



وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique

جامعة زيان عاشور-الجلفة

Université Ziane Achour -Djelfa

كلية علوم الطبيعة و الحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Projet de fin d'étude

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité : Ecologie végétale et Environnement

Thème :

Tolérance de *Anabasis articulata* Forssk Moq à la salinité durant la phase germinative et post-germinative

Présenté par :

M^{lle} Khadraoui Meriem

M^{lle} Guebadj Nadjate

Soutenu devant le jury :

M^r NEDJIMI B

M^r BAKHTI Y M.Z.

M^r AMRAOUI A.

M^{lle} AOUACHE M.

Professeurs

MCA

MAA

Doctorante

Université de Djelfa

Université de Djelfa

Université de Djelfa

Université de Djelfa

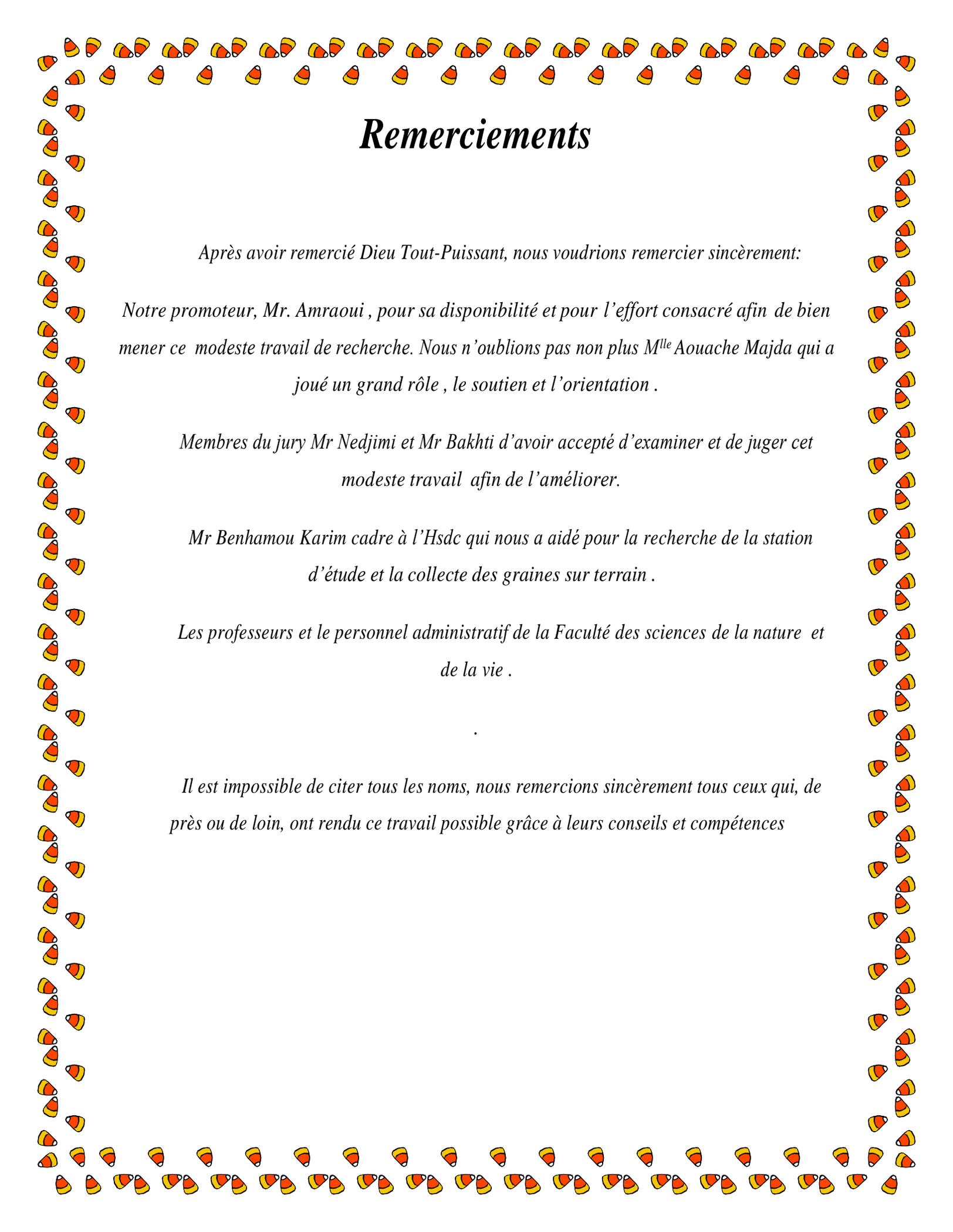
Président.

Examinateur

Promoteur

Co-promotrice.

Année Universitaire : 2021/2022



Remerciements

Après avoir remercié Dieu Tout-Puissant, nous voudrions remercier sincèrement:

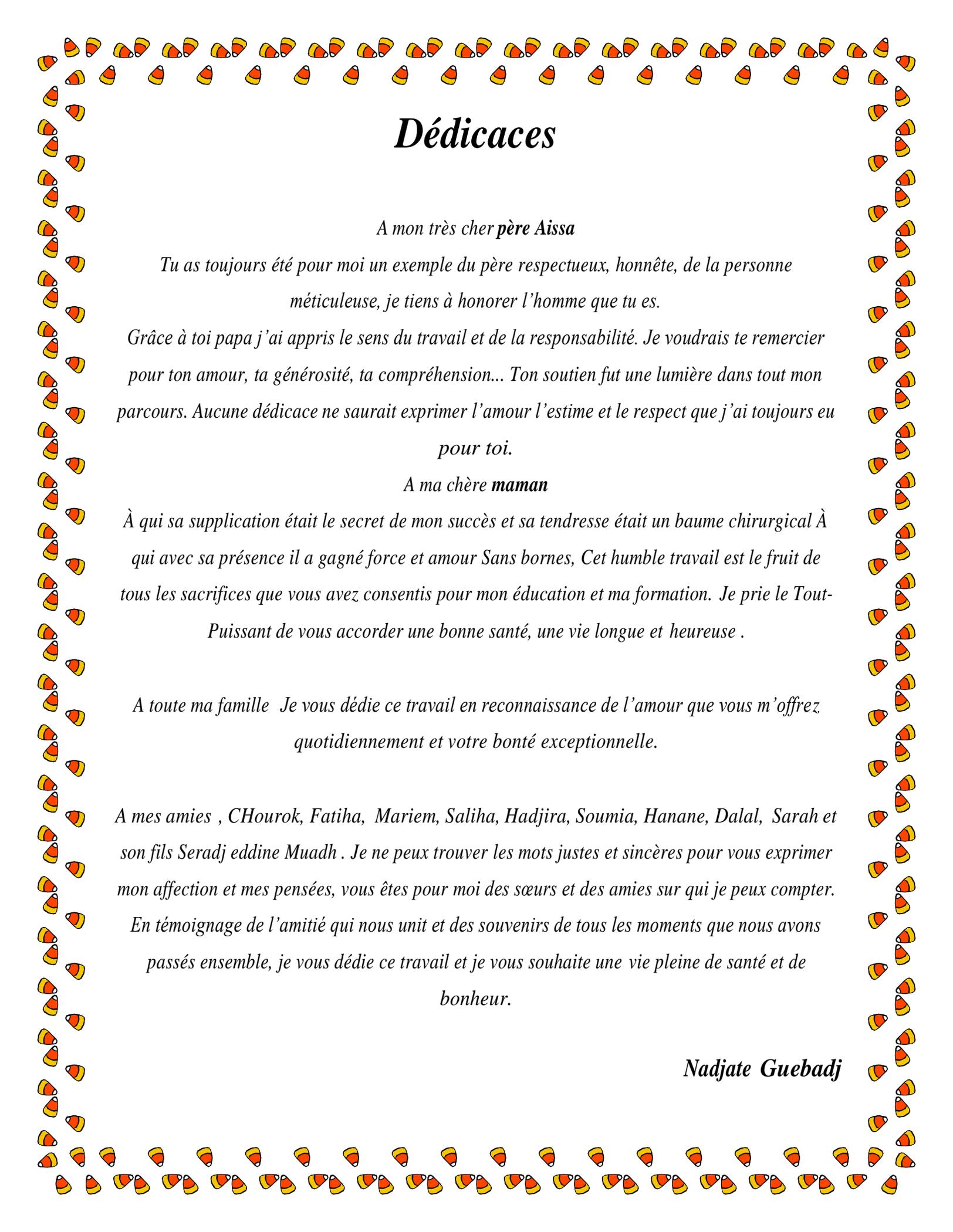
Notre promoteur, Mr. Amraoui , pour sa disponibilité et pour l'effort consacré afin de bien mener ce modeste travail de recherche. Nous n'oublions pas non plus M^{lle} Aouache Majda qui a joué un grand rôle , le soutien et l'orientation .

Membres du jury Mr Nedjimi et Mr Bakhti d'avoir accepté d'examiner et de juger cet modeste travail afin de l'améliorer.

Mr Benhamou Karim cadre à l'Hsdc qui nous a aidé pour la recherche de la station d'étude et la collecte des graines sur terrain .

Les professeurs et le personnel administratif de la Faculté des sciences de la nature et de la vie .

Il est impossible de citer tous les noms, nous remercions sincèrement tous ceux qui, de près ou de loin, ont rendu ce travail possible grâce à leurs conseils et compétences



Dédicaces

A mon très cher père Aissa

Tu as toujours été pour moi un exemple du père respectueux, honnête, de la personne méticuleuse, je tiens à honorer l'homme que tu es.

Grâce à toi papa j'ai appris le sens du travail et de la responsabilité. Je voudrais te remercier pour ton amour, ta générosité, ta compréhension... Ton soutien fut une lumière dans tout mon parcours. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour l'estime et le respect que j'ai toujours eu pour toi.

*A ma chère **maman***

À qui sa supplication était le secret de mon succès et sa tendresse était un baume chirurgical À qui avec sa présence il a gagné force et amour Sans bornes, Cet humble travail est le fruit de tous les sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et ma formation. Je prie le Tout-Puissant de vous accorder une bonne santé, une vie longue et heureuse .

A toute ma famille Je vous dédie ce travail en reconnaissance de l'amour que vous m'offrez quotidiennement et votre bonté exceptionnelle.

A mes amies , CHourok, Fatiha, Mariem, Saliha, Hadjira, Soumia, Hanane, Dalal, Sarah et son fils Seradj eddine Muadh . Je ne peux trouver les mots justes et sincères pour vous exprimer mon affection et mes pensées, vous êtes pour moi des sœurs et des amies sur qui je peux compter.

En témoignage de l'amitié qui nous unit et des souvenirs de tous les moments que nous avons passés ensemble, je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.

Nadjate Guebadj

Dédicace

Je dédie ce travail :

A l'âme de mon Père , que la miséricorde de Dieu soit sur lui,

*A l'être humain le plus chère et le plus précieux de ma vie. Qui m'a élevée dans l'amour.
et le sourire , à celle qui a décoré ma vie de lumière , de bougies de joie à ceux qui m'a donné la
force et la détermination de continuer les études à celle qui m'a enseigné la patience et la
diligence la précieuse , Ma mère .*

*A mes frères, leurs femmes, leurs enfants, mes sœurs, leurs maris et leurs enfants Que dieu les
préserve .*

*A mon mari, qui m'a accompagné dans toutes les étapes de ma vie, au secret de ma
réussite, à celui qui m'a encouragé pour terminer ce travail, dont j'en suis fière. Je vous offre le
fruit des efforts qu'on a fait ensemble pendant des années .*

À toute la famille généreuse et aux camarades de classe, je leurs souhaite bonne chance.

À mon cher frère et ami Hassan ,Qui m'a aidé à écrire ce mémoire

A tous les gens que j'aime et apprécie.

الحمد لله على فضله العظيم وجزيل

عطاءه

Khadraoui Meriem

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des Tableaux

Introduction	01
Chapitre I: Présentation de l'espèce étudiée	
1-Classification	03
2-Description de l'espèce	03
2-1-Rameaux	04
2-2-Feuilles	04
2-3-Fleurs.....	04
2-4-Fruit.....	05
3-Aire géographique	05
4-Période de végétation	05
5-Habitat	05
6-Intérêts	06
6-1-Intérêt médicinal et thérapeutique	06
6-2-Intérêt pastorale.....	06
6-3-Intérêt biotechnologique	06
6-4-Intérêt écologique.....	06
7-Travaux	06
Chapitre II : Germination et salinité	
1-Germination	08
1-1- Définition	08
1-2-Types de germination	08
1-3-Phases de la germination	08
1-4-Condition de la germination.....	09
1-4-1-Condition internes de la germination	09
1-4-2- Conditions externes de la germination.....	09
2-Stress	10
2-1-Définition	10
2-2-Types.....	10
3- Salinité et les sols salés	11
3-1- Salinité.....	11
3-1-1-Définition.....	11
3-1-2-Importance.....	11
3-1-3-Types	11
3-2-Sols salés (sols halomorphes).....	12
3-2-1-Définition	12
3-2-2-Principaux sels solubles	12
3-3-Effet de la salinité.....	13
3-3-1-Effet de la salinité sur la germination	13
3-3-2-Effet de la salinité sur la croissance et le développement	13
3-4-Réponse des plantes face à la salinité	14
3-4-1-Mécanismes de tolérance	14
3-4-1-1-Exclusion.....	14
3-4-1-2-Ajustement osmotique	14
3-4-2-Mécanismes d'adaptation à la salinité	15
3-4-2-1-Adaptations morphologiques	15
3-4-2-2-Adaptations anatomiques.....	15

