

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DES SCIENCES
AGRONOMIQUE



DOMAINE : science de la nature
et de la vie

FILIERE : science Agronomique

OPTION : production végétale et
environnement

N° :

Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique

Par: M^{elle} BOUCHAIBA Saida

M^{elle} HENDI Leila

Intitulé

Comportement de quelques populations
d'Armoise blanche (*Artemisia herba alba.Asso*)
à la salinité

Soutenu devant le jury composé de:

M ^{elle} Tir .C	M.A.A	Université de M'sila	Présidente
M ^r TORCHIT.N	M.A.A	Université de M'sila	Rapporteur
M ^{me} Lallouche.B	M.A.A	Université de M'sila	Examinatrice

Année universitaire : 2016/2017

Remerciements

Tous nos remerciements vont d'abords à nôtre DIEU le tout puissant, pour nous avoir donnée la force et la patience

Ce travail a été entièrement réalisé au laboratoire d' Agronomie d' université

Mohamed Boudiaf de M'sila

Nous tenons à remercier notre promoteur Monsieur TORCHIT NADIR qui nous a faite l'honneur de diriger ce travail pour l'aide précieuse et les conseils infiniment utiles, son encouragement et sa disponibilité pour la réalisation de ce travail.

Nombreux sont ceux qui ont contribué d'une façon ou d'un autre à l'aboutissement de ce travail. Nous remerciment vont en particulière à Mr Yacine, Mr Hicham, Mr Radouane, Mr Housin, M^{me} chahra, M^{elle} mourzakā, M^{elle} Amina pour nous voir accueillie dans leurs laboratoire, guidés et encouragés scientifiquement tout au long de ce travail, nous les remercies vivement pour leurs soutien , leurs conseils précieux et leurs critique qui nous aidés au sein du laboratoire.

Mes remerciements vont aussi M^{elle} Tir .C qui m'a fait l'honneur de présider le jury et au M^{me} Lallouche .B d'avoir pris sur le temps pour examiner et juger ce travail.

MERCI

DEDICAS

Je dédie ce modeste travail à :

À mon cher père, en signe d'amour, de reconnaissance et de gratitude pour tous les soutiens et les sacrifices dont il a fait preuve à mon égard.

À ma chère mère, qui m'a encouragé à aller de l'avant et qui m'a donné tout son amour pour reprendre mes études.

À mes chers frères : Sliman et Bilal, ma sœur WAHIBA et la femme de mon frère Sliman et son fille Amel jourie, merci d'être toujours à mes coutés, par votre présence, par votre amour, pour donner du gout et du sens à notre vie de famille.

À toute ma famille. À mes chères amies À tous ceux qui me sont chers.

À mes professeurs.

À tous mes collègues et amis du master 2 spécialisé production végétal et environnement.

BOUCHAIBA SAIDA



Dédicace

Je dédie ce travail à :

A mes chère mes parents, qui m'ont encouragé à aller de l'avant et qui m'ont donnés tous leurs amours pour reprendre mes études, merci pour tout ce que vous m'avez appris et merci pour ce que vous avez fait de moi.

A tous ma familles, mes frère MOHAMED, mes sœurs HAYAT, NADJOI, DJAHIDA, ZAINAB et épouse mes frère HANAN

A tous les enfants, INASS, LOTFI, DOAA, FATIMA, ALI, SARA, ABD ALRAHMAN et YOUNESS.

A tous mes amies MAISSA, SOURAYA et SAIDA

A tous mes collègues et étudiant de master 2 PVE.

J'ai beaucoup de chance de vous avoir. Que dieu vous protège et vous garde.

HENDI LEILA

LISTE DES ABREVIATIONS

C : concentration

°C : Degré Celsius

CE : Conductivité électrique

Chl : chlorophylle

DO: Densité Optique

g/l : Gramme par litre

KHM : KHARMEM

m : mètre

MAZ: MAAZA

meq :milli équivalent

MF : matière fraîche

mg/100g MF : milli gramme/100 gramme de matière fraîche

mM: Milli molaire

MS : matière sèche

NaCl: Chlorure de Sodium

pH : Potentiel hydrique

SAR : sodium absorption ratio

T : traitement

tr :tour

ZERK : ZRARKA

µg: microgramme

LISTE DES TABLEAUX

Partie I : partie bibliographique

Tableau 01 : sols affectés par la salinité dans les continents et subcontinents10

Partie II : partie d'expérimentation

Tableau 02: les données géographiques des sites échantillonnés.....27

Tableau 03: caractéristiques granulométriques et chimiques des substrats de chaque site.. 28

Tableau 04 : La capacité de rétention en eau de chaque sol.....29

Tableau 05 : les niveaux de stress appliqués.....30

Tableau 06 : dispositif expérimental randomisation totale.....32

Tableau 07: Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en chlorophylle des feuilles (effet salinité).....33

Tableau 08: Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en chlorophylle (effet population).....34

Tableau 09: Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en chlorophylle des feuilles (interaction salinité × population).....34

Tableau 10: Moyenne et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en sucres des feuilles (Effet salinité).....37

Tableau 11: Moyenne et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en sucres des feuilles (Effet population).....37

Tableau 12 : Moyenne et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en sucres des feuilles (Effet salinité × population).....38

Tableau 13 : Moyenne et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en sodium des racines (effet population).....40

Tableau 14: Moyenne et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en sodium des feuilles (effet salinité × population).....41

Tableau 15: Moyenne et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en sodium des feuilles (Effet salinité).....42

Tableau 16 : Moyenne et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en sodium des feuilles(Effet population).....	43
Tableau 6.11 : Moyenne et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en sodium des feuilles (Effet salinité × population).....	43
Tableau 6.12 : Moyenne et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en potassium de racines (Effet salinité).....	46
Tableau 6.13 : Moyenne et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en potassium de racines(Effet population).....	47
Tableau 6.14 : Moyenne et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en potassium des racines(Effet salinité × population).....	47
Tableau 6.15 : Moyenne et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en potassium des feuilles (Effet salinité).....	50
Tableau 6.16 : Moyenne et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en potassium des feuilles (population).....	50
Tableau 6.17 : Moyenne et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en potassium des racines(Effet salinité × population).....	51

LISTE DES FIGURES

Partie I : partie bibliographique

- Figure 01 :** : *Artemisia herba alba*: (A) la plante au début de la saison de floraison, (B) la plante à la fin de la saison de floraison02
- Figure 02 :** Morphologie générale de plante d'*Artémisia herba alba*.....07
- Figure 03 :** Morphologie de la feuille d'*Artemisia herba alba*.....07
- Figure 04:** Morphologie de la fleur d'Arternisia herba alba.....08
- Figure 05 :**caractéristique de la réponse aux stress.....21

Partie II : partie d'expérimentation

- Figure 06:** Les plants après la période d'acclimatation.....29
- Figure 07:** Effet de la salinité sur la teneur en chlorophylle chez trois populations d'*Artemisia herba alba*.....35
- Figure 08:** Effet de la salinité sur la teneur en sucre totaux chez trois populations d'*Artemisia herba alba*.....39
- Figure 09:** Effet de la salinité sur la teneur en sodium chez les racines de trois populations d'*Artemisia herba alba*.....42
- Figure 10:** Effet de la salinité sur la teneur en sodium chez les feuilles de trois populations d'*Artemisia herba alba*.....44
- Figure 11:** Effet de la salinité sur la teneur en potassium chez les racines de trois populations d'*Artemisia herba alba*.....49
- Figure 12:** Effet de la salinité sur la teneur en potassium chez les feuilles des trois populations d'*Artemisia herba alba*.....52

Introduction

Introduction :

La dégradation des sols dans les régions arides et semi arides conduit forcément au phénomène de désertification. La salinisation des sols est parmi les phénomènes qui induit les effets de désertification par la perte de fertilité, la destruction de la structure des sols ; cette dernière accentue l'érosion par l'eau et le vent ce qui réduit la qualité des sols et le couvert végétal. Dans ces régions l'irrégularité de précipitations associées aux fortes évaporations favorise l'accumulation des sels dans la surface des sols.

La tolérance des plantes à la présence des sels dans la rhizosphère, est alors une qualité largement recherchée chez les végétaux d'intérêt agronomique et pastorale afin d'élargir le couvert végétal dans ces régions affectées par la salinité.

L'adaptation des plantes à la salinité paraît comme un caractère complexe contrôlé à différents niveaux d'organisation et implique des mécanismes morphologiques, physiologiques et biochimiques de tolérance à la salinité. La compréhension de ces mécanismes présente un intérêt évident pour le criblage et l'amélioration végétale dont le but est de réhabiliter ces écosystèmes salins. Les plantes spontanées ont un potentiel génétique considérable pour la tolérance à la salinité, la variabilité intra spécifique permet d'envisager une amélioration de l'adaptation des plantes à ces conditions environnementales, l'amélioration de cette adaptation passe tout d'abord par la compréhension des réponses à l'échelle physiologiques et biochimiques.

Il est indispensable de repêcher dans la nature des écotypes à caractères intéressants vis-à-vis de la salinité. Chez certaines plantes la variabilité intra spécifique est plus importante que la variabilité inter spécifique, l'investigation et l'exploitation de cette variabilité est l'une des voies d'améliorations des performances des plantes aux stress abiotiques notamment la salinité.

C'est dans ce contexte que ce travail s'inscrit, pour cela nous optons à des populations naturelles d'armoise blanche, plante endémique de nos régions steppiques à intérêt fourragères, médicinale et écologique.

L'objectif de ce travail est :

- la mise en évidence de la diversité de réponses au stress salin chez les populations étudiées
- la révélation de critères (physiologiques et biochimiques) qui semblent contribuer à une meilleure réaction vis-à-vis de la salinité chez chaque population
- déterminer le génotype qui répond mieux à la contrainte étudiée sur l'ensemble des analyses obtenues.

