

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA
Faculté Des Sciences De La Nature Et De La Vie
Département Des Sciences Biologiques



Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

Domaine: Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biotechnologie végétale.

Présenté par : M^{elle} BEN SEKERIFA Belkis

M^{elle} KHELLAFI Hassiba

Thème

Effet de la salinité sur quelques traits physiologiques chez
Zygophyllum album L.

Soutenu publiquement Le : 27 / 06 /2018.

Devant le jury:

Président :	M^{elle} SALHI Nasrine	M. C. A	UKM Ouargla
Examinatrice :	M^{elle} TRABELSI Hafida	M. C. B	UKM Ouargla
Encadreur :	M^{elle} HADJADJ Soumia	M.C. B	UKM Ouargla

Année universitaire: 2017/2018



Remerciements

Nous En premier lieu, nous tenons à remercier notre DIEU, notre créateur pour nous avoir donné la force pour accomplir ce travail.

*On commence par exprimer notre profonde reconnaissance et nos vifs remerciements à notre encadreur **M^{elle} HADJADJ Soumia** Maîtres de conférences classe –B- au Département des sciences de la nature et de la vie. Faculté des Sciences de la nature et de la vie à l'université Kasdi Merbah – Ouargla qui nous a honorées en acceptant de diriger ce travail, pour ses encouragements, ses conseils, merci de nous avoir guidées avec patience et d'avoir consacré autant d'heures pour les corrections de ce manuscrit, on exprime notre respect et notre gratitude.*

*Nous tiens à remercier **M^{elle} SALHI Nasrine** d'avoir acceptés de présider et **M^{elle} TRABELSI Hafida** d'examiner du jury de notre travail, qu'elles trouvent ici toutes nos expressions respectueuses.*

Nos vifs et sincères remerciements s'adressent tous les enseignants de notre Université Kasdi Merbah – Ouargla-, qui nous a donné une Bonne formation.

*Nos remerciements **Mr BEGARI El-Aiach** le responsable des laboratoires pédagogiques, aussi toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.*

Nos sentiments de reconnaissance et nos remerciements vont aussi aux membres des laboratoires pédagogiques et de la recherche « Protection des Ecosystèmes en Zones Arides et Semi-arides » et « Bioressources saharienne préservation et valorisation »

de l'université KASDI MERBEH, Ouargla.

En fin, N'oubliez pas nos amis de notre promotion Master II biotechnologie végétale 2017/2018.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

A Ceux qui sont les plus chères au monde, ma mère et mon père que dieu protège

En témoignage de nos profondes affectations. Qu'ils

sachent que ce travail est en partie

Le fruit de leurs soutien ; nous leurs sommes très

reconnaissants. Leurs fiertés à nos

égard aujourd'hui est pour nous la meilleure des

récompenses.

... A mes chers frères et belles sœurs

....A mes grands-mères

....A tous mes oncles et mes tantes

. ...A mon fiancé

. ...A tous la famille de : BENSEKERIFA .

...A tous mes amies

*A tous les étudiants de la promotion : Master 2017-2018 Biotechnologie végétales du
département de biologie, faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la
terre et de l'univers. Université Kasdi Merbah Ouargla.*

BENSEKERIFA Belkis.



Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

... A mon cher père : Ali, qui a sacrifié sa vie pour notre instruction.

..A ma tendre mère : Hania Khellafi, la fleur de mon cœur et l'odeur de mes jour.

Merci...Pour leurs aides sacrifices, encouragements et leur patience pendant mes études

... A mes chers frères et belles sœurs

.....A tous mes oncles et mes tantes

. ...A mon fiancé et tous la famille de : Dardache.

...A tous mes amies surtout Zineb, Naima, Soumia, Belkïs, Nada, Marwa et Manal.

A tous les étudiants de la promotion : Master 2017-2018 Biotechnologie végétales du département de biologie, faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre et de l'univers. Université Kasdi Merbah Ouargla.

KHELLEFI Hassiba



Liste des tableaux

Tableau 1: Données climatiques de la région de Ouargla (2007-2016) (ONM, 2017).....	12
Tableau 2 : Potentiel hydrogène (pH) et la conductivité électrique (CE) des rhizosphères des stations de récoltées des plantes <i>Zygophyllum album L.</i>	17
Tableau 3:Composition de la solution saline NaCl	18
Tableau 4:Composition de la solution saline CaCl ₂	18

Liste des figures

Figure 1:Schématisation du bilan de la circulation du sodium dans les plantes de type includer ou excluder (LEVIGNERON et <i>al.</i> , 1995).....	7
Figure 2:Principaux mécanismes cellulaires de perception, signalisation et réponse au stress salin (NaCl) chez les plantes.	10
Figure3 :Situation géographique de region de Ouargla.....	11
Figure 4:Chotts, Sabkha et Exploitation de la vallée de Ouargla.....	13
Figure 5:Feuilles, fruits et fleurs de <i>Zygophyllum album L.</i>	16
Figure6 : Différentes étapes de préparation des extraits.....	20
Figure 7:Dosage des polyphénols totaux par la méthode de (Folin- Ciocalteu).	22
Figure 8: Dosage des flavonoïdes totaux par la méthode de (BAHORUN et <i>al.</i> , 1996).....	23
Figure9 :Evaluation de l'activité antioxydante totale par la méthode de phosphomolybdate..	24
Figure 10: Variation du taux de germination final des graines de <i>Zygophyllum album L.</i> en fonction des concentrations croissantes en NaCl ou CaCl ₂	27
Figure 11: Cinétique de germination des graines de <i>Zygophyllum album L.</i> sous concentrations croissantes en NaCl (A) et CaCl ₂ (B).....	26
Figure 12:Teneurs en polyphénols totaux des organes de <i>Zygophyllum album L.</i> récoltée dans différentes stations de la région de Ouargla.	28
Figure 13: Teneurs en flavonoïdes des organes de <i>Zygophyllum album L.</i> récoltée dans différentes stations de la région de Ouargla.	29
Figure 14:Teneurs en activité antioxydante des organes de <i>Zygophyllum album L.</i> récoltée dans différentes stations de la région de Ouargla.	30

Liste des photos

Photo 1 : Dosage des polyphénols.....	49
Photo 2 : Dosage des flavonoïdes.....	50
Photo 3 : Evaluation de l'activité antioxydante.....	51

Liste des abréviations

APX	L'ascorbate peroxydase.
CAT	Catalase.
EAC	Equivalent d'acide ascorbique.
EAG	Equivalent d'acide gallique.
ER	Equivalent de rutine.
GPX	Glutathion peroxydase.
GST	Glutathion S-transférase.
H₂O₂	Peroxyde d'oxygène.
MS	Matière sèche.
O₂⁻	Radicaux superoxydes.
OH	Hydroxyl.
SOD	Superoxydedismutase.
TG	Taux de germination.
TMG	Temps moyen de germination.

Table des matières

Dédicace	1
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Table des matières	
Introduction	1
Chapitre I: Synthèse bibliographique	
I. - Salinité et sols salés	3
I. 1.- Définition de la salinité.....	3
I.2. - Principaux sels solubles	3
I. 2.1.- Carbonates	3
I.2.2.- Sulfates.....	3
I.2.3.- Chlorures.....	3
II.- Salinité et plantes.....	3
II.1.- Définition du stress.....	3
II.2.- Stress salin	4
II.3.- Effet de la salinité sur la physiologie de la plante	4
II.3.1.- Effets de la salinité sur la germination	4
II.3.1.1.- Effet osmotique.....	5
II.3.1.2.- Effet toxique	5
II.3.2.- Effet de la salinité sur la croissance et de développement	5
II.4.- Effet de la salinité sur la photosynthèse	5
II.5.- Mécanisme d'adaptation des plantes au stress salin.....	6
II.5.1.- Adaptation morphologique	6
II.5.2.- Adaptation physiologique.....	6
II.5.2.1.- Exclusion	6
II.5.2.2.- Inclusion	7

II.5.2.3.- Compartimentation vacuolaire	7
II.5.3.- Adaptation métabolique.....	8
II.5.3.1.- Accumulation des solutés organiques.....	8
II.5.3.1.1.- Accumulation de la proline.....	8
II.5.3.1.2.- Accumulation des sucres solubles et polyols	8
II.5.3.1.3.- Accumulation des antioxydants.....	9

Chapitre II: Matériel et méthodes

I.- Présentation de la région d'étude.....	11
II.- Présentation des stations d'étude	12
II.1.- Exploitation de Ex institut de technologie d'agronomie saharienne (Ex ITAS)	14
II.2.- Sabkha Bamendil.....	14
II.3.- Chott Ain El Beida	14
II.4.- Chott Oum Raneb	15
III.- Matériel végétal.....	15
IV.- Présentation de l'espèce étudiée	16
IV.1.- Présentation de <i>Zygophyllum album L.</i>	16
IV.1.1.-Description botanique	16
IV.1.2.- Systématique de l'espèce <i>Zygophyllum album L.</i>	16
IV.1.3.- Répartition géographique de <i>Zygophyllum album L.</i>	17
IV.1.4.- Utilisation et importance de l'espèce étudiée	17
V.- Méthodologie de travail.....	17
V.1.- Caractérisation physico-chimiques de sols.....	17
V.2.- Préparation des solutions salines.....	18
V.3.-Conduite de l'essai de germination sous stress salin.....	18
V.4.-Paramètres étudiés.....	19
V.4. 1.- La cinétique de germination	19
V.4.2.- Taux de germination final (TG%).....	19
V.4.3.- Vitesse de germination	19

V.5.-Analyses biochimiques.....	20
V.5.1.-Préparation des échantillons	20
V.5.2.-Extraction des antioxydants	20
V.5.2.1.-Dosage des polyphénols totaux	21
V.5.2.2.-Dosage des flavonoïdes	22
V.5.3.-Activité antioxydante	23
V.6.- Analyse statistique.....	24

Chapitre III: Résultats et discussion

I.- Résultats.....	25
I.1.- Cinétique de germination.....	25
I.2.- Capacité de germination	27
I.3.- Contenus en antioxydants	28
I.3.1.- Teneurs en polyphénols totaux	28
I.3.2.- Teneurs en flavonoïdes	29
I.4.- Evaluation de l'activité antioxydante	30

Chapitre IV: Discussion

II.- Discussion.....	32
Conclusion.....	34
Références bibliographiques.....	36
Annexes	46

Introduction

Introduction

La salinisation des sols, est l'un des principaux facteurs abiotiques qui limitent la productivité végétale (BAATOUR et *al.*, 2004). Selon CHOUK-ALLAH (1996), la superficie des sols souffrant d'un excès de sel dans le monde est estimée d'environ 1 milliard d'hectares (SLEIMI, 2017).

Les terres, sous climats arides et semi arides représentent un tiers de la surface du globe, près de 400 millions d'hectares (JOUVE et *al.*, 2002). Dans ces écosystèmes, les risques de salinité sont plus importants, elle résulte des fortes évaporations d'eau à partir du sol (MUNNS et *al.*, 2006) et d'une irrégulière et d'insuffisante pluviométrie (MEZNI et *al.*, 2002). Elle provient également de l'irrigation le plus souvent mal contrôlée (BEN NACEUR et *al.*, 2001). L'Algérie fait partie des pays à climatologie caractérisée par un régime semi-aride à aride se situe parmi les pays touchés, presque 3,2 millions d'hectares de la surface sont salins (HAMDY, 1999).

Cette salinisation n'est pas seulement d'origine naturelle mais elle est aussi liée à l'Homme qui, pour des raisons économiques a développé une agriculture intensive souvent mal contrôlée en pratiquant des techniques d'irrigation inadéquates (MUNNS, 1988). Ainsi, il est noté que le monde perd 10 hectares de terres cultivables par minute, dont 3 hectares à cause de salinisation (IPTRID, 2006). 10 à 15% des surfaces irriguées soit (20 à 30 millions d'hectares) souffrent, à des degrés divers, de problèmes de salinisation (MERMOUD, 2006).

La salinisation des sols associée au déficit hydrique, constitue une contrainte environnementale majeure qui affecte négativement les aspects physiologique et biochimique de la plante, en entraînant une réduction de son rendement (RUIZ-LOZANO et *al.*, 2012; ALMEIDA et *al.*, 2014). En plus, elle induit un stress osmotique, une sécheresse physiologique, un déséquilibre ionique, désactivant ainsi les fonctions vitales cellulaires de la plante (TAFFOUO et *al.*, 2013; GUPTA et HUANG, 2014) et un stress oxydatif avec la formation de radicaux libres. Par leur nature instable, ces formes actives d'oxygène sont très nocives pour les constituants cellulaires en particulier pour les lipides membranaires (THOMPSON et *al.*, 1987 ; WECKX et CLIJSTERS, 1996).

Face à ces conditions de stress, les plantes mettent en œuvre de multiples stratégies d'adaptation et de défense. Ces mécanismes permettant d'ajuster sa pression osmotique

interne grâce aux électrolytes et aux solutés organiques (DRIOUICH et *al.*, 2001), principalement des sucres solubles et des acides aminés, comme la proline et la glycine bétaïne (TAJI et *al.*, 2004 ; DENDEN et *al.*, 2005). Ils participent au maintien de la balance de la force osmotique pour conserver la turgescence nécessaire à la croissance et garder le volume cytosolique aussi élevé que possible (ZERRAD et *al.*, 2006).

La réaction des plantes à la salinité est très différente soit au stade de germination ou celui du développement (THAMIR et *al.*, 1992). C'est dans le contexte d'appréhension des mécanismes adaptatifs exprimés par les halophytes pour tolérer ou résister à la salinité, que s'inscrit notre travail qui vise à étudier le comportement germinatif d'une halophyte *Zygophyllum album L.* aux variations quantitative et qualitative de la salinité représentée par la concentration, le type de sels (NaCl et CaCl₂). Ainsi que, d'évaluer le contenu en antioxydants des trois parties (tiges, feuilles et racines) de la plante échantillonnée au niveau de quatre stations de la cuvette de Ouargla (ITAS, Sabkha Bamendil, Chott Ain El Beida, Chott Oum Raneb) déclenché en réponse aux stress environnementaux.

Le choix de notre matériel expérimental a porté sur une halophyte endémique « *Zygophyllum album L.* » de la famille des Zygophyllacées, est une espèce halogypsophile qui couvre souvent les surfaces des sables éoliens (QUEZEL et SANTA, 1965).

Chapitre I
Synthèse bibliographique

I. - Salinité et sols salés

I. 1.- Définition de la salinité

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

I.2. - Principaux sels solubles

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

I. 2.1.- Carbonates

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

I.2.2.- Sulfates

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

I.2.3.- Chlorures

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

II.- Salinité et plantes

II.1.- Définition du stress

D'après JONES et *al.* (1989), et DUTUIT et *al.* (1994), le stress est une force ou influence hostile qui tend à empêcher un organisme ou un système vivant de fonctionner normalement (rupture d'un équilibre fonctionnel).

Le stress est un ensemble de conditions qui provoquent des changements de processus physiologiques de la plante, résultant éventuellement en dégâts, dommages, blessures, inhibition de croissance ou de développement. Par ailleurs, la réponse du végétal dépend,

entre autres, de ces paramètres environnementaux (type de contrainte, son intensité et sa durée) et des facteurs intrinsèques des plantes (espèce et génotype) (HOPKINS, 2003).

II.2.- Stress salin

Le stress salin est un excès d'ions, en particulier mais pas exclusivement aux ions Na^+ et Cl^- (HOPKINS, 2003). La présence d'une importante quantité de sels réduit fortement la disponibilité de l'eau pour les plantes, on parle alors de milieu "physiologiquement sec" (TREMBUN, 2000).