Chapitre III : Matériels et méthodes

1-Objectif	16
2-Matériel	16
2-1-Matériel végétal.....	16
2-2-Matériel utilisé au laboratoire et au terrain.....	17
2-2-1-Matériel utilisé sur terrain.....	17
2-2-2-Matériel utilisé au laboratoire.....	17
3-Méthodes	17
3-1- Choix de la station de récolte des graines	17
3-2-Préparation des graines	18
3-2-1-Séchage	18
3-2-2-Extraction et nettoyage	18
3-2-3-Conservation des graines.....	18
3-3-Préparation des échantillons.....	18
3-3-1-Tri des graines.....	18
3-4-Traitements des graines en vue de leurs germinations	18
3-4-1-Préparation des solutions.....	18
3-4-2-Stérilisation des graines	19
3-4-3-Mise en germination des graines	19
3-4-4- Mesure de la croissance en longueurs des plantules	20
3-5-Méthodes d'expression des résultats	21
3-5-1-Cinétique de germination.....	21
3-5-2-Taux de germination	21
3-5-3-Délai de germination	21
3-5-4-Vitesse de germination	22
3-6-Traitements statistiques	22
Chapitre IV: Résultats et discussions	
1-Paramètres physiologiques	23
1- 1-Effet du stress salin sur la cinétique de germination.....	23
1-2-Effet du stress salin sur le taux final de germination.....	25
1-3-Effet du stress salin sur la vitesse de germination	26
2-Paramètres morphologiques	28
2-1-Effet de stress salin sur la longueur des racelles.....	28
2-2-Effet de stress salin sur la longueur des tigelles.....	29
Conclusion	31

Références Bibliographiques

Annexe

Résumé

Liste des abréviations

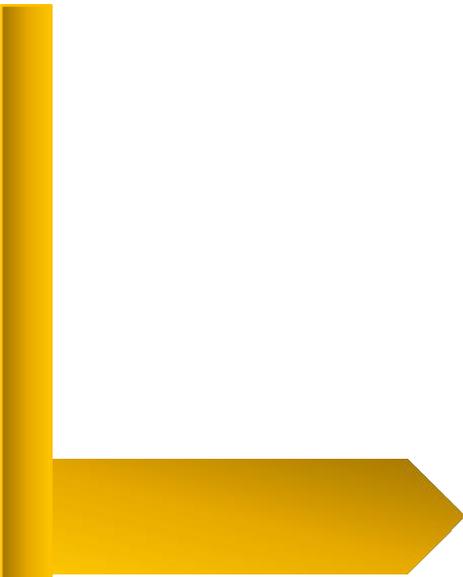
% : Pourcentage	LF : longueurs des feuilles
°C : Degré Celsius	LR : longueurs des racines
ANOVA : Analyse de variance	m : mètre
APG : Angiosperms Phylogeny group	mg : milligramme
C: Concentration	Mg ⁺⁺ : magnésium
C0: Témoin (eau distillée)	MgCl ₂ : chlorure de magnésium
C1 :Concentration salin n° 01 (100mmol/l)	MgCO ₃ : carbonate de magnésium
C2 : Concentration salin n° 02 (200mmol/l)	MgSO ₄ : sulfate de magnésium
C3 : Concentration salin n° 03 (300mmol/l)	ml : millilitre
C4 : Concentration salin n° 04 (400mmol/l)	mmol : Mili moule
C5 : Concentration salin n° 05 (500mmol/l)	n : le nombre des semences germées le jour j
C6 : Concentration salin n° 06 (600mmol/l)	N : Nombre total de graines germées
Ca ⁺⁺ : calcium	N ⁺ : sodium
CaCl ₂ : chlorure de calcium	Na ₂ CO ₃ : carbonate de sodium
CaCO ₃ : carbonate de calcium	NaCl : chlorure de sodium
CaSO ₄ : sulfate de calcium	NaHCO ₃ : bicarbonate de sodium
CG : Cinétique de germination	NaSO ₄ : sulfate de sodium
Cl : chlorure	nj : le nombre de jour après l'ensemencement
Cm : Centimètre	NO ³⁻ : Nitrate
CV : coefficient de vélocité	Nt : Nombre total de graines
DPPH : (2.2-diphényli 1-pyrcilhdrazyle)	P : probabilité
ds : décisiemens	TCG : taux cumulé de germination
DW : Dry Weight	TL : Temps de latence
g : gramme	TMG : temps moyen de germination
GAE : Gallic Acid Equivalent	VG : Vitesse de germination
h : heure	
j : jour	
K ⁺ : Potassium	
L : Litre	

Liste des tableaux

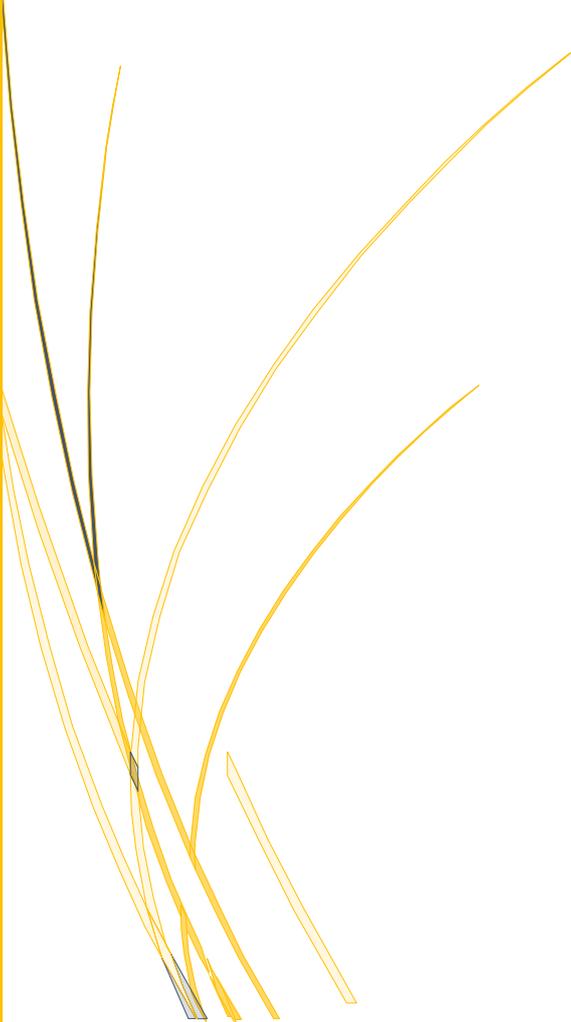
	Pages
Tableau 01: Principaux travaux faites sur l'espèce	07
Tableau 02: Différentes concentrations des solutions salines	19
Tableau 03 : Analyse de la variance à un seul facteur de l'effet des trois sels sur le taux de germination des deux espèces ($\alpha = 0,05$).....	26

Liste des figures

	Pages
Figure N° 1 : Individus d' <i>Anabasis articulata</i>	03
Figure N° 2 : Rameau d' <i>Anabasis articulata</i>	04
Figure N° 3 : Feuilles d' <i>Anabasis articulata</i>	04
Figure N° 4 : Fleurs d' <i>Anabasis articulata</i>	05
Figure N° 5 : Vue générale de la station de récolte des graines... ..	16
Figure N° 6 : Extraction des graines... ..	18
Figure N° 7 : Préparation des solutions salines.....	19
Figure N° 8 : Graines d' <i>Anabasis articulata</i> dans des boîtes pétri... ..	20
Figure N° 9 : Mise en germination des graines... ..	20
Figure N°10 : Mesure de la croissance en longueurs des plantules... ..	21
Figure N°11 : Cinétique de germination des graines d' <i>Anabasis articulata</i>	24
Figure N°12 : Taux final de germination	25
Figure N°13 : Vitesse de germination.....	27
Figure N°14 : Effet de stress salin sur la longueur des radicelles.....	28
Figure N°15 : Effet de stress salin sur la longueur des tigelles	29

A thick yellow vertical bar runs down the left side of the page. A yellow arrow points to the right from the bar, pointing towards the title.

Introduction



Introduction

Les zones arides et semi-arides constituent environ les deux tiers de la surface du globe terrestre (**BENBRAHIM et al., 2004**). Ces régions sont caractérisées par des biotopes affectés par la salinisation. En effet, cette contrainte constitue un facteur limitant de la productivité et du développement agricole (**ASHRAF et HARRIS, 2004**).

L'Algérie est parmi les pays menacés par ce phénomène ; avec 3,2 millions d'hectares affectés par la salinité (**BELKHODJA et BIDAI, 2004**).

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

Les plantes répondent à cette contrainte par des mécanismes de tolérance et d'adaptation. La réponse aux sels des espèces végétales, dépend de l'espèce même, de sa variété, de la concentration en sel et du stade de développement de la plante (**BEN NACEUR et al., 2001**).

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

Les Amaranthaceae est une famille comprend plus de 800 espèces réparties en environ 75 genres. La plupart de ces espèces contient des annuelles, des arbustes et des plantes vivaces (**GUUDRUN et al., 2003**). Elles 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* » représente une résistance aux conditions extrêmes de la région et présente des stratégies d'adaptation comme la plupart des désertiques (réduction de la surface foliaire et la constitution de réserve d'eau à l'intérieur des tissus...)

Compte tenu de l'importance de la germination dans le cycle végétatif des plantes en zones arides et l'effet des principales contraintes environnementales qui y sévissent notamment la

sècheresse et la salinité, nous nous sommes proposés l'étude du comportement physiologique de l'*Anabasis articulata*, espèce à usages multiples (médicinal, pastoral, écologique, etc.) sous stress salin.

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

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

Ce travail est scindé en deux parties :

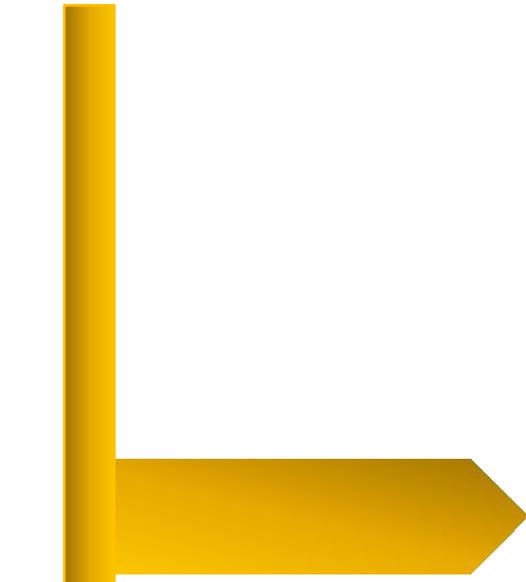
- La première partie est une synthèse bibliographique, comprenant deux chapitres ;

Présentation de l'espèce sélectionnée et Généralités sur la germination et la salinité

- Une seconde partie, expérimentale, est représentée par deux chapitres ;

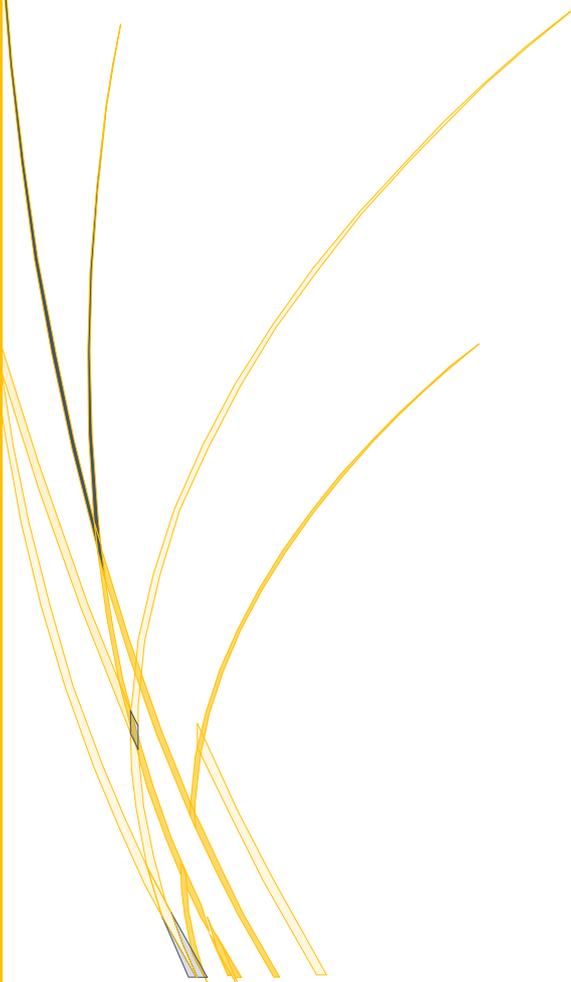
Matériel et méthodes , résultats et discussion

Et enfin, une conclusion générale résumant les différents résultats obtenus et les perspectives.

A thick yellow vertical bar runs down the left side of the page. A yellow arrow points from the bar towards the right, pointing towards the chapter title.

Chapitre I:

Présentation de l'espèce



Les Chénopodiacées comprennent plus de cent genres et un millier d'espèces. Ce sont essentiellement des plantes de terrains salés vivant surtout sous les climats arides et semi-arides (OZANDA, 1977). Selon la nouvelle classification dite APG III (Angiosperms Phylogeny group III), les Chénopodiacées sont dorénavant appelés Amaranthacées (SARI-ALI, 2012).

Parmi les halophytes spontanées de la famille des Amaranthacées, on trouve l'espèce *Anabasis articulata* (Forssk) Moq. Synonyme : (*Salsola articulata* Forssk, 1975)

1-Classification

Anabasis articulata occupe la place suivante dans la systématique de la flore :

Règne : Plantae

Phylum : Tracheophyta

Classe : Magnoliopsida

Ordre : Caryophyllales

Famille : Amaranthaceae

Genre : *Anabasis*

- **Nom scientifique** : *Anabasis articulata* (forssk.) Moq.
- **Nom vernaculaire** : Baguel

2-Description de l'espèce

Anabasis articulata est une halophyte spontanée vivace, communément appelée Adjrem ou Baguel (OZENDA, 1991; CHEHMA, 2006) qui peut dépasser deux mètres de hauteur, c'est une espèce endémique saharienne avec un buisson bas, une souche épaisse et tortueuse (OZENDA, 1991). *Anabasis articulata* est plus au moins dressé, très rameux (MAIRE, 1962) de couleur vert bleuté très clair (OZENDA, 1977).



Figure N°1: Individus d'*Anabasis articulata*

2-1-Rameaux

Les rameaux sont articulés et presque sans feuilles. Pendant les périodes de grande sécheresse ils sont caducs et tombent au pied de la plante.



Figure N° 2 : Rameau d'*Anabasis articulata*

2-2-Feuilles

Les feuilles opposées ont une partie libre très courte, obtuse ou terminée par une pointe blanchâtre(OZANDA,1983).



Figure N° 3 : Feuilles d'*Anabasis articulata*

2-3-Fleurs

A Fleurs rosées entourés d'ails étalés de même couleur (QUZEL et SANTA, 1962-1963). Les fleurs blanches rosées sont isolées à l'aisselle de chaque feuille (OZANDA,1983).



