

UNIVERSITE DE KASDI MERBAH OUARGLA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE VIE
DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES



**Mémoire En vue de l'obtention du diplôme de
MASTER ACADEMIQUE**

Domaine: Sciences de la Nature et de la Vie

Filière: Biologie

Spécialité Biotechnologie Végétale

Présenté par: BENYAHIA Asma

Thème

**Effet du stress salin sur la germination et la croissance de l'espèce
Anabasis articulata(Forsk) Moq Famille d'Amaranthaceae.**

Soutenu publiquement le : 24/09/2020

Devant le jury:

HANNANI A.	M.C.B	Présidente	UKM OUARGLA
TRABELSI H.	M.C.A	Encadreur	UKM OUARGLA
SALHI N.	Pr.	Co-encadreur	UKM OUARGLA
AZIB S.	M.C.B	Examineur	UKM OUARGLA

Année universitaire: 2019/2020



Dédicace

*Avec un énorme plaisir, un grand cœur et une immense joie, je dédie
mon travail avec grand amour, sincérité et fierté :*

A mes Chers Parents

Source de tendresse, de noblesse et d'affection.

A mon frère : Abderraouf

Et mes sœurs : Fatima, Thouria, Aouatef et Hanaa

*En témoignage de la fraternité avec mes souhaits de bonheur, de santé
et de succès.*

A mon fiancé : Abdelhake

A tous mes Amies: Bouchra, Amina, Karima.....

Vous m'avez toujours soutenue et entourée d'amour

A tous ceux que j'aime et tous ceux qui m'aiment

A tous les membres de ma famille

Proche soit-elle ou lointaine

A tous mes professeurs

A tous ceux qui m'ont aidé à surmonter les difficultés.

ASMA



Remerciements

Avant tout mon premier remerciement va à Allah tout puissant d'avoir accordé la force, le courage et les moyens de pouvoir accomplir ce travail.

Tout d'abord un grand merci pour l'encadreuse **TRABELSI Hafidha**, et le Co-encadreuse **SALHI Nasrine**, pour sa gentillesse, sa disponibilité et sa contribution générale à l'élaboration de ce travail.

Mes vifs et sincères remerciements s'adressent tout particulièrement à Mon **Université KasdiMerbah-Ouargla**, qui m'a procuré une bonne formation.

Je vous remercie toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin dans la réalisation de ce travail.

En fin, un remerciement très chaleureux à mes amis de ma promotion **Master II Biotechnologie végétale 2019/2020**.

Liste des Tableaux

Tableau 1: Caractéristiques de l'espèce <i>Anabasis articulata</i>	18
Tableau 2 : Différentes concentrations des solutions salines.....	19

Liste des Figures

Figure 1 : Différentes phases de la germination et les principaux éléments liés à la germination (BEWLEY, 1997).	7
Figure 2 : Evolution de la cinétique de germination en fonction des concentrations étudiées.....	22
Figure 3 : Evaluation de taux de germination final des graines d' <i>Anabasis articulata</i> en fonction de différentes concentrations salines	24
Figure 4 : Effet de stress salin sur la vitesse de la germination des graines étudiées	26
Figure 5 : Evolution d'indice de récupération de la germination	27
Figure 6 : Effet de sel sur la longueur de tigelle	29
Figure 7 : Effet de sel sur la longueur des racicules	31

Liste des photos

Photo2: Graines d' <i>Anabasis articulata</i>	16
Photo 3 : <i>Anabasis articulata</i> en fructification.....	17
Photo4 :Fruit d' <i>Anabasis articulata</i>	17
Photo 5 : Graine	18

List des abréviations

TG	Taux de germination.
TMG	Temps moyen de germination.
LR	Longueur de radicule.
LT	Longueur de tigelle.
IR	Indice de récupération.
NaCl	Chlorure de sodium
mM/l	Mili-Mol par litre

Table des matières

Liste des Tableaux

Liste des Figures

Liste des photos

Liste des abréviations

Introduction..... 2

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

I.1.La Salinité.....	5
I.1.1.Définition	5
I.1.2.Les types de la salinité.....	5
I.1.2.1.La salinité primaire.....	5
I.1.2.2.La salinité secondaire.....	5
I.1.3.Les Causes de la salinité.....	6
I.2.La germination.....	6
I.2.1.Définition.....	6
I.2.2.Physiologie de la germination.....	6
I.2.3.Conditions indispensables de la germination.....	8
I.2.3.1.Conditions externes.....	8
I.2.3.2.Conditions internes.....	8
I.3.Effet de salinité sur les plantes.....	8
I.3.1.Définition de Stress.....	8
I.3.2.Les Formes de stress.....	9
I.3.2.1.Biotique.....	9
I.3.2.2.Abiotique.....	9
I.4.Effet de stress salin sur les stades physiologiques des plantes.....	12
I.4.1.Effet sur la germination.....	13
I.4.2.Effet sur la croissance et le développement des plantes.....	14
I.4.3.Effet sur la photosynthèse.....	15

Chapitre II : Matériel et Méthodes

II.1.Objectif.....	16
II.2.Choix de l'espèce.....	16
II.3.Matériel végétal.....	16
II.3.1.Présentation de l'espèce.....	16

II.3.2.Habitat	17
II.3.3.R épartition	17
II.3.4.P ériode de v ég ération	17
II.3.5.Propri ét és et usages th érapeutiques	17
II.4.M éthodologie de Travail	18
II.4.1.Collecte des graines	18
II.4.2.Pr éparation des solutions salines	18
II.4.3.Application du stress salin	19
II.5.Param ètres étudi és	19
II.5.1.Param ètres physiologiques	19
II.5.1.1.Cin étique de germination	19
II.5.1.2.Taux final de g émination	20
II.5.1.3.Vitesse de germination	20
II.5.1.4.Indice de r écup ération de la germination (Germination recovery)	20
II.5.2.Param ètres morphologiques	21
II.5.2.1.Longueur de la tigelle et longueur de la radicule	21
II.5.3.Analyse statistique	21

Chapitre III : Résultats et Discussion

III.1.Param ètres physiologiques	22
III.1.1.Effet de stress salin sur la cin étique de germination d' <i>Anabasis articulata</i>	22
III.1.2.Effet de stress salin sur le taux final de germination	24
III.1.3.Effet de stress salin sur la vitesse de germination	25
III.1.4.Effet de sel sur l'indice de r écup ération de la germination (germination recovery)	27
III.2.Param ètres morphologiques	29
III.2.1.Effet de stress salin sur la longueur de tigelle	29
III.2.2.Effet de stress salin sur la longueur des racicules	30
Conclusion	33
R éférences bibliographiques	35
R ésum és	

Introduction

L'écosystème désertique est caractérisé par un ensemble de conditions climatiques et édaphiques particulières qui paraissent inadéquates à la survie de nombreux êtres vivants. Il abrite de nombreuses espèces indigènes ayant élaboré des stratégies particulières pour s'adapter aux conditions environnementales extrêmes (Salinité, sécheresse, etc.) (CHEHMA, 2005). Les conditions climatiques de ces régions sont caractérisées par une faiblesse et une forte irrégularité des précipitations (MNIF et CHAIEB, 2004; REZGUI et al.,2004),associées à une importante évaporation favorisant, l'accumulation des sels dans le sol (HAYEK et ABDELLY, 2004). L'Algérie est classée parmi les pays touchés, presque 3,2 millions d'hectares de la surface sont salins (HAMDY,1999).

la salinité des sols est l'une des principaux facteurs abiotiques qui limitent la productivité végétale (AL-KARAKI, 2000; BAATOUR et al., 2004). Elle est une contrainte majeure qui affecte la croissance et le développement des plantes. La réponse des graines à la salinité pourrait être un indicateur de la tolérance des plantes au sel pour les stades ultérieurs du développement (MISRA et DWIVEDI, 2004).

La salinité joue un rôle important dans l'existence et la distribution des plantes (ABDEL-KADER et SALEH., 2002); à la différence des glycophytes qui ne sont pas capables de supporter la présence de sel, les halophytes poussent mieux sur un sol riche en sel (CALU, 2006). Ils sont des plantes qui peuvent prospérer dans un sol contenant beaucoup de sel commun «NaCl » ou d'autres substances salines (GRIGORE, 2020). Elles déclenchent des mécanismes de tolérance qui contribuent à l'adaptation au stress osmotique et ionique provoqué par la salinité élevée (LEE et al.,2008).

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

Les halophytes ont développé aussi des réponses physiologiques pour assurer leur approvisionnement en eau tout en préservant leur métabolisme (**HOPKINS, 2013**). 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**).

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

Van Eijk (1939), a divisé les halophytes à la base de la distribution des plantes ainsi que sur plusieurs réponses végétales, en:

- ✓ Plantes qui tolèrent les sels, mais dont le développement optimal se situe dans des habitats non salins
- ✓ Plantes qui ont un développement optimal dans les habitats salins (**GRIGORE, 2020**)

La réaction des plantes à la salinité est très différente soit au stade de germination ou celui du développement (**THAMIR et al., 1992**). Bien que les halophytes poussent naturellement dans des milieux fortement salins et possèdent une concentration très élevée en sel dans leurs tissus au stade adulte, leurs graines ne sont pas autant tolérantes au sel au stade germination. La germination des graines des plantes halophytes en milieu salin, est hautement variable et spécifique à l'espèce (**UNGAR, 1978**). Nombreuses recherches ont rapporté que les graines des halophytes ne germent pas lorsqu'elles sont exposées à de hautes salinités. D'autres recherches ont rapporté que la germination des halophytes est d'autant plus complexe et plus rapide que le milieu où sont immergées les semences est plus dilué (**BIDAI, 1999**).

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 (**Gudrunkadereitet et al., 2003**), 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).

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre travail, qui a pour objectif d'étudier la réponse d'une halophyte Amarantaceae du Sahara algérien, qui est *Anabasis articulata* à la salinité

C'est pourquoi, nous avons posées interrogations suivantes :

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

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

I. Synthèse Bibliographique

I.1. La Salinité

I.1.1. Définition

La salinité peut être définie comme étant la quantité globale des sels contenus dans « la solutions du sol » (IMALET, 1979). Pour un même sol, elle varie avec la teneur en eau et avec la température. (BARBOUCHI et al., 2013). Elle se produit en raison de l'augmentation des concentrations de ces sels comme le chlorure de sodium (SUN et al, 2007).

La salinité se produit après l'évaporation de l'eau dans son état pur laissant derrière elle les sels et les autres substances (CARTER, 1975).

Dans les zones arides et semi-arides, l'examen chimique de la solution extraite du sol révèle l'existence de Na^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Cl^- , SO_4^{-2} , HCO_3^- , CO_3^{-2} et NO^{-3} comme principaux composants. (BARBOUCHI et al.,2013)

Elle constitue l'un des facteurs abiotiques les plus répandus au niveau de la planète et qui limite fortement les rendements agricoles, notamment dans les régions arides et de semi-arides, où les précipitations sont limitées et ne sont pas suffisantes pour transporter les sels du profil racinaire des plantes (KHALES et BAAZIZ ,2006 et SCHULZE et al.,2005).

I.1.2. Les types de la salinité

Il existe deux types de salinité

I.1.2.1. La salinité primaire

Elle s'explique par l'accumulation de sels dans le sol ou les eaux souterraines sur une longue période de temps 80% des terres salinisées causées par des processus naturels géologique, pérographique, marine actuelle ou ancienne (BOUKORTT., 2016).

I.1.2.2. La salinité secondaire

Elle est le résultat des activités humaines ou anthropique qui modifient l'équilibre hydrologique du sol entre l'eau appliqué (irrigation ou de pluie) et de l'eau utilisé par les cultures (transpiration) elle représente 20% des terres salinisées (BOUKORTT, 2016).