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

Stress hydrique, une forte concentration saline dans le sol est tout d'abord perçue par la plante comme une forte diminution de la disponibilité en eau. Cela nécessite un ajustement osmotique adapté, afin que le potentiel hydrique cellulaire demeure inférieur à celui du milieu extracellulaire et à celui du sol (ALAM, 1994).

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 (ALAM, 1994).

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 Na^+ entre en compétition avec le potassium K^+ , et le calcium Ca^+ , et le chlorure Cl^- avec le nitrate NO_3^- , le phosphate P^+ avec le sulfate SO_4^{-2} (ALAM, 1994).

II.3.- Effet de la salinité sur la physiologie de la plante

II.3.1.- Effets de la salinité sur la germination

La germination des graines est le stade le plus sensible aux stress salin et hydrique (BOULGHALAGH et al., 2006). Le stade germination est souvent limité par la salinité du sol et se montre le plus sensible que les autres stades (BOUDAS et HADDIOUI, 2011). Selon l'espèce, l'effet dépressif peut être de nature osmotique ou toxique (ISMAIL, 1990).

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

II.3.1.1.- Effet osmotique

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

II.3.1.2.- Effet toxique

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

II.3.2.- Effet de la salinité sur la croissance et de développement

La salinité est une contrainte majeure qui affecté la croissance et le développement des plantes. Le ralentissement de la croissance peut résulter de plusieurs facteurs, à savoir :

- La concentration élevée en Na^+ et Cl^- diminue l'absorption de Ca^{2+} , l'augmentation de la concentration en Na^+ s'accompagne également d'une réduction de la concentration en Mg^{2+} , K^+ et PO_4^{3-} dans la plante (LEVITT, 1980).
- La perte de turgescence des cellules due au stress osmotique, induit par les solutés externes (SERRANO et GAXIOLA, 1994).
- L'utilisation des composés carbonés et azotés à des fins de protection et d'osmorégulation aux dépens de leurs implications dans la production de biomasse (ALARCON *et al.*, 1994).
- Le déséquilibre nutritionnel causé par l'absorption réduite des ions essentiels, comme le K^+ , Ca^{+2} ou NO_3 en liaison avec cette accumulation excessive (GROUZIS *et al.*, 1977; HAOUALA *et al.*, 2007).

II.4.- Effet de la salinité sur la photosynthèse

La présence du sel en forte concentration inhibe principalement le métabolisme cellulaire et la photosynthèse (TREMBLIN et COUDRET, 1986) par l'imposition d'un stress osmotique (HAYASHI et MURATA, 1998). La salinité réduit la vitesse photosynthétique suite à une diminution de la conduction stomatique de CO_2 (SANTIAGO *et al.*, 2000). En effet, la déshydratation des membranes cellulaires réduit leur perméabilité au CO_2 ce qui

réduit l'approvisionnement en CO₂ des cellules, à la sénescence accrue induit par la salinité et au changement dans l'activité des enzymes photosynthétiques (PARIDA et DAS, 2004).

II.5.- Mécanisme d'adaptation des plantes au stress salin

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

II.5.1.- Adaptation morphologique

La salinité est connue pour affecter de nombreux aspects des plantes et d'induire de nombreux changements dans leur morphologie. La morphologie et la structure des halophytes sont adaptées dans le sens de l'économie d'eau, les caractères associées à cette adaptation sont :

- Une cuticule épaisse ;
- Des stomates rares (HELLER et *al.*, 1998);
- Des cellules à grandes vacuoles pour favoriser le stockage de NaCl (LUTTGE et *al.*, 2002).
- Une succulence des feuilles, qui deviennent épaisses ou cylindriques (*Suaeda*) ou de leurs tiges dans le cas de l'espèce aphyllé (*Salicornia*) (LEMEE, 1978).

II.5.2.- Adaptation physiologique

II.5.2.1.- Exclusion

Chez les plantes sensibles au NaCl, le Na⁺ s'accumule dans les racines, puis exclu des feuilles, ces plantes sont dites «excluser» (HAOUALA et *al.*, 2007). La plante empêche le sel de remonter dans la sève jusqu'aux feuilles. La présence de l'endoderme dans les racines ainsi que le transport sélectif, leur permet d'absorber les ions nutritifs utiles et de réexcréter les ions Na⁺ (GENOUX et *al.*, 1991). Dans ce cadre, la sortie de Na⁺ des vaisseaux du xylème est en échange d'une entrée de K⁺ venant des cellule parenchymateuses du xylème et du parenchyme avoisinant, joue un rôle important dans la tige et les racines (figure1) (LUTTGE et *al.*, 2002).

II.5.2.2.- Inclusion

A l'inverse, les plantes tolérantes le NaCl, sont dites « incluser » ramassent le sel qui parvient aux feuilles au même titre que l'eau, par le mouvement ascendant de la sève dans les vaisseaux. A l'intérieur des cellules, le sel est alors stocké dans les vacuoles grâce à des systèmes de pompes moléculaires. Ou excrété par des glandes vers l'extérieur (ALEM et AMRI, 2005). L'excrétion dans les glandes à sel est très spécifique, Na^+ , Cl^- et HCO_3^- sont excrétés contre le gradient de concentration, alors que des ions comme Ca^{++} , NO_3^- , SO_4^- et PO_4^- sont maintenus contre leur gradient (figure1) (HOPKINS, 2003).

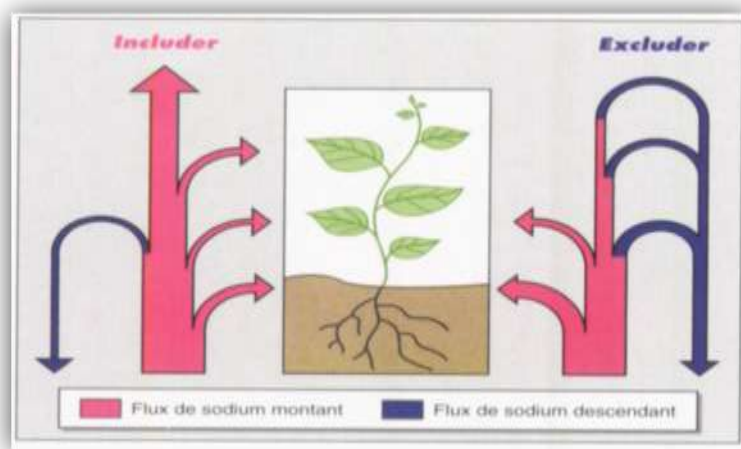


Figure 1: Schématisation du bilan de la circulation du sodium dans les plantes de type incluser ou excluser (LEVIGNERON et *al.*, 1995).

II.5.2.3.- Compartimentation vacuolaire

La compartimentation est la stratégie la plus efficace pour éviter la toxicité de Na^+ sur des sites métaboliques dans le cytoplasme (JEBNOUNE, 2008). La plante utilise en effet le sel pour ajuster la pression osmotique de ses cellules. Elle capte le sel qui parvient aux feuilles, au même titre que l'eau, par le mouvement ascendant de la sève dans les vaisseaux. A l'intérieur des cellules, le sel est alors stocké dans les vacuoles grâce à des systèmes de «pompes" moléculaires (SENTENAC et BERTHOMIEU, 2003 in BOUCHOUKH, 2010).

II.5.3.- Adaptation métabolique

II.5.3.1.- Accumulation des solutés organiques

II.5.3.1.1.- Accumulation de la proline

Sous des conditions de concentration en sel élevés, les plantes supérieures maintiennent leur contenu de l'eau par l'accumulation des solutés organiques compatibles dans leur cytoplasme. La proline est l'un de ces solutés utilisée par la plante comme osmoprotecteur. Dans plusieurs types de plante, l'accumulation de la proline a été observée comme une réponse au stress salin (MCUE et HANSON, 1990). Les études biochimiques ont montré que l'accumulation de plus d'azote qui contient des composés tels que les acides aminés et les protéines sont considérées comme une réponse commune pour les plantes comme le blé (ELSHINTINAWY et HASSANEIN, 2001) au stress salin.

II.5.3.1.2.- Accumulation des sucres solubles et polyols

Plusieurs études physiologiques ont démontré que l'accumulation des sucres et des polyols, principalement suite à l'hydrolyse de l'amidon (HOEKSTRA *et al.*, 2001; PHILLIPS *et al.*, 2002), était stimulée par un stress salin chez différentes espèces végétales (GILMOUR *et al.*, 2000; STREETER *et al.*, 2001; TAJI *et al.*, 2002; BARTELS et SUNKAR, 2005; MAJUMDER *et al.*, 2010).

Les sucres solubles auraient un rôle majeur dans l'ajustement osmotique, leur participation à l'abaissement du potentiel osmotique en condition de stress salin a été mise en évidence par plusieurs auteurs (FERNANDES *et al.*, 2004). La synthèse des sucres est stimulée par le stress salin chez de nombreuses espèces soit par blocage de la glycolyse ou par hydrolyse de l'amidon (RATHINASABAPATHI, 2000). Le glucose est le sucre majoritairement accumulé dans les feuilles des plantes soumises au stress salin (MUSTARD et RENAULT, 2004). Le saccharose peut agir en tant que composé soluble compatible et son accumulation peut limiter les dommages au niveau des structures cellulaires (NEUHAUS, 2007), ainsi que l'accumulation de saccharose contribue au maintien d'une pression osmotique élevée limitant les pertes d'eau par transpiration (PEREZ-ALFOCEA et LARHER, 1995).

L'augmentation de la concentration des polyols entraîne une augmentation du potentiel osmotique du cytoplasme, ce qui permet une plus grande compartimentation de sodium dans la vacuole. De plus, ces polyols agissent en tant qu'osmoprotecteurs des membranes et des protéines, probablement en éliminant les radicaux libres d'oxygène (BOHNERT et JENSEN, 1996). Ils peuvent également servir de source de carbone pendant la

période de stress durant laquelle les photosynthétats sont peu disponibles (VERNON *et al.*, 1993). Le sorbitol, habituellement accumulé au niveau des graines (KUO *et al.*, 1990), servirait à la nutrition carbonée de l'embryon et à sa protection contre la déshydratation au cours du processus de maturation (AHMAD *et al.*, 1979).

II.5.3.1.3.- Accumulation des antioxydants

Les formes actives d'oxygène, telles que le peroxyde d'oxygène (H_2O_2), les radicaux superoxydes (O_2^-) et hydroxyl (OH), sont produites au cours des processus cellulaires aérobies et de façon plus accrue suite aux stress abiotiques, notamment la salinité (FOYER et NOCTOR, 2000; HERNANDEZ *et al.*, 2001; APEL et HIRT, 2004; TAUSZ *et al.*, 2004; LOGAN, 2005; BROSCHE *et al.*, 2010). Ces composés, lorsqu'ils sont accumulés en faible quantité, peuvent servir de signal pour induire l'expression de gènes de réponse et de défense cellulaires (PARENT *et al.*, 2008).

La production excessive de ces composés provoque des dégâts oxydatifs, et ils deviennent toxiques pour la cellule (MAHAJAN *et al.*, 2008). Le radical hydroxyl, par exemple, risque d'endommager les structures chlorophylliennes, protéines nucléiques et lipides, et par conséquent entraver le métabolisme cellulaire, la physiologie de la plante et finalement la croissance et le rendement (FRANKEL, 1984 ; IMLAY et LINN, 1986). Par conséquent, la plante doit constamment déployer ses mécanismes de défense pour pallier ces dommages.

De ce fait, et afin d'éliminer ces formes actives d'oxygène, les plantes possèdent des antioxydants (de nature non enzymatique) de faible masse moléculaire, tels que les composés phénoliques, les flavonoïdes, les anthocyanes et l'acide ascorbique (ASHRAF, 2008). Mais aussi, elles emploient une vaste panoplie d'enzymes, telles que la superoxydedismutase (SOD), la catalase (CAT), l'ascorbate peroxydase (APX), la glutathion S-transférase (GST) et la glutathion peroxydase (GPX) (NOCTOR et FOYER, 1998; BLUMWALD *et al.*, 2004; SAIRAM et TYAGI, 2004; MUNNS, 2005; TÜRKAN et DEMIRAL, 2009; KSOURI *et al.*, 2010).

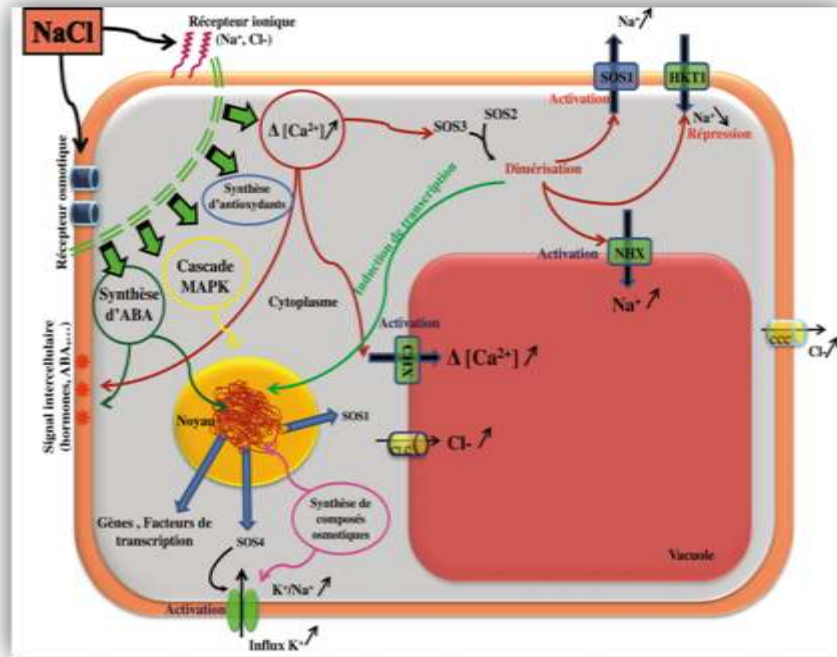


Figure 2: Principaux mécanismes cellulaires de perception, signalisation et réponse au stress salin (NaCl) chez les plantes.

Chapitre II
Matériel et méthodes

L'objectif de notre travail est l'étude du comportement germinatif des graines de *Zygophyllum album L.* aux concentrations croissantes de sels NaCl ou CaCl₂, ainsi que l'évaluation des mécanismes adaptatifs physiologiques de cette espèce aux conditions arides (cas de région de Ouargla), à travers le dosage des antioxydants au niveau des différents organes.

I.- Présentation de la région d'étude

Le chef-lieu de la wilaya de Ouargla est située au Sud-Est Algérien au fond d'une cuvette très large de la vallée de oued M'ya à environ 800 km d'Alger, selon ROUVILLIOS-BRIGOL (1975), ces coordonnées géographiques, la latitude est de 32° 45' Nord et 31° 45' Sud ; la longitude est de 5° 20' Est et 5° 45' Ouest.

La wilaya d'Ouargla couvre une superficie de 163323 km², elle est limitée :

- Au Nord par la wilaya de Djelfa et la wilaya d'El-Oued.
- A l'Est par la Tunisie sur 500Km.
- Au sud par la wilaya de Tamanrasset et la wilaya d'illizi.
- Al 'Ouest par la wilaya de Ghardaïa.