Partie I :
partie bibliographique

Chapitre I : présentation de la plante

Chapitre I : Présentation de la plante

I.1. Caractéristiques morphologiques de la plante

L'*Artemisia herba-alba* est une plante ligneuse basse et toujours verte. Ses caractéristiques morphologiques et physiologiques font d'elle une espèce bien adaptée aux conditions climatiques arides. Le dimorphisme saisonnier de son feuillage lui permet de réduire la surface transpirante et d'éviter ainsi les pertes d'eau. Grâce à son système racinaire très dense à la surface, l'*Artemisia herba-alba* est capable de valoriser toute humidité superficielle occasionnée par des petites pluies. Cette espèce est également capable d'exploiter l'humidité du sol jusqu'à 50 cm de profondeur et peut profiter des fractures de la croûte, pour atteindre les poches d'humidité, notamment dans les sols à encroûtement calcaire, la tige principale se divise en « branches » physiologiquement indépendantes les unes des autres et susceptibles de mourir sans entraîner la mort de la plante entière. La floraison de cette espèce débute le plus souvent en juin mais les fleurs se développent essentiellement à la fin de l'été. Lors des années pluvieuses et dans les sols qui lui conviennent, l'*Artemisia herba-alba* présente une forte production de graines et un pouvoir de régénération élevé (MATTEUCCI, 2008).



(A)

(B)

Figure 01: *Artemisia herba alba*: (A) la plante au début de la saison de floraison, (B) la plante à la fin de la saison de floraison (MESSAI, 2011).

I.2. Historique d'espèces *Artemisia herba alba* Asso.

L'Artemisia herba-alba (armoise herbe blanche) a été décrite par l'historien grec Xénophon, dès le début du IV^{ème} siècle av. J.-C., dans les steppes de la Mésopotamie (KHIREDDINE, 2013). Elle a été répertoriée en 1779 par le botaniste espagnol Ignacio Jordán Claudio de Assoy del Rio.

C'est une plante essentiellement fourragère, très appréciée par le bétail comme pâturage d'hiver. Elle présente une odeur caractéristique d'huile de thymol et un goût amer d'où son caractère astringent.

Plusieurs noms sont attribuées à *L'Artemisia herba alba* Asso; thym des steppes, absinthe du désert. En Afrique du Nord et au Moyen-Orient, on l'appelle, en communément, (CHIH) ou (CHIH KHERSANI) selon les régions.

Au Maroc occidental elle porte aussi le nom de (EL-GUESOUM) (QUEZEL et SANTA, 1962) *L'Artemisia herba alba* Asso est bien connue depuis l'Antiquité. Elle est citée dans la Bible à plusieurs reprises avec le nom hébreu. Le nom anglais Worm Wood (attribué à toutes les armoises) fait allusion à son pouvoir vermifuge bénéfique pour l'homme et le bétail (MESSAI, 2011).

En Algérie, *l'Artémisia herba alba*, connue sous le nom de « CHIH » ou encore appelé semen-contrà de barbarie, couvre près de 6 millions d'hectares dans les steppes, elle se présente sous forme de buissons blancs, laineux et espacés (BOUTEKJENET, 1987).

I.3. Répartition géographique

L'Artemisia herba-alba est un arbuste nain médicinal et aromatique sauvage qui pousse dans les zones arides du Bassin méditerranéen, il s'étend dans l'Himalaya nord-ouest. Cette plante est abondante dans la péninsule ibérique et atteint une plus grande population dans le centre de l'Espagne qui s'étend sur l'est, le sud et le sud de l'Espagne. Ce taxon pousse de manière sauvage sur des substrats nitrofiles (SALIDO *et al*, 2004).

En Afrique du nord, cette espèce couvre d'immenses territoires évalués à plus de dix millions d'hectares, *l'Artemisia herba-alba* est absente des zones littorales nord. Cependant, l'espèce se raréfie dans l'extrême sud (NABLI, 1989).

Arbrisseau méditerranéen qui abonde au Moyen-Orient, dans le Sud Algérien et au Maroc sur des sables profonds (BOULLARD, 2001).

L'armoise blanche présente une vaste répartition géographique couvrant, en Algérie, environ 4 millions d'hectares (AYAD *et al*, 2014).

La variabilité intra-spécifique existante au sein de l'espèce *A. herba-alba* peut être d'origine géographique, génétique, saisonnière ou même écologique (sol, humidité, etc.) (ZAIM *et al*, 2012).

I.4. Systématique et classification

Règne : Plantae

Embranchement: Spermaphytes (Phanérogames) ou « plantes à graines »

Sous- embranchement: Angiospermes (Plantes à fleurs)

Classe: Dicotylédones (Magnoliopsida)

Sous- classe: Asteridae

Ordre: Asterales

Famille: Astéracées ou composée

Tribu: Anthemideae

Sous- tribu: Artemisiinae

Genre: *Artemisia*

Espèce: *Artemisia herba alba* Asso. (GUIGNARD, 1998).

I.5. Intérêts de l'espèce

I.5.1. L'intérêt médicinal

C'est l'armoise la plus connue en Algérie. Le CHIH est un remède très populaire auquel on a souvent recours: pour faciliter la digestion, calmer les douleurs abdominales et certains maux de foie et antidiabétique. Ses racines sont indiquées contre certains troubles nerveux (BABA AISSA, 2000).

L'*Artemisia herba alba* est très utilisée en médecine traditionnelle lors d'un désordre gastrique tel que la diarrhée et les douleurs abdominales. Elle est aussi utilisée en tant que remède de l'inflammation du tractus gastro-intestinal (GHARABI, 2008). De loin le plus fréquemment cité est l'utilisation de l'*Artemisia herba alba* Asso dans le traitement du diabète sucré (TWAJHA et Al-BADRE, 1988). Plusieurs études scientifiques ont également prouvées l'efficacité de l'armoise blanche en tant qu'agent antidiabétique, anti parasitaire, antibactérien, antiviral, antioxydant, anti malarien, antipyrétique, antispasmodique et antihémorragique (BOUDJELAL, 2013).

Cette espèce a été utilisée sous forme d'une décoction contre la fièvre et les problèmes menstruels et nerveux (ABAD *et al*, 2012).

D'autres parts, l'absinthe est utilisée depuis l'antiquité pour le traitement des troubles digestifs. Les parties actives de la plante sont toutes très amères. On les emploie en traitement interne soit pures, soit en mélanges, pour stimuler l'appétit, la sécrétion du suc digestif et de la bile, contre les coliques intestinales ainsi que contre les parasites intestinaux (ISERIN, 2001). Elle peut être utilisée notamment pour traiter l'hypertension artérielle, l'insuffisance cardiaque, certains œdèmes, l'hypertension portale ou l'hypokaliémie.

I.5.2. L'intérêt fourrager

L'armoise blanche est une plante peuplant les steppes argileuses, pâturages rocaillieux et terreux des plateaux (EL RHAFARI, 2008).

Artemisia herba alba, connue aussi sous l'absinthe du désert, est une plante essentiellement fourragère, très appréciée par le bétail comme pâturage d'hiver (MESSAI, 2011).

En effet la valeur énergétique de l'armoise blanche est de l'ordre de 0.45 UF/ Kg MS. Cette plante présente un équilibre harmonieux entre le calcium (0.5%) et le phosphore (0.07%). Elle est assez riche en cellulose (26,73%) (AYED et al., 2014).

Les valeurs énergétiques et azotées et la composition des huiles essentielles (camphre, thuyones, I ,8-cineol, chrysanthène, borneol) illustrent bien l'intérêt fourrager et les propriétés antiseptique, vermifuge et antispasmodique de *A. herba alba* des steppes algériennes, plante utilisée dans l'alimentation animale.

I.5.3. L'intérêt écologique

L'armoise blanche se développe dans les steppes argileuses et les sols tassés relativement peu perméables. Elle se trouve sur les dayas, les dépressions et les secteurs plus ou moins humides. Elle constitue un moyen de lutte contre l'érosion et la désertification (AYAD et al, 2014).

L'armoise résiste à la sécheresse, supporte le gypse et des niveaux de salinité modérément élevés.

Les groupements d'*Artemisia herba-alba* sont marqués par deux strates : une strate de ligneux bas (environ 40cm du sol) et une autre constituée d'herbacées annuelles (hauteur moyenne de 20cm) (NABLI, 1989).

I.6. Description botanique

L'Armoise blanche est une plante herbacée à tiges ligneuses (POTTIER, 1981), Elle présente un port buissonnant ramifié de 20 à 40 cm de haut. Les tiges tomenteuses sont dressées et ligneuses a la base, elles portent des feuilles argentées pubescentes pinnatipartites, sont petites, sessiles, caractérisées par une forte odeur aromatique (MOHAMED ET AL, 2013). Les fleurs sont groupée sen grappes, à capitules très petites (3/1,5mm) et ovoïdes. L'involucre est à bractées imbriquées, les externes orbiculaires et pubescentes. Le réceptacle floral tenu avec 2 à 5 fleurs jaunâtres par capitule toutes hermaphrodites (POTTIER,1981).elle se distingue par un odeur caractéristique d'huile de thymol et un gout amer d'où son caractère astringent. Ses caractéristiques morphologiques et physiologiques font d'elle une espèce bien adaptée aux conditions climatiques arides. Le dimorphisme saisonnier de son feuillage lui permet de réduire la surface transpirante et d'éviter ainsi les pertes d'eau (FERCHICHI *et al*,2004).