I.1.3. Les Causes de la salinité

1. L'altération des matériaux de base contenant des sels solubles (roches sédimentaire, volcanique, hydrothermale...ect): Les processus d'altération des roches se décomposent et la libération des sels solubles de divers types, principalement des chlorures de sodium, de calcium et de magnésium, et dans une moindre mesure, les sulfates et les carbonates. Le chlorure de sodium est le sel le plus soluble ;
2. Le dépôt de sels océaniques effectués dans le vent et la pluie : «les Sels cycliques" sont des sels de l'océan amenés par le vent et déposés par la pluie, et sont principalement le chlorure de sodium ;
3. la remontée des nappes souterraines salées qui est due au défrichement, par évaporation déposent des sels dans le sol et surtout à sa surface ;
4. Le défrichement des terres et le remplacement de la végétation pérenne avec des cultures annuelles ;
5. L'utilisation d'un système d'irrigation déséquilibré ou bien l'irrigation des terres avec une eau de mauvaise qualité (eau saline)
6. Un lessivage insuffisant et un drainage défaillant (**LEGROS, 2009**).

I.2. La germination

I.2.1. Définition

C'est une phase physiologique qui correspond à la transition de la phase de vie latente de la graine sèche à la phase de développement de la plantule. Le processus de germination commence dès que la graine est hydratée.

Selon **HELLER *et al.* (1990)**, elle est la reprise du métabolisme (absorption de l'eau, imbibition, respiration, activité enzymatique) d'un embryon, jusqu'à ce qu'il devienne une jeune plante autotrophe.

I.2.2. Physiologie de la germination

La cinétique de prise d'eau permet de caractériser la germination en trois phases (**BEWLEY, 1997**) (**figure 1**)

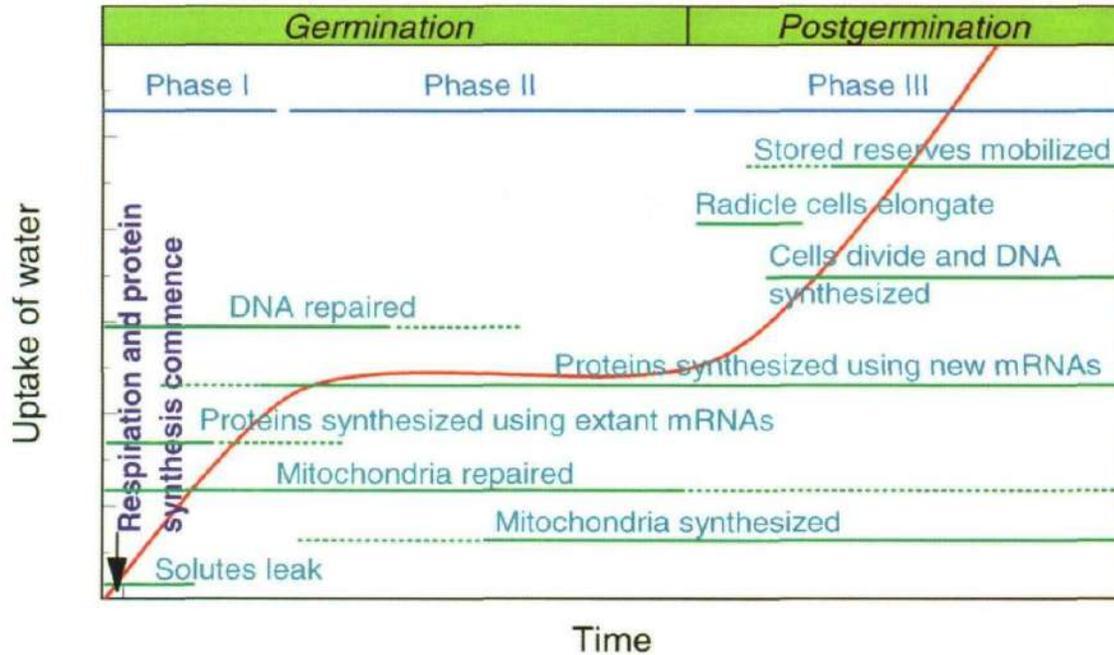


Figure 1 : Différentes phases de la germination et les principaux événements liés à la germination (BEWLEY, 1997).

✚ Phase 1

La germination débute lorsque la graine est imbibée d'eau. Au cours de cette phase, l'eau pénètre dans la graine par capillarité à travers l'enveloppe. Les cellules se gonflent et la graine commence à prendre du volume. L'enveloppe devient de plus en plus perméable et commence à s'ouvrir permettant à l'oxygène d'atteindre les cellules. Cette phase de trempage s'étend sur une période de 1 à 8 heures.

✚ Phase 2

Après l'engorgement d'eau de la graine, il se produit une phase de latence où la respiration et l'apport d'eau ralentissent. Cette phase peut durer quelques heures ou quelques jours. Cette phase prend fin lorsque le germe émane de la graine. C'est durant cette phase que s'amorcent la plupart des processus métaboliques qui permettent de compléter la germination.

✚ Phase 3

Après la phase de latence, le processus d'absorption d'eau recommence de façon active au moyen des radicules émergentes. C'est la phase de division cellulaire qui entraîne la croissance active des feuilles et des racines.

I.2.3. 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.2.3.1. Conditions externes

Eau : l'eau est indispensable et doit être disponible en quantité suffisante et sous des liaisons suffisamment faibles pour que la graine puisse l'absorber (**HELLERet al. 1990**).

Oxygène : l'oxygène est indispensable à la germination. Le pourcentage d'oxygène minimum indispensable à la germination est très variable d'une espèce à une autre (**BINET et BRUNEL, 1968**).

Température : la température lors de la germination interfère avec l'oxygène pour 2 raisons :

- elle agit sur la vitesse de consommation d'oxygène par l'embryon
- elle modifie la solubilité de ce gaz. En effet, la solubilité de l'oxygène diminue quand la température s'élève (**MAZLIAK, 1982**).

Lumière : Elle agit de manière différente sur les espèces. Elle inhibe la germination des espèces photosensibles négatives et stimule les photosensibles positives (**ANZALA, 2006**).

Les espèces indifférentes à la photosensibilité sont rares (**HELLERet al. 1990**).

I.2.3.2. Conditions internes

Maturité : Il est indispensable que la graine soit mure pour pouvoir germer. C'est à dire que toutes ses parties constitutives soient complètement différenciées morphologiquement (**HELLERetal.,1990**).

Longévité : est le temps pendant lequel une graine peut être conservée sans perdre son aptitude à germer.

I.3. Effet de salinité sur les plantes

I.3.1. Définition de Stress

Le mot stress est apparu autour de 1940. Il s'agissait d'un mot anglais, employé en mécanique et en physique, qui voulait dire « force, poids, tension, charge ou effort ».

Ce n'est qu'en 1963 que Hans Selye utilise ce mot en médecine, où il définit « des tensions faibles ou fortes », éprouvées depuis toujours, et déclenchées par des événements futurs « désagréables ou agréables ».

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.

Le stress est un ensemble de conditions qui provoquent des changements de processus physiologiques résultant éventuellement en dégâts, dommages, blessures, inhibition de croissance ou de développement, il est défini aussi comme le dysfonctionnement (rupture d'un équilibre fonctionnel) produit dans un organisme ou dans un système vivant (**DUTUIT *et al.*, 1994**).

On appelle stress toute pression dominante exercée par un paramètre, perturbant le fonctionnement habituel de la plante. En revanche, la réponse du végétal dépend, entre autres, de ces paramètres environnementaux. (**HOPKINS, 2003**).

Donc le stress est une contrainte qui peut se résumer à une ou plusieurs forces de déformation appliquées à un corps vivant.

I.3.2. Les Formes de stress

On distingue deux grandes catégories de stress: « Biotique et Abiotique »

I.3.2.1. Biotique

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.3.2.2. Abiotique

Il est provoqué par un défaut ou excès de l'environnement physico-chimique comme la sécheresse, les températures extrêmes et la salinité. Parmi les conditions environnementales qui peuvent causer un stress abiotique, on distingue :

les inondations, la sécheresse, les basses ou hautes températures, la salinité excessive des sols ou des eaux, la présence d'un minéral inadéquat dans le sol, cas des métaux lourds, l'excès de

lumière qui stimule la photo inhibition, le cas de faible éclairage, les radiations UV, les composés phytotoxiques comme l'ozone qui est un haut réacteur oxydant, la pollution de l'air, les produits oxydés formés à partir des réactions de pesticides .

La sécheresse, le froid et la salinité sont les stress les plus fréquents et les plus étudiés. Ils peuvent imposer aux plantes des modifications métaboliques, physiologiques et phénologiques. Le stress peut déclencher plusieurs réponses à plusieurs niveaux de la plante (**SHILPI et NARENDRA., 2005**).

➤ **Stress Salin**

Le stress salin est un excès d'ions en particulier mais pas exclusivement aux ions Na^+ et Cl^- (**HOPKINS, 2003**).

Le stress salin est dû à la présence de quantités importantes de sels potentiels hydriques. Il réduit fortement la disponibilité de l'eau pour les plantes, on parle alors de milieu "physiologiquement sec" (**TREMBLIN, 2000**).

La quantité de sels dans le sol que les plantes peuvent supporter, sans grand dommage pour leur culture, varie avec les familles, les genres et les espèces végétales, mais aussi les variétés considérées, Le stress salin déclenche à la fois un stress osmotique et un stress ionique (**RAINS., 1972; FLOWERS ET al., 1986; 1988; 2004**).

Il est accompagné souvent d'une baisse importante du potentiel hydrique (**KINET et al., 1998**).**EVIGNERON et al., 1995**).

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

Le stress hydrique

La première conséquence de la salinisation tient à la modification du potentiel osmotique de la solution du sol, lorsque la teneur en sels croît.

Selon **SONG et al. (2005)**, plus la solution du sol est salée, plus la pression osmotique est élevée et plus il est difficile pour les racines d'extraire l'eau de la réserve du sol. Il en résulte ainsi un ralentissement de leur croissance.

D'après **CHINNUSAMY et al. (2004)**, la concentration en sels dépend de la teneur en eau du sol et augmente avec le dessèchement ; c'est pourquoi l'excès de sels qui affecte les plantes est atteint beaucoup plus rapidement dans un sol sableux que dans un sol argileux qui piège les ions Na^+ via les charges négatives de l'argile une forte concentration saline dans le sol est tout d'abord perçue par la plante comme une forte diminution de la disponibilité en eau.

Cela nécessite un ajustement osmotique adapté afin que le potentiel hydrique cellulaire demeure inférieur à celui du milieu extracellulaire et à celui du sol.

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

Le stress osmotique est une circonstance défavorable, qui est susceptible de perturber le fonctionnement physiologique normal de la plante, en affectant la croissance immédiatement causée par le sel à l'extérieur des racines (**MUNNS, 2005 ; MUNNS et TESTER, 2008**).

Le stress ionique

Lié à la composition en éléments du sol (carences ou toxicité en certains ions) : un déficit en N, P, MO, Cu, Zn, Fe, B, ... peut avoir des conséquences importantes sur le développement des plantes.

Un excès de minéraux AL, Na, Cl, ... peut avoir des effets toxiques (**MONNEVEUX et THIS, 1997**).

En dépit d'un ajustement osmotique correct, la toxicité ionique survient lorsque l'accumulation de sels dans les tissus perturbe l'activité métabolique.

Selon **CHINNUSAMY et al., (2004)**, l'accumulation des ions toxiques Na^+ et Cl^- au niveau du mésophylle des feuilles, affecte la croissance et le métabolisme de la plante où le sel endommage les structures lipidiques et protéiques des membranes plasmiques .

Ainsi la présence de ces ions perturbe l'activité enzymatique cellulaire principalement dans les tissus photosynthétiques (**HASEGAWA et al, 2000**).

Le stress nutritionnel

Selon **SNOUSSI et HALITIM (1998)**, certains sels peuvent affecter la balance nutritionnelle chez les plantes s'ils sont présents en concentration excessive ou en proportion anormale.

La présence excessive d'ions sodique, chlorique et borique peut provoquer une augmentation du pH du sol, ce qui a un effet indirect sur l'impossibilité d'absorption des ions ferreux, phosphate, zinc et manganèse indispensable pour la croissance des plantes (**MAILLARD, 2001**).