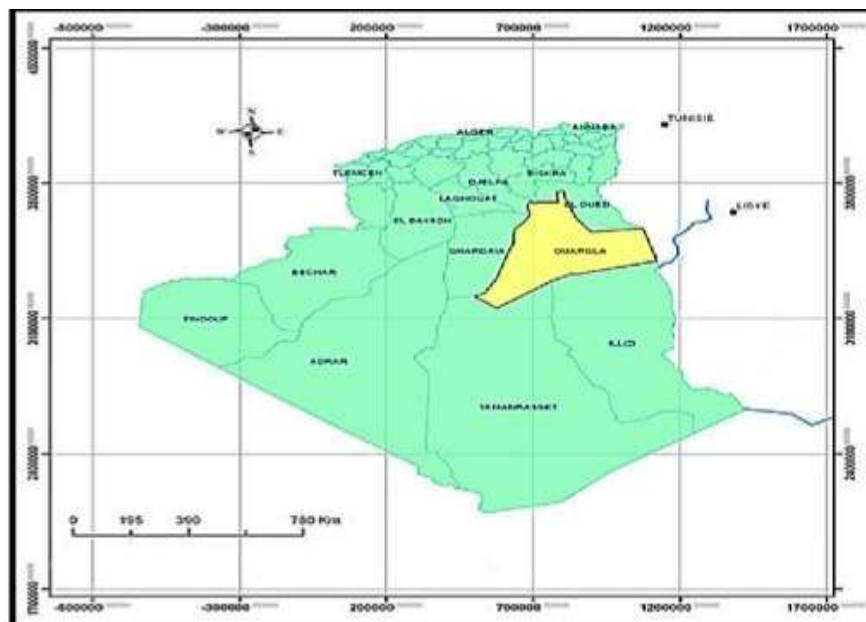


Figure 3: Situation géographique de la région de Ouargla.

Le climat de Ouargla est particulièrement contrasté malgré la latitude relativement septentrionale (ROUVILLIOS-BRIGOL, 1975). Les particularités climatiques de la région d'étude sont détaillées dans le tableau 01.

Tableau 1: Données climatiques de la région de Ouargla (2007-2016) (ONM, 2017).

Mois	T Min. (C°)	T Max. (C°)	T Moy (C°)	Humidité (%)	Précipitations (mm)	Insolation (h)	Evaporations (mm)	Vent (Km/h)
Janvier	4,7	20,5	12,6	58,5	8,5	248,2	91,8	56
Février	6,4	21,8	14,1	50	3,2	242,8	123,7	49
Mars	9,8	26,3	18,05	45	3,1	268,6	184	56
Avril	14,4	31,7	23,05	39	1,8	281,8	234,3	66
Mai	19,4	36	27,7	33,5	1,6	303,4	302,8	63
Juin	24,3	41,1	32,7	29	0,8	240,8	373,1	51
Juillet	27,5	44,1	35,8	25,5	0,4	323,9	429,8	58
Aout	27,2	43,2	35,2	28,5	0,6	335,2	392,3	53
Septembre	23,3	39,1	31,2	37	3,9	264,5	284	51
Octobre	16,9	32,9	24,9	44	4,1	264,1	212,6	47
Novembre	9,8	25,1	17,45	53	1,2	253,4	121,6	43
Décembre	5,6	20,1	12,85	59,5	4,2	229,6	86,3	42
Moyenne	15,77	31,82	23,8	41,87	33,4*	271,36	2836,3*	52,92

*Cumul annuel.

II.- Présentation des stations d'étude

Les sebkhas, centres des dépressions fermées et salées et les chotts qui les entourent sont des zones salées. Sur les 99000 hectares que compte la cuvette d'Ouargla, la superficie occupée par les zones de sebkhas est évalué à 21000 ha dont 3500 ha représentent par les chotts.

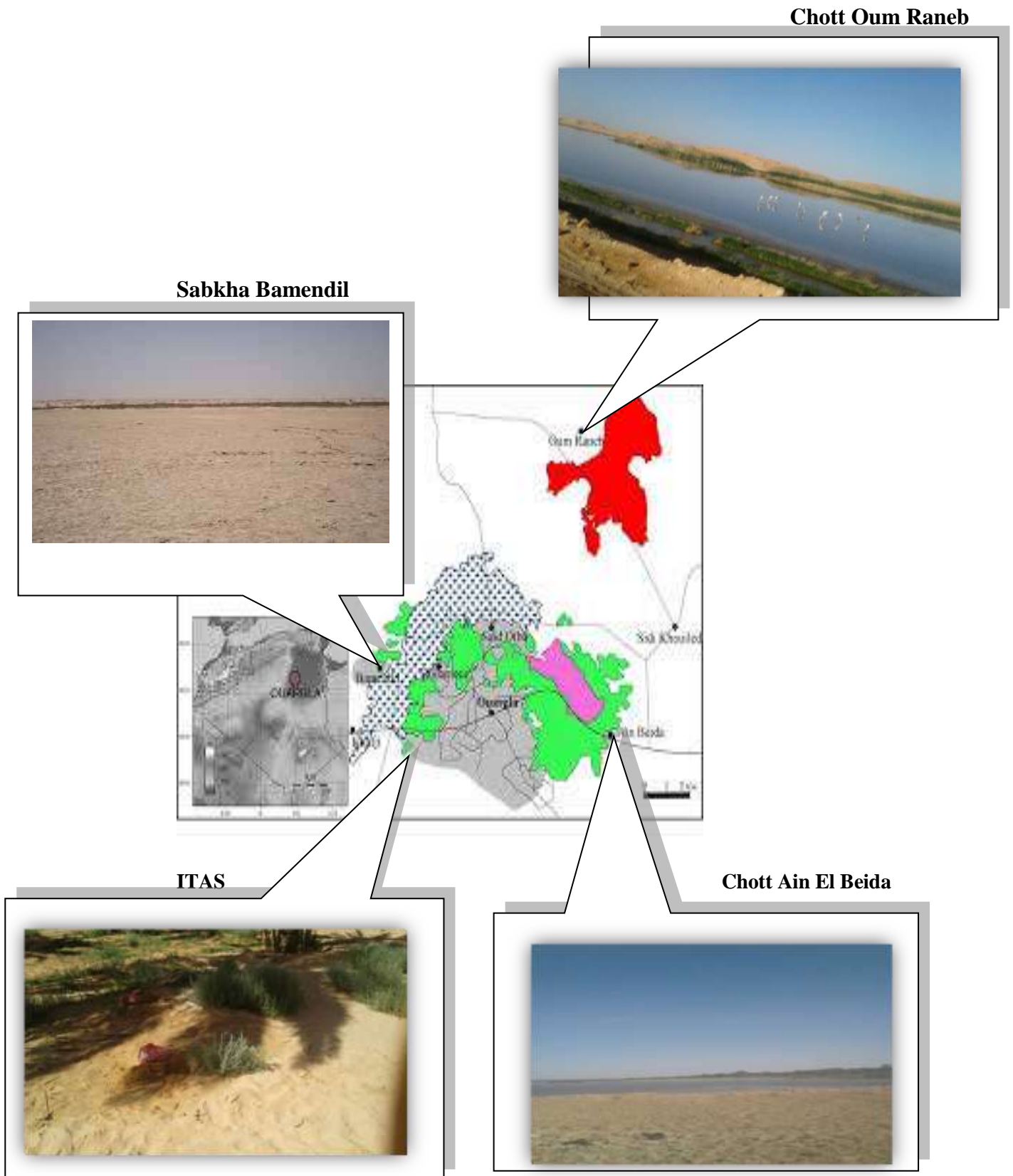


Figure 4:Chotts, Sabkha et Exploitation de la région de Ouargla.

Le présent travail s'est déroulé au niveau de quatre stations différentes, il s'agit :

II.1.- Exploitation de Ex institut de technologie d'agronomie saharienne (Ex ITAS)

L'exploitation de l'institut de technologie d'agronomie saharienne est située à six kilomètres au Sud-ouest du centre de la ville d'Ouargla. Elle se trouve à une altitude de 132, ces coordonnées géographiques sont (31° 57" Nord, 5° 20" Est).

Cette plantation phœnicicole est de type organisée caractérisée par des palmiers ayant des écartements moyens de 10 m sur 10. Elle s'étend sur une superficie de 20 ha, dont 14,4 ha aménagés répartis en quatre secteurs A, B, C et D occupant chacun une superficie de 3,6 ha. Elle est également caractérisée par la dominance des espèces halophiles spontanées (*Suaeda sp.*, *Limonium sp.*, *Phragmites sp.*, *Cynodon sp.*, *Tamarix sp.*, *Zygophyllum album*,...).

II.2.- Sabkha Bamendil

La sabkha Bamendil est située à quelques kilomètres au Nord-Ouest de centre de la ville de Ouargla, est considérée comme une bande allongée géographique et s'étale sur une superficie de 1838 ha environ. L'altitude varie entre 131,5 m et 130, 8 m dans une région marquée par un climat aride. La Sabkha Bamendil est caractérisée par la présence d'une nappe phréatique de faible profondeur, les eaux de cette nappe soumises à une forte évaporation ont tendance à se concentrer et les sols à se saler (BOUTELLI, 2012).

La sabkha est limitée au Nord par un terrain vierge, au sud par l'agglomération et les Oasis de Ouargla ; à l'Est par les Oasis et les chotts d'Oum Raneb et de Ain El Beida et à l'Ouest par les oasis et l'agglomération de Bamendil (BOUTELLI, 2012).

II.3.- Chott Ain El Beida

Le chott d'Ain El Beida est une dépression saline d'une surface totale de (442.63ha), située au milieu des palmeraies de la cuvette d'Ouargla (loin de 5 km). Il est compris entre la palmeraie d'Ouargla à l'Ouest et au Sud et la palmeraie d'Ain El Beida à l'Est (T.A.D, 2002). Allongé en direction Nord- ouest, Sud- est sur une longueur de 5,3 Km (D.G.F, 2004).

Le Chott constitue le point bas de la ville d'Ouargla. Actuellement, l'alimentation en eau du Chott se fait à partir de la nappe phréatique dont le niveau varie en fonction de la saison et des actions de l'Homme (drainage de la palmeraie, irrigation), et surtout à partir de la divagation des eaux usées déversées dans le Chott (MEYTHIAZ, 2003).

La flore de chott est constituée de palmeraies et des plantes végétales halophiles (*Phragmites communis*, *Salicorniafructicosa*, *Tamarix gallica*, *Zygophyllum album*) (BOUZID, 2003).

II.4.- Chott Oum Raneb

Le Chott Oum Raneb est une zone humide dans une cuvette située à environ 7Km au Nord-est de la ville de Ouargla .Il est localise entre l'agglomération de Sidi-Khouiled (chef-lieu du commun même nom) au Sud et l'agglomération de Oum Raneb au Nord.

Le chott est allongé selon une direction Nord –Sud sa superficie varie de 900 à 1400 ha en fonction du niveau de l'eau.

Le chotte est entouré par des formation dunaires au Nord à l'Est et au Sud, il est alimenté par les eaux usées de la ville de Ouargla et les eaux de drainage agricole depuis 1983 (BG, 2004).

III.- Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans le présent travail, comporte :

Des graines de *Zygophyllum album* séchées naturellement ont été récoltées au mois de juillet 2017 dans la région de Touggourt, Wilaya de Ouargla. Après décortication manuelle de leur valves fructifères (bractéoles), les graines collectées ont été conservés dans un flacon en verre hermétiquement fermé à la température du laboratoire jusqu'à son utilisation (pour les testes de germination).

Des plantes de *Zygophyllum album* récoltées en 15 Mars 2018 au stade végétatif, à partir des quatre stations de la cuvette d'Ouargla (ITAS, Sabkha Bamendil, Chott Ain El Beida et Chott Oum Raneb). Les plantes prélevées en triplicata sont fractionnées en feuilles, tiges et racines (pour l'étude biochimique).

Des échantillons de sols de la rhizosphère ont aussi été prélevés afin d'effectuer les analyses physico-chimiques (Potentiel Hydrogène pH et la Conductivité électrique CE).

IV.- Présentation de l'espèce étudiée

IV.1.- Présentation de *Zygophyllum album* L.

IV.1.1.-Description botanique

Plante vivace en petite buisson très dense, pouvant dépasser les 50 cm de haut et 1m de large, de couleur verte blanchâtre. Tiges très ramifiées. Feuilles opposées, charnues compose, à deux folioles (OZENDA, 1991). Fleurs blanchâtres Les étamines sont nombreuses, l'ovaire est anguleux à cinq lobes plus ou moins saillants, le fruites est une capsule en forme de poire dilatée de la base au sommet (OZENDA, 1991).

IV.1.2.- Systématique de l'espèce *Zygophyllum album* L.

D'après JUDD et al. (2002), le *Zygophyllum album* L.est une espèce du :

Règne : Plantae

Phylum : Angiospermes

Superdivision : Spermatophyta

Division:Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida (Eudicotylédones)

Sous classe : Rosidae II

Ordre : Zygophyllales

Famille : *Zygophyllaceae*

Genre : *Zygophyllum*

Espèce : *Zygophyllum album* L.



Figure 5: *Zygophyllum album* L. 1: Feuilles 2 : fleurs

IV.1.3.- Répartition géographique de *Zygophyllum album* L.

Zygophyllum album qui est une plante halophyte succulent, largement distribuée dans les endroits arides du bassin méditerranéen, et se présente surtout dans les zones salines ou gypseuses (3-5). Elle est très commune sur les terrains sales et les pâturages désertiques du sud tunisien. Moins fréquente en Algérie, on la trouve cependant au Sahara central, dans la région de Djanet au Sahara septentrional dans la région d'El Goléa (SAMATI, 2009).

IV.1.4.- Utilisation et importance de l'espèce étudiée

En Algérie, *Zygophyllum album* est utilisée pour le traitement des spasmes, des dermatites, indigestion et diarrhée (EL HAMSAS et al., 2010).

La plante est peu touchée par le pâturage, peu appréciée des chameaux et des autres herbivores (MAIRE, 1933).

Dans la thérapeutique traditionnelle cette plante est utilisée comme remède empirique du diabète sucré (plante hypoglycémiante) aussi pour les traitements des caries dentaires.

Aussi que pour les soins corporels des nourrissons et comme cicatrisante (feuilles, fleurs et tiges) (CHEHMA, 2006).

V.- Méthodologie de travail

V.1.- Caractérisation physico-chimiques de sols

Le potentiel hydrogène (pH) et la conductivité électrique (CE) des extraits (1/5, P/V) (AUBERT., 1978). Préparées à partir des sols échantillonnés ont été mesurés dans le laboratoire à l'aide d'un pH mètre et conductivimètre, respectivement (tableau1).

Tableau 2 : Potentiel hydrogène (pH) et la conductivité électrique (CE) des rhizosphères des stations de récoltées des plantes *Zygophyllum album* L.

Stations	pH	CE (ms/cm)	Dégré de salinité (USSL, 1954).
Exploitation ITAS	6.3	2.33	Salé
Sabkha de Bamendil	8	3.87	Trés salé
Chott Ain El Beida	7.4	2.64	Trés salé
Chott Oumraneb	8.2	4.83	Trés salé

V.2.- Préparation des solutions salines

Nous avons utilisé pour l'imbibition des graines différentes concentrations à base de NaCl ou CaCl₂ (tableau 2 et 3). Ces concentrations ont été retenues à partir des tests effectués auparavant au laboratoire sur ces deux espèces en essayant des concentrations différentes.

Le choix de ces deux sels se repose sur la base de leur dominances dans les sols de la région de Ouargla (IDDER *et al.*, 2014).

Tableau 3:Composition de la solution saline NaCl

NaCl (mM)	100	150	200	250	300	350	400	450	500
g/l	5.84	8.76	11.68	14.6	17.53	20.45	23.37	26.29	29.22

Tableau 4:Composition de la solution saline CaCl₂

CaCl ₂ (mM)	100	150	200	250	300	350	400	450	500
g/l	11.09	16.64	22.19	27.74	33.29	38.84	44.39	49.94	55.49

V.3.-Conduite de l'essai de germination sous stress salin

Les graines choisies doivent être saines et ont été sélectionnées selon leur taille, leur forme et leur couleur (noire).

