargla , Laboratoire des Bio-ressources Sahariennes : Préservation et Valorisation, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers, , Algérie
- Karam M. Amin S.A Abd El-Gawad M. 2011** -EXPRESSION PROFILING OF ZYGOPHYLLUM COCCINEUM AND PEGANUM HARMALA UNDER SALT STRESS. Egypt. J. Exp. Biol. (Bot.), 7(2): 261 – 267 (2011).
- Kambouche, N., Merah, B., Derdour, A., Bellahouel, S., Benziane, M. M., Younos, C.,Firkioui, M., Bedouhene, S., Soulimani, R. (2009)**.Étude de l'effet antidiabétique des saponines extraites d'Anabasisarticulata (Forssk) Moq, plante utilisée traditionnellement en Algérie. Phyto, 7(4): 197–201.
- Karoune S., Kechebar M.S.A, Halis Y., Djellouli A. et Rahmoune C(2016)**. Effet du stress salin sur la morphologie, la physiologie et la biochimie de l'*Acacia albida*. Journal Algérien des Régions Arides (JARA) n° 14 (2017) p60-73.
- Kemp, R.H. (1975)**-Seedpretreatment and principles of nursery handling. In Report on FAO/DANIDA Training Course on Forest Seed Collection and Handling, Vol. II. FAO Rome.
- Khan M., Hamid A., Salahuddin A., Quasem A., Karim M., 1997**-Effect of sodium chloride on growth, photosynthesis and mineral ions accumulation of different types of rice (*Ovsya sativa*).J. Agronomy and science: 149-161.
- Khan, M. A., & Ungar, I. A. (1996)**. Effects of light, salinity, and thermoperiod onthe seed germination of halophytes. Canadian Journal of Botany, 75, 835–841.
- Khan M A, Gulzar S. 2003**. Light, salinity, and temperature effects on the seed germination of perennial grasses. Am. J. Bot., 90(1): 131-134.
- Khan M.A. et Gul B., 2005**-Halophyte seed germination. In: Khan, M.A., Weber, D.J. (Eds.), Ecophysiology of High Salinity Tolerant Plants. Springer, Netherlands, pp. 11-30.
- Kherraze, M. E., Belhamra, M., &Grigore, M. N. (2018)**. Aspects of ecological anatomy of *Traganumnudatum* Del.(Amaranthaceae) from the Northeast of the Algerian Sahara. ActaBiologicaSzegeadiensis, 62(1), 25-36.
- KramaKhaoula, Rahmani Saliha, 2018**. Réponse biochimique de la plante *Zygophyllum album* L. à la salinité. Mémoire de Master. Biotechnologie végétale. Ourgla : UniversiteKasdiMerbah-Ouargla Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie Département des sciences Biologiques.
- Koull N., Chehma A. (2013)**. Diversité floristique des zones humides de la valleeé de l'Oued Righ, (sahara septentrional Algerien). desBioRessources, n spécial, 72-81.
- Larher F., Huqis M., Gernat-Sauage D., 1987**- Les colloques d'INRA.N°7, nutrition azotée des légumineuses, P.GUY. Ed INRA: 181-192.