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 les nitrates, le phosphate et le sulfate (**LEVIGNERON et al., 1995**).

D'après **HAOUALA et al., (2007)**, l'accumulation des ions Na^+ dans la plante limite l'absorption des cations indispensables tels que K^+ et Ca^{+2} . Il y aurait une compétition entre Na^+ et Ca^{+2} pour les mêmes sites de fixation apoplasmique.

Ainsi ; l'augmentation de la concentration en Na^+ s'accompagne d'une réduction de la concentration en Mg, K, N, P et Ca dans la plante.

Ce déséquilibre nutritionnel est une cause possible des réductions de croissance en présence de sels lorsque des ions essentiels comme K^+ , Ca^{+2} ou NO^{-3} deviennent limitant (**HAOUALA et al., 2007**).

Selon **TESTER et DAVENPORT (2003)**, in **JABNOUNE, (2008)**, les effets osmotiques du stress salin peuvent également limiter la croissance des racines, ce qui limite les possibilités d'absorption des éléments nutritifs du sol.

I.4. Effet de stress salin sur les stades physiologiques des plantes

A la présence d'un stress salin, une double problématique se pose à l'organisme végétal: d'un côté, la présence de sel, en abaissant le potentiel hydrique du sol, menace l'approvisionnement en eau de la plante et de l'autre, l'absorption de sel dans les tissus menace le bon fonctionnement physiologique des cellules (**GIRARD et al., 2005**).

Face à ce danger, toutes les plantes ne sont pas égales. Certaines, nommées glycophytes, ne sont pas capables de supporter la présence de sel.

Les halophytes, au contraire, développent des réponses physiologiques pour assurer leur approvisionnement en eau tout en préservant leur métabolisme (CALU, 2006).

Pour les plantes qui se développent dans les environnements salins, le stress salin peut affecter plusieurs processus physiologiques, de la germination de la graine au développement de la plante.

I.4.1. Effet sur la germination

La germination des graines est le stade le plus sensible aux stress salin et hydrique (BOULGHALAGH *et al.*, 2006).

On peut considérer que la plupart des plantes sont plus sensibles à la salinité durant leurs phases de germination et de levée (MAILLARD, 2001).

L'effet du stress salin sur la germination peut être attribué soit à un effet osmotique et/ou une toxicité des ions spécifiques à l'émergence de la radicule ou le développement des semis (ABDELKADER *et al.*, 2015).

Le stress salin peut affecter la germination de deux façons Il peuvent :

➤ d'une part réduire la germination en limitant l'absorption de l'eau par les graines (BOULGHALAGH *et al.*, 2006),

Soit en affectant la mobilisation des réserves stockées ou en affectant l'organisation et la synthèse structurale des protéines dans des embryons de germination (HERMANN *et al.*, 2007).

Ces paramètres pourraient être affectés par les composants ioniques et osmotiques du stress salin, bien que l'importance de chaque composant puisse différer selon les espèces et même les cultivars (DODD et DONOVAN, 1999).

Des études ont rapporté un retard de la germination, causé par la salinité chez plusieurs glycophytes et halophytes (BELKHODJA et BIDAI, 2004; BOULGHALAGH *et al.*, 2006 ; BOUDA et HADDIOUI, 2011; NEDJIMI *et al.*, 2013).

Les halophytes sont exposées à des variations de température et de salinité et leur succès est tributaire du maintien de leur viabilité et de leur capacité à germer facilement lorsque la température et le stress de la salinité sont réduits (**KHAN et GUL, 2005**).

La salinité induite par le stress oxydatif pourrait être une raison de l'inhibition de la germination (**BEN AMOR et al., 2005**).

➤ D'autre part augmentant la pénétration d'ions qui peuvent s'accumuler dans les graines à des doses qui deviennent toxiques.

(La forte absorption de Na⁺ par rapport à K⁺, conduit à une toxicité embryonnaire et un retard dans les processus métaboliques) (**HSIAO et al., 1976 ; OERTLI, 1976**) (**IN ADEL et BADER, 2002**).

Parmi les causes de l'inhibition de la germination en présence de sel, la variation de l'équilibre hormonal a été évoquée (**UNGAR.,1991 ; KABAR.,1986; DEBEZ et al.,2001**)

I.4.2. Effet sur la croissance et le développement des plantes

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

Les effets de la salinité se manifestent principalement par une diminution de la croissance de l'appareil végétatif, caractérisé par la faible ramification, le faible diamètre des organes, le nombre réduit des nœuds et les réductions du nombre de feuilles et de la longueur de la tige et par conséquent l'augmentation du rapport racine/tige.

Une baisse des poids de matières fraîche et sèche est aussi démontrée (**RUSH et al., 1981**)

L'exposition des plantes au stress salin conduit au nanisme. La salinité affecte fortement la croissance des racines et la morphologie, les différentes réponses aux niveaux physiologiques, biochimiques et moléculaires sont détectées, même dans les différentes zones racinaires (**SHARP et al., 2004**).

Ces changements dans le système racinaire vont causer un changement dans le bilan hydrique, ionique et la production de signaux (hormones) qui communiquent des informations à la tige (MUNNS *et al.*, 2000).

Les feuilles deviennent sclérosées avant même d'avoir fini leur croissance et l'organisme tout entier risque de dépérir assez vite (CALU, 2006).

Les sels accumulés dans le sol peuvent limiter ou complètement arrêter la croissance du végétal suite à une élévation de la pression osmotique du milieu et/ou à l'effet toxique spécifique des éléments (ARBAOUI *et al.*, 1999).

I.4.3. Effet sur la photosynthèse

D'après ALEM *et al.*, (2002) la salinité affecte l'activité physiologique de la feuille, et plus particulièrement la photosynthèse, qui présente la cause principale de la réduction de la productivité végétale .

Selon MUNNS (2008), la réduction de la photosynthèse est liée à la diminution du potentiel hydrique foliaire, qui est à l'origine de la fermeture des stomates (PRICE *et* HENDRY, 1991 ; ALLEN, 1995), qui cause la réduction de la conductance stomatique (ORCUTT *et* NILSEN, 2000).

La diffusion du CO² à l'intérieur des stomates devient alors limitée et sa fixation au niveau des chloroplastes diminue par conséquent la régénération du RuBP (RibuloseBiphosphate) devient limitée.

Chapitre II : Matériel et Méthodes

II. Mat ériel et M éthode

II.1.Objectif

Le présent travail a pour objectif d'étudier l'effet du stress salin sur la germination et la post-germination d'une halophyte spontanée du Sahara, *Anabasis articulata*, face à différentes concentrations de NaCl.

II.2.Choix de l'espèce

Le choix de l'espèce s'est basé, essentiellement, sur la disponibilité des graines de cette espèce dans la région de Ouargla.

II.3.Mat ériel végétal

Pour réaliser notre étude, nous avons utilisé les graines d'*Anabasis articulata* (Photo 1), récoltées de Oued N'sa (32°31'18,61932" Nord,5°19'30,42732"Est,) de la région de Ouargla, en Janvier 2020.



Photo1: Graines d'*Anabasisarticulata*

II.3.1.Présentation de l'espèce

Anabasisarticulata est une halophyte spontanée vivace, communément appelée Adjrem ou Baguel(OZENDA, 1991; CHEHMA,2006) pouvant dépasser deux mètres de hauteur, C'est une espèce endémique saharienne à buisson bas, à souche épaisse et tortueuse, de couleur verte bleuté très clair, Les rameaux articulés et presque sans feuilles, pendant les périodes de grande sécheresse les rameaux sont caduques et tombent au pied de la plante (Photo 2). Les feuilles opposées ont une partie libre très courte, obtuse ou terminé par une pointe blanchâtre. Les fleurs blanches rosées sont isolées à l'aisselle de chaque feuille. Le fruit (Photo 3)est entouré par trois

ailes dues à la dilatation de trois de ces s épales. Cette esp èce est commune dans les sols pierreux de tout le Sahara, jusqu'au Sahara méridional (OZENDA,2004).



Photo 2 : *Anabasis articulata* en fructification

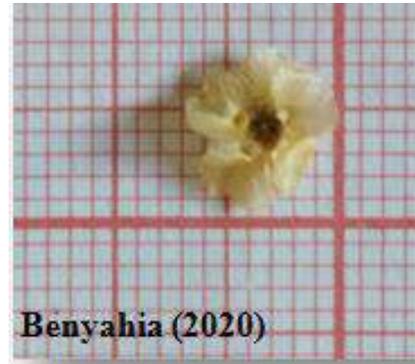


Photo 3 : Fruit d'*Anabasis articulata*

II.3.2. Habitat

Anabasis articulata pousse dans les terrains ensablés des reg et des lits d'oued, où il peut coloniser de très grandes surfaces (CHEHMA et al., 2006).

II.3.3. Répartition

Commun dans tout le Sahara (CHEHMA et al., 2006).

II.3.4. Période de végétation

Floraison en novembre-décembre (CHEHMA et al., 2006).

II.3.5. Propriétés et usages thérapeutiques

Grâce à ces vertus précieuses, *Anabasis articulata* comme d'autres plantes de 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 ABDUVAKHABOV, 1998). Leur tiges étaient écrasées et utilisées comme savon. L'*Anabasis articulata* ayant aussi un intérêt

pastoral appréciée par les dromadaires et broutée par les chèvres (QUEZEL-SANTA, 1962; OZENDA, 1991).

II.4.Méthodologie de Travail

II.4.1. Collecte des graines

La collecte des fruits a été réalisée à partir de différents individus de l'espèce, directement de plantes mères sur terrain (tableau 1), elles ont été collectées en janvier 2020 où ils sont mûres et prêts à être collectés. Les graines (Photo 4) ont été extraites de fruits au laboratoire et conservées dans des boîtes hermétiques jusqu'à utilisation.

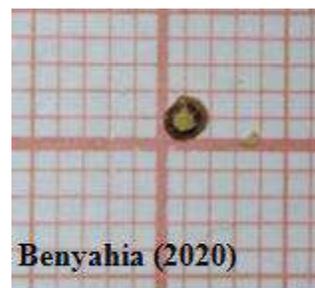


Photo 4 : Graine

Tableau 1: Caractéristiques de l'espèce *Anabasis articulata*

Caractéristiques de l'espèce			Caractéristiques des graines		
L'espèce	Station de collecte	Date de collecte	Description des graines		
<i>Anabasis articulata</i>	Oued N'sa Région de Ouargla	janvier 2020	Longueur (mm)	Largeur (mm)	Forme et couleur
			2±0.75	2±0.75	Arrondie de couleur marron.

II.4.2. Préparation des solutions salines

Nous avons préparé 6 différentes solutions salines (0, 50, 100, 150, 200 et 250 mM/l) par le sel NaCl, comme un agent stressant à cause de son dominance dans les sols de la région de Ouargla (Tableau 2).

Tableau 2 : Différentes concentrations des solutions salines

	C1 Témoïn	C2	C3	C4	C5	C6
Concentration (mM/l)	0	50	100	150	200	250
Concentration (g/l)	0	3	6	9	12	15

II.4.3. Application du stress salin

Les tests de germination d'*Anabasis articulata* ont été effectués sous différentes concentrations de chlorure de sodium (NaCl), Les graines sont mises à germer dans des boîtes de Pétri tapissées de deux couches de papiers filtres, Dans chaque boîte de pétri, les graines sont semées en distance les unes des autres. Nous avons ajouté 4 ml de l'eau distillée pour le témoin, et 4 ml de solution préparée pour appliquer le stress salin. Les expériences sont répétées 4 fois pour tous les traitements. Les boîtes sont mises à germer à l'obscurité dans un endroit à 25C° pendant 14 jours. La germination est repérée par la sortie de la radicule hors des téguments de la graine. Des observations chaque 48 heures permettent de compter le nombre de graines germées pendant la durée d'expérimentation.