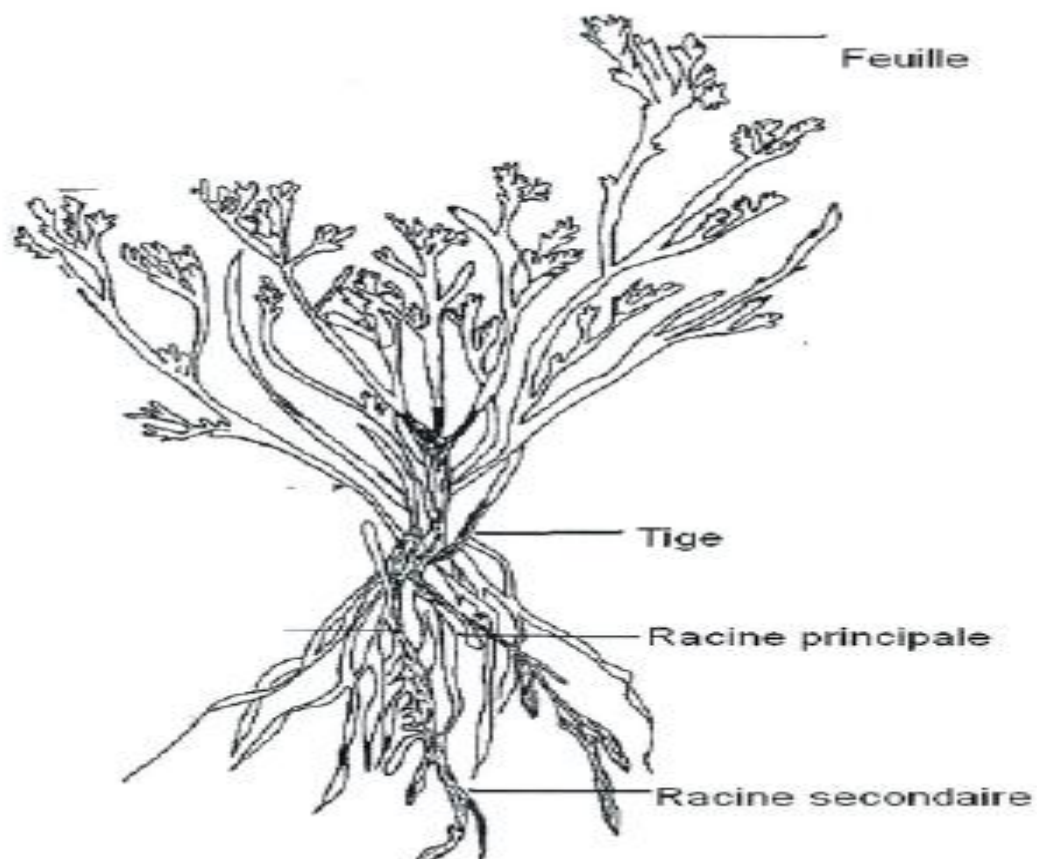


Figure 02 : Morphologie générale de plante d'*Artemisia herba alba* (ELOUKIL, 2013).

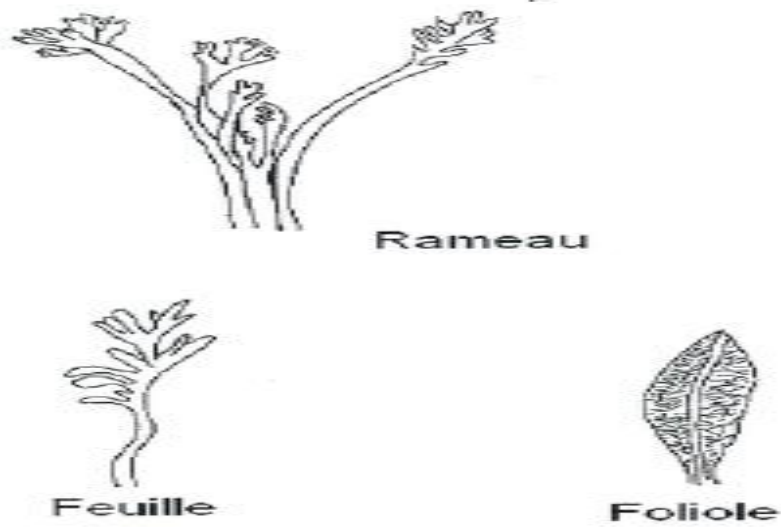


Figure 03 : Morphologie de la feuille d'*Artemisia herba alba* (ELOUKIL, 2013).

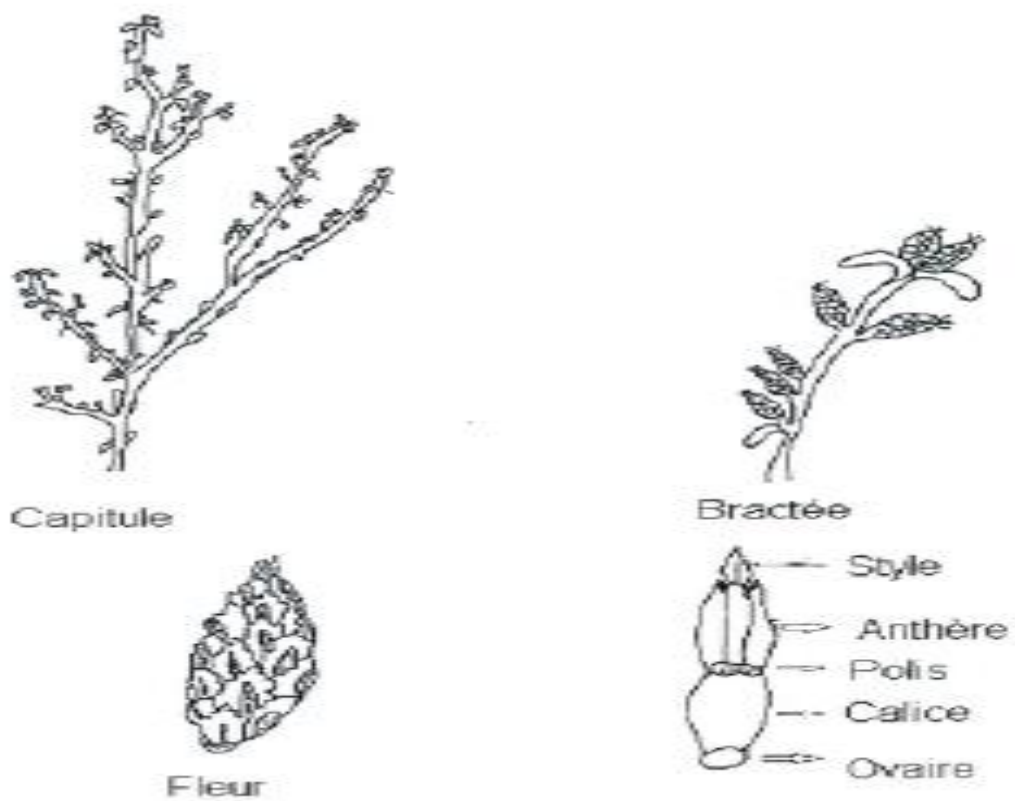


Figure 04: Morphologie de la fleur d'*Artemisia herba alba* (ELOUKIL, 2013).

Chapitre II :

Salinité et sols salés

Chapitre II : Salinité et sols salés

II.1. Définition de la salinité

La salinité est définie comme étant le processus pédologique suivant lequel, le sol s'enrichit anormalement en sels solubles acquérant ainsi le caractère salin. Ainsi, on appelle sols salés ceux qui sont caractérisés par la présence d'un excès de l'ion sodium échangeable dans le profil (SEHARI, 2011).

En particulier l'influence de l'ion sodium se traduit par la dégradation de la structure de l'un des horizons, ce qui provoque la formation d'une croûte à la surface du sol ; de nature poudreuse et le sol est alors colonisé par une végétation halophile (SEHARI, 2011).

.Selon LOZE et MATHIEU en 1990, un sol, une eau d'irrigation ou une solution nutritive sont salés lorsqu'ils contiennent des concentrations anormalement élevées en chlorures, sulfates, carbonates ou bicarbonates de sodium, calcium ou magnésium.

II.2. Origines et causes de la salinité des sols

L'origine de La salinité des sols se résume, d'une part, par la salinité primaire, d'origine naturelle, due à la proximité de la mer, ou à l'existence de dépôts salins géologiques ou parfois actuels, c'est la salinisation primaire et d'autre part par, la salinisation secondaire induite principalement par les actions anthropique et en particulier l'urigation avec des eaux salés.

II.2.1. Origine primaire :

Cette salinité provient de l'altération de la roche mère saline par les facteurs d'érosion. La dissolution, par les eaux de ruissellements des roches sédimentaires qui sont riches en chlorures, sulfates et carbonates contribuant ainsi à la salinisation des sols (DUCHAUFOR et al, 1979). C'est un phénomène naturel. 80% des terres salinisées ont une origine naturelle. On parle donc de salinisation "primaire" due aux sels se formant lors de l'altération des roches où à des apports naturels externes. La plupart des sols salins-sodiques se sont développés suite aux processus géologiques, hydrologiques et pédologiques naturels (SEHARI, 2011).

La présence naturelle de sels tels que NaCl, NaSO₄, CaCl₂ sur d'importantes surfaces du globe contribue de manière remarquable à la salinisation des sols arables et exerce un effet dépressif

sur la croissance des plantes, à partir d'un certain seuil, qui varie d'une espèce à l'autre (HAMZA, 1982).

II.2.2. Origine secondaire :

L'utilisation des grandes quantités d'eau d'irrigation cause une salinisation secondaire. Cette salinisation est due à une mauvaise conduite de l'irrigation. En effet, les eaux peuvent être chargées en sels qui s'accumulent dans le sol. Une fertilisation chimique excessive contribue aussi à une accumulation des sels dans la rhizosphère et selon la durée, une accumulation de sels dans les sols indemnes et agricoles.

La présence de fortes doses de sels dans le sol surtout avec un mauvais drainage constitue un immense danger pour l'agriculture car elle conduit généralement à une dégradation des sols, une baisse de leur fertilité et elle occasionne une toxicité aux végétaux ce qui réduit le nombre d'espèces dont la culture est possible sur ces terres (SEHARI, 2011).

II.3. Répartition de la salinité :

Les superficies perdues chaque année pour l'agriculture par suite d'un phénomène de salinisation secondaire, varient selon les auteurs entre 10 et 20 millions d'hectares par an (CHEVERRY, 1995), mais c'est surtout la très forte extension des superficies irriguées ; accompagnée fréquemment d'une mauvaise gestion de l'eau qui est à l'origine de l'extension et de diversification des milieux salés. Sur les 280 millions d'hectares désormais irrigués dans le monde :

- 75,6 millions d'hectares soit 27% sont affectées par la salinité
- 140 millions d'hectares soit 50% sont menacées à long terme par la salinité (LARSAM, 1995).