Avant la mise à germination, Les graines sont désinfectées à l'eau de javel à 5% pendant 5 minutes (élimination éventuels des champignons), lavées abondamment à l'eau, puis rincées à l'eau distillée pour éliminer toute trace de chlore. Elles sont ensuite mises à germer dans des boites à pétri de 10 centimètres de diamètre, tapissées de papier filtre (papier Whatman No2) à raison de 20 graines par boite.

Un volume de 4ml (témoin) ou de différentes solutions de sel a été mis dans les boites de Pétri en début de l'expérience, puis ont été rajoutés 2 ml des solutions des traitements correspondants tous les trois jours durant toute l'expérimentation. Chaque traitement est répété trois fois.

Les boites sont mises à l'obscurité dans un phytotron réglé à une température de 25°C. Le comptage de graines germées s'effectue après 24 heure au début de germination jusqu'à 10^{ème} jours de l'expérience.

La germination est repérée par la sortie de la radicule hors des téguments de la graine dont la longueur est d'au moins de 2 mm (COME, 1970).

V.4.-Paramètres étudiés

Au cours de cet essai les paramètres étudiés sont :

V.4. 1.- La cinétique de germination

Elle correspond à la courbe de l'évolution du taux quotidien cumulé de germination pendant une période de 7 jours calculé sur la base du nombre de graines nouvellement germées à chaque observation (HAJLAOUI et *al.*, 2007).

V.4.2.- Taux de germination final (TG%)

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

$$\text{TG \%} = (\text{NI}/\text{NT}) * 100$$

Où NT : Le nombre total des graines met en germination

NI : Le nombre des graines germée.

V.4.3.- Vitesse de germination

La vitesse de germination permet d'exprimer l'énergie de germination responsable de l'épuisement des réserves de la graine. Elle peut s'exprimer par la durée médiane de germination (SCOTT et *al.*, 1984) ou par le temps moyen de germination (T50) (le temps au bout duquel on atteint 50% des graines germées) (COME, 1970).

La vitesse de germination peut s'exprimer par la durée médiane de germination (SCOTT et *al.*, 1984) ou par le temps moyen de germination (le temps au bout duquel on atteint 50% des graines germées) (COME, 1970).

Le temps moyen de germination (TMG) correspond à l'inverse X 100 du coefficient de KOTOWSKI (CV).

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

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

V.5.-Analyses biochimiques

V.5.1.-Préparation des échantillons

Après séchage à l'air libre et à l'obscurité pendant 20 jours, les différentes parties sont broyées à l'aide d'un broyeur électrique jusqu'à obtention d'une poudre très fine.

V.5.2.-Extraction des antioxydants

La préparation d'un extrait de plante présente un nombre variable des étapes selon l'objectif suivi. Dans le présent travail, nous avons ciblé les antioxydants (essentiellement les composés phénoliques). Des extraits hydrométhanliques sont préparés par macération de 1.5 g de poudre végétale dans 15 ml de méthanol à 70% dans des tubes à essai. Le mélange porté à ébullition dans un bain marie à 85°C durant 15min.

Après refroidissement, le mélange est filtré à travers un papier filtre Wattman numéro 1. le filtrat obtenu est utilisé pour l'analyse biochimique.



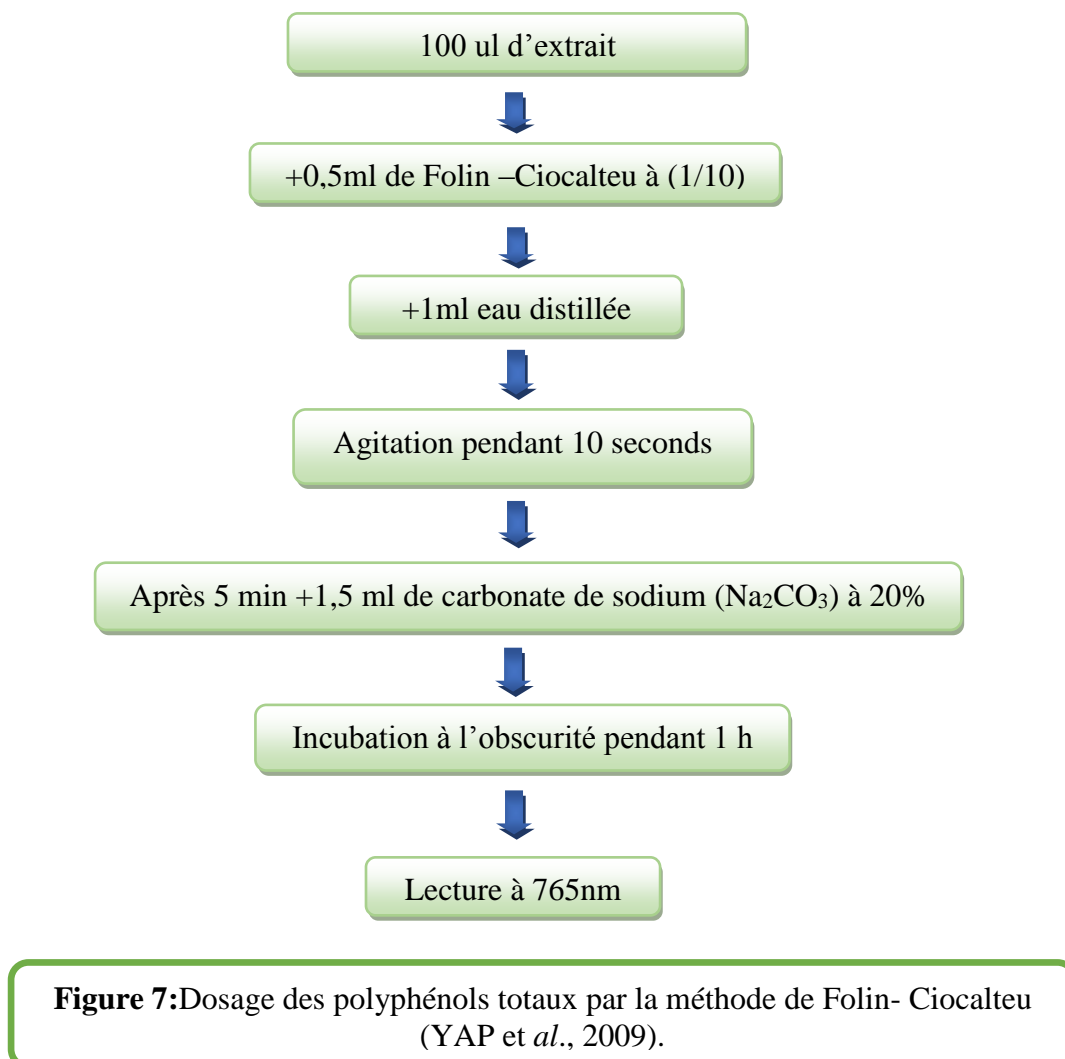
Figure 6: Différentes étapes de préparation des extraits

V.5.2.1.-Dosage des polyphénols totaux

Le dosage des polyphénols totaux dans les différents extraits a été réalisé par la méthode de Folin-Ciocalteu (YAP *et al.*, 2009).

Le réactif de Folin-Ciocalteu est constitué par un mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phosphomolibdique ($H_3PMO_{12}O_{40}$), il est réduit par les phénols en un mélange d'oxydes bleus de tungstène (W_8O_{23}) et de molybdène (Mo_8O_{23}), (RIBEREAU-GAYONET *et al.*, 1982). La coloration bleue produite, présente un maximum d'absorption à 765 nm dont l'intensité est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans l'échantillon, les étapes de dosage des polyphénols totaux représentent dans (Figure7).

Les résultats obtenus sont exprimés en milligramme équivalent d'acide gallique par gramme de matière sèche (mg EAG/ g de MS) en utilisant l'équation de la régression linéaire de courbe d'étalonnage tracée avec l'acide gallique (Annexe 1).



V.5.2.2.-Dosage des flavonoïdes

Les flavonoïdes forment des complexes jaunâtres par chélation des métaux (fer et aluminium). Ceci traduit le fait que le métal (Al) perd deux électrons pour s'unir à deux atomes d'oxygène de la molécule phénolique agissant comme donneur d'électrons. Ce complexe peut être dosé par spectrophotométrie UV-visible à 430 nm (RIBEREAU-GAYON, 1968).

Les résultats obtenus sont exprimés en milligramme équivalent de rutine par gramme matière sèche (mg ER/g de MS) en utilisant l'équation de la régression linéaire de courbe d'étalonnage de la rutine (Annexe2).

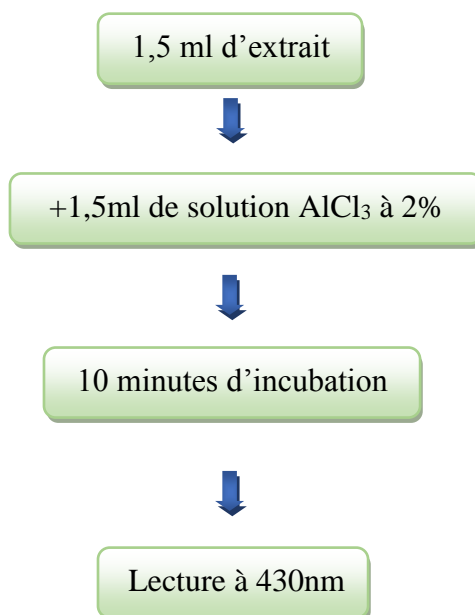


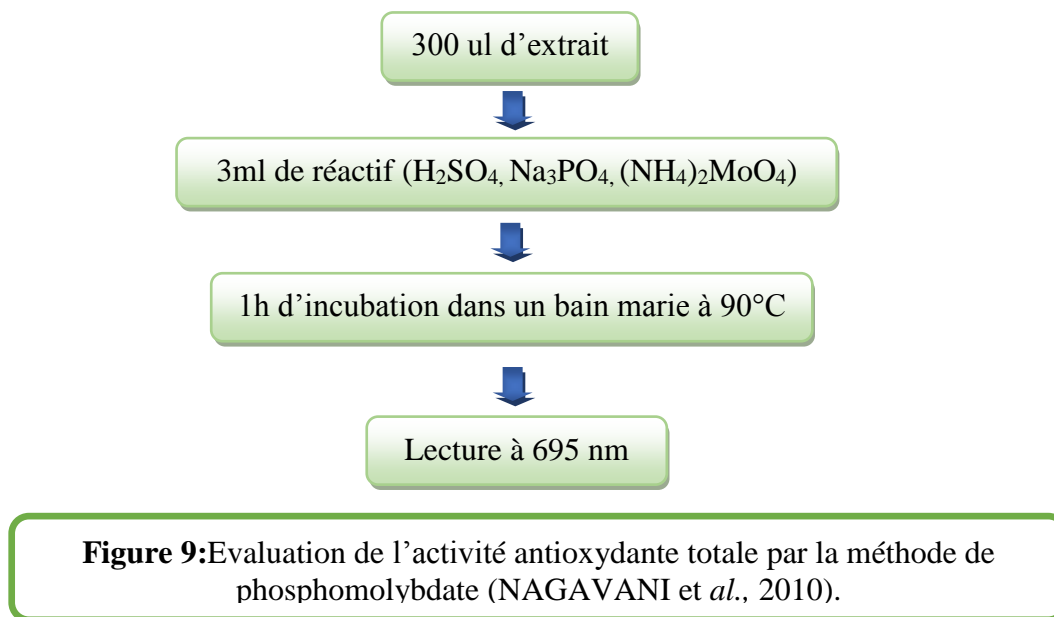
Figure 8: Dosage des flavonoïdes totaux par la méthode de (BAHORUN et *al.*, 1996).

V.5.3.-Activité antioxydante

L'activité antioxydante totale des différents extraits, est évaluée par la méthode de réduction de phosphomolybdate (Mo^{+6}) au (Mo^{+5}) par les antioxydants selon la méthode de PRIETO et *al.* (1999), cette réduction se matérialise par la formation d'un complexe verdâtre (phosphate /Mo) à un pH acide.

400 μl d'extrait sont mises dans un tube à essai et mélangées avec 4 ml du réactif composé de H_2SO_4 (0,6M), de Na_3PO_4 (28 mM) et de molybdate d'ammonium (4 mM). Les tubes sont ensuite agités et placés au bain marie pendant 60 minutes à 95°C . L'absorbance de la solution préparée est mesurée à 695 nm contre un blanc préparé de la même manière (sans extrait).

Les résultats obtenus sont exprimés en milligramme équivalent d'acide ascorbique par gramme de matière sèche (mg EAC /g de MS) en utilisant l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage de l'acide ascorbique (Annexe 3).



V.6.- Analyse statistique

Les résultats obtenus sont soumis à l'analyse de la variance à un facteur et les moyennes sont comparées selon le test de Tukey à l'aide d'un logiciel adoptée de Microsoft office Excel XLSTAT 2009.

Chaque moyenne est affectée d'une lettre, les moyennes suivies d'une même lettre n'étant pas significativement différentes.

Chapitre III
Résultats et discussion

I.- Résultats

I.1.- Cinétique de germination

La figure 11 illustre les profils des pourcentages cumulés de la germination des graines *Zygophyllum album L.*

Les taux de germination enregistrés en fonction du temps varient considérablement avec la concentration et la nature de la solution d'imbibition.

La présence de sels dans la solution d'imbibition ralentit la vitesse de germination et diminue leur taux de germination. En effet, les résultats obtenus montrent que les courbes relatives aux taux de germination des graines stressées sont situées au-dessous de celles des courbes témoins et se rapprochent de zéro au fur et à mesure que la concentration en sel augmente.

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

Une phase de latence, nécessaire à l'apparition des premières germinations, au cours de laquelle le taux de germination reste faible. La durée de cette phase est variable selon la concentration et la nature de sel, elle est courte voire absente chez les plantes témoins et celles irriguées par des concentrations de 100 et 150 mM de NaCl et une concentration de 100 mM de CaCl₂. Mais, elle devient plus au moins longue, surtout chez les plantes soumises au traitement de (200 et 250 mM) de NaCl et de (150 et 200 mM) de CaCl₂, pour lesquelles cette phase peut aller jusqu'à 4^{ème} jour.