II.5. Paramètres étudiés

Deux paramètres ont été étudiés à la fin de l'expérience, à savoir physiologiques et morphologiques :

II.5.1. Paramètres physiologiques

II.5.1.1. Cinétique de germination

La cinétique de germination est une courbe de germination qui décrit le déroulement de la germination du lot de semences considérées placées dans des conditions bien précises. Elle représente le plus souvent l'évolution des pourcentages de germination cumulés en fonction du temps. Les courbes de germination donnent une idée complète de l'évolution de la germination d'un lot de semences placées dans des conditions déterminées (MGUISE *Tal.*, 2011). Dans notre travail, la cinétique de germination représente le nombre de graines germées quotidiennement.

II.5.1.2. Taux final de germination

Ce paramètre constitue le meilleur moyen d'identification de la concentration qui présente la limite physiologique de germination des graines. Il est exprimé par le rapport nombre de graines germées sur nombre total de graines (CÔME, 1970).

$$TG \% = 100 (XT/N)$$

XT est le nombre total des graines germées.

N est le nombre total de graines mises à germer.

II.5.1.3. Vitesse de germination

C'est le temps moyen nécessaire à la germination de 50 % des graines. Elle permet d'exprimer l'énergie de germination responsable de l'épuisement des réserves de la graine (BENIDIRE *et al.*, 2015). Elle peut s'exprimer par un pourcentage, un temps ou un coefficient. Nous l'avons exprimé en taux selon la relation de KOTOWSKI (1926)

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

$$CV = \frac{\sum n}{\sum (n \cdot j_n)} \times 100 \text{ où}$$

n : le nombre des semences germées au temps T1;

j: jour ;

j_n : nombre de jour après l'ensemencement.

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 l'eau distillée.

La germination de ces graines a été comptée de nouveau dans une durée de 7 jours, et exprimé par l'indice de récupération.

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

Où

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

b : nombre total des graines germées dans la solution saline ;

c : nombre total des graines (EL-KEBLAWY et BHATT, 2015).

II.5.2. Param ètres morphologiques

II.5.2.1. Longueur de la tigelle et longueur de la radicule

Afin d'évaluer la croissance de la plante vis-à-vis du stress, la longueur de la racine primaire et de tigelle ont été mesurées après une période de 14 jours après avoir germé les graines, à l'aide d'une règle graduée et cela pour toutes les concentrations y compris le témoin à partir du T0.

II.5.3. Analyse statistique

Dans le but de déterminer la différence significative des concentrations utilisées et leurs effets sur les paramètres de germination et post-germination, une analyse statistique ANOVA One way, a été utilisée pour évaluer l'effet de la salinité sur les paramètres étudiés, par le logiciel XLStat(2014), 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).

Chapitre III: Résultats et Discussion

III. Résultats et Discussions

Les Résultats suivants expriment les paramètres étudiés pour montrer l'effet du stress salin sur la germination et la croissance de l'espèce *Anabasis articulata*.

III.1. Paramètres physiologiques

III.1.1. Effet de stress salin sur la cinétique de germination d'*Anabasis articulata*

L'évolution de la cinétique de germination d'*Anabasis articulata* soumises à des concentrations différentes en NaCl en fonction du temps est présentée dans la (Figure 2).

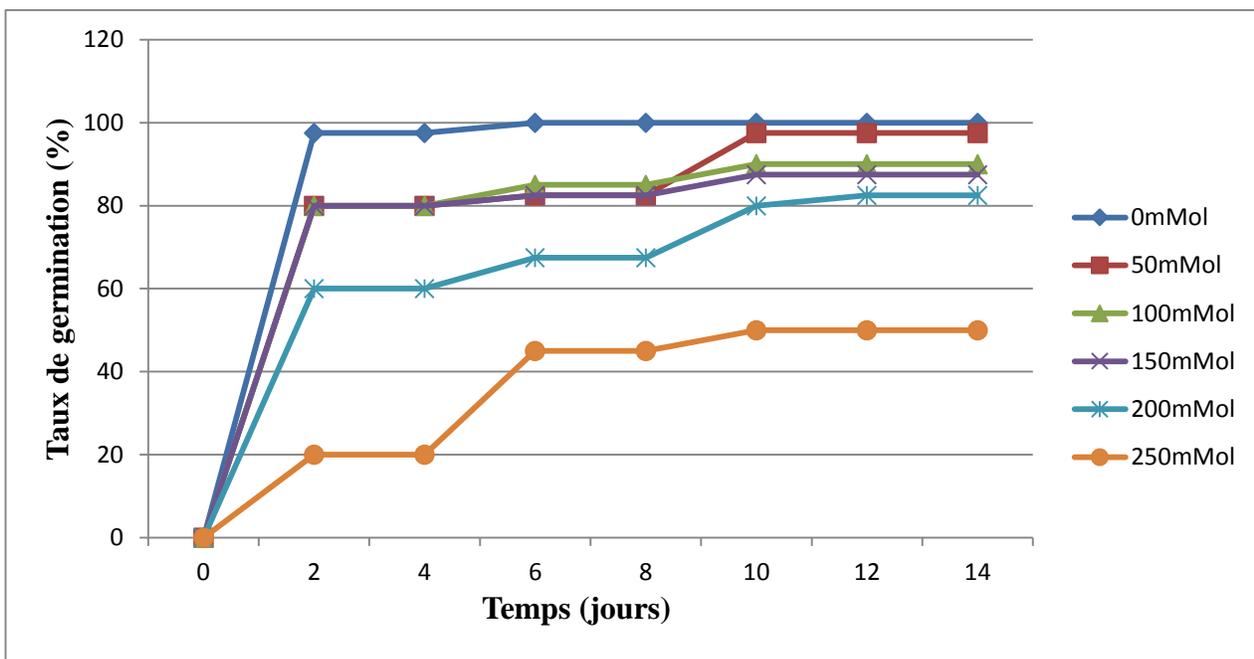


Figure 2 : Evolution de la cinétique de germination en fonction des concentrations étudiées.

Ces résultats obtenus après 14 jours de la mise en germination montrent que les taux de germination des graines diminuent au fur et à mesure que la concentration de NaCl augmente et un ralentissement du processus de germination en fonction de l'augmentation de la salinité. La germination au niveau du témoin a commencé dès le 2^{ème} jour, la même durée a été suffisante pour l'apparition des premières germinations sous les traitements de NaCl mais avec une chute de taux très remarquable. La courbe illustrant la cinétique de germination des graines d'*Anabasis articulata* sous l'effet de différentes concentrations de NaCl montre trois phases :

La première phase représente une phase de latence (entre 0 et 2 jour) correspondant au temps nécessaire pour une imbibition adéquate des graines. Une deuxième phase (entre 2 et 10 jour) au cours de laquelle la vitesse de germination augmente jusqu'à atteindre une valeur maximale à partir de laquelle la germination s'arrête dans le 6^{ème} jour chez le témoin avec une valeur élevée de (99%). Les traitements salins atteintes les valeurs maximales de TG entre 10^{ème} et 12^{ème} jour, ces valeurs diminuent avec l'augmentation de l'intensité du stress, les graines stressées par 50, 100, 150mMol sont pratiquement semblables et évoluent lentement pour atteindre un taux de 80%. Alors que les graines arrosées par 200 et 250mMol évoluent lentement par rapport au témoin et atteignent un taux de 49%. Une troisième phase (après le 12^{ème} jour) correspondant à un palier où les pourcentages de germination augmentent lentement dans un premier temps pour se stabiliser après jusqu'à la fin de l'expérience.

La cinétique de germination révèle un retard du processus de germination en fonction du stress salin. Dans notre étude concernant la cinétique de germination d'*Anabasis articulata* les courbes relatives aux taux de germination des graines stressées sont situées au-dessous de celles des courbes témoins et diminuées au fur et à mesure que la concentration en sel augmente. Ce qui montre que les différentes concentrations en sel (50, 100, 150, 200 et 250mM) engendrent un ralentissement de germination et diminuent leur taux à atteindre le 40% dans les concentrations salines élevées. Des résultats similaires ont été trouvés chez la plante halophyte *Zygophyllum album* montre que l'augmentation de la concentration en sel, retarde le taux et ralentit la cinétique de germination (**CHAOUCH KHOUANE et BOUKHETTA., 2014**) ce résultat sur la cinétique de germination qui varie distinctement avec l'espèce et le traitement a été montré chez une autre Amaranthaceae, *Atriplex halimus*, d'origine algérienne site Oran (**ZAHI et LAMARA., 2019**).

Ces études et d'autres ont indiqué que les semences des glycophytes et des halophytes répondent de la même manière au stress salin, en réduisant le nombre total des graines germées et en accusant un retard dans l'initiation du processus germinatif (**MONDAI et al., 1988**). D'après **BEN MILED et al. (1986)** ceci semble être due à une différence dans le temps nécessaire à la graine pour mettre en place les mécanismes lui permettant d'ajuster sa pression osmotique interne.

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

Dans le but de mieux cerner l'effet de différentes concentrations salines sur l'espèce étudiée, on a exprimé les résultats de l'effet de stress salin sur le taux final de germination (Figure 3).

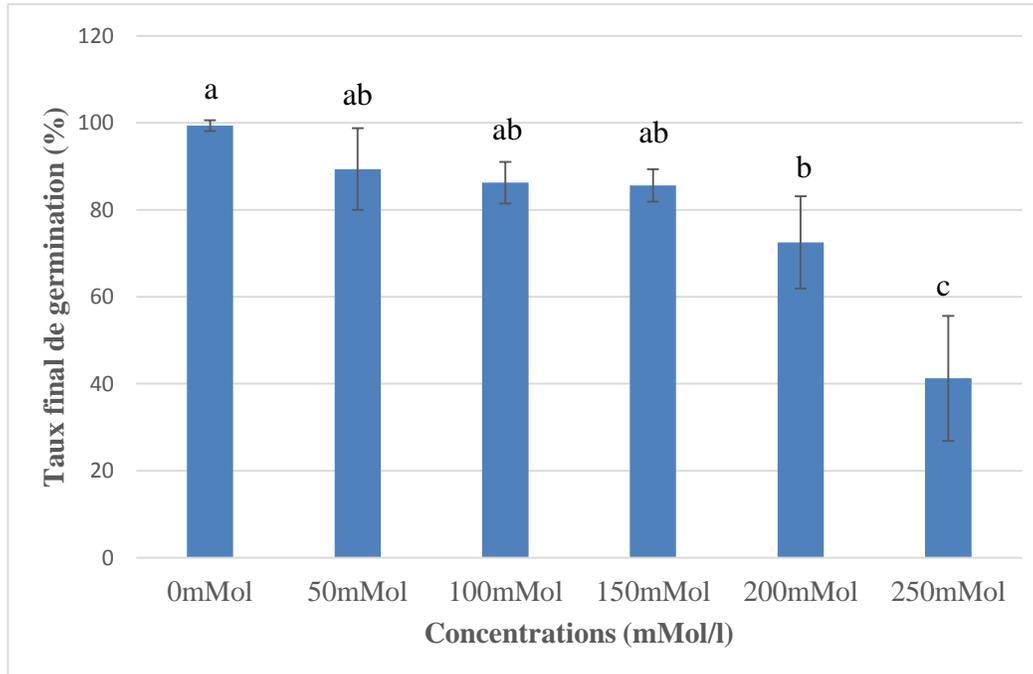


Figure 3 : Taux de germination final des graines d'*Anabasis articulata* en fonction de différentes concentrations salines

A partir des résultats illustrés dans la figure 3 qui montre le taux final de germination (TG) d'*Anabasis articulata* sous l'effet de différentes concentrations en NaCl. on observe une grande différence de taux final de la germination entre les solutions salines comparativement au témoin après 14 jours de stress salin, le TG est maximal lorsque les graines sont imbibées à l'eau distillé (témoin) atteignent 99.73% de germination. Alors que les graines des traitements salins (50, 100, 150 et 200mM) enregistrent une diminution remarquable par rapport au témoin. Tandis que le TG dans les graines traitées par 250mM marque une très forte diminution (41%), L'analyse de la variance révèle clairement que le taux final de la germination chez les graines d'*Anabasis articulata* expose une différence significative ($Pr < 0.0001$) entre le témoin et les traitements. Et il n'y pas une différence entre les traitements (50, 100 et 150 mM) par contre la différence significatif est marquée chez la dose 200mM et les autres traitements selon le test

Tukey pour cela ils sont groupés en trois groupes a présente le témoin et b présente les doses 50 , 100 150 , 200mM et un groupe c présente la dose 250mM.