Tableau 01 : sols affectés par la salinité dans les continents et subcontinents (LASRAM, 1995).

Continents	Surface (millions /ha)
Amérique du nord	15,7
Mexique et Amérique centrale	2
Amérique du sud	129,2
Afrique	80,5
Asie du sud	876

Asie de nord et Asie centrale	211,7
Asie du sud_Est	20
Australie	357,5
Europe	50,8
Total	9

II.4. Les principaux sels responsables de la salinité :

Les sels proviennent de la combinaison des bases (cations) et des acides (anions), parmi ces sels, ce sont surtout NaCl, Na₂ SO₄, Na HCO₃, Ca SO₄, Ca Cl₂, Mg SO₄, Mg Cl₂ que l'on rencontre dans les sols salifères.

Tous les ions peuvent participer à la salinisation ; en pratique certains sont susceptibles de s'accumuler et d'être à l'origine d'une salinité excessive des terres. En effet ce sont le sodium (Na⁺), le calcium (Ca⁺⁺), le magnésium (Mg⁺⁺), ainsi que le chlorure (Cl⁻), sulfate (SO⁻⁴), carbonate (CO⁻³), et les bicarbonates (HCO⁻³) (BENKHETOU, 2003).

II.5. Genèse des sols sodique ou halomorphes

La genèse des sols halomorphes est conditionnée par la présence de sel, l'ion sodium exerce une influence sur leur évaluation qu'il se trouve à l'état de chlorure dans les solutions, ou bien à l'état d'ion sodium absorbé par le complexe adsorbant (DUCHAUFUR, 1968).

II.6. Processus de salinité :

On peut distinguer deux grands groupes de sols affectés par l'excès de sels, les sols salins et les sols sodiques. Les premiers ont un excès de sels solubles de toutes sortes, excès suffisant pour affecter la production végétale sans affecter les propriétés physiques, les seconds ont un niveau de saturation du complexe adsorbant par du Na suffisant pour affecter la structure du sol et la production végétale (CHURCHMAN et al. 1993).

Selon PHILIPPE (2001), trois processus sont responsables de la salinité des sols :

- **La salinisation** : elle se produit lorsque la minéralisation de la solution du sol dépasse un certain seuil sous l'influence d'un mécanisme physique (évaporation, drainage interne insuffisant, altération de minéraux et accumulation).

- **La sodisation** : ce processus se produit lorsque le complexe organo-minéral d'échange est progressivement saturé par l'ion Na^+ .
 - **L'alcalisation** : c'est la libération de l'ion Na^+ dans la solution du sol, ce qu'élève le PH et disperse les feuillets d'argile. ce processus intervient lorsqu'un sol à complexe saturé en Na^+ se transforme physiquement suite aux réactions d'échange entre l'ion sodium et les protons au moment d'une humectation (MICHEL ,2005).
- ❖ **Mise en valeur des sols salés :**

Une bonne utilisation agricole des sols salés nécessite :

- L'élimination des excès en sels (lixiviation) et la suppression de la source de sodium (drainage de la nappe salée).ces pratiquer seront d'autant plus aisées que le sol est abondante et de bonne qualité.
- L'utilisation des plantes résistantes à la salinité.
- La reconstitution de la fertilité par des amendements qui enrichissent les argiles en calcium échangeable.
- Des pratiques culturales particulières, ratissage des sels en surface (GIRAD et al, 2005).

II.7.Action de la salinité sur les propriétés physiques des sols

II.7.1.Action sur la stabilité structurale

Selon MICHEL (2005), des mécanismes physiques tels que fracturation, l'éclatement et la dispersion réorganisent l'assemblage des constituants conduisant au remaniement du sol.

En effet, la saturation de la fraction argileuse en sodium provoque la dispersion des fines particules et la modification de la structure du sol (GASSEMI, 1995).

II.7.2.Effet sur la perméabilité du sol

La réduction de la perméabilité est une conséquence directe de la dispersion des colloïdes par le Na^+ (KOURDALI, 1987). La perméabilité dépend de la texture et elle devient difficile des que le sol est salé car elle est lente et se fait par diffusion (AUBERT, 1980). La perméabilité dépend aussi des cations échangeables et de la concentration saline de la solution du sol, plus le S.A.R est élevé, plus il est nécessaire d'augmenter la concentration saline de la solution

pour garder la même valeur. Le sodium par son pouvoir gonflant et dispersant de l'argile réduit la macroporosité ce qui affecte la perméabilité (MARIH, 1991). Après la dispersion du système colloïdal et de la structure du sol, il en résulte une réduction de la perméabilité (ABABOU, 2003).

II.7.3. Action sur la rétention en eau

Selon HALITIM en 1973, l'absorption d'eau par les racines est conditionnée par le potentiel Osmotique. En effet, quand il est élevé il entrave l'assimilation d'eau par les racines. L'augmentation de la pression osmotique dans un sol salé est liée à la concentration de la solution du sol. D'après (DJAMEL, 1993), la capacité de rétention d'eau régresse selon les cations dans l'ordre suivant; $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{++} > \text{Ca}^{++} > \text{K}^+$. La concentration de la solution dans un sol salé entraîne une augmentation de la pression osmotique, la disponibilité en eau devient impossible.

II.7.4. Action de la salinité sur les propriétés chimiques

La disponibilité de l'eau diminue dans le sol, si la concentration de la solution de sol est importante, et l'élévation de pH observé dans ces sols provoque des carences de certains éléments (CHAMAYOU et LEGROS, 1989).

II.7.5. Action de la salinité sur les propriétés biologiques de sol

L'activité minéralisatrice du carbone varie en sens inverse de la conductivité électrique (MAKAOUI et JAQUIN, 1984). L'activité biologique est bloquée par la formation d'une couche imperméable causée par les sels (HALFAOUI et JAQUIN, 1988). L'excès de sel provoque une diminution du nombre de micro-organismes et leurs activités ce qui rend la minéralisation inhibée (ALBOUCHIR, 2001). La salinité a un rôle défavorable sur l'ammonification et la nitrification (DOMMERGUES et MANGENOT, 1970).

Chapitre III : salinité et la plante

Chapitre III : Salinité et la plante**III.1.Définition du stress**

Le stress est fondamentalement un concept de mécanique, définie comme étant une force exercée par unité de surface d'un objet ; autrement dit une force ou une influence hostile qui tend à empêcher un système normal de fonctionner .Cette définition est subjective et vrai en fonction des espèces et même des écotypes (HOPKIN ,2003).

Selon DUTUIT et al (1994), le stress est le dysfonctionnement (rupture d'un équilibre fonctionnel) produit dans un organisme ou dans un système vivant, par exemple par une carence.

III.2.Les stress de point de vue agronomique :

Quand un organisme végétal subit un choc environnemental, il réagit en consommant des quantités importantes d'énergie cela se fait au détriment de ses processus physiologiques vitaux : croissance, photosynthèse, production de semence ...le stress peut engendrer des pertes de rendement agricole allant jusqu'à 80% dans certaines régions ; qu'il soit modéré sur une longue période de temps , ou extrême sur une période ponctuelle(LANGEVIN ET LEVESQUE ,2005) .

La résistance à un stress signifie que la plante combat ce stress, ou réprime la multiplication et la propagation de l'agent qui induit le stress (COMEAU et HABER ,2004). Cela implique une déviation des produits de la photosynthèse vers des fins spécifique, ce que représente donc un cout énergétique (GEIGES ET SERVAITES ,1991) .

Le compromis visé par un agronome est d'avoir une plante chez laquelle les couts de résistance et tolérance sont moindres que ceux des pertes évitées. Aussi de point de vue agronomique la tolérance au stress va se mesurer par l'impact de celui-ci sur le rendement (graines, parties végétatives dépendamment des cultures) et /ou la qualité des produits

III.3.Définition d'un stress salin :

En Algérie comme partout dans le monde, la salinité affecte des surfaces considérables son importance est réduite au Sahara mais plus déterminante dans les hauts plateaux steppiques (AUBERT ,1975).

Le phénomène de salinisation des sols est un facteur de désertification, il provoque une dégradation des propriétés biologiques, chimiques et physiques des sols (QUADIR et SHUBERT ,2002).

Cette dégradation des propriétés des sols a pour conséquence la diminution de leur fertilité, qui entraîne une réduction des rendements des cultures et l'abandon des terres, et parfois la disparition du couvert végétal naturel remplacé par d'immenses étendues des zones salées (BOIVIN et JOB ,1988).

III.4. Les types de stress

On peut citer les différentes formes

a -Biotique

Imposé par d'autres organismes (insectes, herbivores...), ils sont nombreux et ont pour origine les virus, les organismes phytophages et les pathogènes. Afin d'y faire face, la plante met en place un système de défense qui fait intervenir une chaîne de réactions. Les protéines végétales défensives produites font office de rempart contre les agents nuisibles (SHILPI et NARENDRA, 2005).

b-Abiotique

Provoqué par un défaut ou excès de l'environnement physico-chimique comme la sécheresse, les températures extrêmes, la salinité. Parmi les conditions environnementales qui peuvent causer un stress abiotique, on distingue : les inondations, la sécheresse, les basses ou hautes températures, la salinité excessive des sols ou des eaux, la présence d'un minéral inadéquat dans le sol, cas des métaux lourds, l'excès de lumière qui stimule la photo inhibition, le cas de faible éclaircissement, les radiations UV, les composés phytotoxiques comme l'ozone qui est un haut réacteur oxydant, la pollution de l'air, les produits oxydés formés à partir des réactions de pesticides . La sécheresse, le froid et la salinité sont les stress les plus fréquents et les plus étudiés. Ils peuvent imposer aux plantes des modifications métaboliques, physiologiques et phénologiques. Le stress peut déclencher plusieurs réponses à plusieurs niveaux de la plante (SHILPI et NARENDRA., 2005).