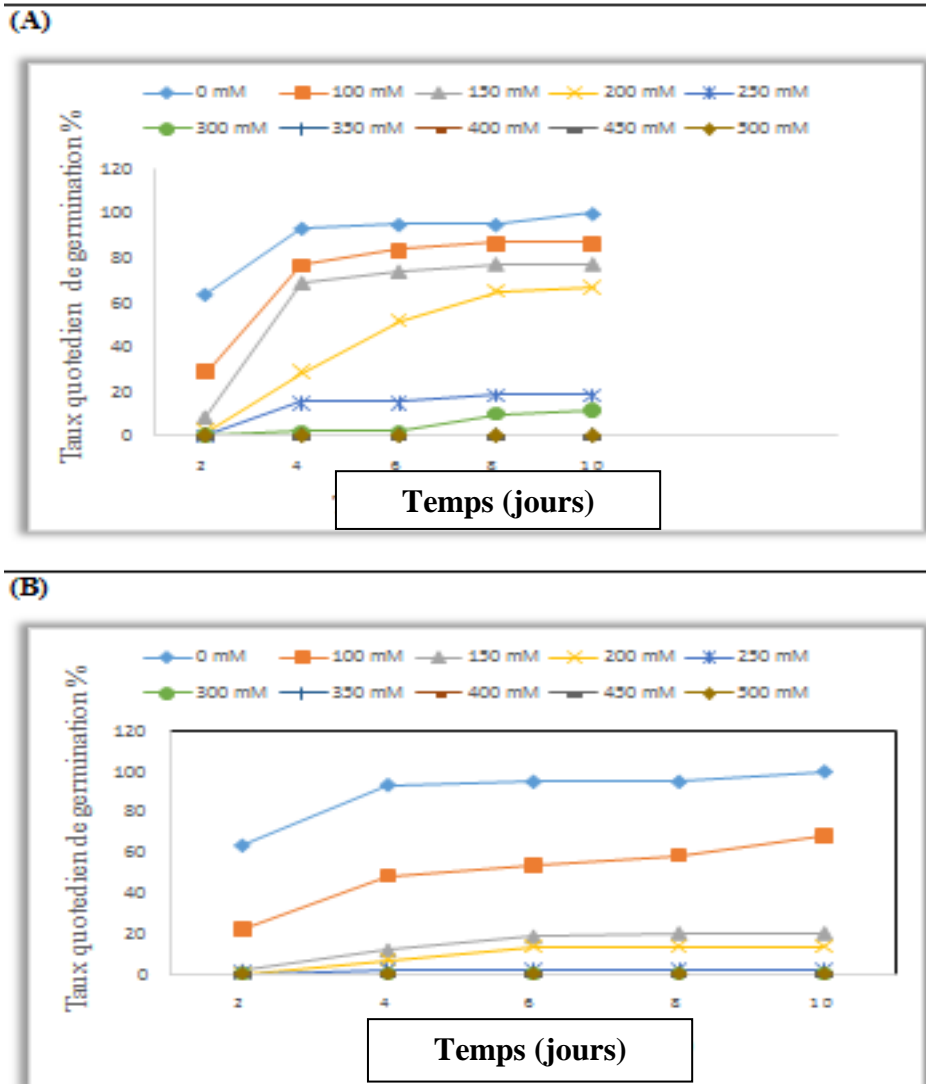


Figure 10: Cinétique de germination des graines de *Zygophyllum album* L. sous concentrations croissantes en NaCl (A) et CaCl₂ (B).

Une phase sensiblement linéaire (entre 0 et 4^{ème} jours) ou (entre 0 et 8^{ème} jours), correspondant à une augmentation régulière du taux de germination qui évolue proportionnellement au temps, pour atteindre vers le quatrième jour un taux de 93% au traitement témoin et des pourcentages estimés à 77 et 68%, respectivement sous stress aux 100 et 150 mM de NaCl et à 48% au traitement de 100 mM de CaCl₂. Elle s'est allongée vers le huitième jour sous traitement de 200 mM NaCl et pour arriver à un taux de 65%.

Pour les autres concentrations (250 mM de NaCl) et (150 et 200 mM de CaCl₂), cette phase est presque absente, ce qui explique le taux de germination réduit dû à l'effet inhibiteur du sel sur la germination.

Une troisième phase correspondant à un palier où les pourcentages cumulés de germination augmentent lentement dans un premier temps pour se stabiliser après jusqu'à la fin de l'expérience.

Il est important de noter que, la germination a déclenchée en retard pour la concentration de 300 mM de NaCl et a stabilisée à 12%.

I.2.- Capacité de germination

La figure10 représente la variation du taux de germination final des graines de *Zygophyllum album* L. en fonction des concentrations croissantes en NaCl ou CaCl₂.

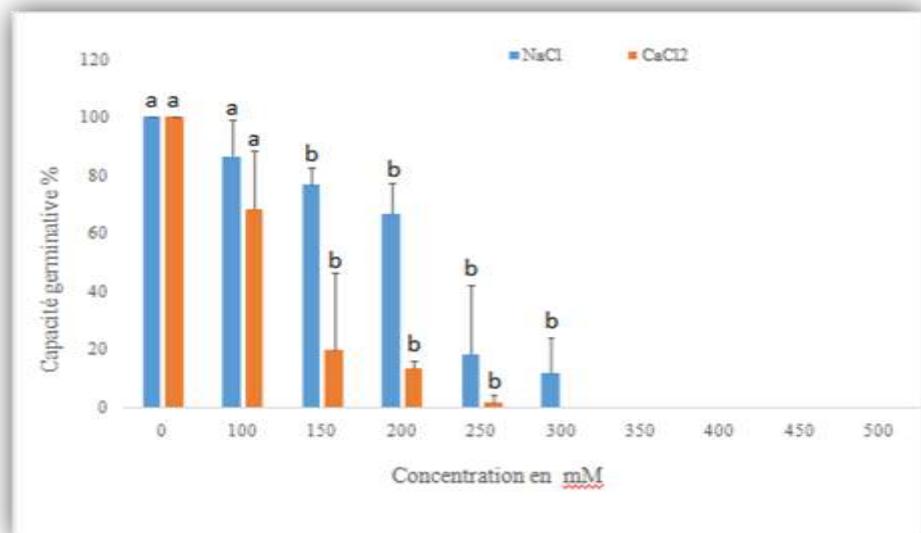


Figure 11: Variation du taux de germination final des graines de *Zygophyllum album* L. en fonction des concentrations croissantes en NaCl ou CaCl₂.

La salinité a un effet dépressif sur le nombre des graines germées (figure10). En effet, pour un stress modéré de 100 mM, le taux de germination diminue légèrement comparativement au témoin, en passant d'un taux maximal égal 100% à 87% chez les graines

stressées au NaCl et à 68% pour celles stressées au CaCl₂, avec des pourcentages d'inhibition estimés à 13 % et 32%, respectivement.

Dès que la concentration en sel augmente (≥ 150 mM), les graines sont fortement affectées et leurs taux de germination étaient au fur et à mesure plus faibles, ne dépassent pas les 80% et 20 % du témoin, respectivement pour NaCl et CaCl₂.

La germination est complètement inhibée à partir de la concentration de 350 mM pour NaCl et 300 mM pour CaCl₂.

I.3.- Contenus en antioxydants

I.3.1.- Teneurs en polyphénols totaux

Les données d'évaluation des contenus en polyphénols totaux des différents organes des plantes de *Zygophyllum album* L. récoltées dans différentes stations de la région d'Ouargla sont illustrées dans la (figure12).

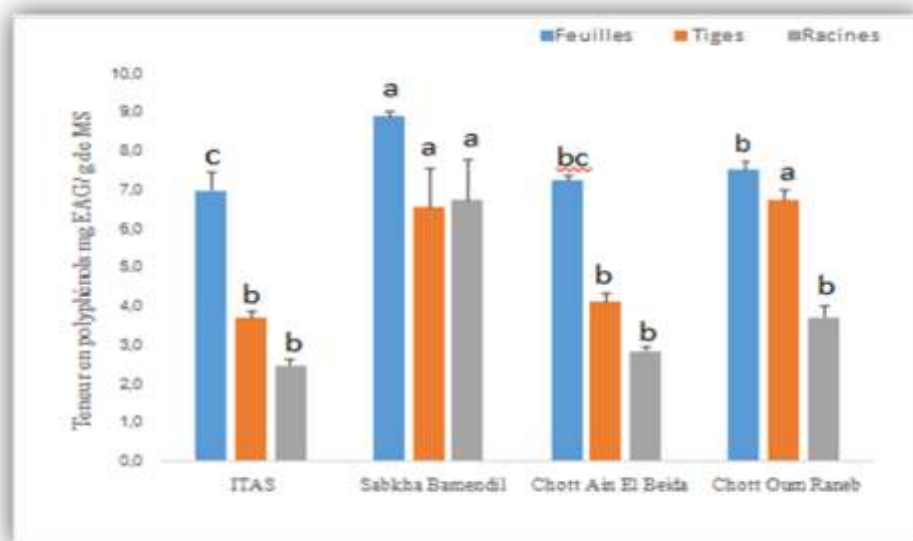


Figure 12: Teneurs en polyphénols totaux des organes de *Zygophyllum album* L. récoltée dans différentes stations de la région de Ouargla.

Les teneurs en polyphénols totaux des plantes étudiées varient d'un organe à l'autre. La cinétique d'accumulation des composés phénoliques se fait dans le sens descendant, c'est-à-dire des parties aériennes vers celles souterraines dans l'ensemble des échantillons expérimentés.

Des teneurs maximales sont enregistrées dans les feuilles des plantes récoltées de la station Sabkha bamendil (8.9 ± 0.12 mg EAG/ g de MS), suivies par celles récoltées des stations chott Oum Raneb (7.5 ± 0.22 mg EAG/ g de MS) et Chott Ain El Beida (7.2 ± 0.14 mg EAG/ g de MS).

Au niveau des tiges, des concentrations significativement plus élevées en polyphénols totaux sont notées chez les plantes provenant des stations Chott Oum Raneb et Sabkha Bamendil, atteignant respectives (6.7 ± 0.30 et 6.5 ± 1.00 mg EAG/ g de MS).

On constate également que le système racinaire des plantes de Sabkha Bamendil est significativement le plus pourvu en composés phénoliques, présente presque deux fois de phénols totaux par rapport à celui des plantes récoltées des autres stations (6.7 ± 1.03 mg EAG/ g de MS).

I.3.2.- Teneurs en flavonoïdes

L'estimation des contenus en flavonoïdes des différents organes des plantes de *Zygophyllum album* L. échantillonnées dans différentes stations de la cuvette de Ouargla sont consignés dans la (figure13).

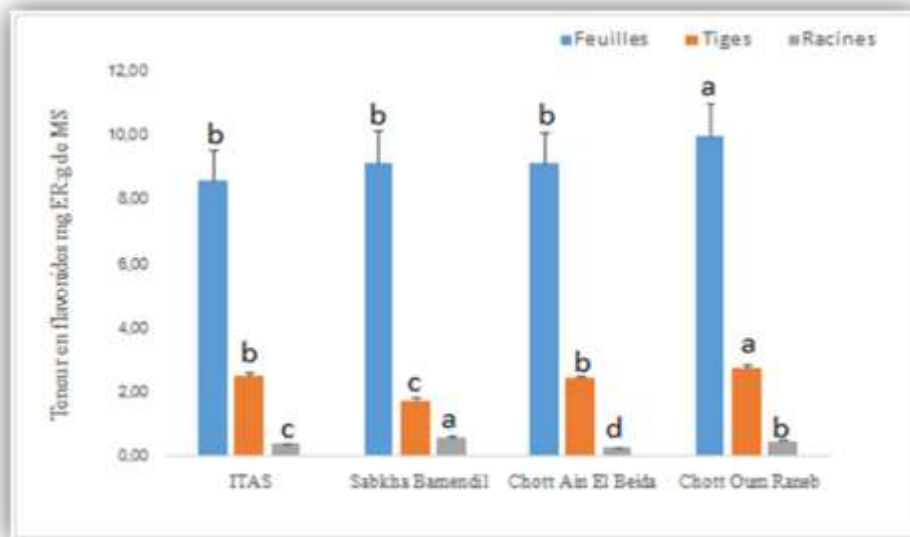


Figure 13: Teneurs en flavonoïdes des organes de *Zygophyllum album* L. récoltée dans différentes stations de la région de Ouargla.

La même tendance est observée pour les flavonoïdes, en comparant à évolution des polyphénols totaux, où ils s'accumulent beaucoup plus dans les feuilles.

Au niveau des organes photosynthétiques, les contenus en ces métabolites des plantes récoltées au niveau du Chott Oum Raneb sont significativement plus importants (10.0 ± 0.09 mg ER/ g de MS), viennent après ceux des plantes provenant des stations Chott Ain El Beida et Sabkha Bamendil, où elles montrent une égalité d'accumulation de ces composés antioxydants dans ses feuilles (9.0 ± 0.26 et 9.0 ± 0.25 mg ER/ g de MS), respectivement.

Concernant les autres organes, Cette accumulation se fait d'une manière significativement remarquable dans les tiges des plantes de chott Oum Raneb (3 ± 0.13 mg ER/ g de MS) et dans les racines de Sabkha Bamendil ($1 \pm 0,02$ mg ER/ g de MS).

I.4.- Evaluation de l'activité antioxydante

L'évaluation de l'activité antioxydante totale exprimée dans les différents organes des plantes de *Zygophyllum album* L. indiquent que, ces valeurs varient d'un organe à l'autre en fonction du site d'échantillonnage (Figure14).

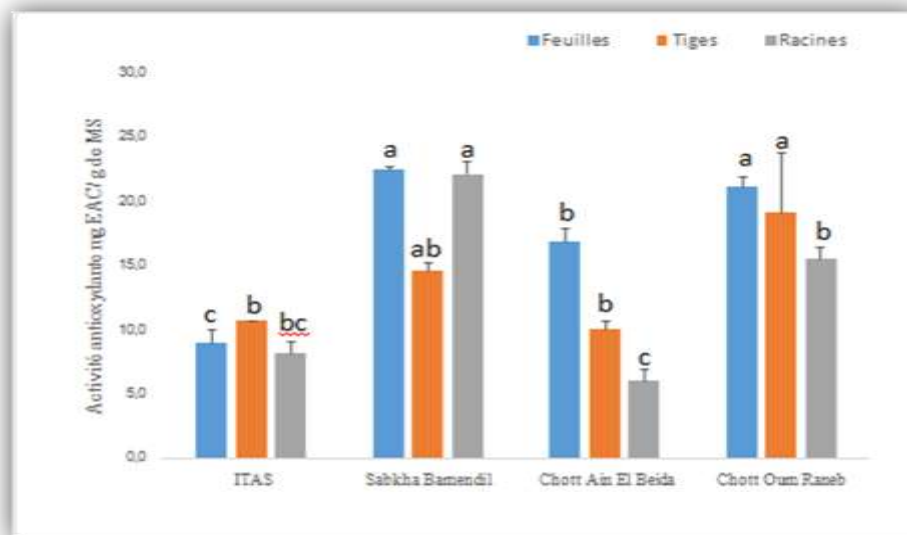


Figure 14: Teneurs en activité antioxydante des organes de *Zygophyllum album* L. récoltée dans différentes stations de la région de Ouargla.

Pour les plantes échantillonnées des Chotts Oum Raneb et Ain El Beida, ses feuilles exhibent les capacités les plus élevées à réduire le molybdène avec des valeurs respectives

atteignant 21.1 ± 0.77 et 16.9 ± 1.01 mg EAC/ g de MS, viennent après les tiges avec (19.1 ± 4.68 et 10.1 ± 0.62 mg EAC/ g de MS) et les racines (15.4 ± 4.56 et 6.0 ± 0.40 mg EAC/ g de MS), respectivement.

Concernant les plantes provenant de Sabkha Bamendil, les plus forts potentiels antioxydants sont enregistrés dans les feuilles et les racines avec des valeurs identiques (22.5 ± 0.26 et 22.1 ± 0.29 mg EAC/ g de MS). Les tiges enregistrent des potentiels inférieurs à ceux exprimés dans ces derniers organes (14.5 ± 0.70 mg EAC/ g de MS).

Les antioxydants des tiges des plantes prélevées de l'exploitation, évalués plus puissants à réduire le molybdène que ceux de ses feuilles et ses racines, avec des supériorités de l'ordre de 15.88 et 24.29%, respectivement.

Discussion

II.- Discussion

La germination est l'ensemble des événements qui commencent par l'étape d'absorption de l'eau par la graine et se terminent par l'élongation de l'axe embryonnaire et l'émergence de la radicule à travers les structures qui entourent l'embryon (MIHOUB et *al.*, 2005 ; PERNOLLET et FERAULT, 2008).

L'étude effectuée montre que la présence de sels dans la solution d'imbibition ralentit la vitesse de germination des graines de *Zygophyllum album L.* et diminue leur capacité germinative, et ceci aussi bien en présence de CaCl_2 qu'en présence de NaCl . Les effets dépressifs sont d'autant plus marqués que les concentrations de ces sels sont élevées. Ce qui concorde avec les données de la littérature, indiquent que la germination des graines de la plupart des halophytes est optimale dans l'eau distillée et réduite sous salinité modère, tandis qu'elle est inhibée avec l'accroissement de la salinité (LEE et *al.*, 2010).