Des résultats similaires ont été obtenus pour plusieurs espèces halophytes (**ATIA et al., 2009**) exposées à des concentrations variant d'une espèce à une autre. La germination des plantes, qu'elles que soient halophytes ou glycophytes est affecté par la salinité (**GHAMNIA., 2013**). Notre résultat est similaire avec ceux obtenue par **MAALEM et RAHMOUNE (2009)** qui ont montré que la salinité affecte le taux final de la germination des graines de l'Atriplex, ces résultats ont été affirmé par **DJERROUDI., (2015)** sur la même espèce dont ils ont montré que la germination des graines est maximale dans l'eau distillée et diminue avec l'augmentation de la concentration en sel dans le milieu. D'autre étude sur la germination de l'espèce halophyte *Zygophyllum album* faite par **BENLIFA et BENMERIEM (2019)** montrent que l'augmentation de concentration de NaCl favorise une diminution significative de taux final de germination.

Selon **PRADO et al. (2000)**, la diminution du taux de germination des graines soumises à un stress salin serait due à un processus de dormance osmotique développé sous ces conditions de stress, représentant ainsi une stratégie d'adaptation à l'égard des contraintes environnementales. D'après **POLJAKOFF et al. (1994)** et **KHAN et al. (2001)** l'effet de la salinité sur la germination est généralement attribué aux effets osmotiques dus à la diminution de la potentiel de la soluté du sol ou à des effets de toxicité dus à l'absorption et/ou à l'accumulation à certaines ions sous forme de sodium et chlorure.

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

Les résultats de l'effet de stress salin sur la vitesse de germination sont présentés dans la (Figure 4).

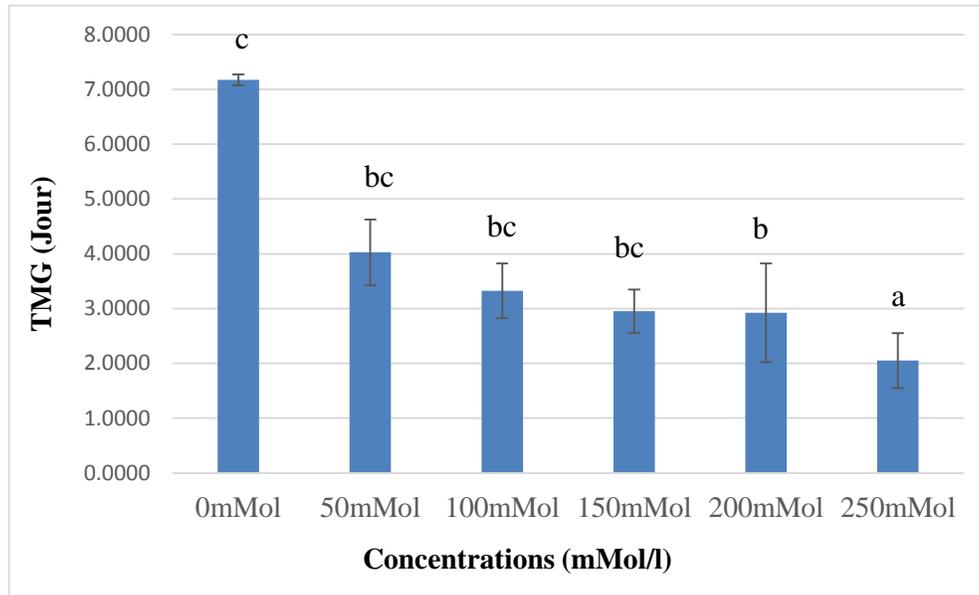


Figure 4 Effet de stress salin sur la vitesse de la germination des graines étudiées

Les résultats des figures illustrent l'effet de différentes concentrations de NaCl sur la vitesse de germination exprimé par le temps moyen de germination. Les graines témoins qui ont été imbibées par l'eau distillée marquent le temps moyen le plus court (2.1 jour) de germination, ce qui explique que sa vitesse de germination est la plus rapide comparativement aux traitements salins. Chez les graines traitées par 50, 100, 150, 200mMol de NaCl, on marque un TMG moyen de 2.9 à 4 jours tandis que les graines stressées par une concentration de 250mMol signées la faible vitesse avec un temps moyen la plus tardif de 7.1 jours. L'analyse de la variance de TMG révèle une différence très hautement significative entre les concentrations avec une probabilité ($Pr < 0.0001$), en effet la vitesse de germination diminue et le temps moyen s'allonge avec l'intensité de sel.

Nos résultats sont en accord avec les données de la littérature qui indiquent que la germination des graines de la plupart des halophytes est optimale dans l'eau distillée et réduite sous salinité modérée, tandis qu'elle est inhibée avec l'accroissement de la salinité (LEE et al., 2010). Plusieurs études ont montré que l'application de différentes concentrations salines sur les graines des halophytes comme les glycophytes affecte négativement la vitesse de la germination. Une étude comparative a été faite par EL-KEBLAWY et ARVIND BHATT (2015) sur les graines de deux halophytes *Halocnemum strobilaceum* et *H. perfoliatum* montre que les différents niveaux de salinité entraînent une augmentation plus importante de la TMG ceci est expliqué

par le ralentissement de la vitesse en fonction d'augmentation du NaCl. Malgré que les deux espèces sont affectées par le sel, la tolérance était plus élevée chez *H. strobilaceum* que chez *H. perfoliata*. La germination à 400 mM de NaCl était plus élevée et plus rapide chez *H. strobilaceum* (Taux: 40%, TMG: 4,8 jours) que chez *H. perfoliata* (Taux : 10% TMG : 7,3 jours).

D'après **BEN GAMRA (2007)**, la salinité réduit d'une part, la vitesse de germination et d'autre part, sa capacité germinative (**EL HAJJOUJI et al.,2007**).Les perturbations observées pourraient être expliquées par une diminution du potentiel osmotique du milieu suite à l'ajout du sel (**MAUROMICAL et LICANDRO, 2002**). Il peut expliquer aussi par le temps nécessaire à la graines de mettre en place d'ajuster sa pression osmotique interne (**BLISS et al.,1986**). Alors que **GHRIB et al., 2011**, ont expliqué que ce retard pourrait être dû à l'altération des enzymes et des hormones qui se trouvent dans la graine. Il pourrait s'agir également d'une difficulté d'hydratation des graines suite à un potentiel osmotique élevé entraînant une certaine inhibition des mécanismes aboutissant à la sortie de la radicule hors des téguments et par conséquent un retard de germination des graines (**GILL et al., 2003**).

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

La figure (5) présente les résultats du taux de germination des graines mises à germer, soit sur milieu témoin mais après prétraitement par le NaCl.

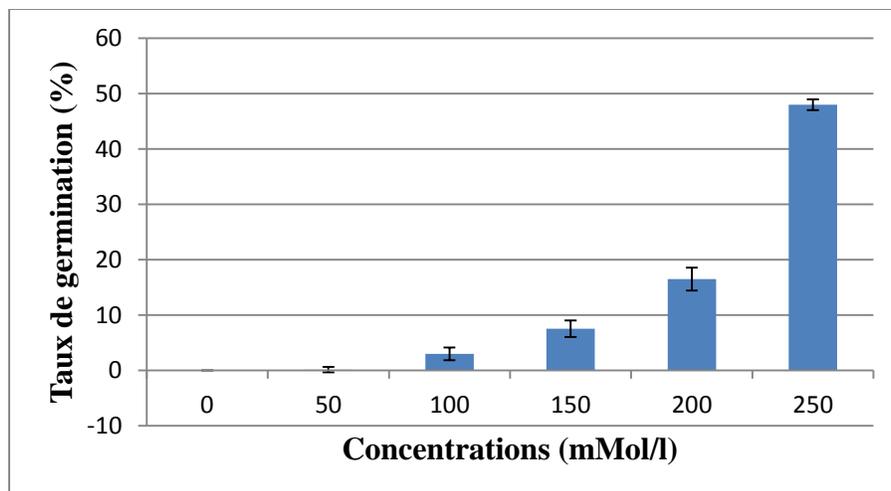


Figure 5 : Evolution d'indice de récupération de la germination

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, Cette reprise est plus forte chez les graines traitées par 250mM/l sa valeur à été estimée par 48%, alors que la reprise est moyennement faible chez les lots traités par 200, 150 et 100 mM/l. Tandis qu'il est très faible (0.125%) dans le lot traité par une faible concentration salin (50mM/l) .L'analyse statistique montre aussi qu'il y a une différence significative entre les traitements salines et le témoin.

La salinité peut se manifester par deux effets : osmotique qui est réversible et/ou toxique qui est irréversible. Dans la mesure où elle est d'origine osmotique, on devrait s'attendre à une reprise de la germination après levée de cette contrainte. Par contre, si des phénomènes de toxicité ionique interviennent, on peut prévoir l'absence de cette reprise de germination(HAJLAOUI *et al.*, 2007). L'indice de récupération est un paramètre qui peut aider à déterminer l'origine de l'effet dépressif de la salinité sur la germination. Dans notre étude, le transfert des graines non germées dans l'eau distillée est suivi d'une reprise de la germination. Donc, on peut dire que l'inhibition d'ordre est osmotique, vu qu'il y a une reprise significative de germination.

L'indice de récupération de germination a été démontrée dans plusieurs travaux et chez plusieurs espèces telle que celle que faite par EL-KEBLAWY (2004) sur les graines de l'halophyte *Panicum turgidum* plante présente dans les déserts du Moyen-Orient dont les résultats montrent une reprise de germination des graines prétraitées avec des concentrations élevées de sels Des résultats similaires ont été enregistrés chez plusieurs espèces tolérantes au sel, notamment *Arthrocnemum macrostachyum* et *Sarcocornia fruticosa*(PUJOL *et al.*, 2000), *Suaeda fruticosa* (KHAN et UNGAR, 1998), *Arthrocnemum indicum* (KHAN et GUL, 1998), *Polygonum aviculare* (KHANB et UNGAR, 1998), *Atriplex prostrata* (EGAN *et al.*, 1997), *Zygophyllum simplex*(KHAN et UNGAR, 1997).

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

III.2. Paramètres morphologiques

III.2.1. Effet de stress salin sur la longueur de tige

Les résultats représentés dans la figure 6 expriment la longueur de tige qui a été mesurée le dernier jour de l'expérience.

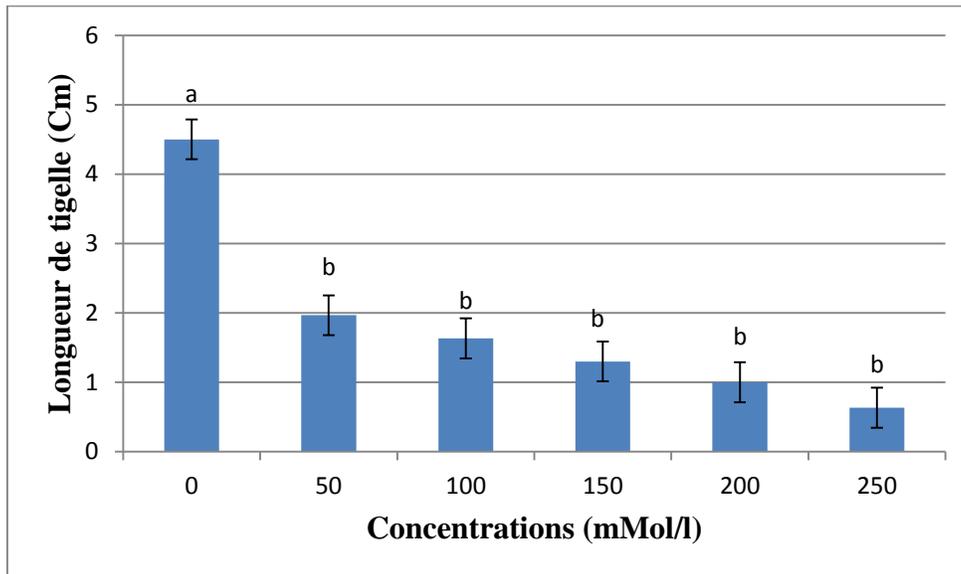


Figure 6 : Effet de sel sur la longueur de tige

Les résultats obtenus ont montré que la salinité exerce un effet inhibiteur sur la croissance des plantules d'*Anabasis articulata* qui se traduit par une réduction de longueur de la partie aérienne en fonction de la présence de sel dans le milieu. Une remarquable diminution dans la longueur de tige a été notée dans les traitements de 50, 100, 150, 200 et 250 mMol) où nous avons enregistré les valeurs (1.93, 1.6, 1, 0.96, 0.63) contre 4.5 cm pour les témoins. 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 ($Pr < 0,0001$).