Références bibliographiques

- Lahouel H., 2014**-Contribution à l'étude de l'influence de la salinité sur le rendement des céréales (cas de l'orge) dans la région de Hemadna à Relizane. Mémoire Master en Agronomie, Université Abou Bekrbelkaid- Tlemcen, 104p.
- Levitt, J. (1980).** Responses of Plant to Environmental Stress Chilling, Freezing and High Temperature Stresses, 2 ndedn. Levitt, J. (ed.). AcademicPress, New York, NY.
- Lemzeri H., 2006.**- Réponses écophysiologicals de trois espèces forestières du genre Acacia, Eucalyptus et Schinus (*A. cyanophylla*, *E. gomphocephala* et *S. mölle*) soumises à un stress salin. Mémoire de magistère, Université de Mentouri Constantine, 180 p.
- Levigneron, A., Lopez, F., Vansuyt, G., Berthomieu, P., Fourcroy, P., and Casse-Delbart,F.,** Les plantes face au stress salin.Cahiers Agricultures, 1995. 4(4): p. 263-273. magistère .UnivKasdiMerbah .Ourgla ,75p.
- Manchanda G., Garg N.,** Acta Physiol.Plant 30 (2008) 595.
- Mahrouz F., 2013-** Effet de stress salin sur la croissance et la composition chimique de l'Atriplexcanescens, Mémoire de Master en Agronomie saharienne, Université kasdiMerbah-Ouargla, 68p.
- Mauromicale G., Licandro P., 2002.** Salinity and temperature effects on germination, emergence and seedling growth of globe artichoke. Agronomie ; 22 : 443-50.
- Mermoud A., 2006-** Cours de physique du sol : Maîtrise de la salinité des sols. Ecolepoly technique fédérale de Lausanne, 23p. Programme International pour la Technologie et la Recherche en Irrigation et drainage (IPTRID), 2006- Conférence électronique sur la salinisation: Extension de la salinisation et Stratégies de prévention et réhabilitation Du 6 Février au 6 Mars2006.
- Mermoud A., 2001-** Cours de physique du sol : Maitrise de la salinité du sol. Version provisoire . Ecole Fédérale de Lausanne, 14 p.
- Midoun N., Kadri A., 2015-**Effet du stress salin sur quelques paramètresbiochimiques de la luzerne cultivée (*Medicagosativa L.*).Mémoire de Master en Sciences Biologiques, UniversitéKasdiMerbah Ouargla ,71p.
- Moffett, A.A. (1952).** Differential germination in the black wattle (*Acacia mollissimaWilld.*) caused by seedtreatment. Rep. WattleResearch Institute S. Africa. 1951–52, 39–50.
- Morot-Gaudry J.F., Moreau F., Prat R., Maurel C., Sentenac H. 2009.** Biologie végétale, Nutrition et métabolisme. Paris, France Duno (éd.).
- Mott, J.J., Cook, S.J., and Williams, R.J. (1982).** The effect of dry-heattreatment on the germination of thirteenlegumespecies. Tropical Grasslands, 16 (in press).
- Munns R., Tonnet L., Shennan C. et GARDNER P.A., 1988-** Effect of high external NaCl concentration on ion transport within the Shoot of *Lupinusalbus*. II. Ions in phloemSap. Plant Cell Environ. 11 : 291-300.
- Ozenda,1991-** Flore et végétation du Sahara. 3ème édition de CNRS, Paris: 309, 322.
- Ozenda, P. 2004-**Flore et végétation du Sahara. 3ème édition, CNRS Editions, Paris.
- Ozenda P., 1977-** Flore du Sahara, 2ème édition, édition du centre national de recherche scientifique, 309P.
- Quezel, P., Santa, S. (1962-1963).** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertique sméridionales.Tome I, Ed. CNRS, Paris.
- Raven P. H., Evert R. F. et Elchorn S. E., 2003-**Biologie végétale. De boeck.944 p.
- Reddyar et al., 2004-**Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant

Références bibliographiques

metabolism in higher plants. *J Plant Physiol* p161-1189-1202.

Said B., Abdelmajid H., 2011- Effet de stress salin sur la germination de quelques espèces du genre *atriplex* Revue « *natures& technologie* », N°5.

Selami et Meddour (2016) -Effet du stress salin sur la germination des graines de quelques plantes spontanées sahariennes (Retamaretam, *Genistasaharae* *Asphodelustenuifolius* et *Oudneya africana*). Mémoire de Master, UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA, 57p.

Shilpi M., Narendra Tuteja. 2005. Cold, salinity and drought stresses: An overview. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 444:139–158.

Silva AV, Seixas ES, Vanzolini-Vitoria DP, Rodriguez TJ D, da-Silva AVC, Contliffe DJ, Stoffella PJ, Nascimento W M. 2003.