Des résultats similaires ont été trouvés chez *Atriplex halimus sub sp. Schweinfurthii* (*Chenopodeaceae*), où la vitesse et le taux de germination ne sont affectés par le CaCl_2 qu'à partir de 10 g/l (NEDJIMI et *al.*, 2013). COUDRET (1971), a montré que le pourcentage et la vitesse de germination des graines de *Zygophyllum album L.* sont de plus en plus réduits au fur et à mesure que la concentration en NaCl augmente.

La réduction des taux de germination en conditions salines pourrait être attribuée à l'augmentation de la pression osmotique du milieu environnant qui diminue la vitesse d'absorption de l'eau par la graine entraînant ainsi un stress hydrique (PRISCO et O'LEARY, 1970) et une inhibition de la mobilisation des réserves de la graine pour la croissance de l'embryon (PRISCO et *al.*, 1981), s'expliquerait par le temps nécessaire à la graine pour mettre en place des mécanismes lui permettant d'ajuster sa pression osmotique interne (BEN MILED et *al.*, 1986 ; SMAOUI et *al.*, 1986). GHRIB et *al.* (2011), ont expliqué que ce retard pourrait être dû à l'altération des enzymes et des hormones impliquées dans le processus de germination, qui se trouvent dans la graine (BOTIA et *al.*, 1998). Le sel affecterait les teneurs endogènes en hormones de croissance (dont la kinétine et l'acide gibbérellique) (KABAR, 1986).

La végétation des zones arides, en particulier celle du Sahara, est très remarquable par son adaptation à un climat sec et à un sol salé (TRABUT et MARES, 1906). Ces ressources végétales sont exposées aux différents stress environnementaux : hydriques, salins et

thermiques, induisant un stress oxydatif d'où leur richesse remarquable en métabolites secondaires (SAAD et *al.*, 2006).

La capacité des halophytes à surmonter le stress oxydatif déclenché par la salinité est régie par de multiples mécanismes adaptatifs. Ces traits comprennent essentiellement la biosynthèse des osmolytes et des antioxydants (KSOURI et *al.*, 2008).

Dans ce travail, un dosage des polyphénols totaux et des flavonoïdes a été effectué, la raison principale pour le choix de ces substances réside dans le fait que la majorité des propriétés antioxydantes des plantes leur sont attribuées.

Les fortes accumulations des composés phénoliques (polyphénols totaux et flavonoïdes) chez les plantes de *Zygophyllum album L.* récoltées dans les stations Chott Oum Raneb et Sabkha Bamendil en relation avec la nature des sols de ces deux stations, sont qualifiés très salés avec CE (4.83 et 3.87mS/ cm), respectivement, suggèrent l'implication de ces composés dans la réponse de ces espèces à la contrainte saline.

Ces composés phénoliques sont accumulés chez *Zygophyllum album L.* de préférence au niveau des parties aériennes (feuilles et tiges). Ces résultats corroborent avec ceux de FALLEH et *al.* (2008), ont montré une augmentation en polyphénols chez une plante *Cynara cardunculus* ayant subi un stress au NaCl. Lors d'un travail réalisé par CHERUTH ABDUL JALEEL (2007), il a été montré que le traitement au NaCl chez *Catharanthus roseus* induit un stress oxydatif exprimé par l'accumulation de la proline et d'alcaloïdes indoliques. Ceci prouve que les métabolites secondaires jouent un rôle dans la tolérance des espèces sensibles au stress salin et de protection contre les radicaux libres (PARIDA et *al.*, 2004). Le stress salin entraîne des dommages au niveau de la cellule végétale ce qui se traduit par une accumulation en polyphénols.

Les feuilles des plantes échantillonnées des Chotts Oum Raneb et Sabkha Bamendil, exhibent les capacités les plus élevées à réduire le molybdène. Probablement attribuée à l'élévation des concentrations en antioxydants. En effet, les composés phénoliques et plus particulièrement les flavonoïdes sont reconnus comme des substances potentiellement antioxydants ayant la capacité de piéger les espèces radicalaires et les formes réactives de l'oxygène.

Conclusion

Conclusion

L'objectif de notre travail réside dans l'étude du comportement germinatif des graines de *Zygophyllum album L.* aux concentrations croissantes de sels NaCl ou CaCl₂, ainsi que l'évaluation des mécanismes adaptatifs physiologiques de cette espèce aux conditions arides (cas de région de Ouargla), à travers le dosage des antioxydants au niveau des différents organes.

D'après les résultats obtenus, il ressort que :

Au stade de germination ;

La réponse germinative des graines de *Zygophyllum album L.* aux traitements appliqués, varie selon la nature et l'intensité du sel.

Les graines de *Zygophyllum album*, tolérant la concentration saline modérée de 100 mM de NaCl ou CaCl₂.

Les fortes concentrations salines réduisent la capacité germinative et ralentissent la vitesse germinative.

En général, la salinité au NaCl ou CaCl₂ a un effet dépressif sur la germination. Le chlorure de calcium (CaCl₂) a un effet le plus nocif que le chlorure de sodium (NaCl).

Au stade de croissance ;

La quantification des antioxydants, polyphénols totaux et flavonoïdes dans les extraits des différents organes (feuille, tige et racine) de l'espèce étudiée, indiquent que les teneurs en composés phénoliques sont très élevées dans la partie aérienne, aussi bien dans les plantes récoltées dans les stations de Chott Oum Raneb et Sabkha Bamenil, qualifiées fortement salines comparativement aux celles prévenant des deux autres stations.

Parallèlement à l'accumulation des antioxydants, les plantes qui montrent une importante accumulation des antioxydants sont les plus dotées d'activité antioxydante.

L'halophyte *Zygophyllum album* exposée aux différents stress environnementaux a tendance à synthétiser des composés antioxydants, suggère leur implication dans l'adaptation de cette espèce au stress oxydatif déclenché par la salinité.

En fin, il serait intéressant de poursuivre par d'autres études biométrique et anatomique pour mieux comprendre les réponses des plantes sous contraintes environnementales.

Références
bibliographiques

Références bibliographiques

1. **AHMAD I., LARHAR F., and STEWART G.R., 1979-** Sorbitol: a compatible osmotic solute in *Plantago maritime*. *New Phytol*, 82 (3): 671 – 678.
2. **AHOTON L.E., J.B. ADJAKPA., M. M'PO IFONTI et E.L. AKPO., 2009-** Effet des prétraitements des semences sur la germination de *Prosopis africana* (Guill., Perrot. et Rich.) Taub., (Césalpiniacées). *Tropicultura*, 27 (4): P 233-238.
3. **ALAM S.M., 1994-** Nutrient uptake by plants under stress conditions. In: Pessarakli M, ed. *Handbook of plant and crop stress*. New York: Marcel Dekker, Inc.p:46-227.
4. **ALARCON J.J., SANCHEZ-BLANCO M.J., BOLARIN M.J., TORRECILLAS A., 1994-** Growth and osmotic adjustment of two tomato cultivars during and after saline stress. *Plant Soil*, Vol. 66: 75-82.
5. **ALEM C., AMRI A., 2005-** Importance de la stabilité des membranes cellulaires dans la tolérance à la salinité chez l'orge. *Reviews in Biology and Biotechnology*, Vol. 4,N°.1 : 20-31.
6. **ALMEIDA P., DE BOER G., and DE BOER A.H., 2014-** Differences in Shoot Na⁺ accumulation between two tomato species are due to differences in ion affinity of HHT1; 2.J. *Plant Physiol*. 171:438 -447.
7. **APEL K., and HIRT H., 2004-** Reactive oxygen species: Metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Annu. Rev. Plant Biol*, 55 (1): 373–399.
8. **ASHRAF M., 2008-** Biotechnological approach of improving plant salt tolerance using antioxidants as markers. *Biotechnol. Adv*, 27(1) : 84 –93.
9. **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, Université de Nice Sophia- Antipolis (France): 24-32.
10. **AUBERT G., 1978-** Méthodes d'analyses des sols. Ed. CRDP, Marseille, 191 P.
11. **AUBERT G., 1982-** les sols sodiques en Afrique du nord .Cahier O.R.S.T.O.M .Service Pédologie.194P.
12. **BAATOUR O., M'RAH S., BEN BRAHIM N., BOULESNEM F., LACHAAL M., 2004-** Réponse physiologique de la gesse (*Lathyrus sativus*) à la salinité du milieu. *Revue des Régions Arides*, Tome 1, No. Spécial : 346- 358.
13. **BAHORUN T., GRESSIER B., TROTIN F., BRUNET C., DINE T., LUYCKX M., VASSEURJ., CAZINM., CAZINJ.C., and PINKASM., 1996-** Oxygen species

- scavenging activity of phenolic extracts from haw torn fresh plant organs and pharmaceutical preparations. *Arzneiml Forsch /Drug Research* ,46(11) :1086-1089.
14. **BARTELS D., and SUNKAR R., 2005-** Drought and salt tolerance in plants. *Crit. Rev. Plant Sci*, 24(1): 23 –58.
 15. **BEN MILED D., BOUSSAID M. et ABDELKEFI A., 1986-** Tolérance au sel d'espèces annuelles du genre *Medicago* au cours de germination. *In : Colloque sur les végétaux en milieu aride, 8-10 septembre 1986, Djerba, Tunisie.*
 16. **BERTHOMIEU P., CONEJERO G., NUBLAT A., BRACHENBURY W.J., LAMBERT C., SAVIO C., UOZUMI N., OIKI S., YAMADA K., CELLIER F.,GOSTI F., SIMONNEAU T., ESSAH P.A., TESTER M.,VERY A.A.,SENTENAC H., CASSE F., 2003-** Functional analysis of AtHKT1 in *Arabidopsis* shows that Na⁺ recirculation by the phloem is crucial for salt tolerance. *EMBO Journal*, Vol. 22: 2004-2014.
 17. **BG, BUREAU D'ETUDE SWISS, 2004-** Rapport Final « investigations, essais de pompage et bilans d'eau, établissement des cartes piézométriques, diagnostic des captages d'eau et mesures de réhabilitation, de protection des ressources en eau.».
 18. **BLUMWALD E., GROVER A., et GOOD A.G., 2004-** Breeding for abiotic stress resistance: challenges and opportunities. 2004 « New directions for a diverse planet ». Dans Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, 26 September – 1 October 2004, Brisbane, Australia. [CDROM]. Web site [www.cropscience.org.au](http://www.cropsscience.org.au).
 19. **BOHNERT H J., and JENSEN R.G., 1996-** Metabolic engineering for increased salt tolerance - the next step. *Aust. J. Plant Physiol*, 23(5) : 661–667.
 20. **BOTIA P., CARVAJAL M., CERDA A., MARTINEZ V., 1998-** “Response of eight Cucumismelo cultivars to salinity during germination and early vegetative growth”, *Agronomie* 18,503-513.
 21. **BOUCHOUKH I., 2010-** Comportement écophysiological de deux Chénopodiacées des genres *Atriplex* et *Spinacia* soumises au stress salin .p 16- 29- 6-35.
 22. **BOUDA S., HADDIOUI A., 2011-** Effet du stress salin sur la germination de quelques espèces du genre *Atriplex*. *Revue « nature et technologie »*. N° 05/juin 2011. P72-79.
 23. **BOULGHALAGH J., BERRICHI A., EL HALOUANI H. et BOUKROUTE A., 2006-** Effet de stress salin et hydrique sur la germination des graines du jojoba (*Simmondsia Chinensis* [link] Schneider). *Proceedings du Premier congrès national*

- « Amélioration de la production agricole » Settat, les 16 et 17 mars 2006.
24. **BOUTELLI M., 2012-** Salinité des eaux et des sols au niveau de la sebkha de Bamendil, caractérisation et conséquences sur l'environnement. Mémoire de magister en hydraulique, université kasdi Merbah(Ouargla):39.
 25. **BOUZID A., 2003-** Bioécologie des oiseaux d'eau dans les chotts d'Aïn El-Beïda et d'oum Er-Raneb (Région de Ouargla). Thèse Magister. Inst. nati. agro., El Harrach, 132P.
 26. **BROSCHE M., OVERMYERK., WRZACZEK M., KANGASJÄRVI J., et KANGASJÄRVI S., 2010-** Stress signaling III: Reactive oxygens Species (ROS).Chap. 5. Dans Abiotic stress adaptation in plants: Physiological, molecular and genomic foundation. Sous la direction de A. Pareek, S.K. Sopory, H.J. Bohnert et Govindjee. P. 91 –102.
 27. **CHEHMA, A., 2006-** Catalogue des plantes spontanées du Sahara septentrional algérien. Université de Ouargla : Faculté des sciences et sciences de l'Ingénieur, LABORATOIRE de recherche : « protection des écosystèmes en zones arides et semi-arides » ,140 P.
 28. **COME D., 1970-** Les obstacles à la germination. Ed. Masson et Cie, Paris, P162.
 29. **COUDRET A., 1971-** Etude de quelques problèmes relatifs à l'installation des halophytes sahariens dans la région de Béni Abbès. Thèse 3 cycle, Univers. de Caen. 60-68.
 30. **D.G.F, 2004-** Atlas des zones humides algériennes d'internationale. Ed. Direction générale des forêts. Doc. Poly., Alger, 60P.
 31. **DENDEN M., BETTAIEB T., SALHI A., MATHLOUTHI M., 2005-** Effet de la salinité sur la fluorescence chlorophyllienne, la teneur en proline et la production florale de trois espèces ornementales, *Tropicultura*, Vol. 23, No. 4 : 220-225.
 32. **DRIOUICH A., OUHSSINE M., OUASSOU A., BENGUEDDOUR R., 2001-** Effet du NaCl sur l'activité du phosphénol pyruvate carbosylase (PEPC) foliaire et son rôle sur la synthèse du malate et de la proline chez le blé dur (*Triticum durum* Desf). *Science Letters*, Vol. 3, No. 3 : 1- 7.
 33. **DUTUIT P., POURRAT Y., DUTUIT J.M., 1994-** La notion de stress de la cellule à l'écosystème. *Sécheresse*, Vol. 5, N°. 1: 23-31.
 34. **EL HAMSAS et YOUBI A., 2010-** Criblage pharmacologique primaire d'une plante endémique originaire du Sud Marocain (*Tetraena gaetula*), *Pharmacologie*,

- toxicologie, C. R. Biologies 333;736 -743.
35. **EL-SHINTINAWY F., HASSANEIN R.A., 2001-** Changenes in growth, protein patterns and DNA fingerprints of NaCl stressed treated with arginine, putrescine or phenylenediamine. Egyptian J. Biotechnol. 10:405-415.
 36. **FALLEH H., HSOURI R., MEGHICHE W., TRABELSI N., BOULAABA M et ABDELLEY C., 2008-** Effect of salinity on growth, leaf – phyenolic content and antioxidant scavening acivity in *Cynara cardunculus* L. De Birkhäuser Verlag/ Switzerland.
 37. **FERNANDES F.M., ARRABAÇA M.C., CARVALHO L.M.M., 2004-** Sucrose metabolism in *Lupinus albus* L. under salt stress. Biol. Plant, 48(2):317-319.
 38. **FOYER C.H., and NOCTOR G., 2000-** Oxygen processing in photosynthesis: a molecular approach. New Phytol, 146: 359 –388.
 39. **FRANKEL E.N., 1984-** Chemistry of free radical and singlet oxidation of lipids. Prog. Lipid Res, 23(4) : 197–221.
 40. **GENOUX C., PUTZOLA F., MAURIN G., 1991-** Thème général: la lagune méditerranéenne, TPE: Les plantes halophytes.
 41. **GHRIB C.D., KCHAOU R., GHARBI F., REJEB S., KHOUDJA L., NEJIBREJEB M., EURO. JOURNALSPUBLISHING, INC. 50 (2011)208.**
 42. **GILL P.K., SHARMA A.D., SINGH P., BHULLAR S.S., 2003-** Changes in germination, growth and soluble sugar contents of *Sorghum bicolor* L. Moenchseeds under various abiotic stresses”, Plant Growth Regulation 40 (2), pp.157-162.
 43. **GILMOUR S.J., SEBOLT A.M., SALAZAR M.P., EVERARD J.D., and THOMASHOW M.F., 2000-** Overexpression of the Arabidopsis CBF3 transcriptional activator mimics multiple biochemical changes associated with cold acclimation. Plant Physiol, 124(4) : 1854–1865.
 44. **GROUZIS M., HEIMG., BERGER A., 1977-** Croissance et accumulation de sels chez deux alicornes annuelles du littoral méditerranéen. OEcologia plantarum , Tome 12 N°.4 /307-322.
 45. **GUPTA B. et HUANG B., 2014-** Mechanism of salinity tolerance in plants: physiological, biochemical, and molecular characterization. Int. J Genomics –v. 2014, Article, 18P.