La carence de croissance est variable selon la concentration. Malgré la taille importante de tige des plantes témoins, les lots traités par des concentrations élevées semblent plus sensibles au chlorure de sodium que ceux des concentrations faibles. Plusieurs études ont montré la réduction de la longueur de tige 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. D'autres travaux fait par **MAHROUZ (2013)** sur l'*Atriplex canescens* indique aussi que un ralentissement de croissance a été observé surtout les traitements avec les concentrations de sels élevées par contre chez les plantes témoin la croissance est plus importante.

La réduction de la croissance aérienne observée au niveau des plantules peut s'expliquer par des augmentations des taux de certains régulateurs de croissance, notamment l'acide abscissique et les cytokinines induites par le sel (**BENMAHIOUL et al., 2009**). 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**). Les effets de la salinité sur la croissance des plantules en conditions semi contrôlées, dépendent de plusieurs facteurs. Ils varient selon la teneur de NaCl appliquée, l'espèce, la provenance, le stade végétatif et la partie de la plante (**LEVIGNERON et al., 1995**). Les effets de la salinité se manifestent principalement par un ralentissement de la croissance de l'appareil végétatif. Dans tous les cas, cette réduction de la croissance des différentes parties aériennes est considéré comme une stratégie adaptative nécessaire à la survie des plantes exposées à la salinité (**DAROUI et al., 2013**) Ceci permet à la plante d'emmagasiner de l'énergie nécessaire pour faire face au stress afin de réduire les dommages irréversibles occasionnés, quand le seuil de la concentration létale est atteint (**BENMAHIOUL et al., 2009**).

III.2.2. Effet de stress salin sur la longueur des racicules

Les figures 7 présente les résultats de l'étude de l'effet de la salinité sur le développement de la longueur des racines après 14 jours d'exposition des graines d'*Anabasis articulata* à différentes concentrations en NaCl.

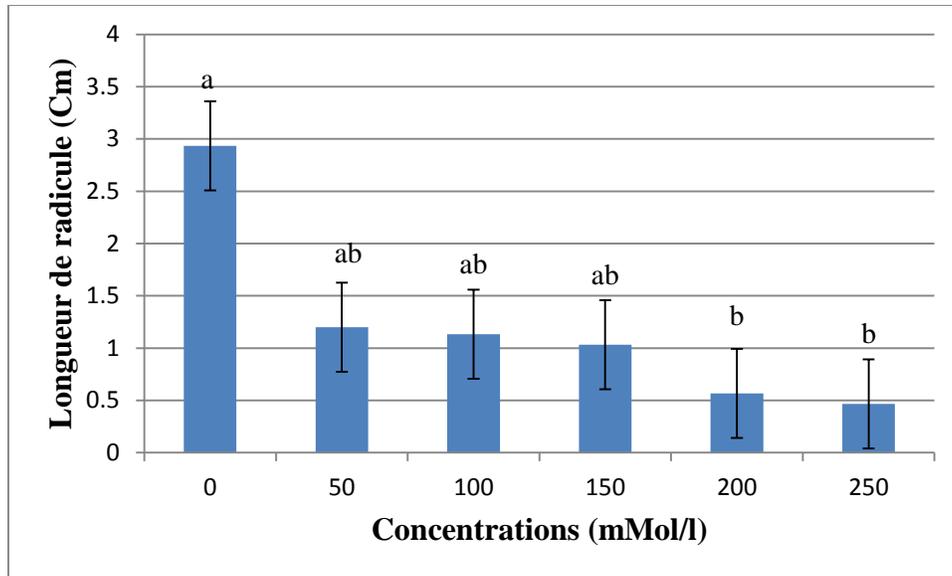


Figure 7 : Effet du sel sur la longueur des racicules

Les résultats obtenus à ce qui concerne l'effet de la salinité sur la longueur racinaire des plantules d'*Anabasis articulata*, nous notons un effet négatif sur la formation et l'élongation de partie raculaire en fonction de l'augmentation des concentrations salines. Nous notons une réduction importante de la longueur racinaire en effet, les valeurs enregistrés sont 1.2, 1.06, 0.83, 0.56, 0.43cm dans les concentrations 50, 100, 150, 200, 250mMol/l respectivement, tandis que la longueur racinaire chez les plantules témoin est maximale avec une valeur de 3.1 Cm. L'étude statistique à l'aide d'ANOVA sur la longueur de racicule montre qu'il y'a une différence significative entre les traitements avec $Pr < 0.0166$.

Concernant la longueur des racines, nous avons observé la même tendance que pour la partie aérienne. L'impact de la salinité est remarquable sur la croissance des racines, spécialement pour les traitements 200, 250mM, nous avons enregistré une diminution de longueur atteindre le 0.56 à 0.43 cm et le test statistique montre une différence significative entre le témoin et les plantules traités en NaCl ce qui est indiqué que la salinité a affecté négativement la croissance de tige corrélativement à celle de racines d'*Anabasis articulata*. Notre résultats ont similaires aux ceux qui ont été obtenus par **SAI KACHOUT et al. (2009)** sur deux variétés de l'*Atriplex Hortensis* rouge et vert qui sont des plantes halophytes de la famille des Amaranthaceae montre que l'augmentation de la concentration de sel a retardé considérablement

($p < 0,05$) l'allongement des tiges et des racines des deux variétés, l'allongement des racines a diminué de manière linéaire avec l'augmentation de la salinité

Les racines sont directement en contact avec la salinité du sol et elles constituent la première ligne de défense contre le stress salin (**BENREBIHA et al., 1987**). A cause de ça la sensibilité au sel a touché la partie racinaire beaucoup plus que la partie aérienne. ceci est en accord avec les observations de **HAMROUNI et al., (2011)** qui a indiqué que la plante s'adapte au stress salin en réduisant son système racinaire. Cette diminution observée chez plusieurs espèces est expliquée par le fait que NaCl agit en augmentant la pression osmotique du milieu, ce qui empêche l'absorption en eau par le système racinaire (**MARSHNER et al., 2002**) et entraîne par conséquent, une réduction de la croissance. Pour s'adapter au stress salin, la plante peut aussi éviter les dommages par la réduction de la croissance (**LAMZERI, 2007**).

Conclusion

L'objectif de notre travail a pour but d'étudier l'effet du stress salin sur la germination et la post-germination des graines d'*Anabasis articulata* sous différentes concentrations du NaCl (50, 100, 150, 200 et 250mM).

Les résultats rapportés dans la présente étude, montrent que :

- L'étude de la cinétique de germination des graines d'*Anabasis articulata* montre que la réponse germinative aux traitements appliqués, varie selon la nature et l'intensité du sel.
- Les graines de *Anabasis articulata* tolèrent les concentrations salines élevée (dans notre étude jusqu'à 250mM/NaCl) mais avec diminution remarquable dans le taux final.
- L'étude de l'effet du stress salin a révélé que les fortes doses du chlorure de sodium (NaCl) provoquent un retard de temps moyen de germination par rapport au témoin (2jour) par contre chez les graines stressées en 250mM passe le 7.1 jour.
- L'étude d'indice de la récupération des graines après prétraitements en différentes doses de NaCl marqué un reprise de germination ce qui révèle que l'inhibition est d'ordre osmotique.
- l'enrichissement des milieux de germination en sel s'accompagne d'une réduction proportionnelle de l'élongation des parties végétatives (radicules et tigelles) de plante étudiées atteindre le 0.43cm pour la partie radiculaire et 0.63cm pour la tigelle dans concentration salin la plus élevée(250mM).
- Malgré la tolérance de l'halophyte *Anabasis articulata* au stress salin mais la salinité a toujours un effet néfaste sur le développement de *Anabasis articulata* au stade germination et poste germination

Enfin, notre résultat n'est qu'un point de départ ce qui ne nous permettent en aucun cas de déduire le niveau de tolérance de l'*Anabasis articulata* à la salinité pour cela cette étude doit être complétée par d'autres travaux portés sur :

- L'Étude de la réponse de germination de cette espèce face au stress salin avec d'autres intervalles de concentrations ;
- L'étude des réponses de plante étudiées sous l'effet des autres types de sels ;
- Il serait intéressant de poursuivre par d'autres études sur la réponse de germination et de croissance en utilisant des paramètres biométrique, anatomique et biochimique pour mieux comprendre les réponses de plante sous contraintes environnementales ;
- Cette étude devrait être complétée par des expérimentations sur d'autres stades phénologiques afin de confirmer sa tolérance.

Références Bibliographiques

ABDEL-KADER D.Z., SALEH A.A.H. 2002. Protection induced by external Ca⁺ application on praline accumulation, ion balance, photosynthetic pigment, ABA concentration and protein of mustard seedlings (*Sinapis alba* L.) under salinity stress. *Egyptian Journal of Biology*, Vol.4.P 14-22. *Agricultures*.4 (4): 263-273.

ADEL J ET BADER J., 2002 Studies of some traits related to salinity tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Proceeding of the International Symposium on optimum resources utilization in salt-affected Ecosystems in arid and semi-arid regions, Cairo, Egypt, p.102.

AFLAKI F., SEDGHI M., PAZUKI A., PESSARAKLI M., 2017 Investigation of seed germination indices for early selection of salinity tolerant genotypes: A case study in wheat, *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 29(3): 222-226

ALEM C., LABHILILI M., BRAHIMI K., JLIBENE M., NASRALLAH N ET FILALI-MALTOUF A., 2002 Adaptations hydrique et photosynthétique du blé dur et du blé tendre au stress salin. *C. R. Biologies*, Vol. 325 :1097-1109.

APSE M.P et BLUMWALD E., 2007 Na⁺ transport in plants. *FEBS Lett.* 581(12): 2247–2254. doi:10.1016/j.febslet.2007.04.014.PMID:17459382.

ARBAOUI M., BENKHELIFAM et BELKHODJA M., 1999 Réponses physiologiques de quelques variétés de blé dur à la salinité au stade juvénile. *CIHEAM -Options Méditerranéennes*, pp. 167-169.

ASHRAF M et HARRIS., 2004: Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Sci.*, 166: 3-6.

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, N° Spécial : 346-358.

BABA-SIDI KASSI S., 2010 Effet du stress salin sur quelques paramètres phonologiques (biométrie, anatomie) et nutritionnels de l'Atriplexe d'une valorisation agronomique. *Mém de magistère .Univ Kasdi Merbah .Ourgla*, 75p.

BELKHODJA M et BIDAI Y., 2004 Réponse des graines d'*Atriplex halimus* L. à la salinité au stade de la germination. *Sécheresse* n°4, vol 15, pp 331-334.

BELL D.T., 1999 Australian trees for the rehabilitation of waterlogged and salinity-damaged landscapes. *Aust. J. Bot.* (47): 697-716.

BEN AMOR N., BEN HAMED K., DEBEZ A., GRIGNON C et ABDELLY C., 2005- Physiological and antioxidant responses of the perennial halophyte *Crithmum maritimum* to salinity. *Plant Sci.* 168, 889–899

BENIDIRE L., DAOUI K., FATEMI Z., ACHOUAK W., BOUARAB L., OUFDOU K., 2014 - Effet du stress salin sur la germination et le développement des plantules de *Vicia faba* L., J, Master. *Environ. Sci* 6 (3)(2015)840-851.