❖ Stress salin

Le stress salin est un excès d'ions en particulier mais pas exclusivement aux ions Na^+ et Cl^- (HOPKINS., 2003). Le stress salin est dû à la présence de quantités importantes de sels potentiels hydriques. Il réduit fortement la disponibilité de l'eau pour les plantes, on parle alors de milieu "physiologiquement sec" (TREMBLIN., 2000). La quantité de sels dans le sol que les plantes peuvent supporter, sans grand dommage pour leur culture, varie avec les

familles, les genres et les espèces, mais aussi les variétés considérées (LEVIGNERON et al.,1995). Ces mêmes auteurs précisent que, les conséquences d'un stress salin peuvent résulter de trois types d'effets que le sel provoque chez les plantes :

- **Stress hydrique** : une forte concentration saline dans le sol est tout d'abord perçue par la plante comme une forte diminution de la disponibilité en eau. Cela nécessite un ajustement osmotique adapté, afin que le potentiel hydrique cellulaire demeure inférieur à celui du milieu extracellulaire et à celui du sol. Ce phénomène assure d'une part, la poursuite de l'absorption de l'eau du sol, et d'autre part, la rétention de l'eau intracellulaire et le maintien de la turgescence. Lorsque l'ajustement osmotique n'est pas suffisant, l'eau a tendance à quitter les cellules, ce qui provoque un déficit hydrique et la perte de la turgescence.
- **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.
- **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.

III.5. Effet de la salinité sur les plantes

III.5.1. Effets de la salinité sur la physiologie des plantes

III.5.1.1. Effet sur la germination

La plupart des plantes sont plus sensibles à la salinité durant leurs phases 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 (BOUCHOUKH, 2010). Bien que les halophytes possèdent une teneur très élevée en sel dans leurs tissus au stade adulte, leurs graines ne sont pas aussi tolérantes au sel au stade germination (BELKHODJA et BIDAI, 2004).

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

III.5.1.2. effet sur la croissance et le développement

La salinité est une contrainte majeure qui affecte la croissance et le développement des plantes (BOUAOUINA et *al*, 2000). La salinité affecterait de plusieurs manières la croissance de la plante :

- ✓ La concentration élevée de NaCl diminue également l'absorption de Ca^{+2} , l'augmentation de la concentration en Na^{+} s'accompagne d'une réduction de la concentration en Mg^{+2} , K^{+} , N, P et Ca^{+2} dans la plante (LEVITT, 1980). Ce déséquilibre nutritionnel est une cause possible des réductions de croissance en présence de sel lorsque des ions essentiels comme K^{+} , Ca^{+2} ou NO_3^{-} deviennent limitant (SOLTANI, 1988 in HAOUALA et *al*, 2007).
- ✓ Les effets osmotiques du stress salin peuvent également limiter la croissance des racines, ce qui limite les possibilités d'absorption des éléments nutritifs du sol (JABNOUNE, 2008).

III.5.1.3. L'effet de la salinité sur l'eau dans la plante :

Le potentiel hydrique et le potentiel osmotique des plantes deviennent de plus en plus négatifs avec l'augmentation de la salinité ainsi que la pression de la turgescence (ROMEROARANDA et *al*, 2001 in PARIDA et DAS, 2005).

Dans les conditions de concentrations élevées de salinité accrue, le potentiel hydrique de la feuille et la vitesse d'évaporation diminuent significativement chez l'halophyte *S. salsa* alors qu'il n'y a pas de changement dans le contenu relatif en eau (Lu et *al*, 2002 in PARIDA et DAS, 2005).

III.5.1.4. L'effet de la salinité sur la photosynthèse

Le développement des plantes est le résultat de l'intégration et la régulation des processus physiologiques dont le plus dominant est la photosynthèse. La croissance du végétale autant que la production de biomasse est une mesure de la photosynthèse nette et comme les stress environnementaux affectent la croissance donc affectent la photosynthèse.

Le stress salin cause des effets à long et à court terme sur la photosynthèse.

Les effets à court terme se manifestent après quelques heures jusqu'à un à deux jours de l'exposition au stress, et la réponse est importante ; il y a complètement arrêt de l'assimilation du carbone. L'effet à long terme s'exprime après plusieurs jours de l'exposition au sel et la diminution de l'assimilation du carbone est due à l'accumulation du sel dans les feuilles en développement (MUNNS et TERMATT, 1986 in PARIDA et DAS, 2005), aussi on a rapporté qu'il y a suppression de la photosynthèse sous les conditions d'un stress salin (KAO

et *al*, 2001 in PARIDA et DAS, 2005) et qu'elle ne diminue pas mais plutôt stimulée par de petites concentrations de sel (KURBAN et *al.*, 1999 in PARIDA et DAS, 2005). La diminution de la vitesse photosynthétique est due à plusieurs facteurs : (1) la déshydratation des membranes cellulaires ce qui réduit leur perméabilité au CO₂, (2) la toxicité du sel, (3) la réduction de l'approvisionnement en CO₂ à cause de la fermeture hydroactive des stomates, (4) la sénescence accrue induite par la salinité et (5) le changement dans l'activité des enzymes causé par le changement dans la structure cytoplasmique. (IYENGAR ET REDDY, 1996 in PARIDA et DAS, 2005).

III.5.1.5.L'Effet osmotique

Plus la salinité augmente et plus la pression osmotique de la solution du sol sera élevée. Sur les plantes, la salinité a deux actions bien distinctes qui peuvent se produire simultanément:

- La sécheresse physiologique qui inhibe l'absorption de l'eau et de sels par les plantes et qui entraîne un retard ou un arrêt de croissance (HOPKINS, 2003).
- L'intoxication par la concentration de certains ions provoquant la mort des cellules, la modification des chloroplastes et des mitochondries des feuilles.

Les effets toxiques peuvent se produire sur la membrane plasmique ou dans le protoplaste après avoir traversé celle-ci, notamment le Cl⁻ et Na⁺ (ALEM et AMRI, 2005).

III.5.1.6.L'effet de la salinité sur le taux des ions

L'entrée du sel dans la plante provoque généralement un déséquilibre ionique, qui se traduit suivant les espèces par des carences ou excès en certains éléments. Selon la composition ionique de la solution saline, la toxicité ionique ou les déficiences nutritionnelles peuvent survenir à cause de la prédominance d'un ion spécifique ou à cause des effet compétitifs entre cation et anions (BERNESTEIN ,1974).

Le sodium entre en compétition avec potassium et le calcium ; le chlore et le sulfates entrent en compétition avec les nitrates et le phosphates (JIN et al, 2007).

En milieu salin, les fortes concentrations en Na⁺ entraînent une forte compétition pour les sites électronégatifs avec l'ion K⁺ les ion Na⁺ perturbent l'absorption des cations (K⁺ ,Ca²⁺) alors que l'accumulation excessive du chlore diminue l'absorption des anions indispensables à la croissance et au développement des végétaux en particulier les nitrates ,les nitrites , les sulfates (BALLESTEROS et al ,1997).

III.5.2.Effet de la salinité sur la morphologie des plantes :

La salinité affecte toute la plante mais elle freine davantage la croissance des parties aériennes que celle des racines.

• Effet de la salinité sur les racines :

Selon LEVIGNERON et *al*, (1995), les racines sont les premières à réagir. Selon BRUN en 1980, l'excès de sel dans l'environnement racinaire donne naissance à des plantes naines. La masse racinaire est moins affectée par la salinité que les limbes, les tiges et les pétioles.

Le volume occupé par les racines d'une plante dans le sol à une grande importance pour l'absorption de l'eau. Les racines du blé s'enfoncent à 50 cm dans un sable, mais atteignent 1m dans un limon. Dans un forêt tempéré l'espace racinaire effectif des arbres ne dépasse pas 1m pour l'absorption de l'eau. En général, les racines superficielles peuvent vaincre des tensions de succion supérieures et se procure de l'eau même dans un sol sec. Pour MORANT AVICE (1998), les racines de tomates ne sont pas affectées par 100 mM de Na Cl, alors que la croissance de la tige décroît de 50%. En stress salin, les racines *Retama retam* traitées à des doses 50 à 300 meq/l de Na Cl ne sont que légèrement affectées par rapport aux tiges avec une petite variation en longueur. L'impact de la salinité ne se manifeste qu'à partir de 6g/l (ELMEKKAOUI, 1987).

• Effet de la salinité sur les tiges :

La longueur des tiges est réduite par l'excès de sel dans le sol. Pour le Tournesol, la réduction de la hauteur de la tige est de 30 cm.

Si la concentration des sels dans le sol est importante, la partie aérienne est réduite.

(BRIENS, 1979 in BELOUAZANI, 1994)

• Effet de la salinité sur les feuilles :

Des concentrations élevées de sel tels que le Ca^{++} , Mg^{++} et les bicarbonates provoquent des nécroses sur les feuilles, des décolorations et la réduction de la chlorophylle. Les racines sont moins affectées par la salinité que la partie aérienne. En effet, un jaunissement apparaît sur les jeunes feuilles. Il peut se former des décolorations ou des brûlures dues à la toxicité des sels à fortes doses (CHERFAOUI, 1997 in ZIANI, 2001). Les chercheurs ont constatés que la surface foliaire est réduite sous stress salin (BENACEUR et al, 2001).

Chapitre IV:

Mécanismes des réponses au stress sain

Chapitre IV : Mécanismes des réponses au stress salin

IV.1. Stratégies de réponses au stress

Les plantes peuvent répondre aux stress de diverses façons. Les plantes peuvent éviter les effets de stress en accomplissant leur croissance durant les périodes de moindre stress ou bien elles ne peuvent pas le supporter auquel cas elles peuvent subir des lésions. Ou bien, des modifications spécifiques de leur métabolisme leur permettent d'éviter ou de tolérer les effets de stress.

Il existe ainsi différentes stratégies de réponses au stress.