Figure N° 4:Fleurs d'*Anabasis articulata*

2-4-Fruit

Le fruit est entouré par trois ailes dues à la dilatation de trois de ces sépales (OZANDA ,1991).

3-Aire géographique

Cette espèce est commune dans les sols pierreux de tout le Sahara, jusqu'au Sahara méridional (OZENDA,2004). C'est une espèce commune dans le Sahara septentrional algérien (MAIRE, 1962 ;BOULOS, 1999; CHEHMA , 2006).

4-Période de végétation

Floraison s'effectue en novembre-décembre (CHEHMA , 2006 ;QUEZEL et SANTA, 1962-1963).

5-Habitat

Cette espèce occupe les terrains ensablés des regs et des lits d'oueds, où elle peut coloniser de très grandes surfaces (BOULOS, 1999 ; CHEHMA , 2006).et se développe aussi dans les sols pierreux et dans les oueds sablonneux largement parcouru par les dromadaires et les chèvres (CHOPRA, 1956).

6-Intérêts

6-1-Intérêt médicinal et thérapeutique

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 ABDUVAKHABOV, 1998**).

6-2-Intérêt pastoral

L'*Anabasis articulata* ayant aussi un intérêt pastoral, dont elle est appréciée par les dromadaires et broutée par les chèvres (**QUEZEL et SANTA, 1962; OZENDA, 1991**).

6-3-Intérêt biotechnologique

D'autres propriétés cholinergiques ont également été signalées chez cette espèce. Leurs tiges ont été écrasées et utilisées comme savon (**TILYABAEV et ABDUVAKHABOV, 1998**).

6-4-Intérêt écologique

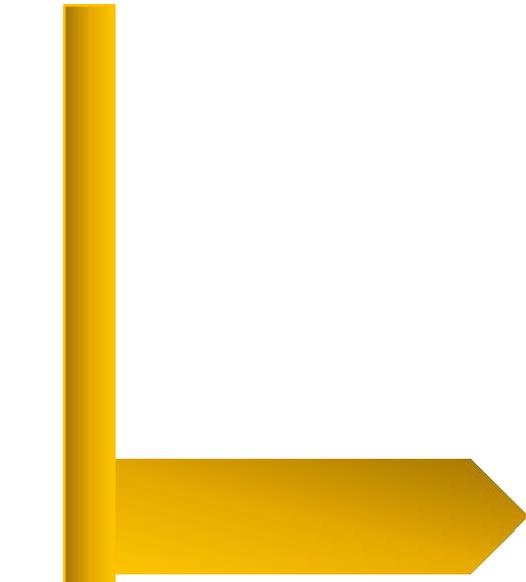
L'*Anabasis articulata* comme d'autre plantes psammo-halophytes, est utilisée pour la restauration des sols dégradés et comme dans la lutte biologique pour la fixation des dunes et contre l'avancée du sable par le vent (**TRABELSI et KHERRAZE, 2020**).

7-Travaux

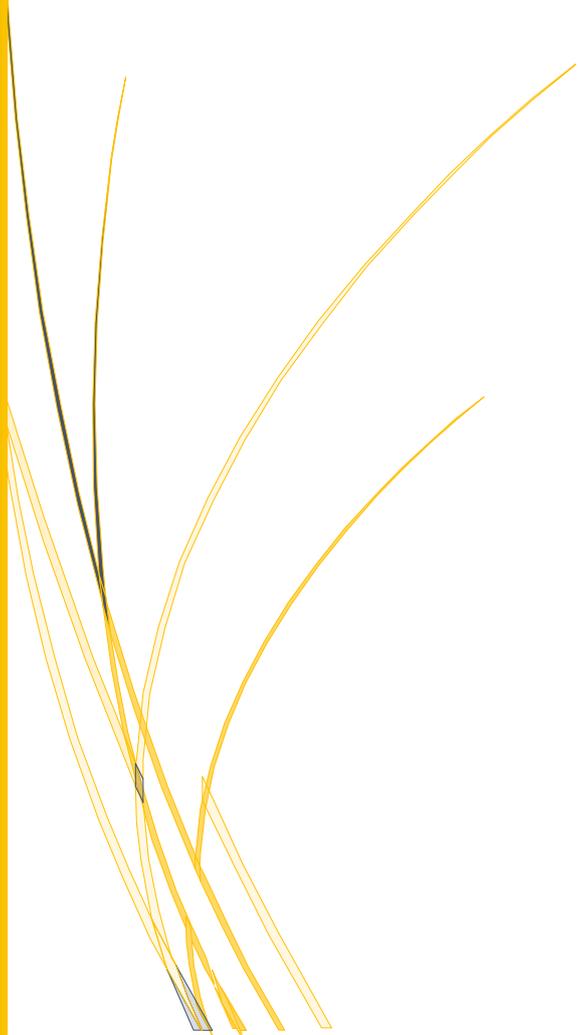
La plupart des études concernant cette espèce ont été menées sous un aspect chimique ou pharmacologique ; citons par exemple l'étude de (**ABDULSQHIB et al., 2016**) qui avait comme objectif de trouver l'effet antioxydant et anti-angiogène potentiel des extraits de tiges de *A.articulata*. Donc il est nécessaire de s'intéresser à cette espèce sous un angle physiologique et vu qu'il s'agit d'une espèce halophyte , on va étudier le comportement cette espèce face au stress salin.

Tableau 01 : Principaux travaux réalisés sur l'espèce

Types d'études	Auteurs et années	Objectifs	Résultats
Chimique médicinale et pharmacologique	(KAMBOUCHE et al., 2011)	Extraction et purification de la molécule active saponine stéroïdique β -sitoglucoside (a) Evaluation de l'activité antidiabétique	Cette étude confirme l'effet antidiabétique de la molécule séparée qui a un effet stimulant sur les cellules pancréatiques libératrices de l'insuline
	(SAIDANI et REZIEG, 2020)	Etudier l'activité antioxydant et la quantification des polyphénols pour les extraits (méthanol-hexane-acétate d'éthyle) aux quatre plantes : <i>A.articulata</i> , <i>H. scoparia</i> , <i>A.articulata</i> et <i>S.tetragona</i>	Selon les résultats de l'activité antioxydant, l'extrait d'acétate d'éthyle d' <i>A. articulata</i> a donné la meilleure activité d'inhibition des radicaux libres DPPH.
	(ABDULSAHIB et al., 2016)	Trouver l'effet antioxydant et anti-angiogène potentiel des extraits de tiges de <i>A.articulata</i> .	Les extraits de méthanol des tiges d' <i>Anabasis articulata</i> ont montré une activité d'antiangiogenèse très importante ainsi qu'une activité significative de récupération de radicaux libres.
	(METWALLY et al., 2012)	Examiner le rôle antidiabétique possible et l'action thérapeutique cruciale de la saponine fractions de l'extrait éthanolique de parties aérales de la plante médicinale <i>Anabasis articulata</i> par rapport au médicament antidiabétique gliclazide (diamicron) actuellement disponible contre les complications diabétiques induites lésion des tissus chez les rats.	Ces résultats suggèrent que <i>Anabasis articulata</i> a des actions multi-bénéfiques dans le contrôle du diabète et des conséquences des complications induites dans le pancréas et le foie et peut être considéré comme médicament antidiabétique naturel.
	(BENHAMMOU et al., 2013)	Etudier les propriétés antioxydantes des tiges et des extraits de racines et déterminer la quantité des composés phénoliques totaux, des flavonoïdes, des flavonols, des tanins condensés et des caroténoïdes.	Les résultats ont montré que les tiges présentaient une concentration plus élevée de composés phénoliques (25,48 mg GAE/g DW) que les racines (19,85 mg/g DW). L'activité antioxydante totale dans les deux parties de la plante n'a montré aucune différence significative.
	(BELYAGOUBI, 2012)	L'extraction et la quantification des phénols totaux, des flavonoïdes et des tannins. Et l'étude de l'activité antioxydante des extraits de plantes	Tous les extraits des plantes étudiées présentent des propriétés antioxydantes à différents niveaux.
Anatomique et morphologique	(SUKHORUKOV, 2008)	L'anatomie et la morphologie des fruits de 22 représentants du genre <i>Anabasis</i> L. ont été étudiés, dans le but de clarifier l'importance taxonomique des caractères carpologiques dans le genre.	Les différences anatomiques concernent principalement la structure épidermique externe. Les caractères des organes reproducteurs chez les représentants de l' <i>Anabase</i> sont montrés.

A thick yellow vertical bar runs down the left side of the page. A yellow arrow points to the right from the bar, positioned behind the chapter title.

Chapitre II : Germination et salinité



1-Germination

1-1- Définition

La germination est une période transitoire au cours de laquelle la graine qui était à l'état de vie latente, manifeste une reprise des phénomènes de multiplication et d'allongement cellulaire (CHAUSSAT *et al.*, 1975).

La germination correspond au passage de l'état de vie ralentie à l'état de vie active, que les réserves qui jusque-là assuraient le métabolisme résiduel de l'embryon, vont être activement métabolisées pour assurer la croissance de la plantule (JEAM *et al.*, 1998).

1-2- Types de germination

Chez les phanérogames, selon le type de croissance de la plantule, on distingue deux types de germination :

▪ Germination épigée

La germination épigée caractérisée par un soulèvement des cotylédons hors du sol car il y a un accroissement rapide de la tigelle le premier entre-nœud donne l'épicotyle, et les premières feuilles, au-dessus de cotylédons sont les feuilles primordiales (AMMARI, 2011).

▪ Germination hypogée

La graine reste dans le sol, la tigelle ne se développe pas et les cotylédons restent dans le sol (AMMARI, 2011).

1-3-Phases de la germination

HELLER *et al.*, (2000) ; RAVEN *et al.*, (2003) et MEYER *et al.*, (2004) ont distingué trois phases :

- **Phase I**, 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.
- **Phase II**, ou phase de germination stricto sensu. 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 48 heures. 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.
- **Phase III**, est caractérisée par une reprise de l'absorption d'eau et une augmentation de la consommation d'oxygène, elle correspond à un processus de croissance de la radicule puis la tige.

1-4- Condition de la germination

1-4-1-Condition internes de la germination

Lorsque des graines sont arrivées à maturité , elles sont placées dans des conditions optimales de température et d'humidité .Pour qu'elles ne germent pas, plusieurs causes sont à envisager : la dormance de l'embryon ou les inhibitions de germination.

Les conditions internes de la germination concernent la graine elle-même ; elle doit être vivante, mure, apte à germer (non dormante) et saine (**JEAM et al., 1998**)

1-4-2-Conditions externes de la germination

La graine exige la réunion de conditions extérieures favorables à savoir l'eau, l'oxygène, et la température et la lumière (**SOLTNER, 2007**).

Selon (**CHAUSSAT et al.,1975**), La germination exige obligatoirement de l'eau, celle-ci doit être apportée à l'état liquide. Elle pénètre par capillarité dans les enveloppes. Elle est remise en solution dans les réserves de la graine, pour être utilisée par l'embryon, et le gonflement de leurs cellules, donc leur division (**SOLTNER, 2007**)

Toujours selon (**SOLTNER ,2007**), La germination exige obligatoirement de l'oxygène, une faible quantité d'oxygène peut être suffisante pour permettre la germination.

D'après (**MEYER et al.,2004**), l'oxygène est contrôlé par les enveloppes qui constituent une barrière, mais en même temps une réserve.

La température a deux actions :

- ✚ Directe : Par l'augmentation de vitesse des réactions biochimiques, c'est la raison pour laquelle il suffit d'élever la température de quelques degrés pour stimuler la germination(**CHAUSSAT et al., 1975**).
- ✚ Indirecte : Par l'effet sur la solubilité de l'oxygène dans l'embryon (**CHAUSSAT et al., 1975**). La lumière agit de manière différente sur les espèces. Elle inhibe la germination des graines photosensibilité négative et stimule celles à photosensibilité positive, Les espèces indifférentes à la photosensibilité sont rares (**ANZALA, 2006**).

2-Stress

2-1-Définition

Le stress est un ensemble de conditions qui provoquent des changements des processus physiologiques résultant éventuellement en dégâts dommages, blessures, inhibition de croissance ou de développement (**MENACER et al., 2007**).

2-2-Types

On distingue deux grandes catégories de stress dans la nature :

- ✚ Stress Biotiques : causes par des organismes vivants (champignons, bactéries, virus, nématodes, insectes, etc.) (**MARION, 2016**).
- ✚ Stress Abiotiques : des facteurs environnementaux tels que la sécheresse, le gel, les déficiences en nutriment, le vent etc. (**MARION, 2016**).
 - **Stress salin** : défini comme une concentration excessive en sels. Le terme stress salin s'applique surtout à un excès des ions, en particulier Na^+ et Cl^- (**HOPKINS, 2003**).
 - **Stress hydrique**: c'est une forte concentration saline dans le sol est tout d'abord perçue par la plante comme une forte diminution de la disponibilité en eau. Cela nécessite un ajustement osmotique adapté, afin que le potentiel hydrique cellulaire demeure inférieur à celui du milieu extracellulaire et à celui du sol. Ce phénomène assure d'une part, la poursuite de l'absorption de l'eau du sol, et d'autre part, la rétention de l'eau intracellulaire et le maintien de la turgescence. Lorsque l'ajustement osmotique n'est pas suffisant, l'eau a tendance à quitter les cellules, ce qui provoque un déficit hydrique et la perte de la turgescence (**LEVIGNERON et al., 1995**).
 - **Stress thermique** : provoqué par la température, c'est un facteur le plus limitant et qui conditionne la production et la croissance des plantes (**HOPKINS, 2003**).
 - **Stress ionique** : en dépit d'un ajustement osmotique correct, la toxicité ionique survient lorsque l'accumulation de sels dans les tissus perturbe l'activité métabolique. (**LEVIGNERON et al., 1995**).
 - **Stress nutritionnel** : des concentrations salines trop fortes dans le milieu, provoquent une altération de la nutrition minérale, en particulier vis-à-vis des transporteurs ioniques cellulaires. Le sodium entre en compétition avec le potassium et le calcium, et le chlorure avec le nitrate, le phosphore et le sulfate (**LEVIGNERON et al., 1995**).