BENLIFA et BENMARIEM., 2019 Réponse physio-biochimique de *Zygophyllum album* L. à la salinité Mémoire de Fin d'Etudes en vue de l'obtention du diplôme de master académique facultés des sciences de la nature et de la vie Univ Kasdi Merbah- Ouargla .

BENMAHIOUL B., DAGUIN F., KAID-HARCHE M., 2009. Effet du stress salin sur la germination et la croissance in vitro du pistachier (*Pistacia vera* L.). *C.R. Biologies*, 332(8), 752-758.

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

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

BIDAI Y., 1999 Réponse des graines d'*Atriplex halimus* L à la salinité au stade germination, rapport d'activité scientifique de projet N°13/97/02/04/18. Ed Faculté des sciences, Université Oran. Algérie.

BLISS R.D., PLATT-ALORIA K.A et THOMSON W.W., 1986 Osmotic sensitivity in relation to sensitivity in germination barley seeds. *Plant Cell and Env.* 9, 721-725.

BOIS, G., 2005 Ecophysiologie de semis de conifère ectomycorhisé en milieu salin et soclique. Thèse de doctorat p187.

BOUDA S et HADDIOUI A., 2011 Effet du stress salin sur la germination de quelques espèces du genre *Atriplex*. *Revue «Nature Technologie »* N°05: 72 –79.

BOUKORTT, YAMNA ., 2013 Effets de la salinité sur les caractéristiques physico-chimiques d'un sol du périmètre du Bas Cheliff et sur le comportement écophysiolgique de la courgette (*Cucurbitapepo*).

BOULGHALAGH J., BERRICHI A., EL HALOUANI H et BOUKROUTE A., 2006 Effet des stress salin et hydrique sur la germination des graines du jojoba (*Simmondsiachinensis* [link] schneider). Recueil des résumés. Le Premier Congrès National sur l'Amélioration de Production Agricole, Settat, Maroc, 24p

CALU G., 2006 Effet du stress salin sur les plantes. Comparaison entre deux plantes modèles : *Arabidopsisthaliana* et *Thellungiellahalophila*.

CARTER D.I., 1975 Problems of salinity in agriculture. Plants in Saline Environnements. Springer-Verlag Berlin. pp. 25-35.

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

CHINNUSAMY V., SCHUMAKER K et ZHU J. K., 2004 Molecular genetics perspectives on cross-talk and specificity in abiotic stress signalling in plants. J of Experimental Botany. 55: 225-236.

CHOPRA R.N., 1956 Glossary of Indian Medicinal Plants. Council of Scientific and Industrial Research, New Delhi, 174

COME D., 1970 Les obstacles à la germination. Ed. Masson et Cie, Paris, P162.

DAROUI, E.A., BOUKROUTE A., KOUDDANE N., ET BERRICHI, A., 2013 Effet de la salinité sur la germination et la croissance in vitro du *Washingtonia filifera*L. Nature & Technology,8: p. 32-38.

DEBEZ A., CHAIBI W., et BOUZID S., 2001 Effet du NaCl et de régulateurs de croissance sur la germination d'*Atriplexhalimus* L. Agriculture. Vol. 10, n °2, pp. 8-135.

DJRROUDI., 2017 Caractérisation morpho-physiologique d'une halophyte, *Atriplex*, aux conditions arides, THESE DOCTORAT , Université Oran.

DODD G.L ET DONOVAN L.A., 1999-Water potential and ionic effects on germination and seedling growth of two cold desert shrubs. Am. J. Bot. 86, 1146-1153.

DUTUIT P., POURRAT Y., DUTUIT J.M., 1994 La notion de stress de la cellule à l'écosystème. S é c h e r e s s e , Vol. 5, N ° 1: 23-31.

EL HAJJOUJI H., PINELLI E., GUIRESSE M., MERLINA G., REVEL JC ET HAFIDI M., 2007 Assessment of the genotoxicity of olive mill waste water(OMWW) with the Viciafaba. Micro nucleus test Mutation research/Genetic toxicology and environmental mutagenesis634 (1-2) ,25-31.

El KEBLAWY, S.S. Al Neyadi, M.V. RAO and A.H. Al-Marzouqui -2011 Interactive effects of salinity, light and temperature on seed germination of sand dunes glycophytes *Cyprus conglomerates* growing in the United Arab Emirates deserts Seed Sci. & Technol.,39, 364-376.

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 .

FLOWER L.S., HAYES J.R., CAREY L., SCHRIVER K., STRATMAN J., 1986 Detection, diagnosis, and the strategies of revision, College Composition and Communication, 37, 16-55.

FLOWERS T.J., 2004 Improving crop salt tolerance. J. Exp. Bot., 55:307-319.

GÉRARD., TREMBLIN., ROZENN CANNUEL., JEAN-LUC MOUGET., MALKO RECH et JEAN-MICHEL ROBERT., 2000 Journal of AppliedPhycology volume 12, pages557–566.

GHRIB C.D., KCHAOU R., GHARBI F., REJEB S., KHOUDJA L., NEJIB REJEB M., 2011 Euro. Journals Publishing, Inc. 50208

GILL P.K., SHARMA A.D., SINGH P., BHULLAR S.S., 2003 Changes in germination, growth and soluble sugar contents of *Sorghum bicolor* (L.) Moench seeds under various abiotic stresses. Plant Growth Regulation, 40 (2): 157-162.

GOMES F.E., PRISCO J.T., CAMPOS F.A.P., FILHO E.J., 1983 Effect of NaCl salinity in vivo and in vitro on ribonuclease activity of *Vignaunguiculata* cotyledons during germination, PhysiologiaPlantarum 59(2):183-188.

GRIGORE., 2020 Definition and Classification of Halophytes as an Ecological Group of Plants, Faculty of Biology, AlexandruIoanCuza University of Ias,i, Ias,i, Romania.

Hajlaoui H., Denden M. et Bouslama M., TROPICULTURA, 25 (3), (2007), 168-173.

HAJLAOUI H., DENDEN M., BOUSLAMA M., 2007 Étude de la variabilité intra-spécifique de tolérance au stress salin du pois chiche (*Cicer arietinum* L.) au stade germination 25(3): 168-173.

HAMDY A. 1999. Saline irrigation and management for a sustainable use. In: Advanced Short Course on Saline Irrigation Proceeding, Agadir. P152-227.

Hamliche, V., Maiza, K. (2006). Traditional medicine in Central Sahara Pharmacopoeia of Tassili N'ajjer. J Ethnophy, 105 :358–367.

Hamrouni L., Hanana M., Abdely C. et Ghorbel A., 2011. Exclusion du chlorure et inclusion du sodium : deux mécanismes concomitants de tolérance à la salinité chez la vigne sauvage *Vitis vinifera* subsp. *silvestris* (var. 'sejnène') Biotechnol. agronom. Soc. Environ, 15 (3), 387-400

HAOUALA F et al., 2007 : Effet de la salinité sur la répartition des cations (Na⁺, K⁺ et Ca²⁺) et du chlore (Cl⁻) dans les parties aériennes et les racines du ray-grass anglais et du chiendent. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. Vol. 11, n°3, pp. 235-244.

HASEGAWA P.M et al., 2000: Plant cellular and molecular responses to high salinity. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 51, pp463-499.

Hassani A, Dellal A, Belkhodja, Kaid- Harche M, 2008. Effet de la Salinité sur l'eau et certains osmolytes chez l'orge (*Hordeum Vulgare* L.). European Journal of scientific Research Vol. 23 n°1. PP. 61-69. Hermann éditeurs des sciences et des arts, collection méthodes, Paris. P 575 m édit raneenne,

HAYEK T., ABDELLY C. 2004 Effets de la salinité sur l'état hydrique foliaire, la conductance stomatique, la transpiration et le rendement en grains chez 3 populations de mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br.). Revue des Régions Arides, Tome 1. P273-284.

HILLEL D., 2000: Salinity Management for Sustainable Irrigation. The World Bank, Washington, D.C.

HOPKINS W.G., 2003- Physiologie végétale. 2^{ème} édition. De Boeck, Bruxelles:

HOUARI E. K. D.1, CHEHMA A.1, LABADI 2013., Stratégies D'adaptation Anatomique De Quelques Amarantaceae Vivaces Spontanées Du Sud-est Algérien, Université Kasdi Merbah

Ouargla , Laboratoire des Bio-ressources Sahariennes : Pr é s e r v a t i o n e t V a l o r i s a t i o n, F a c u l t é d e s S c i e n c e s d e l a N a t u r e e t d e l a V i e e t S c i e n c e s d e l a T e r r e e t d e l ' U n i v e r s , , A l g é r i e .

IMALET R., 1979 :Influence de d i f f é r e n t e s c o n c e n t r a t i o n s d e s e l s (N a C L , N a ₂ S O ₄ , M g S O ₄) d e s e a u x d ' i r r i g a t i o n d e l ' a g r i c u l t u r e s u r l e r e n d e m e n t d u h a r i c o t . T h è s e I n g , I N A , E L - H a r r a c h , 4 3 p .

IPTRID., 2006 –Conf é r e n c e é l e c t r o n i q u e s u r l a s a l i n i z a t i o n . E x t e n s i o n d e l a s a l i n i s a t i o n e t s t r a t é g i e d e p r é v e n t i o n e t r é h a b i l i t a t i o n . P 2 , 1 1

jabnourne M, 2008-Adaptation des plantes au stress salin: caract é r i s a t i o n d e t r a n s p o r t e u r s d e s o d i u m e t d e p o t a s s i u m d e l a f a m i l l e H K T c h e z l e r i z . T h è s e D o c t . C N R S / I N R A / S u p . A g r o . U n i v . / M o n t p I I . 2 8 9 P .

JABNOUNE M.,2008:Adaptation des plantes à l ' e n v i r o n n e m e n t : S t r e s s s a l i n . P r é s e n t a t i o n P o w e r P o i n t .

Kambouche, N., Merah, B., Derdour, A., Bellahouel, S., Benziane, M. M., Younos, C., Firkioui, M., Bedouhene, S., Soulimani, R. (2009). Étude de l ' e f f e t a n t i d i a b é t i q u e d e s s a p o n i n e s e x t r a i t e s d ' A n a b a s i s a r t i c u l a t a (F o r s s k) M o q , p l a n t e u t i l i s é e t r a d i t i o n n e l l e m e n t e n A l g é r i e . P h y t o , 7 (4) : 1 9 7 – 2 0 1 .

KHALES A et BAAZIZ M., 2006 : E t u d e d e s p e r o x y d a s e s d ' é c o t y p e s d ' O p u n t i a *Ficus indica* L e n r e l a t i o n a v e c l e d é v e l o p p e m e n t d a n s l e s c o n d i t i o n s d e s t r e s s S a l i n . C o n g r è s i n t e r n a t i o n a l d e B i o c h i m i e , A g a d i r : p p . 1 3 3 - 1 3 6 .

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

Kinet, J.M., Benrebaha, F., Bouzid, S., Laihacar, S. et Dutuit, P. (1998). Le r é s e a u A t r i p l e x : A l l i e r b i o t e c h n o l o g i e s e t é c o l o g i e p o u r u n e s é c u r i t é a l i m e n t a i r e a c c r u e e n r é g i o n s a r i d e s e t s e m i - a r i d e s . C a h i e r s d ' A g r i c u l t u r e , 7 : 5 0 5 - 5 0 9 .

KUIPER D., SCHUIT J., ET KUIPER., 1990 A c t u a l c y t o k i n i n c o n c e n t r a t i o n s i n p l a n t t i s s u e a s a n i n d i c a t o r f o r s a l t r e s i s t a n c e i n c e r e a l s , P l a n t S o i l 1 2 3 2 4 3 – 2 5 0 .