IV.1.1.Stratégie d'échappements et d'évitement

Certaines plantes échappent totalement au stress comme des plantes de désert qui sont éphémères autrement dit dont la durée de vie est courte. Les éphémérophytes, germent, croissent et fleurissent immédiatement après les pluies saisonnières. Elles accomplissent donc leur cycle de développement durant une période humide favorable et produisent des graines dormantes avant l'arrivée de la saison sèche. De la même façon de nombreuses espèces annuelles arctiques accomplissent leur cycle de développement pendant le court été arctique et survivent à l'hiver sous forme de graines. Comme les plantes éphémères ne sont jamais confrontées réellement à la sécheresse ou froid, on dit qu'elles échappent au stress. Et que la totalité de cycle biologique est réalisée en dehors de la présence physique des tresseurs. De nombreuses plantes possèdent la capacité de résister aux stress par des mécanismes d'évitement. Les mécanismes d'évitement réduisent l'impact d'un stress bien qu'il soit présent dans l'environnement. Des plantes adultes de luzerne (*Medicago sativa*) survivent à la sécheresse en développant en profondeur un système racinaire qui pénètre dans la nappe phréatique (MOULAI, 2009).

IV.1.2. Stratégie d'adaptation et d'acclimatation

Les deux stratégies s'appliquent à une façon de tolérer un stress particulier.

L'adaptation se rapporte à des modifications de structure ou de fonction héritables, qui augment l'adéquation de l'organisme dans un environnement stressant. Les modifications morphologiques et physiologiques associées aux métabolismes acides des plantes crassulacée sont des exemples d'adaptation. L'acclimatation, par ailleurs se rapporte à des modifications physiologiques non héritables, qui interviennent au cours de la vie d'un individu. Ces modifications se reproduisent lors d'une exposition graduée à un stress, comme des températures froides ou un dessèchement lent, elles permettent à l'individu de vivre et de se reproduire dans un environnement stressant. La capacité de s'acclimater est bien sûr un caractère génétique, mais les modifications produites en réponse au stress ne sont pas

transmises à la génération suivante. La capacité des plantes bisannuelles et des lignées de céréales à survivre à l'hiver est un exemple d'acclimatation aux basses températures (MOULAI, 2009).

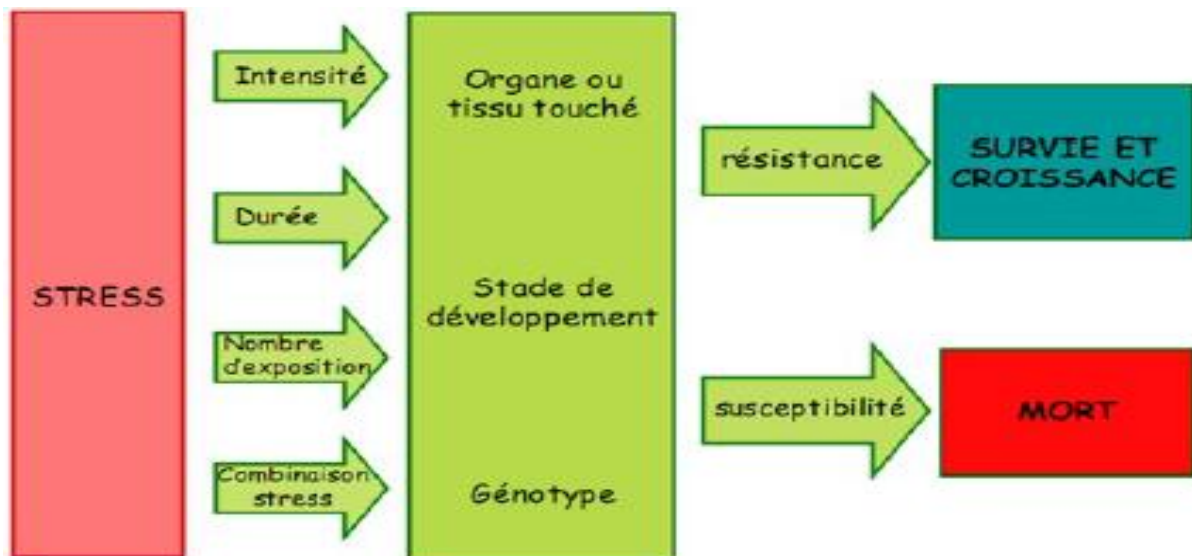


Figure 05 : caractéristique de la réponse aux stress (JAMES *et al.*, 2006)

IV.2. Comportement de la plante en milieu salin

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

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

IV.3. Les stratégies d'adaptation à la salinité

IV.3.1. Adaptation physiologique

La diminution du flux d'eau à travers la plante montre que l'action du sel présente les mêmes symptômes avec la sécheresse. La plante pour survivre à divers stress hydrique, salin ou thermique doit réaliser des réactions sous forme d'accumulation de composés organiques. Le végétal confronté à une contrainte qui est la salinité accumule des sucres et composés azotés ainsi que l'ajustement osmotique qui est une forme d'adaptation (GOAS, 1978 in AYADI *et al.*, 1979). L'ABA hormone qui est synthétisée dans ces situations de stress salin, cette dernière

contribue à la fermeture des stomates, stimule l'assimilation, l'absorption d'eau par les racines et la formation des racines latérales et des poils absorbants.

a. L'augmentation de la teneur des sucres solubles

Le taux des sucres augmente considérablement chez les plantes soumises aux différents types de stress, cela a été vérifié par CHUNGYANG (2001) chez des arbres adultes d'eucalyptus sous stress salin et par (NOIRAUD et al, 2000) chez le céleri sous stress salin. Les espèces résistantes au stress salin, ont un taux élevé de sucres solubles résultant d'un blocage de la glycolyse (HADJARIS, 1999). Les principaux sucres accumulés sont le glucose, fructose et le saccharose (HARE et al, 1998).

Ils jouent un rôle dans le maintien de la pression de turgescence qui est la base de différents processus contrôlant l'activité d'une plante.

b. L'accumulation de proline

De nombreuses études, sur les halophytes ont mis en évidence une accumulation d'acides aminés libres notamment la proline (HUBAC et al, 1969; STEWART, 1981). Cette accumulation a été observée chez la pomme de terre, le tabac et le blé (PEDRIZAT, 1974). Quelques aspects de la tolérance de la tomate à la salinité ont été étudiés; les jeunes feuilles bénéficient d'une protection accrue, celles-ci en contrepartie accumulent des sucres solubles et de la proline qui contribuent à leur ajustement osmotique. La proline a un rôle osmotique dans le cytoplasme (BATAMOUNY, 1993). La quantité de proline augmente suite à l'hydrolyse de protéines stockées sous l'effet du sel (LEVIT, 1972).

c. Dilution et accumulation des sels

La dilution des sels absorbés est souvent très liée chez les plantes résistantes à une forte rétention d'eau par les plantes et au développement de la succulence qui est elle-même liée à la présence de NaCl dans le milieu (LEVIT, 1972). Il y a des halophytes qui accumulent une quantité considérables dans tiges et feuilles sans causer de fortes concentrations ce qui s'explique par le développement de cellules volumiques engorgées d'eau qui ont un rôle dans la dilution des sels (BINET, 1982).

IV.3.2 Adaptations morphologique

Selon HAMZA (1982), les plantes manifestent des adaptations diverses en présence d'un excès de sel, un allongement faible des organes, un raccourcissement des entrenœuds et une réduction de la surface foliaire. Les différentes parties de la plante ne réagissent pas de la même façon en milieu salin. Les racines commencent à diminuer (LEVIGNERON et al, 1995), chez le coton la floraison marque une avance de 4 à 10 jours (BOUZIDI et al, 1980).

IV.4. Mécanismes de tolérance au stress salin

Les mécanismes de tolérance à la salinité se répartissent en différentes catégories :

IV.4.1. Tolérance au stress osmotique.

Le stress osmotique réduit immédiatement l'expansion des cellules dans les racines et les jeunes feuilles et provoque la fermeture des stomates. Une diminution de la réponse au stress osmotique entraînerait une croissance plus grande de la feuille et de la conductance stomatique, mais l'augmentation de la surface foliaire qui en résulte serait bénéfique pour les plantes qui ont suffisamment d'eau disponible. Une plus grande expansion de la surface foliaire serait productive quand un approvisionnement en eau est assuré, mais pourrait être indésirable dans les systèmes où l'eau est limitée (MUNNS et TESTER, 2008).

La diminution du taux de croissance des feuilles, après une augmentation de la salinité des sols est principalement due à l'effet osmotique du sel autour des racines. Une augmentation soudaine de la salinité des sols provoque la perte d'eau des cellules foliaires, mais cette perte de volume cellulaire et la turgescence est transitoire. En quelques heures, les cellules retrouvent leur volume initial et grâce à la turgescence d'ajustement osmotique, mais malgré cela, le taux d'élongation cellulaire est réduit (RIVERO et al, 2014).

Les plantes modifient la composition de leur « sève », elles peuvent accumuler le Na⁺ et le Cl⁻ pour ajuster la pression osmotique et la turgescence des tissus nécessaires pour maintenir la croissance (ALMEIDA et al, 2014). Cette accumulation doit être compatible avec une tolérance métabolique de la concentration ou avec une compartimentation entre les divers composants de la cellule ou de la plante. Elle nécessite relativement peu de dépense d'énergie. En revanche, si cette accumulation n'a pas lieu, la plante devra synthétiser des solutés organiques pour ajuster sa pression osmotique. Il faudra une importante biomasse pour assurer la dépense énergétique nécessaire à une telle synthèse (ALMEIDA et al, 2014).

La réduction de développement des feuilles est due au sel du milieu extérieur de la racine, cependant, cette réduction est largement due à l'effet osmotique du sel (DAVENPORT et al, 2005). L'ajustement osmotique apparaît aujourd'hui comme un mécanisme majeur d'adaptation à la salinité (SILVEIRA et al, 2009). L'intérêt croissant qui lui est porté est lié aux différents facteurs : l'ajustement osmotique permet le maintien de nombreuses fonctions physiologiques (photosynthèse, transpiration, croissance...), il peut intervenir à tous les stades du développement et son caractère inductible suggère qu'il n'a pas (ou peu) d'incidence sur le rendement potentiel (MUNNS et al, 2006).

IV.4.2.L'excrétion

Elle se fait par les glandes et les poils vésiculeux ; elle est propre aux halophytes (KHAN et GUL, 2006) et permet le maintien d'une concentration constante de sel dans les cellules foliaires grâce à un mécanisme actif de transport contre un gradient de concentration. L'évitement permet le maintien d'un potentiel hydrique élevé dans la plante.