3- Salinité et les sols salés

3-1- Salinité

3-1-1-Définition

Plusieurs auteurs ont défini la salinité des sols et des eaux comme étant la présence de concentration excessive de sels solubles, ou lorsque les concentrations en (Na^+), (Ca^{++}), (Mg^{++}) sous formes de chlorures, carbonates, ou sulfates sont présentes en concentrations anormalement élevées (ASLOUM, 1990).

3-1-2-Importance

La salinité joue un rôle important dans l'existence et la distribution des plantes. À très faible concentration, certains sels présents à l'état naturel dans le sol sont absorbés comme éléments nutritifs par les végétaux. Cependant, à des concentrations plus élevées, les sels solubles peuvent empêcher les racines d'absorber l'eau et les éléments nutritifs (WIEBE *et al.*, 2001). 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).

3-1-3-Types

D'après (CHERBUY, 1991), la salinisation d'un milieu, implique la présence d'une source de sels qui peut être naturelle, dite salinisation primaire, et anthropique induite par des activités agricoles comme l'irrigation ou l'utilisation de certains types d'engrais que nous appellerons secondaire.

Salinité primaire

La salinité primaire s'explique par l'accumulation de sels dans le sol ou d'eaux souterraines sur une longue période de temps en deux processus naturels : dégradation des roches salines et des apports éoliens de sels des mers et océans (CHERBUY 1991).

Salinité secondaire, d'origine anthropique

La salinisation secondaire est le résultat des activités humaines qui modifient l'équilibre hydrologique du sol entre l'eau appliquée (irrigation ou de pluie) et de l'eau utilisée par les cultures (transpiration). Les causes les plus fréquentes sont :

- Le défrichement des terres et le remplacement de la végétation pérenne avec des cultures annuelles.
- L'utilisation des eaux d'irrigation riches en sel.
- Un drainage insuffisant et un système d'irrigation déséquilibré (CHERBUY 1991).

3-2-Sols salés (sols halomorphes)

3-2-1-Définition

Les sols salins sont naturellement présents sous tous les climats et sur tous les continents. Ils sont là où l'évaporation excède les précipitations pluviales de façon permanente ou temporaire, ils sont étroitement liés à une source de salinité d'ordre géologique (évaporites), hydrogéologique (eaux souterraines) ou hydrologique (eaux marines) (**GIRARD et al., 2005**). Les sols salés sont ceux dont l'évolution est dominée par la présence de fortes quantités de sels solubles, ou par la richesse de leur complexe absorbant en ions, provenant de ces sels et susceptibles de dégrader leurs caractéristiques et propriétés physiques, en particulier leur structure. On parle en général de sol salé lorsque la concentration des solutions dépasse 0,5 g/l (**ROBERT, 1996**). Selon (**CALVET, 2003**) un sol est dit salé quand la conductivité électrique est supérieure à 4 ds/m.

3-2-2-Principaux sels solubles

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

- ✚ **Carbonates** : Les plus rencontrés sont le carbonate de sodium (Na_2CO_3), bicarbonate de sodium (Na HCO_3), carbonate de calcium (CaCO_3) et le carbonate de magnésium (MgCO_3). (**MAHROUZ, 2013**).
- ✚ **Sulfates** Les plus fréquents sont, le sulfate de magnésium (MgSO_4), sulfate de sodium (NaSO_4) et le sulfate de calcium (CaSO_4) (**AUBERT, 1982**).
- ✚ **Chlorures** Principalement le chlorure de sodium (NaCl), le chlorure de calcium (CaCl_2) et chlorure de magnésium (MgCl_2) ce sont les plus solubles et fortement toxicité (**AUBERT, 1982**).

3-3-Effet de la salinité

3-3-1-Effet de la salinité sur la germination

La salinité est l'un des facteurs limitant pour la croissance des plantes. Les effets de la salinité sont: 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 et d'une manière générale la hauteur, le diamètre des tiges des différentes espèces, ainsi que la grosseur des fruits, diminuent d'une façon importante avec l'augmentation de la salinité(**BOUKACHABIA,1993**).

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

3-3-2-Effet de la salinité sur la croissance et le développement

Le stress salin entraîne des modifications morphologiques, mais c'est le poids de la matière végétale sèche et la longueur des tiges qui rendent compte du milieu de la tolérance ou de sensibilité des plantes au sel (**BEKHOUCHE, 1992**).

Selon (**LEVIGNERON et al.,1995**), une augmentation brutale de la salinité du sol se traduit par une réduction immédiate de la croissance foliaire. Un retard de croissance important est signalé chez la plupart des glycophytes dès 50mM/l de NaCl dans la solution du sol. Par contre chez les halophytes leur croissance ne semble diminuer que pour des concentrations beaucoup plus élevées.

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

- Une faible ramification, une diminution de la longueur de diamètre, du poids sec des tiges racines constatés sur les tomates.
- Un raccourcissement des entre-nœuds et une diminution du nombre de nœuds.
- Une réduction du nombre de feuilles et de la surface foliaire (**LARHER et al., 1987**).

3-4-Réponse des plantes face à la salinité

3-4-1-Mécanismes de tolérance

Les mécanismes de tolérance à la salinité se déroulent à différents niveaux chez les plantes. En effet, le contrôle de l'absorption, du transport, et du stockage du sel se déroule dans les vacuoles, à l'échelle de la plante entière, ou encore dans les organes les moins sensibles (**CHAMEKH,2010**).

La tolérance à la salinité est un processus complexe, elle peut varier selon les espèces et les variétés. En effet, la plante déclenche des mécanismes de tolérance qui consistent à s'adapter aux stress osmotique, ionique et oxydatif provoqué par la salinité. Ces mécanismes permettent la régulation du déséquilibre nutritionnel, l'élimination ou l'accumulation dans différents organes, tissus, cellules et compartiments cellulaires des sels en excès, et l'ajustement de la pression osmotique interne grâce à l'accumulation de certains solutés organiques ainsi qu'à la mise en action des systèmes antioxydants (**ZERROUMDA, 2012**).

3-4-1-1-Exclusion

Cette stratégie consiste à exclure le sodium du cytoplasme en dehors de la cellule, en effet, les plantes limitent l'entrée des éléments salins et les conduisent vers le compartiment apoplasmique. Le mécanisme de l'exclusion du sodium commence par une sélectivité de la membrane racinaire grâce à la présence de transporteurs sélectifs, ce qui induit à une diminution de perméabilité passive et un transport des ions déjà absorbés vers le milieu extérieur(**BENTOUATI et SAFSAF, 2019**).

Les plantes absorbent les sels dans la sève du xylème, puis vers les tissus conducteurs du phloème, et enfin ils sont ré-transférés des racines vers la solution du sol (**BENDERRADJI, 2013**).

L'exclusion de 95% du sel entrant par les racines dans la solution du sol est considérée comme le caractère adaptatif principal pour éviter l'effet toxique d'une concentration saline élevé dans les pousses des plantes (**HANIN et al., 2016**).

Ainsi, chez un nombre d'espèces céréalières, le degré de tolérance à la salinité est inversement corrélé à la concentration des ions Na⁺ dans les feuilles,

3-4-1-2-Ajustement osmotique

L'ajustement osmotique est considéré comme l'un des mécanismes les plus importants pour s'adapter au stress salin et hydrique. Le stress salin provoque un déficit hydrique chez les plantes, mais elles sont capables de le supporter en ajustant rapidement leur potentiel osmotique avec celui du milieu extérieur, dans le but de maintenir un gradient de potentiel hydrique entre la plante et le milieu salin (**BADRAOUI et MEZIANI, 2019**).

Cet ajustement peut être réalisé par une augmentation des concentrations en K^+ et NO_3^- , réponse caractéristique des céréales. Lorsque la plante s'adapte osmotiquement au milieu salin et que sa turgescence est restaurée, le déficit hydrique ne constitue plus un facteur limitant à la croissance sur un milieu salin (**BADRAOUI et MEZIANI, 2019**).

L'ajustement osmotique peut se faire également par le biais de métabolites, tels que les sucres solubles et la proline. Ces composés s'accumulent dans les feuilles selon l'espèce, le stade de développement et le niveau de la salinité (**BENMAKHLouF, 2018**).

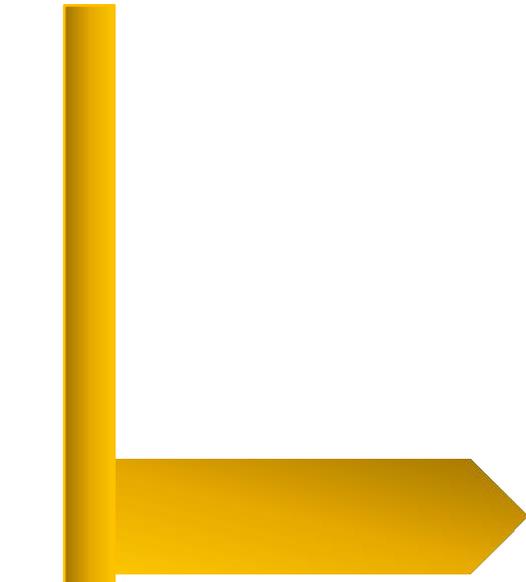
3-4-2-Mécanismes d'adaptation à la salinité

3-4-2-1-Adaptations morphologiques

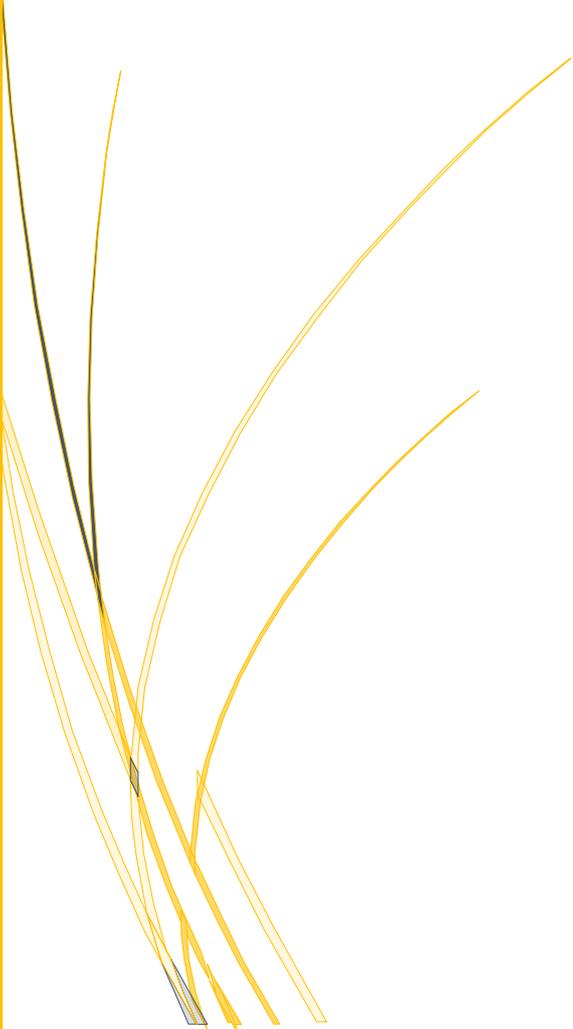
La succulence, qui se traduit par une accumulation d'eau dans les cellules constitutives des tissus des organes aériens, est l'un des caractères les plus communs aux halophytes. La succulence des cellules foliaires augmente, se traduisant par une augmentation de l'épaisseur des feuilles sont l'une des modifications qui apparaît de façon plus importante chez les espèces les plus tolérantes. On note de plus la réduction de la surface foliaire (**RAACHE et KARBOUSSA, 2004**).

3-4-2-2-Adaptations anatomiques

Des modifications anatomiques apparaissent au niveau des différents organes lors d'un stress salin. Selon (**POLJAKOFF, 1975**), on observe des modifications du cortex qui, chez les halophytes est constitué de deux à trois couches de cellules seulement, ainsi qu'une diminution du diamètre de la stèle au niveau des racines du blé et chez la tige de la tomate, où le cortex devient épais alors que le nombre de vaisseaux conducteurs

A thick yellow vertical bar runs down the left side of the page. A yellow arrow points from the bar towards the right, pointing towards the chapter title.

Chapitre III : **Matériels et méthodes**



1-Objectif

La végétation de la région semi-aride est confrontée à des facteurs abiotiques défavorables telle que la salinité du sol. Afin de minimiser de l'impact de ces facteurs les végétaux ont développé des mécanismes de tolérance durant les différentes phases de la vie du végétal.

Dans cette perspective, l'objectif du présent travail est d'étudier l'effet de la salinité sur la germination de l'espèce *Anabasis articulata*.

2-Matériel

2-1-Matériel végétal

Le matériel végétal est composé de graines d'*Anabasis articulata*, Ces graines ont été récoltés à partir de plus de 30 individus d'une population située à Moudjbara-Djelfa (Latitude : 34°23'96.43 Longitude : 34°9'212.5, Altitude : 807 m) durant la période entre le 15 décembre et le 7 Janvier.



Figure N°5: Vue générale de la station de récolte des graines (Moudjbara-Djelfa)

2-2-Matériel utilisé au laboratoire et au terrain

2-2-1-Matériel utilisé sur terrain

- Appareil photos
- Sécateur
- Sacs en papier

2-2-2-Matériel utilisé au laboratoire

- Agitateur
- Balance
- Béchers
- Boîtes de pétri
- Bouteilles en plastique
- Chlorure de Calcium (CaCl_2)
- Chlorure de sodium (NaCl)
- Eau distillée
- Étiquette
- Filtre
- Incubateur (étuve)
- Papier filtre
- Sulfate de Sodium (Na_2SO_4)

3-Méthodes

3-1- Choix de la station de récolte des grains

Afin d'obtenir les graines nécessaires pour la réalisation de cette expérience, nous avons augmenté le nombre des sorties sur le terrain pour trouver le moment favorable, c'est-à-dire la période où les graines sont mûres et prêtes à être collectées.

Le choix de la station de récolte des graines a été fait en tenant compte de : l'accessibilité des stations, la disponibilité des graines, l'état sanitaire du peuplement et l'absence des activités anthropozoïques.

Les échantillons ont été choisis au hasard à partir des individus sains et en bon état. Les inflorescences des différentes espèces ont été prélevées à l'aide d'un sécateur et préservées dans des sacs en papier.

3-2-Préparation des graines

3-2-1-Séchage

Les inflorescences fraîchement récoltées ont été étalés dans un endroit sec pendant 15 jours.