Lettuce seed germination under salinity stress. *Acta Horticu.*, 607: 27-31.

Sleimi N., 2017- Adaptations au stress salin (NaCl / Eau de mer) de deux halophytes, 1ère édition, Editions universitaires Européennes. 45.

Snoussi S.A et HIALITIM A., 1998 : Valorisation des eaux salines pour la nutrition minérale des plantes cultivées. Etude et gestion des sols, pp289- 298.

Stengel P., Bruckler L., Balesdent J., 2009-Le sol. Paris, France. 182

Tabouche, N., Achoun, S., (2004)-Etude de la qualité des eaux souterraines de la région orientale du saharaseptentrional Algerien. *Larhyssjournal*, n° 03, 99-114.

Tadernt F., 2017- Dosage de la proline et la glycine bêtaïne chez quatre variétés de lentilles (*Lens culinaris* L.) sous stress salin. Mémoire de Master en Biologie et physiologie végétale, université des Frères Mentouri Constantine ,62p.

Tahri M., 2017- Recherche de paramètres liés à la tolérance au sel chez l 'haricot (*Phaseolus vulgaris* L.). Thèse de doctorat en science Agronomique, Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem. 178p.

Thamir S.A., Campbell W.F., and Rumbaugh M.D., 1992-Response Alfalfa cultivar to salinity during germination and post germination. *Growth Crop Science* ; 32 :976-80.

Thomson W. W. (1975).The structure and function of salt glands. In: *Plants in Saline Environments*. Ecological Studies 15. Plojakoff–Mayber, A. and J. Gale (eds.): 118-46. Springer-Verlag, Berlin.

Tilyabaev. Z., Abduvakhobov, A.A. (1998).Alkaloids of *Anabasis aphylla* and their cholinergic activities. *Chem Nat compd*, 34 (3) :295–297.

Tlig Tahar ,Gorai Mustapha, Neffati Mohamed., 2008. Germination responses of *Diplotaxis harra* to temperature and salinity. *Flora*. Vol 203, p 421–428.

Tremblin G., 2000- Comportement auto-écologique de *Halopeplis amplexicaulis*: plante pionnière des sebkhas de l'ouest algérien. *Sécheresse* ,Vol.11, No.2:109-116.

Trabelsi H., Kherraze ME (2020). *Effects of abiotic stress on seed germination of some Algerian Sahara psammo-halophytes species*. Dans: Grigore MN. (eds) Manuel des halophytes. Springer, Cham.

Torrecillas A., Alarcon J.J., Sanchez-Blanco M.J., 1994- Osmotic adjustment in leaves of *Lycopersicon esculentum* and *L. pennellii* in response to saline water irrigation. *Biologia Plantarum*, Vol. 36, No. 2: 247- 254.

Ungar IA., 1991-Ecophysiology of vascular halophytes. CRC Press, Boca Raton.

Vincent, R. (2006). Recherche et étude de marqueurs moléculaires de la réponse au stress chez l'algue brune.

Références bibliographiques

Wahbi J, Lamia H., NaoufelS., MohamedLk., 2010-Étude de la germination des graines d'Acacia tortilis sous différentes contraintes abiotiques, 652p.

Willan R.L. Guide de manipulation des semences forestières. France: Ed. DANIDA : FAO : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 1992.Chapitre 08, prétraitement des semences, p.203-235.

Zhu, J-K (2002).Salt and drought stress signal transduction in plants. An. Rev. Of Plant Biol. 53: 247-73.

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

Zidan Y., Bouderbala S., Bouchenak M., 2016-L'extrait aqueux lyophilisé de previent contre la peroxydation lipidique en augmentant l'activité de la paraoxonase-1,chez des rats soumis à un régime enrichi en cholestérol.Nutr. Santé, Vol. 05, No .02.107-114.