Ceci peut être obtenu par une réduction de la transpiration qui est souvent associée à une réduction de la productivité (YOSHIDA et al, 2015). La limitation de la transpiration est en effet en grande partie obtenue par une fermeture des stomates qui limite l'assimilation du gaz carbonique et la photosynthèse (KAYMAKANOVA et STOEVA, 2008). D'autres mécanismes, moins «contre-productifs», peuvent toutefois également entrer en jeu : le maintien d'une teneur élevée en gaz carbonique dans la chambre sous-stomatique ou recyclage du gaz carbonique issu de la respiration (FLEXAS et al, 2007). La fermeture des stomates est sensible à des messages émis par les racines et transmis aux feuilles via le xylème, messages «informant» ces dernières de la réduction des disponibilités en eau au niveau du sol (CHAVES et al, 2009).

La transpiration peut enfin être affectée par le phénomène d'enroulement foliaire, lui-même induit par la perte de turgescence (HSIAO et al, 1984) l'enroulement foliaire, fréquent chez de nombreuses plantes cultivées (blé, sorgho..) peut donc être considéré comme un indicateur de perte de turgescence en même temps qu'un caractère d'évitement de la déshydratation.

IV.4.3. Les cellules de signalisation du stress

Une réponse efficace à l'environnement est particulièrement importante pour les plantes, comme des organismes sessiles. Cela signifie une capacité des cellules environnantes rapidement le sens des signaux.

Des signaux systémiques générés par les tissus exposés à la loi des stress abiotiques et biotiques dans la coordination et l'exécution des réponses au stress des plantes en termes d'ajustements métaboliques et développementaux. Sous l'effet de la salinité et de la sécheresse, ces réponses sont déclenchées par des signaux primaires du stress osmotique ou par les métabolites secondaires du signal que, généralement, augmentent ou diminuent dans un mode transitoire. Ces derniers comprennent des hormones (par exemple, l'ABA, l'éthylène et la cytokinine), ROS et des seconds messagers intracellulaires (par exemple des phospholipides, des sucres, etc.) (HANANA et al, 2011).

La sécheresse et la salinité déclenchent la production de l'ABA dans les racines qui est transporté vers les pousses entraînant la fermeture des stomates et éventuellement restreindre la croissance cellulaire.

L'ABA est une hormone végétale, sesquiterpène (C15) lipophile, qui joue un rôle important dans plusieurs aspects de la croissance et du développement des plantes, en commençant par la germination jusqu'à la fructification, mais également, elle intervient dans l'adaptation aux stress abiotiques (PARDO, 2010). Elle est également impliquée dans la signalisation à longue distance du stress des racines aux feuilles (ROCK et al, 2010). Au niveau des différentes membranes de la cellule, il existe des récepteurs du stress tels que les canaux à eau (aquaporines) et ioniques qui sont osmo- et mécano-sensibles (ROCK et al, 2010).

Ces derniers interagiraient avec des protéines pseudo-réceptrices couplées elles-mêmes à d'autres protéines intracellulaires et dont l'investigation du mode d'action sur le métabolisme de l'ABA est en cours et fait l'objet de controverses entre les chercheurs (PANDEY et al, 2009 ; PARK et al, 2009). Ainsi, malgré la multitude et l'abondance des données physiologiques, biochimiques et moléculaires impliquant cette hormone dans les programmes de développement cellulaire ainsi que dans les réponses aux différents types de stress, les différentes voies qui les relient entre elles demeurent encore un vaste domaine à élucider (ROCK et al, 2010).

La réduction de la turgescence des cellules suite au stress osmotique conduit à une synthèse et accumulation d'ABA qui va activé les mécanismes de réponse et d'adaptation au stress (XIONG et ZHU, 2002). Cette accumulation est variable selon les tissus (CHINNUSAMY et ZHU 2003). La nature des réponses cellulaires à l'ABA dépend du type de cellule, et cela n'exclut pas l'existence de différentes voies de signalisation par l'ABA au niveau d'un même type de cellules (Rock, 2000).

L'ABA ajuste le statut hydrique de la cellule à travers la régulation de la fermeture des stomates et l'expression de gènes associés au transport d'ions et à la biosynthèse d'osmolytes et de protéines LEA (SHINOZAKI et YAMAGUCHI SHINOZAKI, 2007). Chez la vigne, des études récentes ont montré que l'ABA jouait un rôle capital dans l'induction de l'expression de gènes de réponse aux stress salin et hydrique (CRAMER et al, 2007). La transduction du signal ABA en vue de la fermeture des stomates (WILKINSON et DAVIES, 2002) ou de l'induction de l'expression de gènes de réponse au stress est réalisée via le calcium (SCHROEDER et al, 2001).

SHI et ZHU (2002) ont démontré que l'ABA induisait une augmentation de la transcription du gène AtNHX1 via une protéine phosphatase ABI1. QIN et ZEEVAART (2002) ont suggéré que l'ABA exerçait sur sa propre accumulation un rétrocontrôle négatif, mécanisme qui, dans le cas d'un excès d'ABA, provoque les réactions de catabolisme et de dégradation de l'ABA afin de réduire sa concentration. L'expression des gènes de réponse à la salinité peut être aussi induite par l'application exogène d'ABA (Cramer et al, 2007).

Partie II:

Partie d'expérimentation

Chapitre V : matériels et méthodes

Chapitre V : Matériel et méthodes

V.1. Le matériel végétal :

Dans ce travail nous avons utilisés comme matériel végétal des jeunes plants (herbacés) d'armoise blanche récoltées dans 3 provenances différentes, dans le but est d'étudier la variabilité intra spécifique chez l'*Artemisia herba alba* Asso

V.2. L'essai de variabilité intra spécifique :

a- Provenance :

Les plants feuillés d'armoise blanche sont de 3 provenances : MAAZA wilaya de BORJ BOU ARRERIDJ, KHERMAM (BOUSAADA), ZERARKA (M'SILA), les données géographiques des sites échantillonnés sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 02: Les données géographiques des sites échantillonnés (TOUIRAT et BEN TORCHA ,2016).

Région	Localisation géographique
ZERARKA	Altitude : 513m N : 35° 24' 00,0'' E : 002° 55' 46.3''
KHERMEM	Altitude : 537m N : 35° 39' 19.8'' E : 004°06' 52.8''
MAAZA	Altitude : 645m N : 35° 39' 19.8'' E : 004° 06'

b- Récolte des plants feuillés et transplantation :

Les plants testés ont été récoltés durant le mois de Février, transplantés sur place dans des pots contenant le substrat d'origine de chaque site, les caractéristiques de chaque substrat sont mentionnées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 03 : Caractéristiques granulométrique et chimiques des substrats de chaque site

	ZRARKA	MAAZA	KHARMEM
CE ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	441	643	273
pH eau	7.9	7.8	7.6
Na ⁺ mg/l (ppm)	17	24	4
K ⁺ mg/l (ppm)	28	14	38
Ca ⁺² mg/l (ppm)	8	8	5
Argile(%)	21.57	43.77	12.70
Limon fin(%)	12.94	10.29	3.17
Sable fin(%)	37.01	12.86	40.35
Sable grossier(%)	11.21	29.54	40.41
Limon grossier(%)	17.27	3.54	3.37

c- Acclimatation :

Après transplantations, les plants ainsi obtenus sont placés dans la chambre de culture, irrigués avec de l'eau distillée à raison de 60 ml/ irrigation et de 3 irrigations par semaine, jusqu'à la période d'acclimatation dont les signes sont l'apparition de nouvelles feuilles.

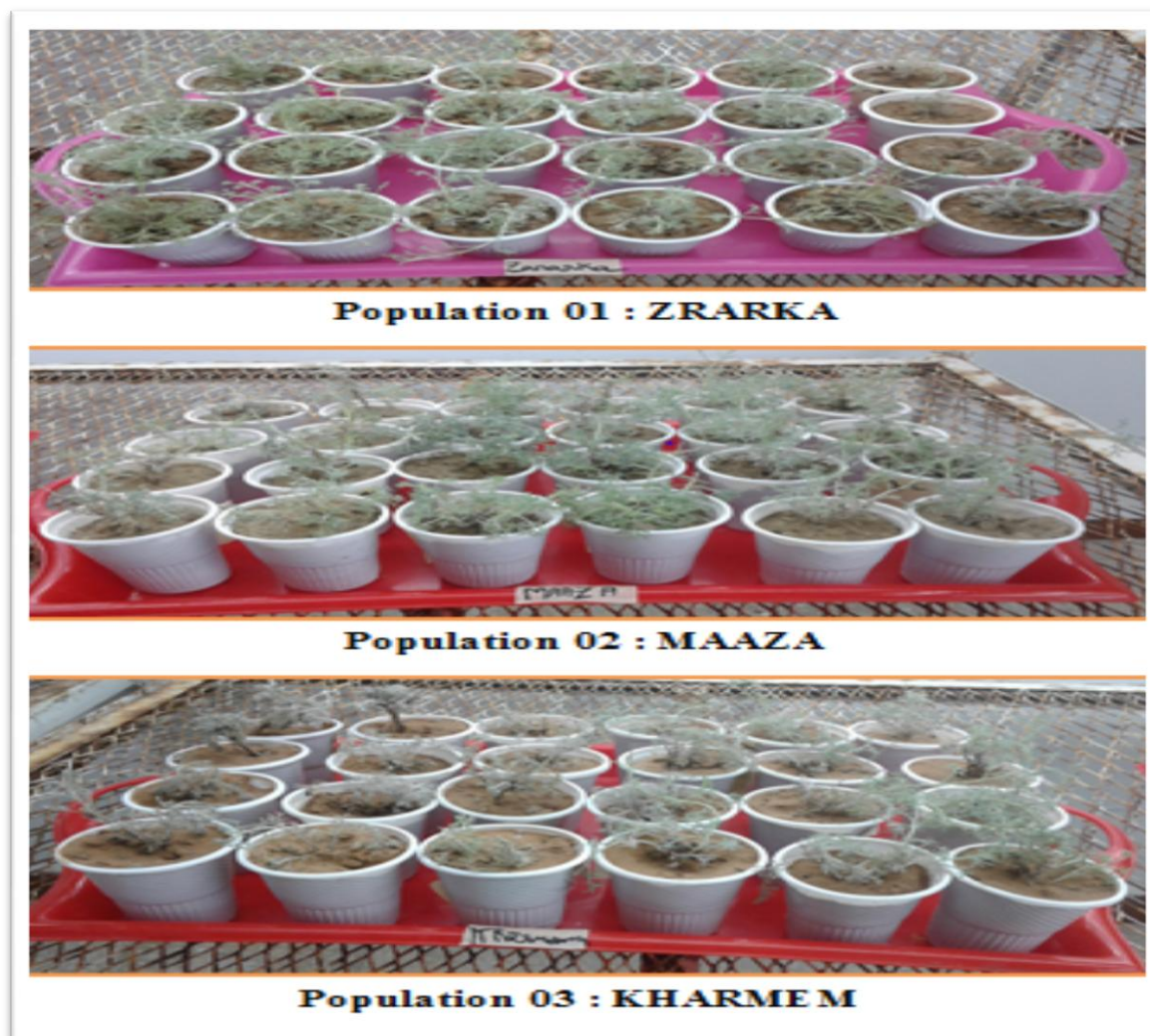


Figure 06 : Les plants après la période d'acclimatation.