3-2-2-Extraction et nettoyage

Le nettoyage ou l'extraction des graines a été faite manuellement, l'extraction manuelle consiste à débarrasser les semences de toutes les impuretés qui leur sont attachées (cailloux, débris végétaux, les semences des espèces indésirables...) après avoir désarticulé les fruits.



Figure N°6 : Extraction des graines

3-2-3-Conservation des graines

Les graines ont été conservées dans des sacs en papier avec des étiquettes qui indiquent l'espèce, la provenance et la date de collecte.

3-3-Préparation des échantillons

3-3-1-Tri des graines

Pour les essais de germination, nous avons trié seulement les graines saines et intactes. Les graines percées ou visiblement attaquées par les insectes et les champignons ont été éliminées.

3-4-Traitements des graines en vue de leurs germinations

3-4-1-Préparation des solutions

Dans le cadre de ce travail la salinité est représentée par trois types de sel : Chlorure de Sodium (NaCl), Chlorure de Calcium (CaCl_2) et Sulfate de Sodium (Na_2SO_4) comme des agents stressants. Ils ont été choisis selon leurs disponibilité au niveau du laboratoire de la faculté.

Nous avons préparé, pour chaque sel, six différentes solutions salines (100, 200, 300, 400, 500 et 600 mM) avec une solution témoin (0mM).

Tableau N°02: Différentes concentrations des solutions salines

Libellé		C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Concentration(mmol/l)		0	100	200	300	400	500	600
Concentration (g/l)	NaCl		6	12	18	24	30	36
	CaCl ₂		11.01	22.19	33.03	44.04	55.05	66.06
	Na ₂ SO ₄		14.28	28.56	42.84	57.12	71.4	85.68

**Figure N°7:**Préparation des solutions salines

3-4-2-Stérilisation des graines

Avant et durant toute l'expérience le lieu de travail a été nettoyé et désinfecté, Les mains doivent être lavées avec du savon puis avec de l'eau de javel avant chaque manipulation, la désinfection des graines a été effectuée par trempage pendant 10 minutes dans une solution d'hypochlorite de sodium à 8%, puis rinçage (3 fois) à l'eau distillée stérile.

3-4-3-Mise en germination des graines

Après désinfection, les graines sont placées dans des boîtes de pétri de 9 cm de diamètre et 1,5 cm d'épaisseur contenant deux couches de papier filtre, Nous avons ajouté 4 ml d'eau distillée pour le témoin, et 4 ml de solutions préparées des différentes concentrations salines.

Dans chaque boîte nous avons mis 25 graines avec 4 répétitions ce qui est l'équivalent de 100 graines pour chaque traitement. La germination des graines a été effectuée dans une étuve obscure réglée à 25°C et poursuivie pendant 14 jours.

Une lecture est réalisée tous les deux jours (nombre de graines germées dans chaque lot). L'essai prend fin lorsqu'après deux comptages successifs aucune germination n'est enregistrée.

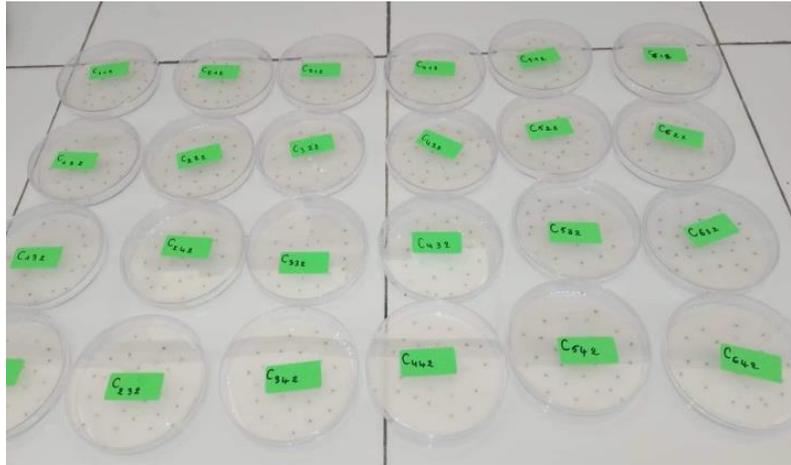


Figure N°8: Graines d' *Anabasis articulata* dans des boîtes pétri



Figure N°9: Mise en germination des graines

3-4-4-Mesure de la croissance en longueurs des plantules

Après 14 jours, les longueurs des parties aériennes (longueurs des feuilles : LF) et des racicules (LR) des plantules sont mesurées à l'aide d'une règle graduée



Figure N°10: Mesure de la croissance en longueurs des plantules

3-5-Méthodes d'expression des résultats

Le dénombrement des graines ayant germé est effectué tous les deux jours, les résultats ont été enregistrés sur des fiches de suivi pour être traité et les paramètres suivants ont été déterminés:

3-5-1-Cinétique de germination

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

3-5-2-Taux de germination (faculté germinative)

C'est le pourcentage de germination maximal ou le taux maximal obtenu dans les conditions choisies par l'expérimentateur. Il correspond au nombre de graines germées, par rapport au nombre total de graines. Il est exprimé en pourcentage (**MAZLIAK., 1982**).

$$\text{TCG} = \frac{\text{Nombre total de graines germées}}{\text{Nombre total de graines}}$$

3-5-3-Délai de germination

Il correspond à l'intervalle de temps entre le semis et les premières graines germées (**LAOUALI et al., 2015**).

3-5-4-Vitesse de germination

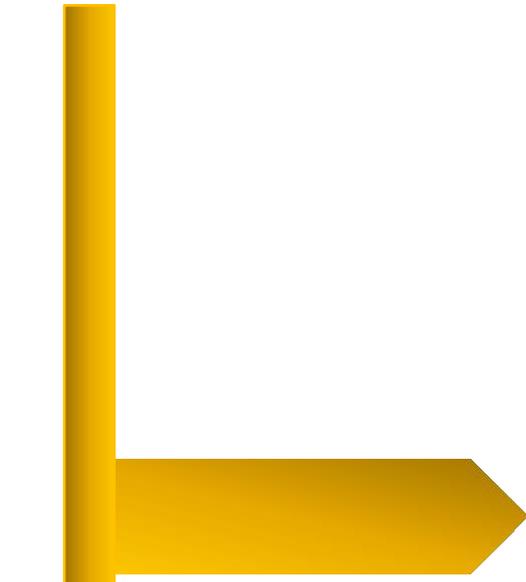
Elle peut être exprimée par : Le coefficient de vélocité (CV) et Le temps moyen de germination (TMG) correspond à l'inverse X 100 du coefficient de (KOTOWSKI ,1926) (CV).

$$TMG = \Sigma n / \Sigma (n.jn) \times 100$$

Avec : n le nombre des semences germées le jour j et jn le nombre de jour après l'ensemencement.

3-6-Traitements statistiques

Pour le lot témoin ainsi que pour chacun des traitements appliqués, les résultats obtenus sur quatre répétitions à raison de 25 graines par boîte de pétri, sont statistiquement analysées par le logiciel Statistica (v6). Un test ANOVA a été effectuée pour étudier la signification du facteur salinité sur les paramètres étudiés.

A thick yellow vertical bar runs down the left side of the page. A yellow arrow points from the bar towards the right, pointing towards the chapter title.

Chapitre IV:

Résultats et discussions



La réponse des plantes à la salinité est très différente soit au stade de germination ou de développement . 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**).A cet effet on s'est basé sur les paramètres morpho-physiologiques dans le cadre de cette étude.

1-Paramètres physiologiques

1-1-Effet du stress salin sur la cinétique de germination

La figure 11 montre l'effet et l'évolution de la cinétique de germination des graines d' *Anabasis articulata* en fonction du temps pour les trois types de sel : NaCl , Na₂SO₄ et CaCl₂ à différentes concentrations durant 14 jours de la mise en germination dans l'étuve à 25°C.

Pour tous les lots on remarque que le processus de germination commence à partir du deuxième jour de la mise en germination. Ce processus évolue jusqu'à la capacité germinative pour chaque lots.

Pour les graines traitées par le NaCl les courbes des différents traitements se rapproche de la courbe du témoin ce qui indique que l'augmentation des concentrations salines en NaCl n'ont pas une influence sur l'évolution de la germination de l' *Anabasis articulata*. Par contre la différence entre les courbes devient plus remarquable chez les graines traitées par le CaCl₂ que chez celles traitées par le Na₂SO₄.

Pour les lots traités avec le CaCl₂Nous avons enregistré une différence hautement significative (P< 0.001) entre le témoin et les traitements appliqués. En revanche la différence n'est pas significative pour les deux autres sels.

La tolérance au sel s'exprime habituellement en termes de croissance de rendement ou de survie. Chez les graines d'*Anabasis articulata* ces résultats viennent confirmer la tolérance face au stress salin jusqu'à 600mM mais cette tolérance varie selon le type de sel.

En effet, (**CHAOUCH KHOUANE et BOUKHETTA ,2014**) et (**TRABELSI et KHERRAZE ,2020**) ont montré que l'augmentation de la concentration en sel, retarde le taux de germination et ralentisse la cinétique de germination chez les espèces *Zygophyllum album* et *Peganum harmala*.

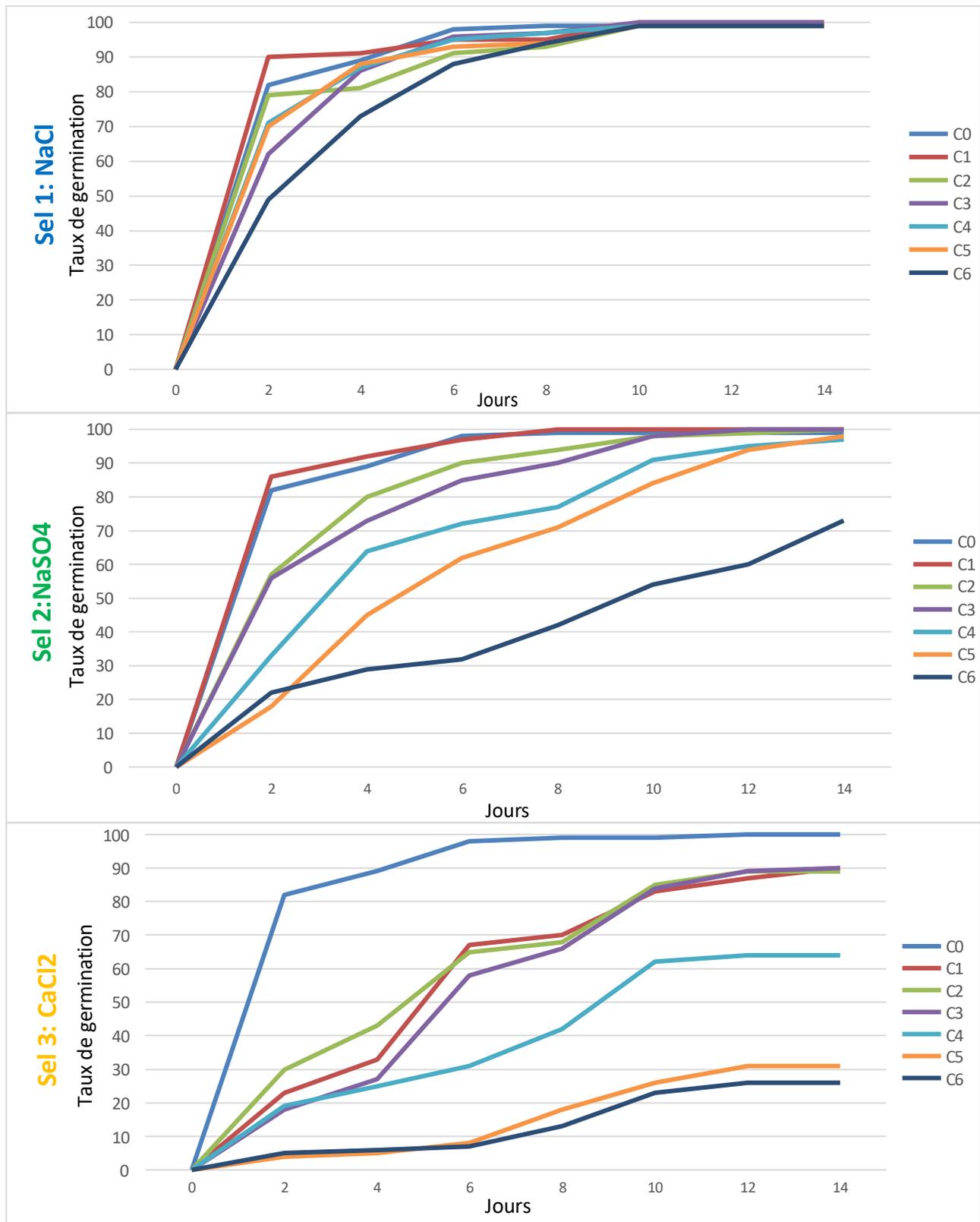


Figure N°11 : Cinétique de germination des graines d'*Anabasis articulata* en fonction des différentes concentrations pour les trois types de sel

1-2-Effet du stress salin sur le taux final de germination

La figure 12 exprime l'effet du stress salin sur la germination de l'espèce étudiée sous différentes concentrations de NaCl , Na₂SO₄ et CaCl₂ .

A partir des résultats illustrés dans la figure 12 qui montre le taux final de germination (TG) d'*Anabasis articulata* on remarque que les valeurs de TG pour les deux premiers sels NaCl et Na₂SO₄ varient entre 99 % et 100 % .

Par contre pour le CaCl₂ on remarque une diminution allant de 90% pour C1 jusqu'à 26 % pour T6 max par rapport aux témoin (99 %) .

Plusieurs auteurs ont affirmé que, l'élévation de la concentration saline diminue le taux de germination de *Thellungiella halophila* et *Medicago sativa* (TLIG et al., 2008 ; GORAI et SHEAFFER , 2011).

La germination des plantes, qu'elles que soient halophytes ou glycophytes est affectée par la salinité (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 (ELMEKKAOUI, 1990).