Lamzeri, T. (2007). R é p o n s e s é c o p h y s i o l o g i q u e s d e t r o i s e s p è c e s f o r e s t i è r e s d u g e n r e A c a c i a , E u c a l y p t u s e t S c h i n u s (A . c y a n o p h y l l a , E . G o m p h o c e p h a l a , e t S . M o l l e) s o u m i s e s à u n s t r e s s

salin. Mémoire de magister en Ecologie et Environnement. Option : Ecologie Végétale. Université Mentouri Constantine 140 p

LEGROSJP., 2009 La salinisation des terres dans le monde Académie des Sciences et Lettres de Montpellier, conférence n°4069, Bull. n°40, pp. 257-269.

LEVIGNERON A, LOPEZ F, VARISUYT G, BERTHOMIEN P et CASSE-DELBAR T., 1995. Les plantes face au stress salin. Cahier d'agriculture.(4): 263-273.

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.

M .GHAMNIA YOUCEF Action de la salinité sur les caractéristiques physiologiques, biométriques, hydriques et minérales de la fève *Vicia faba* L. conduite dans un substrat sableux amendé à 7 % de bentonite magistère .UnivKasdiMerbah .Ourgla ,75p.

MAHROUZ, F., 2013 Effet du stress salin sur la croissance et la composition chimique de l'*Atriplex canescens*. Diplôme D'Ingénieur d'Etat. Université Kasdi Merbah-Ouargla. P:68

MAILLARD J., 2001. Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone sahélienne. Risques et recommandations. Handicap International, 34p

Marschner, H., 1995. Saline soils, Mineral Nutrition of Higher Plants, 2nd ed. Academic Press, San Diego, CA.

Mauromicale G., Licandro P., 2002. Salinity and temperature effects on germination, emergence and seedling growth of globe artichoke. Agronomie ; 22 : 443-50.

Mazliak P., 1982- Croissance et développement. Physiologie végétale II. Hermann ed., Paris, Collection Méthodes, 465p.

Meriem Barbouchi et al caractérisation de la salinité des sols à l'aide de l'imagerie radar satellitaire : cas de la Tunisie et du Maroc

Miled D., Bousaid M., Adblkeffi A. (1986). Colloque sur les végétaux en milieu aride. Djerba 8-10 sept. 1986. Fac. Sci. de Tunis ept. ACCTT 586.

Mirmazloum S.I., Szabo K., Poorkalhor V., 2010. N é m e t h E., Horti.21 (2010). The presoaking effects of PEG6000, KNO₃ and KCL on seed germination and seedling performance of *Nigella sativa*, L. 2nd International Conference on Horticulture Post-graduate Study, 2010, Lednice

MNIF L., CHAIEB M. 2004 Efficacité comparée de l'utilisation de l'eau de pluie en milieu aride par quatre populations d'une Poaceae pérenne. *Revue des régions Arides*, Tome 1. P.252-257.

Monneveux Ph et This D. La génétique face au problème de la tolérance des plantes cultivées à la sécheresse : Espoirs et difficultés., *sécheresse*, 1997, 8 (1), 29-37

Munns R. et Tester M., 2008-Mechanisms of salinity tolerance. *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol* 59:651–681.

MUNNS R et al ., 1983 : Halotoleranteukaryotes. In *Physiological Plant Ecology. III. Responses to the Chemical and Biological Environment. Encycl. Plant Physiol.*, pp. 59-135 New Series, Vol. 12C. Springer, Berlin.

Munns R, Hare RA, James RA, Rebetzke GJ. Genetic variation for improving the salt tolerance of durum wheat. *Australian Journal of Agricultural Research*. 2000;51:69–74.

-**Munns R., 2002.** Comparative physiology of salt and water stress; *Plant, Cell and Environment* 25, 239-250.

Munns R., 2005. Genes and salt tolerance: bringing them together. *New Phytol.* 167:645-63

Munns R., 2008. Sodium excluding genes from durum wheat and sea barleygrass improve sodium exclusion of bread wheat. 2nd International Salinity Forum *Salinity, water and society-global issues, local action*

Munns R., 2008. Sodium excluding genes from durum wheat and sea barleygrass improve sodium exclusion of bread wheat. 2nd International Salinity Forum *Salinity, water and society-global issues, local action. Mutation research/Genetic toxicology and environmental mutagenesis* 634 (1-2) ,25-31.

Nedjimi B., Bekai Z., Guit B., Toumi M. et Daoud Y., 2013-Germination et croissance d'Atriplexhalimus SUBSP. schweinfurthii en présence de CaCl₂. Algerian journal of aridenvironment vol. 3, N° 1, Juin 2013: 15-23.

Nguyen, N.T., Moghaieb, R.E., Saneoka, H., and Fujita, K., RAPD markers associated with salt tolerance in Acacia auriculiformisand Acacia mangium.Plant science, 2004. 167(4): p. 797-805.

Orcutt D.M. and NilsenE.T. ,(2000): Physiology of plants under stress. John Wiley& Sons Inc., New York, NY, USA.

OZENDA P., 1991- Flore et végétation du Sahara. 3^{ème} édition de CNRS, Paris: 309, 322.

Ozenda, P. (2004). Flore et végétation du Sahara. 3^{ème} édition, CNRS Editions, Paris.

Poljakoff-Mayber , A. (1975).Morphological and anatomical changens as a response to salinity stress, in Plants in Saline Environments. Ecological Studies. Analysis and Synthesis (POLJAKOFF-MAYBER, A. et GALE, J., Eds). Vol. 15: 97-117. Springer, Berlin.

Price A.H. and Hendry G.A.F., 1991. Iron-catalysed oxygen radical formation and its possible contribution to drought damage in nine native grasses and three cereals. Plant CellEnviron.14:477-484

Quezel, P., Santa, S. (1962). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiquesm éridionales.Tome I, Ed. CNRS, Paris.

RAINS (D.W.), 1972.-Salt transport by plants in relation to salinity. Ann. Rev. Plant Physiol., 23, 367-388.

Räsänen, L- A. (2002). Biotic and abiotic factors influencing the development of N₂-fixing symbioses between rhizobia and the woody legumes Acacia and Prosopis .Academic dissertation in microbiology.Helsinki. Thesis. 80Pp.

REZGUI M., BIZID E.,BEN MECHLIA N. 2004 Etude de la sensibilité au deficit hydrique chez quatre varieties de blé dur (TriticumdurumDesf.) cultivées en conditions pluviales et irriguées en Tunisie. Revue des R é g i o n s A r i d e s , T o m e 1 . P 2 5 8 - 2 6 5 .

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

SCOTTE., 1984). Review of data analysis methods for seed germination. *Crop science*, 24(6).P 1192-1199. s é l e c t i o n . Th è s e d e D o c t o r a t e n S c i e n c e s A g r o n o m i q u e s , M o n t p e l l i e r . P 1 9 1 .

SELYE H. 1936- A syndrome produced by diverse nocuous agents. *Nature* 138(3479, July 4):32

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

SNOUSSI S.A et HALITIM A., 1998 : Valorisation des eaux salines pour la nutrition min é r a l e des plantes cultiv é s . Etude et gestion des sols, pp289- 298.

SOLTNER., 2001). Les bases de la production v é g é t a l e . Tome III.la plant et son am é l i o r a t i o n , 3 e é d i t i o n P a r i s , 1 8 9 p .

Song J., Feng G., Tian C., and Zhang F., 2005. Strategies for Adaptation of Suaedaphysophora, Haloxylonammmodendron and Haloxylonpersicum to a Saline Environment During Seed-Germination Stage. *Annals of Botany*. 96: 399-405

SUN F et al., 2007: Salt Modulates Gravity Signaling Pathway to Regulate Growth Direction of Primary Roots in Arabidopsis. *Plant Physiol*. pp178-188.

Tester M., Davenport R. (2003): Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. *Ann. Bot.*, 91: 503–527. Thomas J.C., Sepahi M., Arendall B., Bohnert H.J.

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

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

Ungar IA.1991.Ecophysiology of vascular halophytes. *Boca Raton, FL: CRC Press*.

Weretilnyk E.A., Bednarek S., Mccue K.F, Rhodes D., Hanson A.D., 1989. Comparative biochemical and immunogical studies of betaine synthesis pathway in divers families of dicotyledons.*Planta*. (178) 342-352

Yamaguchi T., et Blumwald E., 2005 Developing salt-tolerant crop plants: challenges and opportunities. *Trends PlantSci.* 10(12): 615–620.

ZID, E. ET GRIGNON, C., 1991 Les tests de sélection précoce pour la résistance des plantes aux stress. Cas des stress salin et hydrique. L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides", Ed. Aupelf-Uref. John Libbey. Eurotext, Paris, 91-108.

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

Résumé

Le présent travail se concentre sur l'étude du comportement physio-morphologique d'une halophyte spontanée du Sahara, *Anabasis articulata* au stade de germination et de croissance (post-germination). À cet effet, les graines ont été émises à germersousdifférentes concentrations de NaCl (0, 50, 100, 150, 200 et 250mMol/l). Les résultats obtenus après 14 jours montrent que, les graines d'*Anabasis articulata* tolèrent les concentrations salines élevées jusqu'à 250 mMol/l de NaCl. Sur le plan physiologique, l'augmentation de concentration en sel retarde la vitesse, le taux de germination final et ralentit la cinétique de germination, du plus l'étude d'indice de récupération montre un effet osmotique de sel sur les graines d'*Anabasis articulata*, bien que sur le plan morphologique, nous avons enregistré une diminution proportionnelle des parties végétatives (radicules et tiges) avec l'accroissement de salinité. Les résultats obtenus démontrent également que malgré l'effet dépressif du sel, l'*Anabasis articulata* a toléré le stress salin.

Mots clés: Halophyte, *Anabasis articulata*, Germination, Salinité

Effect of salt stress on germination and growth (post-germination) of the species

Anabasis articulata (Forsk) Moq.

Abstract

The present work focuses on the study of the physio-morphological behavior of a spontaneous halophyte plant *Anabasis articulata* at the germination and growth stage (post-germination). For this purpose, the seeds were germinated in different concentrations of NaCl (0, 50, 100, 150, 200, 250mMol/l). The results obtained after 14 days show that the seeds of *Anabasis articulata* tolerate high salt concentrations up to 250 mMol/l of NaCl. On the physiological level the increase in salt concentration delays the speed, the final germination rate and slows down the germination kinetics, moreover the study of germination recovery shows an osmotic effect of salt on the seeds of *Anabasis articulata*, although on the morphological level we recorded a proportional decrease in vegetative parts (radicles and stems) with the increase in salinity. The results also show that despite the depressive effect of salt, *Anabasis articulata* produced a tolerance to salt stress.

Keywords: Halophyte, *Anabasis articulata*, Germination, Salinity.

تأثير الإجهاد الملحي على نباتات ونمو (ما بعد الإنبات) نبات الباقل (*Anabasis articulata*)

ملخص

يرتكز هذا العمل على دراسة السلوك الفيزيولوجي المورفولوجي للنبات الملحي البري (الباقل) *Anabasis articulata* في مرحلة الإنبات والنمو (بعد الإنبات). لهذا الغرض، وضعت البذور أمام تراكيز مختلفة من كلوريد الصوديوم (0، 50، 100، 150، 200، 250 ملي مول / لتر). أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها بعد 14 يومًا أن بذور نبات (الباقل) تحمل تراكيز عالية من الملح تصل إلى 250 ملي مول / لتر من كلوريد الصوديوم. على المستوى الفسيولوجي، تؤدي الزيادة في تركيز الملح إلى تأخير السرعة ومعدل الإنبات النهائي وإبطاء حركية الإنبات، علاوة على ذلك، أظهرت دراسة مؤشر استرداد الإنبات تأثير اسموزي للملح على بذور نبات (الباقل) *Anabasis articulata*، أما بالنسبة للمستوى المورفولوجي سجلنا انخفاضًا نسبيًا في نمو الأجزاء النباتية (الجنود والسيقان) مع زيادة الملوحة. بينت النتائج أيضًا أنه على الرغم من التأثير السلبي للملح، إلا أن نبتة *Anabasis articulata* أظهرت تحملها لضغط الملح.

الكلمات المفتاحية: نبتة ملحية، الباقل *Anabasis articulata*، الإنبات، الملوحة.