Zid E., Grignon C., 1991 - Les tests de sélection précoce pour la résistance des plantes aux stress : cas des stress salin et hydrique. Ed. AUPELF-UREF. John Libbey,

Eurotext. Paris, pp.91-108.

Effet du stress salin sur la germination de l'espèce *Anabasis articulata*(Forsk) Moq.

Résumé : Le présent travail porte sur l'étude de l'effet au stress salin du comportement physio-morphologique d'une halophyte spontanée du Sahara *Anabasis articulata* au stade de germination et post-germination. Pour cela, nous avons soumis les graines à des concentrations croissantes de NaCl et l'eau de forage. Les résultats obtenus montrent que, les graines d'*Anabasis articulata* tolèrent la concentration saline de 300 mM de NaCl au contraire l'autre type de sel, ils sont sensible (retarde la précocité, le taux de germination final et ralentisse la cinétique de germination) ,du plus l'étude d'indice de récupération montre un effet osmotique de NaCl sur les graines d'*Anabasis articulata* mais en présence de l'eau forage il a montré un effet toxique. Sur le plan morphologique, l'effet de doses croissantes en NaCl se traduit par une réduction dans les longueurs de radicule, tige et les feuilles à 200mM mais sous l'influence de l'eau de forage, nous trouvons un réduction légère à 104 mM pour toutes les parties morphologiques. Généralement l'*Anabasis articulata* c'est une halophyte plus résistance au stress de NaCl qu'en présence de l'eau de forage).

Mots clés : *Anabasis articulata*, germination, stress salin, tolérance, halophyte.

Effect of salt stress on the germination of *Anabasis articulata* (Forsk) Moq.

Abstract: The present work concerns the study of the effect of the physico-morphological behavior under saline stress of a spontaneous halophyte from the Sahara *Anabasis articulata* at the germination stage. For this, we subjected the seeds to increasing concentrations of NaCl and water drilling. The results obtained show that, the seeds of *Anabasis articulata* tolerating the moderate salt concentration 300 mM of NaCl unlike the other type of salt, they are sensitive (delays the precocity, the final germination rate and slows the germination kinetics), moreover the study of germination recovery shows an osmotic effect of salt on the seeds of *Anabasis articulata* but in the presence of drilling it showed a toxic effect. And in the morphological phase, the effect of increasing doses of NaCl results in a reduction in the lengths of radical, stem and leaves at 200mM but under the influence of the borehole water, we find a slight reduction to 104 mM for all morphological parts. Generally the *Anabasis articulata* is a halophyte more resistant to NaCl stress than in the presence of borehole water).

Keywords: *Anabasis articulata*, germination, Salt stress, tolerance, halophyte

تأثير الإجهاد الملحي على نبات العجرام *Anabasis articulata* (Forsk) Moq

المخلص : يركز العمل الحالي على دراسة تأثير الإجهاد الملحي للسلوك الفيزيائي المرفولوجي لنبات ملحي صحراوي *Anabasis articulata* في مرحلة الإنبات ، لهذا قمنا بتعريض البذور لتركيزات متزايدة من NaCl و مياه الآبار حيث أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها ، أن بذور *Anabasis articulata* تتحمل تركيز الملح المعتدل 300 mM من NaCl على عكس النوع الآخر من الملح ، فهي حساسة (تؤخر سرعة الإنبات و تؤثر على نسبة إنباته) وفي حين نجد مؤشر الاستيراد أظهر وجود تأثير تناضحي ل NaCl الى تقليل أطوال الجذور و الساق و الأوراق . عند 200 mM من كلور الصوديوم و لكن تحت تأثير مياه الحفر نجد تأثيرا سلبيا عند 52 mM لجميع الأجزاء المرفولوجية ماعدا عدد الأوراق . يشكل عام *Anabasis articulata* هو نبات ملحي أكثر مقاومة لإجهاد NaCl على الرغم من فعاليته على الآبار .

الكلمات المفتاحية : إنبات ، إجهاد الملح ، التحمل ، نبات ملحي *Anabasis articulata* .