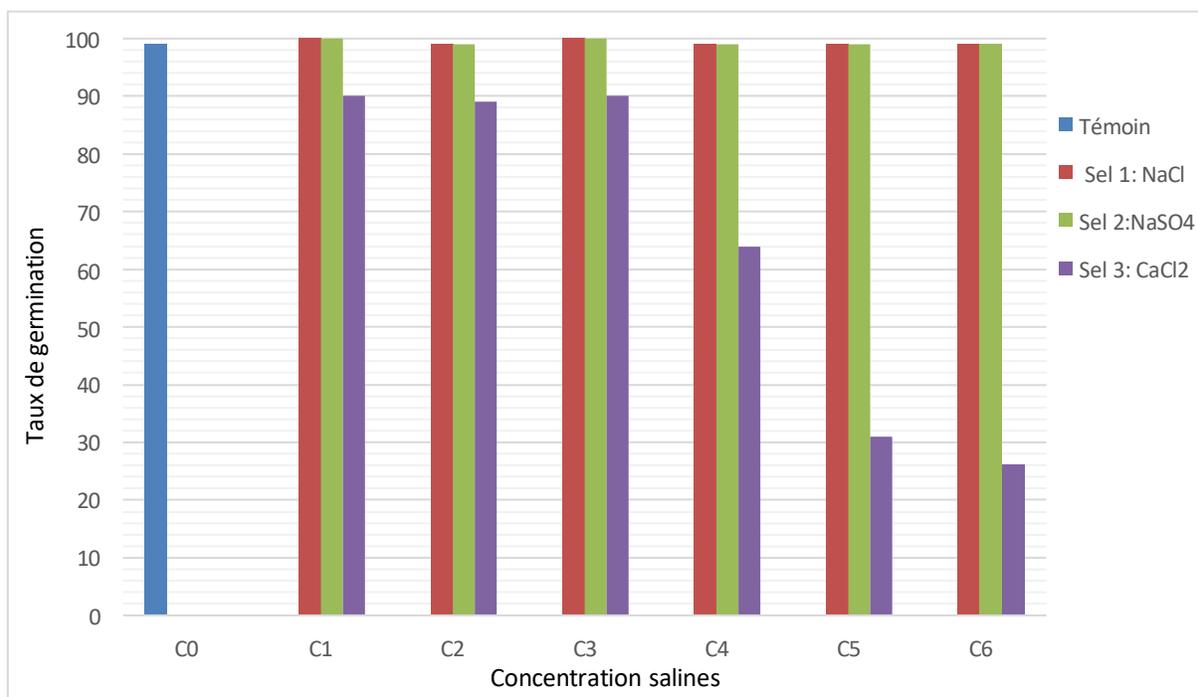


Figure N°12 : Taux final de germination en fonction de différentes concentrations salines pour les trois types de sel

L'analyse de variance indique que le NaCl et Na₂SO₄ n'ont pas un effet significatif sur le taux de germination avec des valeurs de probabilité de 0,35 et 0,31 successivement en revanche il y a une différence très hautement significative ($P < 0.0001$) entre le témoin et les autres concentrations pour le CaCl₂.

Tableau 03 : Analyse de la variance à un seul facteur de l'effet des trois sels sur le taux de germination des deux espèces ($\alpha = 0,05$)

Source de variabilité	SC	DDL	MC	F	P
Sel 1	3000	1	3000	1,1	0,35
Sel 2	3342	1	3342	1,1	0,31
Sel 3	15976	1	15976	11,7	0,00

1-3-Effet du stress salin 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 salines. Concernant les graines témoins qui ont été imbibées par l'eau distillée la vitesse de germination est égal à 17.45 % jour⁻¹, c'est la vitesse de germination est la plus rapide comparativement aux traitements salins.

Chez les graines traitées par le NaCl, les valeurs de la vitesse de germination varient entre 9% jour⁻¹ et 15,41 % jour⁻¹. Pour le Na₂SO₄ ces valeurs varient entre 5.2 % jour⁻¹ et 13.54 % jour⁻¹, et entre 2.29 % jour⁻¹ et 8.53 % jour⁻¹ concernant le CaCl₂.

L'analyse de la variance de TMG indique une différence très hautement significative ($P < 0.0001$) du temps moyen de germination (TMG) entre le témoin et les concentrations s'appliquées.

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 (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).

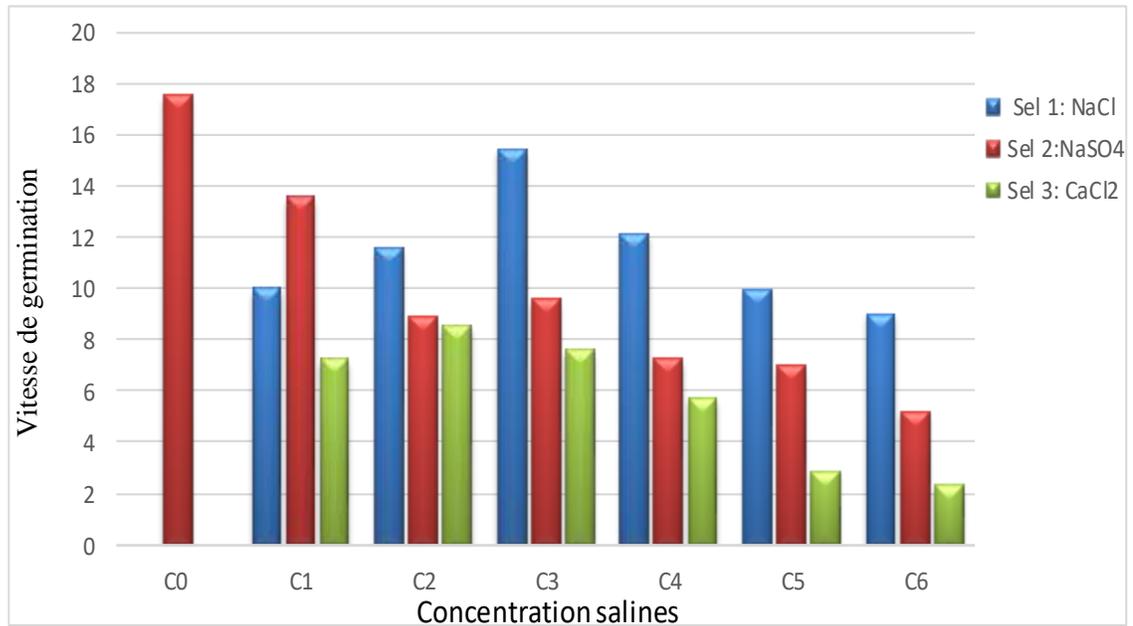


Figure N°13 : Vitesse de germination en fonction de différentes concentrations salines pour les trois types de sel

2- Paramètres morphologiques

2-1-Effet de stress salin sur la longueur des radicelles

La figure 14 représente la variation de la longueur des radicelles d'*Anabasis articulata* qui a été mesurée le dernier jour de l'expérience sous l'effet de différentes concentrations salines.

Les résultats montrent un effet négatif sur l'élongation de partie racinaire en fonction de l'augmentation des concentrations salines pour les fortes doses.

On observe une réduction importante de la longueur racinaire en fonction de l'élévation des concentrations 400, 500 et 600 mmol, dont les valeurs enregistrées varient entre 4.7 et 0.6 mm pour les trois types de sel tandis que la longueur racinaire chez les plantules témoin avec une valeur de 5.4 mm.

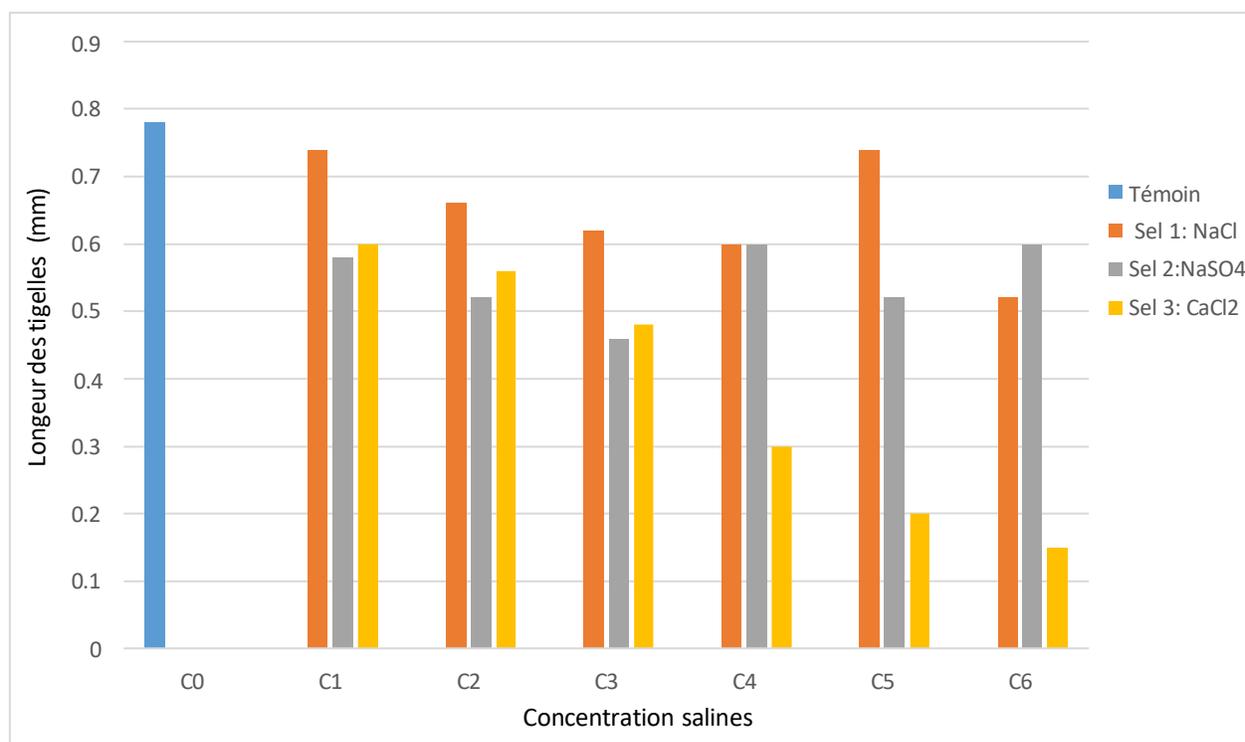


Figure N°14 :Effet de stress salin sur la longueur des radicelles

L'analyse de la variance par le test Tukey montre qu'il y a une différence très hautement significative pour l'effet du stress sur la longueur des racicules ($P < 0,0001$). Cela signifie que l'*Anabasis articulata* a été affectée par des milieux du fort stress salin.

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).

LARHER (1997) de sa part a indiqué que la tolérance au sel s'exprime habituellement en termes de croissance, de rendement ou de survie et de 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 l'*Anabasis articulata* est résistante au stress jusqu'à 600 mmol/l.

Les résultats obtenus par **ANSLI (2019)** pour l'espèce *Oudneya africana* a montré que la croissance des parties végétatives (radicules et tiges) diminue proportionnellement avec l'accroissement de salinité.

2-2-Effet de stress salin sur la longueur des tiges

Les résultats représentés dans la figure 15 expriment la longueur de tige en fonction des concentrations salines.

Les résultats obtenus 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 cet effet devient plus remarquable pour le troisième type de sel.

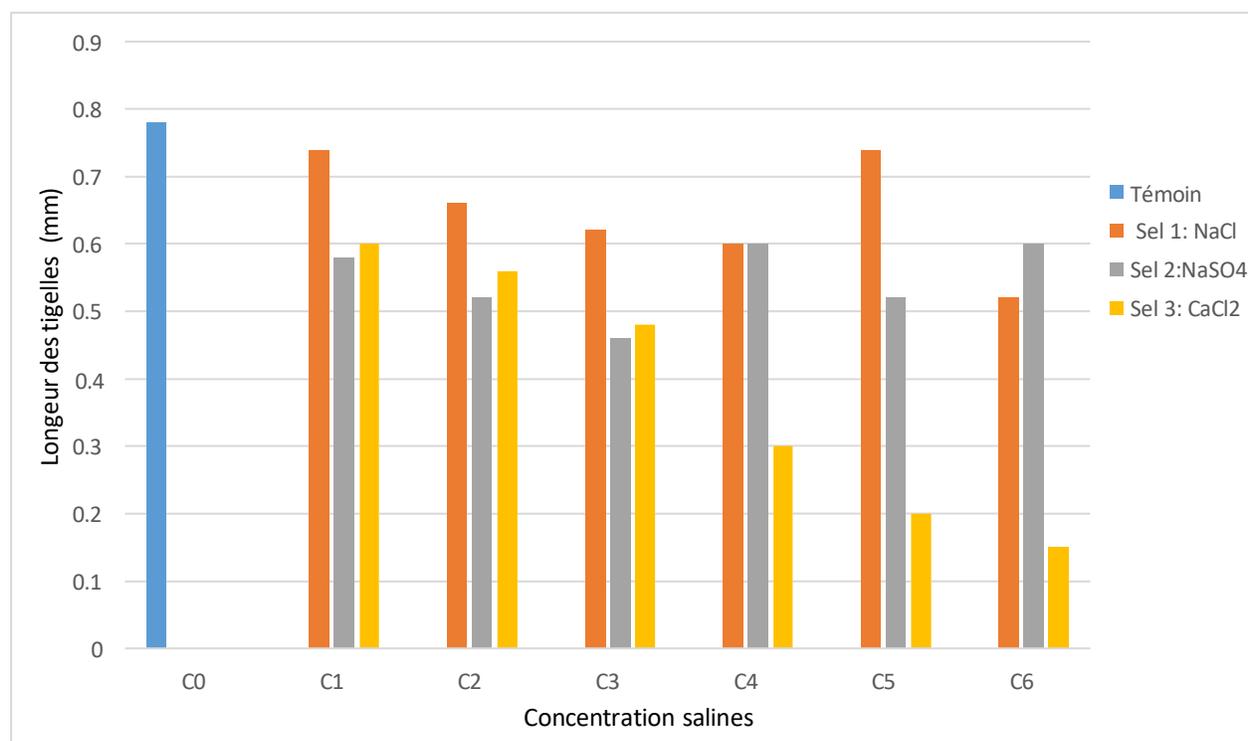


Figure N°15 :Effet de stress salin sur la longueur des tiges

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**).

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 ($P < 0,0001$).

Plusieurs études ont montré la réduction de la longueur de tige sous l'effet de sel comme le travail **KAROUNE et al., 2016** qui a 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 (**FLOWERS, 2005**).



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 trois types de sel : Chlorure de Sodium (NaCl), Chlorure de Calcium (CaCl₂) et Sulfate de Sodium (Na₂SO₄), ainsi que l'évaluation de la réponse physiologique et morphologique des graines de cette espèce provienne de la région de Moudjbara.