46. **HAJLAOUI H., DANDEN M et BOUSLAMA M., 2007** - Etude de la variabilité intraspécifique de tolérance au stress salin du pois chiche (*Cicer arietinum L.*) au stade germination. *Tropicultura*, 25(3): 168-173.
47. **HAOUALA F., FERJANI H., BEN EL-HADJ S., 2007**- Effet de la salinité sur la répartition des cations (Na⁺, K⁺ et Ca⁺⁺) et du chlore (Cl⁻) dans les parties aériennes et les racines du ray-grass anglais et du chiendent. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, Vol. 11, N° 3 : 235- 244.
48. **HAYASHI H., MURATA N., 1998**- Genetically engineered enhancement of salt tolerance in higher plants. In: Sato Murata N, (Ed.), *Stress Response of Photosynthetic Organisms: Molecular Mechanisms and Molecular Regulation*. Elsevier, Amsterdam: 133-148.
49. **HELLER R., ESNAULT R., LANCE C., 1998**- *Physiologie végétale. Tome1. Nutrition*. 6ème édition, DUNOD, Paris: 134-135.
50. **HERNÁNDEZ J.A., FERRER M.A., JIMÉNEZ A., BARCELÓ A.R., and SEVILLA F., 2001**- Antioxidant systems and O₂ –/H₂O₂ production in the apoplast of pea leaves. Its relation with salt-induced necrotic lesions in minor veins. *Plant Physiol*, 127(3): 817–831.
51. **HOEKSTRA F.A., GOLOVINA E.A., AND BUITINK J., 2001**- Mechanisms of plant desiccation tolerance. *Trends Plant Sci.* 6(9) : 431–438.
52. **HOPKINS W.G., 2003**- *Physiologie végétale. 2ème édition*. De Boeck, Bruscelles: 61- 476.
53. **IDDER A., IDDER T., NEZLI I.E. et al. 2014**- Compartimentation et accumulation estivale des sels neutres dans les aridosols sableux nus de la cuvette de Ouargla (Saharaalgérien) *Lebanese Science Journal*, Vol. 15, No. 1, pp.41-50.
54. **IMLAY J.A., and LINN S., 1986**- DNA damage and oxygen radical toxicity. *Science*, 240(4857) : 1302–1309.
55. **ISMAIL A.M.A., 1990**- Germination ecophysiology in populations of *Zygophyllum qatarense*. Hadidi from contrasting habitats. Effect of temperature, salinity and growth regulators with special reference to fuscococcin. *Journal of Arid Environments*, (18): 185- 194.
56. **JABNOUNE M., 2008**- Adaptation des plantes au stress salin : caractérisation de transporteurs de sodium et de potassium de la famille HKT chez le riz. Thèse Doct. CNRS/INRA/Sup. Agro. Univ. / Montp II.289P.

57. **JALEEL C.A, MANIVANNAN P., SANKAR B., KISHOREKUMAR A, PANNEERSELVAM R., 2007-** Calcium chloride effects on salinity-induced oxidative stress, proline metabolism and indole alkaloid accumulation in *Catharanthus roseus*. *C. R. Biologies* 330,674–683.
58. **JONES H.G., FLOWERS T.J., JONES M.B., 1989-** Plants under stress. Cambridge, Cambridge University Press.
59. **JOUVE P., CORBIE R – BARTUAUX C., CORNET A., 2002-** Lutte contre la désertification dans les projets de développement : Un regard scientifique sur l'expérience de AFD en Afrique sub Saharienne et au Maghreb 162P.
60. **JUDD WJ., CABELL CJ., KELLOGY EA., STEVENS P., 2002-** Botanique systématique : une perspective phylogénétique, Paris: De Boeck, 467P.
61. **KABAR K., 1986-** Alleviation of salinity stress by growth regulator on seed germination. *J Plan Physiol*;128:179-83.
62. **KSOURI R., FELLEH H ET ABDELLY C., 2006-** Contenu en polyphénols et activités antioxydants d'une halophyte, *Tamarix gallic L.* *Revue des Régions Arides-* Numéro spécial -Actes du séminaire international "les plantes à Parfum Aromatiques et médicinales" SIPAM.
63. **KSOURI R., MEGDICHE W., FALLEH H., TRABELSI N., BOULAABA M., SMAOUIA., ABDELLYC., 2008-**Influence of biological, environmental and technical factors on phenolic content and antioxidant activities of Tunisian halophytes. *Comptes Rendus Biologies*, 331 (11): 865- 873.
64. **KSOURI R., MEGDICHE W., KOYRO H.W., and ABDELLY C., 2010-** Responses of halophytes to environmental stresses with special emphasis to salinity. *Adv. Bot. Res.* 53 : 117–145.
65. **KUO T.M., DOEHLERT D.C., and CRAWFORD C.G., 1990-** Sugar metabolism in germinating soybean seeds. *Plant Physiol*, 93 (4): 1514 –1520.
66. **LEE S., KIM S.G et PARK C.M., 2010-** Salicylic acid promotes seed germination under high salinity by modulating antioxidant activity in *Arabidopsis*. *The New phytologist*, Vol. 188, pp. 626-637.
67. **LEMEE G., 1978-** Précis d'écologie végétale. Masson, Paris : 131-132.
68. **LEVIGNERON A., LOPEZ F., VANSUYT G., BERTHOMIEU P., FOURCROY P., CASSE-DELBART F., 1995-** Les plantes face au stress salin. *Cahiers Agricultures*,4 (4):263-273.
69. **LEVITT J., 1980-** Responses of plants to environmental stresses. Water radiation,

- salt and others stresses. Academic Press, New York, Vol. 2: 365-406.
70. **LOGAN B.A., 2005-** Reactive oxygen species and photosynthesis. Dans Antioxidants and reactive oxygen species in plants. Sous la direction de N. Smirnoff. Blackwell, Oxford. p. 250–267.
 71. **LUTTGE U., KLUGE M., BAUER G., 2002-** Botanique. 3^{ème} édition, Tec et Doc- Lavoisier, Paris: 439-450.
 72. **MAHAJAN S., PANDEY G.K., And TUTEJA N., 2008-** Calcium- and salt stress signaling in plants: Shedding light on SOS pathway. Arch. Biochem. Biophys, 471(2) : 146 –158.
 73. **MAIRE., 1933-** Etude sur la flore et la végétation du Sahara centrale, 271 P.
 74. **MAJUMDER A.L., SENGUPTA S., et GOSWAMI L., 2010-** Osmolyte regulation in abiotic stress. Chap. 16. Dans Abiotic stress adaptation in plants: Physiological, molecular and genomic foundation. Sous la direction de A. Pareek, S.K. Sopory, H.J. Bohnert et Govindjee. p. 349–370.
 75. **MCUE K.F., HANSON A.D., 1990-** Drought and salt tolerance: towards Understanding and application TIBTECH. 8: 358-362.
 76. **MERMOUD A., 2006-** Cours de physique du sol : Maîtrise de la salinité des sols. Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, 23p.
 77. **MEYTHIAZ A., 2003-** Etude d’assainissement des eaux résiduaires pluviales et d’irrigation mesures complémentaires de lutte contre le remonte de la nappe phréatique: volet étude d’impact sur l’environnement : Mission I I B caractérisation environnementale de la situation actuelle. Lousonne36P.
 78. **MEZNI M., ALBOUCHI A., BIZID E., HAMZA M., 2002-** Effet de la salinité des eaux d'irrigation sur la nature minérale chez trois variétés de luzerne pérenne (*Medicago sativa*) .Agronomie. 22:283-291.
 79. **MIHOUB A., CHAOULI A., EL FERJANI E., 2005-** Changements biochimiques induits par le cadmium et le cuivre au cours de la germination des graines de petit pois (*Pisum sativum L.*).Biologie et pathologie végétale. Comptes rendus BIOLOGIE SCIENCE DIRECT ELSEVIER. 328 :33-41.
 80. **MUNNS R., 2005-** Genes and salt tolerance: bringing them together. New Phytol, 167(3): 645–663.
 81. **MUNNS R., JAMES R.A. et ANDRÉ LÄUCHLI A., 2006-** Approches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. Journ. of Exper. Bot, vol. 57,

- N° 5, 1025- 1043.
82. **MUNNS R., TONNET L., SHENNAN C. et GARDNER P.A., 1988-** Effect of high external NaCl concentration on ion transport within the Shoot of *Lupinus albus*. II. Ions in phloem Sap. *Plant Cell Environ.* 11 : 291-300.
 83. **MUSTARD J., RENAULT S., 2004-** Effects of NaCl on water relations and cell wallelasticity and composition of red-osier dogwood (*cornus stolonifera*) seedlings. *Physiol. Plant.* 121:265-271.
 84. **NAGAVANI V., MADHAVI YD., BHASKARRAO P., KOTESWARA R., RAGHAVA-RAO T., 2010-** Free radical scavenging activity and qualitative analysis of polyphenols bay RP-HPLC in the flowers of *Couroupitaquia nensisabul*. *EJEAF. Chem*, 9(9):1471-1484.
 85. **NEDJIMI B., BEKAI Z., GUIT B., TOUMI M., et DAOUD Y., 2013-** GERMINATION ET CROISSANCE D'*Atriplexhalimus*SUBSP. *Schweinfurthii* EN PRESENCE DE CaCl₂, *Algerian journal of arid environment* vol. 3, n° 1:15-23.
 86. **NEUHAUS H.E., 2007-** Transport of primary metabolites across the plant vacuolar membrane. *FEBS Letters.* 581:2223-2226.
 87. **NOCTOR G., and FOYER C.H., 1998-** Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control. *Annu. Rev. Plant Physiol.Plant Mol. Biol*, 49(1) : 249–279.
 88. **Office National Météorologique (ONM), 2017-** Données météorologiques de la région de Ouargla. Office National de la Météorologie, Ouargla.
 89. **OZENDA P., 1977-** Flore du Sahara, 2ème édition, édition du centre national de recherche scientifique, 309P.
 90. **OZENDA P., 1991-** Flore et végétation du Sahara. 3ème édition de CNRS, Paris: 309, 322.
 91. **PARENTC., CAPELLIN., and DATJ., 2008-** Formes réactives de l'oxygène, stress et mort cellulaire chez les plantes. *C. R. Biol*, 331 (4) : 255–261.
 92. **PARIDA A.K., DAS A.B SANADA Y. et MOHANTY P., 2004-** Effects of salinity on biochemical components of the mangrove; *Aeceras corniculatum*. *Aquat. Bot* 80,77-87.
 93. **PARIDA A.K., DAS A.B., 2005-** Salt tolerance and salinity effect on plants: review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Vol.60, pp.324.
 94. **PÉREZ-ALFOCEA F., LARHER F., 1995-** Sucrose and proline accumulation and sugar efflux in tomato leaf discs affected by NaCl and polyethylene glycol 6000 iso-

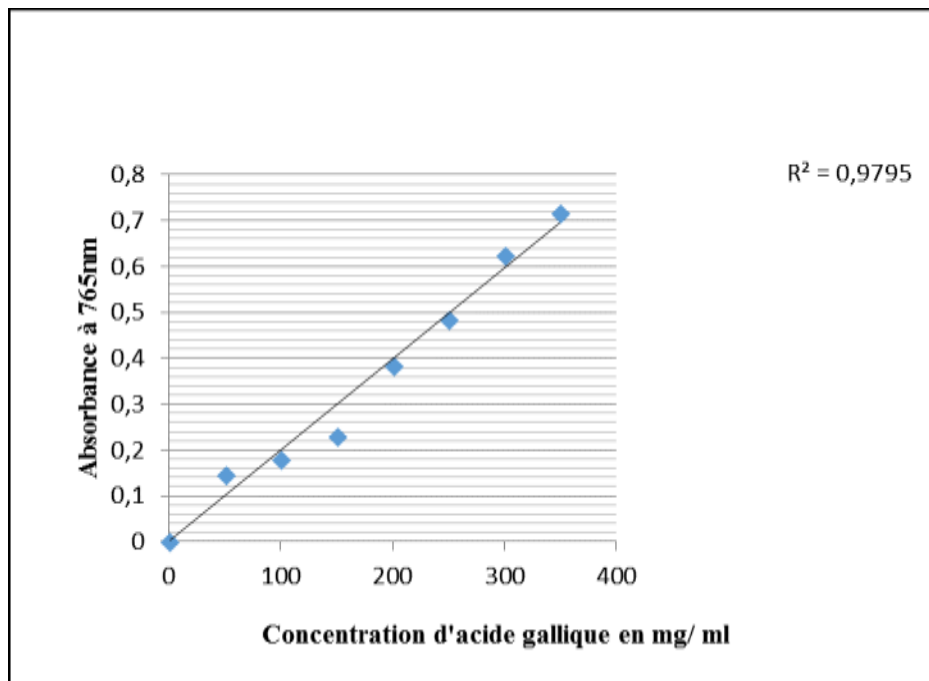
- osmotic stresses. *Plant Sci.* 107:9-1.
95. **PERNOLLET J.C et FERAULT C., 2008-** Analyse du fascicule d'octobre 2008, Vol 331,N°.10, Comptes rendus "biologies" de l'Académie des sciences consacré à la biologie des semences.
96. **PHILLIPS J.R., OLIVER M.J., et BARTELS D., 2002-** Molecular genetics of desiccation and tolerant systems. Dans *Desiccation and survival in plants: Drying without dying*. Sous la direction de M. Black et H. Pritchard. CAB International, Mol. Gen. Genet. p. 319 –341.
97. **PIRI K., ANCEAU C., EL JAAFARI S., LEPOIVRE P., SEMAL J., 1994-** Sélection in vitro de plantes androgénétiques de blé tendre résistantes à la salinité. *L'amélioration des Plantes*. Ed. AUPELF-UREF, Paris: 311-320.
98. **PRIETO P., PINEDA M., AGUILAR M., 1999-** Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E. *Anal. Biochem.* (269):337-341.
99. **PRISCO J.T et J.W. O'LEARY., 1970-** Osmotic and toxic effects of salinity on germination of *Phaseolus vulgaris* L. *Seeds*. Turriabfa, 20,174-184.
100. **PRISCO J.T., J.E. FILHO et G.E FILHO., 1981-** Effect of NaCl salinity on cotyledon tarch mobilization during germination of *Vigna unguiculata* Walp. *Seed Rev. Brazil Bot.*, 4,63-71.
101. Programme International pour la Technologie et la Recherche en Irrigation et drainage (**IPTRID**), **2006-** Conférence électronique sur la salinisation: Extension de la salinisation et Stratégies de prévention et réhabilitation Du 6 Février au 6 Mars 2006.
102. **QUEZEL P., SANTA S., 1965-** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Edition du centre national de la recherche scientifique, Paris.
103. **RATHINASABAPATHI B., 2000-** Metabolic engineering for stress tolerance installing osmoprotectant synthesis pathways. *Ann. Bot.* 86: 709-716.
104. **REJILI M., VADEL M. A., NEFFATP M., 2006-** Comportements germinatifs de deux populations de *Lotus creticus* (L.) en présence du NaCl. *Revue des Régions Arides*, Vol. 17, N°.1 : 65-78.
105. **RIBEREAU-GAYON J., PEYNAUD E., SUDRAUD P ET RIBEREAU GAYON**