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 600 mmol/l.
- L'étude de l'effet du stress salin a révélé que les fortes doses de sel provoquent un retard léger sur le taux et la vitesse de germination par rapport au témoin cet effet est moins remarquable pour les graines traitées par le NaCl que pour le CaCl₂ et le Na₂SO₄.

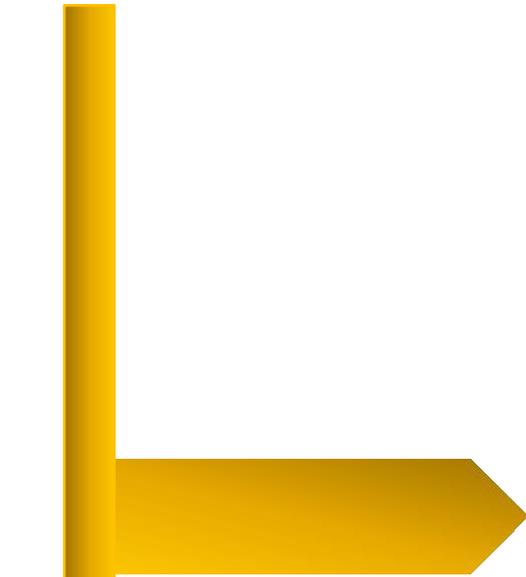
❖ Sur le plan morphologique :

- L'enrichissement des milieux de germination en sel s'accompagne d'une réduction proportionnelle de l'élongation des parties végétatives (radicules et tigelles, feuilles) .

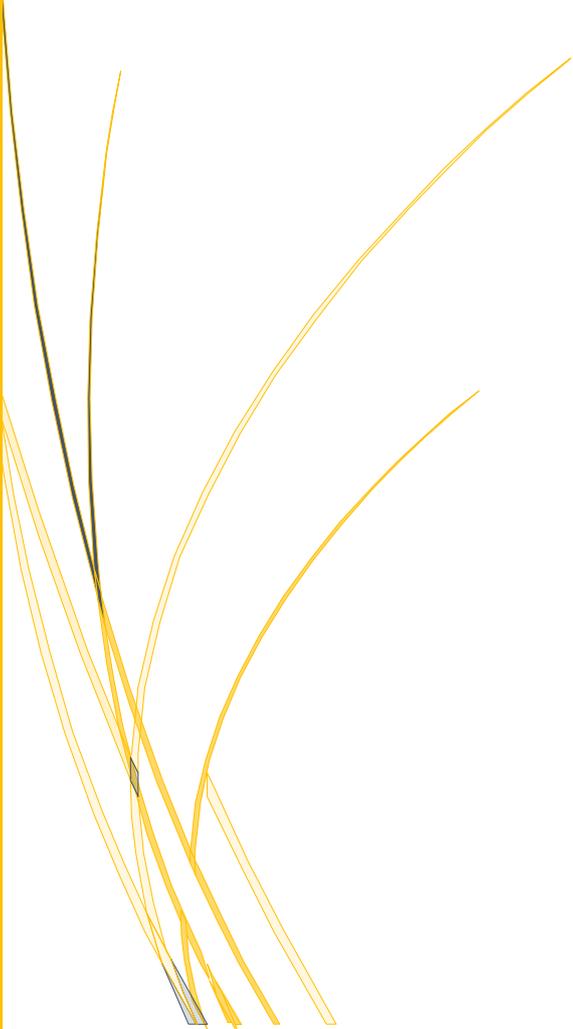
A la lumière des résultats obtenus, nous pouvons déduire que l'espèce *Anabasis articulata* est proposée comme une halophyte obligatoire.

Enfin, notre résultat n'est qu'un point de départ en ce qui concerne les mécanismes de d'adaptation de l'*Anabasis articulata* au milieu aride, pour cela il serait intéressant de poursuivre par d'autres études portant sur:

- L'étude de la réponse de cette espèce face au stress salin avec d'autres intervalles de concentration ;
- La réponse de l'espèce au stade avancé de croissance en utilisant des paramètres anatomiques et biochimiques;
- L'étude de la réponse de croissance de cette espèce a longue période d'application de stress;
- Comparaison physiologique, morphologique et anatomique de plusieurs populations de la même espèce face au stress salin.

A thick yellow vertical bar runs down the left side of the page. A yellow arrow points from the bar towards the right, pointing towards the title.

Références bibliographiques



Références bibliographiques

1. **ABDULSAHIB W. K., ABD A. H., QASIM B. J., et SAHIB H. B., 2016**-*Antiangiogenesis and antioxidant effect of anabasis articulata stems extracts*. International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research, n 41(2), 88–94.
 2. **AMMARI ., 2011** - *Contribution à l'étude de germination des graines des plantes sahariennes broutées par le dromadaire*. Mémoire Ing. Etat. eco. Vét., U.K.M. Ouargla Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 2010 14(4).
 3. **ANSLI R., 2019**- *Effet de stress salin sur la germination et croissance de l'espèce Oudneya africana R*. Mémoire de Master.Univ Kasdi Merbah-Ouargla 56 p.
 4. **ANZALA ., 2006** -*Contrôle de la vitesse de germination chez le maïs (Zea mays) : étude de la voie de biosynthèse des acides amines issus de l'aspartate et recherche de QTLs*.
 5. **ASHRAF, M. et HARRIS P.J.C.,2004**- *Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants*. Plant Sci., 166: 3-16.
 6. **ASLOUM H ., 1990** -*Elaboration d'un système de production maraîchère (Tomate, Lycopersicum esculentum L.) en culture hors sol pour les régions sahariennes: Utilisation de substrats sableux et d'eaux saumâtres*. Thèse de doctorat, développement et amélioration des végétaux, Univ de Nice Sophia- Antipolis: 24- 32
 7. **AUBERT G ., 1982** -*les sols sodiques en Afrique du nord* .Cahier O.R.S.T.O.M .Service Pédologie.194P
 8. **BAJI M. KINET , J.M., LUTTS,S.,1998**- : *Salt stress effects on roots and leaves of Atriplex halimus L. and their corresponding callus culture* .Plant Science,11(137): 131-142.
 9. **BEKHOUCHE H.,1992** -*Etude de la germination de quelques lignées de pois chiche soumis à la salinité, croissance, anatomie des racines*. Thèse D.E.S. Biol. Univ d'Oran. 68. Thèse de Doctorat. Univ d'Angers.148p
 10. **BELKHODJA M., BIDAI Y., 2004**- *Réponse des graines d'Atriplex halimus L. à la salinité au stade de la germination*. Sécheresse n°4, vol 15, pp 331-334.
 11. **BELYAGOUBI N.,2012**-*Activité antioxydante des extraits des composés phénoliques de dix plantes médicinales de l'Ouest et du Sud-Ouest Algérien*. In Sciences-New York. Univ Aboubakr Belkaïd-tlemcen,.
 12. **BEN NACEUR M., RAHMONE C., SDIRI H., MEDDAHI M.L., SELMI M., 2001**- *Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé*. Secheresse. Vol. 3, 167-174.
 13. **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.
 14. **BENDERRADJI., 2013**-*sélection in vitro pour la tolérance aux stress salin et thermique chez le blé tendre (triticum aestivum l.) [En ligne]*. Thèse de Doctorat. Algérie : Univ Constantine -1-, 2013,
 15. **BENHAMMOU N., GHAMBAZA N., BENABDELKADER S., ATIK-BEKKAR F., et KADIFKOVA PANOVSKA T., 2013**- *Phytochemicals and antioxidant properties of extracts from the root and stems of Anabasis articulata*. International Food Research Journal, 20(5), 2057–2063
-

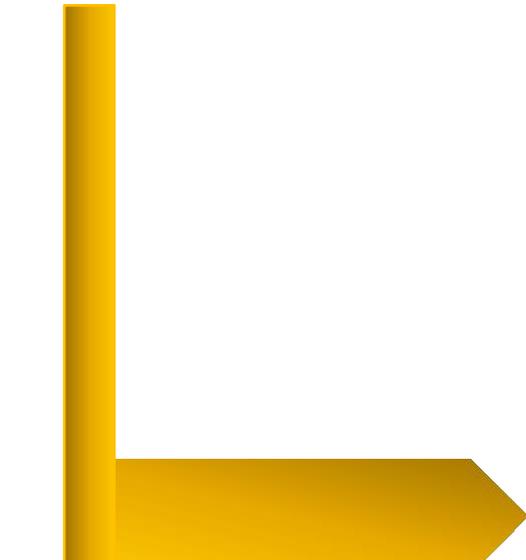
16. **BENMAKHOLOUF., 2018-** *Etude de l'effet des phytohormones sur la croissance du blé dur (Triticum durum Desf.) var. Kebir cultivée dans des conditions salines.* [En ligne]. Mémoire de Master. Algérie : Université des Frères Mentouri Constantine1, 2018, p 152. Disponible sur <<https://docplayer.fr/115027607-Etude-de-l-effet-des-phytohormones-sur-la-croissance-duble-dur-triticum-durum-desf-var-kebir-cultivee-dans-des-conditions-salines.html>> consulté le(22/05/2020)
 17. **BENTOUATI ., SAFSAF.,2019-***Effet du chlorure de sodium (NaCl) sur la germination et les paramètres de croissance du blé (Triticum sp) [En ligne].* Mémoire de Master. Algérie : Univ Mohamed El Bachir El Ibrahimi - B.B.A, 2019, p 61. Disponible sur <<http://dspace.univbba.dz/bitstream/handle/123456789/253/M467.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> consulté le (27/05/2020)
 18. **BOUKACHABIA E.,1993-***Contribution à l'étude de quelques mécanismes d'adaptation(Triticum durum Dest).* Mémoire de Magister en production et physio Vég. Annaba,108p
 19. **CALU G., 2006 -***Effet du stress salin sur les plantes. Comparaison entre deux plantes modèles Arabidopsisthalina et thellingiellahalophila .*trends in plant science.pp :1-8.
 20. **CALVET., 2003 -***Le sol ,propriétés et fonction, phénomènes physiques et chimiques, applications agronomiques et environnementales ,Tome 2.Ed .*France. Agricole, Cambridge Unive press.511p
 21. **CHAMEKH.,2010-** *Analyse de la réponse de quelques génotypes de blé dur (Triticum turgidum ssp durum) à la contrainte saline dans trois Gouvernorats du centre de la Tunisie [En ligne].*Mémoire de Master. Tunisie : Univ du 7 Novembre à Carthage, 2010, p 72. Disponiblesur <<https://www.memoireonline.com/12/13/8258/Analyse-de-la-reponse-de-quelquesgenotypes-de-ble-dur--Triticum-turgidum-ssp-durum---la-cont.html>> consulté le (25/06/2022)
 22. **CHAOUCH .,KHOUANE R, et BOUKHETTA Z ., 2015-** *Effet de stress abiotique « salin et hydrique » sur la germination de quelques espèces spontanées sahariennes.* Mémoire de licence. Biologie et physiologie végétale. Univ KasdiMerbah-Ouargla
 23. **CHAUSSAT R et LEDEUNEF Y., 1975-***la germination des semences.* Ed.Bordas. Paris
 24. **CHEHMA ., 2006-***Catalogue des plantes spontanées du Sahara septentrional algérienne.* Labo. Rech. Prot. Ecos zones arides et semi arides. Université Ouargla. P137.
 25. **CHERBUY B., 1991 -** *Les sols salés et leur réhabilitation étude bibliographique.* Cemagraf, école. Nat. Renne, 170p
 26. **CHOPRA I.C .,1956 -***Glossary of Indian medicinal plants.* Council of Scientific & Industrial Research. New Delhi, 219.
 27. **DEBEZ A., CHAIBI W., BOUZID S., 2001 -** *Effet du NaCl et de régulateurs de croissance sur la germination d'Atriplex halimus L.* Cahiers d'Etudes et de Recherches Francophones/Agricultures, Vol. 10, No. 2: 135- 138.
 28. **EL-KEBLAWY A., ARVIND BHATT., 2015-***Aerial seed bank affects germination in two small-seeded halophytes in Arab Gulf desert* Ed University of Sharjah, United Arab EmiratesbGulf Organization for Research & Development, P.O. Box 210162, Doha, Qatar .
 29. **ELMEKKAOUI M.,1990-** *Etude des mécanismes de tolérance à la salinité chez le et de la salinité.* Rev. FAC.Sc. Tunis, 2 : 195-205.ETIENNE : 188 235.Francophones/Agricultures, Vol.10, No. 2: 135- 138
-

30. **FLOWERS T. J., 2005-** *Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders?.* Agricultural Water Management, 78: 15–24
31. **GIRARD P., PROST J et BASSEREAU P., 2005 -** *Passive or Active Fluctuations in graminées halophytes spontanées de la Tunisie méridionale.* Options Méditerranéennes
32. **GORAI, F.L. et SHEAFFER C. 2011-** *Establishment of seeds de alfa at various levels of soil moisture and grass competition.* Agronomy Journal 73:560-565.
33. **GROYA F.L., et SHEAFFER C., 1981-***Establishment of sodseededalfalfa at variouslevels of soilmoisture and grasscompetition.* Agronomy Journal 73:560-565.
34. **GUDRUN K, T BORSCH T, KURTWEISING, HELMUTFREITAG.,2003-***Phylogeny of Amaranthaceae and chenopodiaceae and the evolution of C4 photosynthesis »., International journal of plant sciences, vol.164, n°6 , p.959-986 .*
35. **HAMMICHE V .,et MAIZA K., 2006-***Traditional medicine in Central Sahara Pharmacopoeia of TassiliN’ajjer.* J Ethnoph, 105 :358–367.
36. **HANIN M., EBEL C., NGOM M ., LAPLAZE L .,et MASMOUNI K .,2016-** *New Insights on Plant Salt Tolerance Mechanisms andTheirPotential Use for Breeding.*Front.PlantSci.7:178
.Disponiblesur<<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2016.01787/full>> consultéle (01/09/2020)
37. **HELER R., ESNAULT R et LANCE C., 2000 -***Physiologie végétale et développement,* Ed.Dunod, Paris. p366
38. **HOPKINS W.G., 2003 -***Physiologie végétale – traduction de la 2ed.américane par serg rambour révision scientifique de Charles-Marie Evradr Boeck univ. Bruxelles .p 61-476*
39. **HOUARI E. K. D.1, CHEHMA A.1, LABADI., 2013-***Stratégies d’adaptation anatomique de quelques amarantaceae vivaces spontanées du sud-est algérien,* Univ Kasdi Merbah Ouargla ,Algérie
40. **JEAM P., CATMRINE T., ET GIUES L.,1998-** *Biologie des plantes cultivées.* Ed. L’Arpers, Paris ,150p
41. **KAMBOUCHE N., MERAH B., DERDOUR A., BELLAHOUEL S., BENZIANE M., YOUNOS C.,FIRKIOUI M., BEDOUHENE S ET 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.
42. **KAMBOUCHE N., MERAH B., DERDOUR A., BELLAHOUEL S., YOUNOS C., & SOULIMANI R.,2011-** *Activité antihyperglycémiant d’un stérol β -sitoglucoside isolé de la plante Anabasis articulata (Forssk) Moq.* Phytotherapie, 9(1), 2–6.
<https://doi.org/10.1007/s10298-010-0603-4>
43. **KAROUNE S., KEICHEBAR 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 p60-73.
44. **KHAN, M. A., & UNGAR, I. A. (1997).** *Effects of light, salinity, and thermoperiod on the seed germination of halophytes.* Canadian Journal of Botany, 75, 835–841.
45. **KOTOWSKI F., 1926-***Temperature relations to germination of vegetable seeds.* Proc.
46. **LACHIHEB, K., NEFFATI, M., ZID, E., 2004-***Aptitudes germinatives de certaines graminées halophytes spontanées de la Tunisie méridionale.* Zaragoza: CIHEAM, Cahiers Options Méditerranéennes; n. 62. pp 89-93