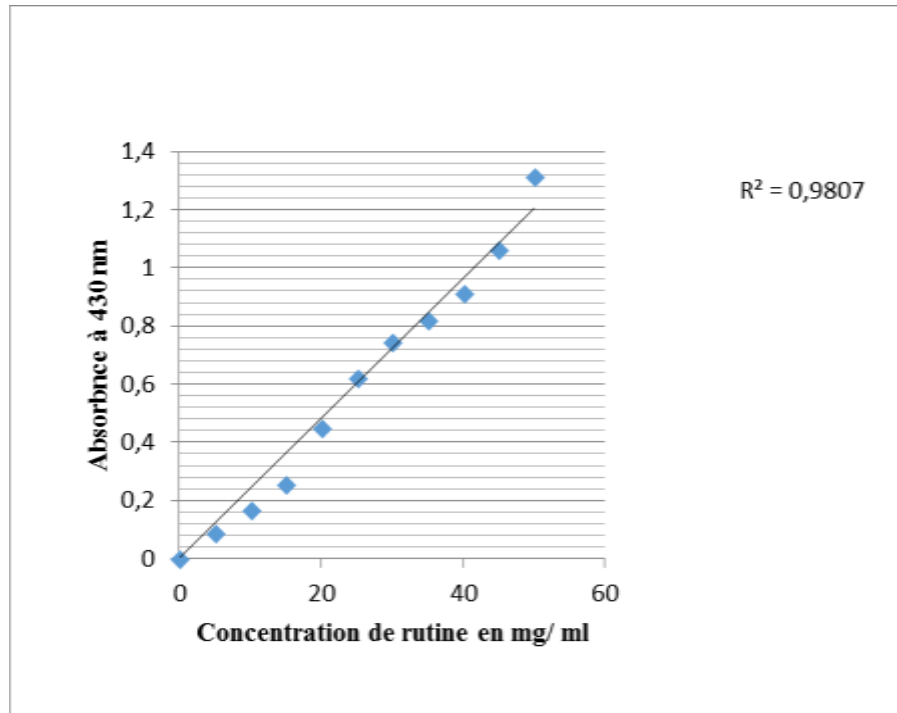
- P., 1982-** Composés phénoliques, In Traite d'oenologie, sciences et technique duvin. Paris :Dunod.477-499.
106. **RIBEREAU-GAYON P., 1968-** Les composés phénoliques des végétaux. Edition Dunod, Ed., Paris.p.254.
107. **ROUVILOIS-BRIGOL M., 1975-**Le pays de Ouargla (Sahara algérien).variation et organisation d'un espace rural en milieu désertique Ed. Publ. Univ. Sorbonne, Paris 316p.
108. **RUIZ-LOZANO ET AL., 2012; RUIZ - LOZANO, J.M., PORCEL, R., AZCON, C., and AROCA, R., 2012-** Regulation by arbuscular mycorrhizae of the integrated physiological response to salinity in plants: new challenges in physiological and molecular studies. *Journal of Experimental Botany*, 63(11), 4033-4044.
109. **SAAD A., CHERITI A., BELBOUKHARI N., 2006-** L'apport des NTIC à l'Ethnopharmacologie du Sud Algérien. *Annales de l'Université de Bechar*, 2 : 149-154.
110. **SAIRAM R.K., and TYAGI A., 2004-** Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. *Curr. Sci*, 86 : 407–421.
111. **SANTIAGO L.S., LAU T.S., MELCHER P.J., STEELEO C., AND GOLDESTINE G., 2000-** Morphological and physiological responses of hawiiian *Hibiscus tiliaceus* populations to light and salinity, *Int.J. Plant Sci.* 161: 99-106.
112. **SCOTT S.J., JONES R.A., WILLIAMS W.A., 1984-** Review of data analysis methods for seed germination. *Crop science*, 24(6).P 1192-1199.sélection. Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques, Montpellier. p191.
113. **SERRANO R., GAXIOLA R., 1994-** Microbial models and salt stress tolerance in plants. *Crit. Rev. Plant Sci*, Vol. 13: 121-138.
114. **SHEAHAN M.C., CHASE M.W., 1996-** A phylogenetic analysis of Zygophyllaceae based on morphological, anatomical and rbcL DNA sequence data. *Botanical journal of The Linnean Society*, 122 (4):279-300.
115. **SLEIMI N., 2017-** Adaptations au stress salin (NaCl / Eau de mer) de deux halophytes, 1ère édition, Editions universitaires Européennes.45.
116. **SMAOUI A., CHERIF A., 1986-** Effet de la salinité sur la germination des graines de cotonnier. In : Colloque sur les végétaux en milieux arides, 8-10 septembre 1986, Djerba, Tunisie.
117. **SMATI D., 2009-** Contribution à l'étude de *Zygophyllum* utilisés en médecine

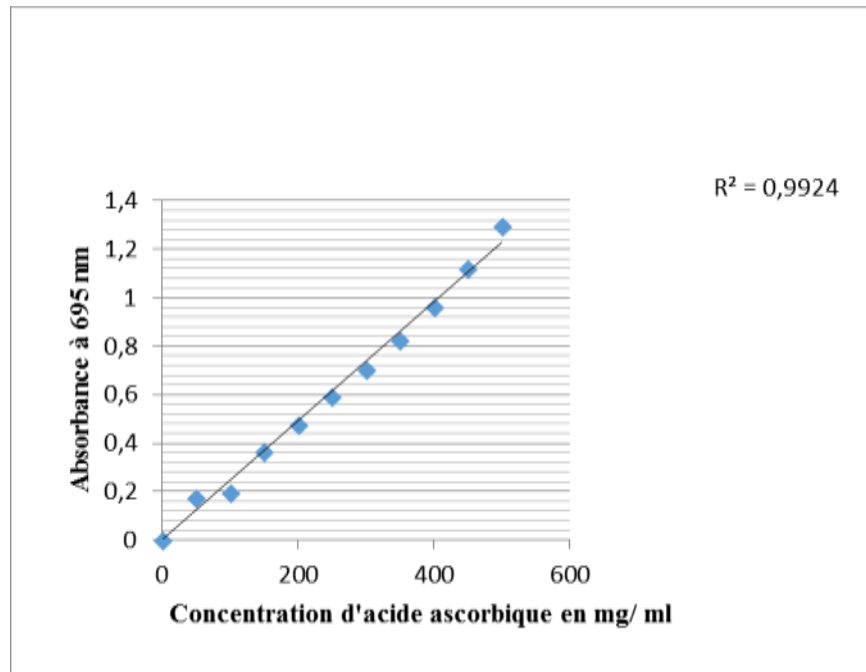
- traditionnelle algérienne. Thèse en vue de l'obtention du doctorat en science médicale.
118. **STREETER J.G., LOHNES D.G., and FIORITTO R.J., 2001-** Pattern of pinitol accumulation in soybean plants and relationships to drought tolerance. *Plant Cell Environ*, 24(4) : 429–438.
 119. **T. A. D, 2002-** Rapport étude de réalisation d'un plan de gestion de la zone humide chott d'Aïn El-Beïda, Ouargla. Territoire. Aménagement. Développement. Ed. Conservation générale des forêts, Ouargla, 75P.
 120. **TAFFOUO, V.D., NOUCK, A.H., Dibong, S.D., and Amougou, A., 2013-** Effects of salinity stress on seedlings growth, minéral nutrients and total chlorophyll of some tomato (*Lycopersicon esculentum L.*) cultivars. *African Journal of Biotechnology*, 9(33).
 121. **TAJI T., OHSUMI C., IUCHI S., SEKI M., KASUGA M., KOBAYASHIM., YAMAGUCHI-SHINOZAKI K., and SHINOZAKI K., 2002-** Important roles of drought- and cold inducible genes for galactinol synthase in stress tolerance in *Arabidopsis thaliana*. *Plant J.* 29(4) : 417 – 426.
 122. **TAJI T., SEKI M., SATO!!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.
 123. **TAUSZ M., SIRCELJ H., and GRILL D., 2004-** The glutathione system as a stress marker in plant ecophysiology: is a stress-response concept valid? *J. Exp. Bot.* 55(404) : 1955 –1962.
 124. **THOMPSON J.E., PALIYATH G., BROWN J.H. et AL. 1987-** The involvement of active oxygen in membrane deterioration during senescence. *In* Thompson, Nothnagel & Huffaker (eds). *Plant Senescence: its Biochemistry and Physiology*. American society of Plant Physiologists, (Rockville, USA), 146-155.
 125. **TRABUT L., MARES R., 1906-** L'Algerie agricole en 1906. Ed J. Danguin, Tunis, 250p.
 126. **TREMBLIN G., 2000-** Comportement auto-écologique de *Halopeplis amplexicaulis*: plante pionnière des sebkhas de l'ouest algérien. *Sécheresse*, 11 (2):109-116.
 127. **TREMBLIN G., COUDRET A., 1986-** Salinité, transpiration et échanges de CO₂

- chez *Halopeplis amplexicaulis* (Vahl.) Ung. Oecol. Plant, 7 (21) :417-431.
128. **TÜRKAN I., and DEMIRAL T., 2009-** Recent developments in understanding salinity tolerance. Environ. Exp. Bot, 67(1) : 2–9.
129. **USSL., 1954-** Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. US department of Agriculture, handbook n°60, U.S. Gov. Print. Office, Washington D.C.
130. **VERNON D.M., TARCZYNSKI M.C., JENSEN R.G., and BOHNERT H.J., 1993-** Cyclitol production in transgenic tobacco. Plant J, 4(1) : 199–205.
131. **WECKX J.E.J., CLIJSTERS H.M.M., 1996-** Oxidative damage and defense mechanisms in primary leaves of *phaseolus vulgaris* as a result of root assimilation of toxic amounts of copper. *Physiologia Plantarum*, 96,506-512.
132. **YAP C.F., HO C.W., AIDA W.M., CHAN S.W., LEE C.Y and LEONG Y.S., 2009-** Optimazationof extraction condition of total phenolic componds from star fruit (*Averrhoacarambola L*) residues. *Sains malaysiana*, 38 (4):511-520.
133. **ZERRAD W., HILLALI S., MATAOUI B., S. EL ANTRI S., ET HMYENE A., 2006-** Etude comparative des mécanismes biochimiques et moléculaires de résistance au stress hydrique de deux variétés de blé dur. Congrès International de Biochimie, Agadir : 371- 376.

Annexes

Annexe 01 : Courbe d'étalonnage des polyphénols totaux**Photo 1:** Dosage des polyphénols.

Annexe 2 : Courbe d'étalonnage des flavonoïdes**Photo 2:** Dosage de flavonoïdes.

Annexe 3 : Courbe d'étalonnage de l'activité antioxydante**Photo 3:** Evaluation de l'activité antioxydante.

Effet de la salinité sur quelques traits physiologiques chez *Zygophyllum album L.*

Résumé

Le présent travail se concentre sur l'étude du comportement germinatif des graines de *Zygophyllum album L.* aux concentrations croissantes de NaCl et CaCl₂ (100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500 mM). Les résultats obtenus montrent que, les graines de *Zygophyllum album L.* tolèrent la concentration saline modérée 100 mM de NaCl ou CaCl₂. L'augmentation de la concentration en sel, retarde la précocité, le taux de germination final et ralentisse la cinétique de germination. En phase plante, les teneurs en polyphénols, en flavonoïdes et en activité antioxydante sont quantifiées dans les différents organes de cette espèce pour explorer leurs mécanismes adaptatifs aux conditions arides. Une proportionnalité entre l'évolution de la teneur des rhizosphères en sel avec l'évolution de la teneur de cette espèce en ions antioxydants est montrée. Les teneurs en composés phénoliques sont très élevées dans la partie aérienne des plantes récoltées dans le Chott Oum Raneb et Sabkha Bamenil, régions qualifiées fortement salines. Parallèlement à l'accumulation des antioxydants, les plantes qui montrent une importante accumulation des antioxydants sont les plus dotées d'activité antioxydante, suggère leur implication dans l'adaptation de cette espèce au stress oxydatif déclenché par la salinité.

Mots clés : *Zygophyllum album L.*, germination, salinité, composés phénoliques, activité antioxydante, conditions arides.

Effect of salinity on some physiological traits in *Zygophyllum album L.*

Abstract

The present work focuses on the study of the germinative behavior of seeds of *Zygophyllum album L.* at increasing concentrations of NaCl and CaCl₂ (100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500 mM). The results obtained show that *Zygophyllum album L.* seeds tolerate moderate saline concentration of 100 mM NaCl or CaCl₂. Increasing the salt concentration delays the early growth, the final germination rate and slows down the kinetics of germination. In the plant phase, polyphenol, flavonoid and antioxidant activity levels are quantified in the various organs of this species to explore their adaptive mechanisms to arid conditions. A proportionality between the evolution of the rhizosphere salt content and the evolution of the antioxidant ion content of this species is shown. The levels of phenolic compounds are very high in the aerial part of the plants harvested in Chott Oum Raneb and Sabkha Bamenil, highly saline areas. Along with the accumulation of antioxidants, the plants that show a significant accumulation of antioxidants are the most endowed with antioxidant activity, suggests their involvement in the adaptation of this species to oxidative stress triggered by salinity.

Key words: *Zygophyllum album L.*, germination, salinity, phenolic compounds, antioxidant activity, arid conditions.

تأثير الملوحة على بعض الصفات الفسيولوجية لنبات العقة (*Zygophyllum album L.*)

ملخص

يركز عملنا على دراسة سلوك الانبات لبذور العقة (*Zygophyllum album L.*) في تركيزات متزايدة من كلوريد الصوديوم والكالسيوم (100.150.200.250.300.350.400.450.500 ملي مولار). تظهر النتائج التي تم الحصول عليها أن بذور العقة (*Zygophyllum album L.*) تحتل تركيز ملح معتدل 100 مل مولار من كلوريد الصوديوم او الكالسيوم. زيادة تركيز الملح يؤخر النمو المبكر ، ومعدل الإنبات النهائي ويبطئ حركية الإنبات. في مرحلة النبات، يتم تحديد مستويات النشاط بوليفينول ، الفلافونويد ومضادات الأكسدة في مختلف الأجهزة من هذا النوع لاستكشاف آليات تكيفها لظروف قاحلة. يظهر التناسب بين تطور محتوى ملح محيط الجنور وتطور محتوى الأيونات المضادة للأكسدة لهذا النوع. مستويات مركبات الفينول عالية جدا في الجزء الجوي من النباتات التي حصدت في شط ام الرانب وسبخة بامنديل، المناطق شديدة الملوحة. جنبا إلى جنب مع تراكم مضادات الأكسدة، النباتات التي تظهر تراكم كبير من مضادات الأكسدة هي الأكثر موهبة مع نشاط مضادات الأكسدة ، تشير إلى مشاركتها في التكيف مع هذا النوع إلى الإجهاد التأكسدي الناجم عن الملوحة.

الكلمات المفتاحية: العقة (*Zygophyllum album L.*) ، إنبات ، ملوحة ، مركبات فينولية ، نشاط مضاد للأكسدة ، ظروف قاحلة.