47. **LAOUALI A., GUIMBO D., YOUCHAOU H, & MAHAMANE, A., 2015**-*Etude de la germination de la graine et suivi de la croissance en pépinière de Prosopis africana (G. et Perr.) Taub., espèce menacée de disparition au Niger. Annales de l'Université Abdou Moumouni.*
 48. **LARHER F., 1997**- *Les colloques d'INRA.N°7, nutrition azotée des légumineuses, P.GUY. Ed INRA: 181-192.*
 49. **LARHER F., HUQIS M., GERNAT-SAUUGE D.,1987**- *Les colloques d'INRA.*
 50. **LEVIGNERON A., LOPEZ F., VANSUYT G., BERTHOMIEU P et FOURCROY .,1995**-*Membranes Containing Proteins Phys. Rev. Lett. 94, 088102: 60-64*
 51. **LEVIGNERON.,1995** -*Les plantes face au stress salin. Cahiers Agricultures.4 pp : 263-273*
 52. **MAILLARD J., 2001**-*Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone sahélienne. Risques et recommandations.34 p.*
 53. **MAIRE R.,1962**-*Flore De L'Afrique Du Nord Volume Viii (Paul Leche).*
 54. **MARION M., 2016** -*Réponse d'une plante pérenne aux stress abiotique et biotique, interaction entre sécheresse et oïdium de la vigne . p:9*
 55. **MAUROMICALE G., et LICANDRO P., 2002**-*Salinity and temperature effects on germination, emergence and seedling growth of globe artichoke. Agronomie ; 22 : 443-50.*
 56. **MAUROMICALE G., LICANDRO P., 2002**-*Salinity and temperature effects on germination, emergence and seedling growth of globe artichoke. Agronomie ; 22 : 443-50.*
 57. **MENACER ., KHERFI W .,et BRAHMI I ., 2011** - *Contribution à l'étude de l'effet de la salinité sur un marqueur biochimique, cas de la proline chez Atriplexhalimus L. et A triplex conescens (purch) Nntt. pp : 99.*
 58. **METWALLY N S., MOHAMED A M., et ELSHARABASY F S.,2012** -*Chemical constituents of the Egyptian plant anabasis articulata (Forssk) moq and its antidiabetic effects on rats with streptozotocininduced diabetic hepatopathy. Journal of Applied Pharmaceutical Science, 2(4), 54–65. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2012.2403>*
 59. **MEYER S .,REEB C ., et BOSDEVEIX R., 2004**- *Botanique, biologie et physiologie végétale .Ed.Moline, Paris, 461p.*
 60. **OZENDA P., 1977**- *Flore et végétation du Sahara. 3ème édition de CNRS, Paris: 309, 322*
 61. **OZENDA P., 1983**- *Flore de Sahara, Ed. C.N.R.S, Paris. 622*
 62. **OZENDA P., 1991**- *Flore et végétation du Sahara. 3ème édition de CNRS, Paris: 309, 322.*
 63. **OZENDA, P., 2004**- *Flore et végétation du Sahara. 3ème édition, CNRS ,Paris.15.*
 64. **POLJAKOFF.,et 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*
 65. **QUEZEL P.,et SANTA S., 1962**-*Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome I, Ed. CNRS, Paris*
 66. **RAACHEI ., KARBOUSSA et HALOUA R., 2004** - *Caractérisation morphologique et anatomique de quelque espèces halophiles dans la cuvette de Ouargla. Mémoire Ingénieur, Univ de Ouargla, 67 P*
 67. **ROBERT M., 1996** - *Le sol : interface dans l'environnement ressource pour le développement. Ed. Masson, Paris. 96 p*
 68. **SAIDANI Z ., et REZIEG S.,2020** -*Etude de l'efficacité biologique de certaines plantes de la famille des Chenopodiacées poussant dans la région de Oued Souf. Univ Echahid Hamma*
-

Lakhdar-El Oued.

69. **SARIALI A.,2012**-*Contribution à l'étude des peuplements à Arthrocnemum glaucum (Del.) Ung . de l'Oranie (Algérie occidentale) taxonomie et bio-écologie.* Thèse Doct. Univ. Tlemcen, 245 p.
70. **SOLTNER D., 2007**-*Les bases de la production végétale Tome III, la plante.* Ed. Collection sciences et technique agricole Paris, p187-189
71. **SUKHORUKOV A P.,2008**- *Fruit anatomy of the genus Anabasis (Salsoloideae, Chenopodiaceae).* Australian Systematic Botany, 21(6), 431–442. <https://doi.org/10.1071/SB08013>
72. **TILYABAEV Z., ABDUVACHABOV A ,1998**-*Alkaloids of Anabasis aphylla and their cholinergic activities.* Chem Nat compd, 34 (3) :295–297.
73. **TLIG T., SEKI M., SATOU M., SAKURAI T., KOBAYASHI M., ISHIYAMA K., NARUSAKA Y., NARUSAKA M., ZHU J.K., SHINOZAKI K., 2004**- *Comparative genomics in salt tolerance between Arabidopsis and Arabidopsis-related halophyte salt cress using Arabidopsis microarray.* Plant Physiology, Vol. 135: 1697-1709.
74. **TLIGTAHAR ,GORAI M et NEFFATI M.,2008**- *Germination responses of Diplotaxis harra to temperature and salinity.* Flora. Vol 203, p 421–428.
75. **TRABELSI H et KHERRAZE M.H., 2020**-*Effects of Abiotic Stress on Seed Germination of Some Algerian Sahara Psammohalophyte Species.* Dans GrigoreMN .(eds) Manuel des halophytes. Springer , Cham . p 20 .https://doi.org/10.1007/978-3-030-17854-3_84-1.
76. **WIEBE B H., EILERS R.G., EILERS W.D et BRIERLEY J.A., 1981-2001** -*Risque de salinisation du sol,* chapitre 15. pp:121
77. **ZERROUMDA M., 2012** -*Approches physiologiques et métaboliques pour la sélection de variétés d'orge tolérantes vis-à-vis d'une contrainte saline [En ligne].* Mémoire de Master. Algérie : École Nationale Supérieure Agronomique -El Harrach –Alger, 2012, p 100. Disponibles sur <<http://dspace.ensa.dz:8080/jspui/bitstream/123456789/1248/1/M%C3%A9moire%20de%20ma%20gister%20biblioth%C3%A8que.pdf>> consulté le (27/05/2020)
78. **ZID E.,1982**- *Relation hydriques dans la feuille de Citrus aurantium : effets de l'âge et de la salinité.* Rev. FAC. Sc. Tunis, 2, pp 195-205.
79. **ZIDAN Y., BOUDERBALA S., BOUCHENAK M., 2016**-*L'extrait aqueux lyophilisé de prévient 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.

A thick yellow vertical bar runs down the left side of the page. A yellow arrow points to the right from the bar, positioned above the word 'Annexe'.

Annexe



Fiche de suivi de l'évolution de la germination

- Période d'observation : du 06/03/2022 au 22/03/2022
- Observateur : Guebadj Nadjate et Khadraoui Mériem
- Température : 25 °C

Sel 01: NaCl

Jours	Témoin				C1				C2				C3				C4				C5				C6			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
2	21	20	24	17	22	23	23	22	21	17	19	22	23	16	13	10	15	20	19	17	19	18	18	15	20	11	9	9
4	25	21	24	19	22	23	23	23	21	17	21	22	25	21	22	18	19	22	23	23	23	22	21	22	23	16	10	24
6	25	24	25	24	24	24	23	24	22	22	22	25	25	25	24	22	24	24	23	24	24	24	22	23	25	18	21	24
8	25	25	25	24	24	24	23	24	23	22	23	25	25	25	24	23	24	24	25	24	24	24	22	24	25	20	24	25
10	25	25	25	24	25	25	25	25	25	25	24	25	25	25	25	25	25	25	25	24	25	25	24	25	25	25	24	25
12	25	25	25	24	25	25	25	25	25	25	24	25	25	25	25	25	25	25	25	24	25	25	24	25	25	25	24	25
14	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	24	25	25	25	25	25	25	25	25	24	25	25	24	25	25	25	24	25



Sel 2: NaSO4

Jours	Témoïn				C1				C2				C3				C4				C5				C6			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
2	21	20	24	17	20	22	21	23	15	14	10	18	16	14	11	15	13	8	8	4	5	7	3	3	12	3	2	5
4	25	21	24	19	21	23	24	24	21	21	20	18	20	18	17	18	20	15	16	13	11	14	14	6	12	6	2	9
6	25	24	25	24	24	24	24	25	24	24	20	22	23	22	19	21	21	18	20	13	14	14	18	16	14	6	3	9
8	25	25	25	24	25	25	25	25	24	24	24	22	23	22	22	23	22	19	20	16	19	18	18	16	20	6	6	10
10	25	25	25	24	25	25	25	25	25	24	25	25	25	25	25	25	24	24	23	20	20	21	21	22	23	10	8	13
12	25	25	25	24	25	25	25	25	25	24	25	25	25	25	25	25	25	24	24	22	24	24	23	23	24	14	9	13
14	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	24	25	23	25	25	24	24	24	17	14	18

Sel 3: CaCl₂

Jours	Témoïn				C1				C2				C3				C4				C5				C6			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
2	21	20	24	17	5	7	5	6	5	12	8	5	4	5	4	5	2	5	8	4	1	1	2	0	3	0	2	0
4	25	21	24	19	5	10	9	9	15	15	8	5	5	6	9	7	2	9	8	6	1	2	2	0	4	0	2	0
6	25	24	25	24	19	20	14	14	20	21	13	11	12	13	17	16	4	10	11	6	3	2	2	1	4	0	3	0
8	25	25	25	24	19	20	16	15	20	22	13	13	18	13	17	18	8	12	14	8	6	4	6	2	7	1	5	0
10	25	25	25	24	19	22	22	20	23	23	18	21	20	21	22	21	12	17	23	10	7	8	8	3	7	4	8	4
12	25	25	25	24	22	24	23	21	23	23	22	21	23	21	22	23	12	18	24	10	7	9	8	7	8	4	10	4
14	25	25	25	25	22	24	23	21	23	23	22	21	23	22	22	23	12	18	24	10	7	9	8	7	8	4	10	4



Résumé :

Le présent travail porte sur l'étude de l'effet du stress salin sur le 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 , CaCl₂ et Na₂SO₄. Les résultats obtenus montrent que, les graines d'*Anabasis articulata* tolèrent des concentrations salines jusqu'à 600 mmol/l , avec une certaine sensibilité (une diminution du taux de germination final et un ralentissement de la vitesse et la cinétique de germination) .Sur le plan morphologique, l'effet de doses croissantes en sel se traduit par une réduction dans les longueurs de radicules et tigelles.Généralement l'*Anabasis articulata* c'est une halophyte qui résiste plus au stress salin représenté par le NaCl qu'autres types de sel.

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

Summary:

This work focuses on the study of the effect of saline stress on the physio-morphological behavior of a spontaneous halophyte of the Sahara *Anabasis articulata* at the germination and post-germination stage. For this, we subjected the seeds to increasing concentrations of NaCl, CaCl₂ and Na₂SO₄. The results obtained show that, the seeds of *Anabasis articulata* tolerate saline concentrations up to 600 mmol / l , with a certain sensitivity (a decrease in the rate of final germination and a slowing of the speed and kinetics of germination). Morphologically, the effect of increasing doses of salt results in a reduction in the lengths of radicles and rods. Generally *Anabasis articulata* is a halophyte that is more resistant to saline stress represented by NaCl than other types of salt.

Keywords: *Anabasis articulata*, germination, saline stress, tolerance, halophyte.

ملخص:

يركز هذا العمل على دراسة تأثير الإجهاد الملحي على السلوك الفسيولوجي المورفولوجي لنباتات *Anabasis articulata* في مرحلة الإنبات وما بعد الإنبات. لهذا ، أخضعنا البذور لتركيزات متزايدة من NaCl , CaCl₂ وNa₂SO₄. تظهر النتائج التي تم الحصول عليها أن بذور *Anabasis articulata* تتحمل تركيزات ملحية تصل إلى 600 ملليمول / لتر ، مع حساسية معينة (انخفاض في معدل الإنبات النهائي وتباطؤ سرعة وحركية الإنبات). من الناحية المورفولوجية ، يؤدي تأثير زيادة جرعات الملح إلى تقليل أطوال النباتات. بشكل عام *Anabasis articulata* هو نبات ملحي أكثر مقاومة للإجهاد الملحي الذي يمثله كلوريد الصوديوم أكثر من أنواع الملح الأخرى.

الكلمات المفتاحية :

Anabasis articulata, الإنبات, الإجهاد الملحي, مقاومة الملوحة النبات المقاوم للملوحة