d-Dose d'arrosage et niveaux de stress appliqués

La dose d'arrosage est calculée en se basant sur la capacité de rétention en eau de chaque sol ; les résultats obtenus sont représentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 04 : La capacité de rétention en eau de chaque sol

Sol	Poids des conteneurs avec le sol (g)	Poids des ressuyages (échantillon)	Capacité au champ en % (échantillon)	Capacité de rétention en eau
KHARMEM	202.2	155.5	30.00	42.3 ml
MAAZA	175.2	122.2	43.37	61.15 ml
ZRARKA	171.9	108.1	59.01	83.21 l

e-L' application du stress :

L'application du stress débute dès l'émission de nouvelles feuilles (deux mois après la transplantation), le stress salin appliqué concerne cinq concentrations en NaCl plus le témoin, les concentrations salines sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 05 : les niveaux de stress appliqués

	Témoin T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
NaCl(g/l)	0	1	2	3	4	5
NaCl(mM)	0	17,09	34,19	51,28	68,38	85,47

V.3. Les paramètres analysés :**a-Dosage de la chlorophylle :**

100 mg de feuilles sont homogénéisés dans 10 ml d'acétone à 80%, le mélange ainsi obtenu est centrifugé à 3000 tr/minute pendant 10 minutes, le surnageant est récupéré dans un volume connu d'acétone. La densité optique est ensuite mesurée aux longueurs d'ondes 645 et 663. La concentration en chlorophylle totale est déterminée à l'aide des équations proposées par MAC KINNEY (1994)

b-Dosage des sucres solubles :

- **extraction :**

Le matériel végétal (100 mg) est mis en contact avec 3 ml de méthanol à 80% pendant 48 heures à température ambiante.

- **Dosage :**

Le dosage des sucres solubles est effectué par la méthode DREYWOOD(1946) modifiée par SHIENDS et BURNETT (1960) ; le principe de la réaction est basé sur la coloration des produits de dégradation des oses neutres par l'acide sulfurique, qui très concentré, transforme à chaud les glucides en dérivés sulfuriques se colorant en Bleu-vert en présence de l'authrone.

2 ml d'extrait végétal est ajouté à 4 ml du réactif à base d'authrone à une température de 92°C pendant 8 minutes, une coloration vert-bleu se développe, la réaction est arrêtée en plaçant le tube dans la glace fondante. L'absorbance est lue à 585 nm. La gamme étalon est réalisée avec des concentrations de glucose.

c-Dosage des éléments minéraux :

Les plants d'armoise stressés sont fractionnés en deux parties : feuilles et racines, les racines sont rincées 3 fois avec de l'eau distillée puis séchées à l'aide de papier filtre.

Les organes (feuilles et racines) sont séchés à 65° C pendant 48 heures, la matière sèche obtenue (100mg) est placée dans un pilulier contenant 10 ml d'acide nitrique 0.5 M. Après 2 jours les minéralisations obtenues sont filtrées.

Le dosage des éléments minéraux est effectué par spectrophotomètre à flamme. Une gamme étalon a été préparée pour chaque élément (Na⁺, K⁺).

V.4. Le dispositif expérimental :

Le dispositif adopté durant cette étude est le dispositif en randomisation totale, à deux facteurs pour l'essai de variabilité intraspécifique à savoir le facteur population et le facteur salinité. Présente les éléments essentiels de notre dispositif :

V.4. 1.Essai de variabilité intra spécifique :

- Nombre de facteur : 2 (salinité, population)
- Niveau : salinité à 6 niveaux ; population à 3 niveaux
- Nombre d'unité de base : $6 \times 3 = 18$
- Nombre de répétition : 4
- Nombre d'unité expérimentale : $18 \times 4 = 72$.

Tableau 06: dispositif expérimental randomisation totale (T0 : 0mM, T1 : 17,09mM, T2 : 34,19mM, T 3 : 51,28mM, T4 : 68,38 mM, T5 : 85,47 mM).

répétition N°01	répétition N°02	répétition N°03	répétition N°04
KHT1	KHT0	MAT5	ZRT5
KHT5	KHT4	KHT0	MAT1
ZRT1	KHT2	KHT3	MAT5
MAT0	ZRT2	MAT1	KHT5
KHT3	ZRT5	KHT2	MAT4
KHT0	ZRT3	MAT0	MAT2
KHT2	KHT5	KHT5	ZRT2
ZRT0	MAT0	MAT3	ZRT4
ZRT3	ZRT4	ZRT5	MAT3
MAT3	KHT3	ZRT4	ZRT3
ZRT4	MAT1	KHT1	ZRT0
ZRT2	KHT1	MAT4	KHT2
MAT2	MAT4	ZRT2	KHT0
MAT4	ZRT1	KHT4	KHT3
KHT5	KHT2	ZRT0	MAT0
MAT5	MAT5	MAT2	ZRT1
MAT1	MAT3	ZRT3	KHT5
ZRT5	ZRT0	ZRT1	KHT1

V.5.Analyses statistiques :

Une analyse de la variance a été utilisée pour le traitement des données et qui consiste à recherche si l'effet des facteurs étudiés sur paramétré réalisé est significatif ou non un avec certains risque d'erreurs choisi et qui est de 5 %. Le test de NEWMAN et KEULS a été utilisé pour la comparaison des moyennes. Le logiciel utilisé pour l'analyse statistique est le STAT BOX version 6.4.

Chapitre VI :

Résultats et discussions

Chapitre VI : Résultats et discussions

VI-1-Paramètres physiologiques

VI-1-Effet du stress salin sur la teneur en chlorophylle total d'*Artemisia herba alba*

Les résultats relatifs à la teneur des feuilles en pigments photosynthétiques sont présentés dans les tableaux 7,8 et 9; illustrés par l'histogramme de la figure7.

L'analyse de la variance à révéler une différence très hautement significative pour les effets simples, ainsi que pour l'effet interaction. D'une manière générale, la chlorophylle des feuilles diminue sous l'intensité de la salinité.

a. Effet salinité :

Tableau7: Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en chlorophylle des feuilles (effet salinité).

Traitement	Teneur en chlorophylle totale (mg/100mg de MF)					
	0mM	17mM	34mM	51mM	68mM	85mM
	7.32 ±	6.11 ±	5.58 ±	4,90 ±	4,38 ±	3.60 ±
	0.32	0,10	0,13	0.11	0,10	0.13
	A	B	C	D	E	F

L'analyse de la variance montre une différence très hautement significative entre les différents niveaux de la salinité .Au fur et mesure que le stress s'accroît la teneur en chlorophylle diminue, l'application de la première contrainte saline (17mM) fait diminué la teneur en pigments photosynthétiques de 16 %, les plus faibles teneurs sont mesurées sur les milieux les plus chargés en NaCl à savoir : 68mM et 85Mm pour des taux de diminution de 40.16 % et 50.1% respectivement. le test Newman et Keuls fait ressortir 6 groupes homogènes distincts.

b. Effet populations :**Tableau 8 :** Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en chlorophylle (effet population).

Population	Teneur en chlorophylle totale (mg/100mg de MF)		
	<i>MAAZA</i>	<i>ZERARKA</i>	<i>KARMAM</i>
	4.65± 0,14	6.56 ± 0.16	4.73± 0.17
	B	A	B

Les trois populations affichent des teneurs variables en chlorophylle, cette variabilité est révélée par l'analyse de la variance. La population ZERRARKA exprime une teneur en chlorophylle supérieure (groupe A) aux deux autres populations : KHARMAM et MAAZA, qui manifestent des teneurs presque identiques (groupe B).

c. Effet interaction salinité × population :**Tableau 9 :** Moyennes et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en chlorophylle des feuilles (interaction salinité × population).

Population	Teneur en chlorophylle totale (mg/100mg de MF)					
	0mM	17mM	34mM	51mM	68mM	85mM
MAZ	6.14 ± 0.58	5.00 ±	4.55 ±	4.14 ±	4.26 ±	3.84 ±
	E	0.07	0.19	0.14	0.16	0.11
		G	HI	IJK	IJ	JK
ZERK	8.97 ±	7.76 ±	7.35±0.03	6.29 ±0.16	5.11 ± 0.11	3.91 ±
	0.42	0.08				0.11
	A	B	C	E	G	JK
KHM	6.87 ±	5.57 ±	4.84±0.18	4.29 ±0.08	3.78 ± 0.08	3.06 ±
	0.39	0.17				0.20
	D	F	GH	IJ	K	L

L'analyse de la variance montre une différence très hautement significative entre les différents traitements pour l'interaction salinité \times population. Pour l'ensemble des résultats obtenus la teneur en pigments photosynthétiques est inversement proportionnelle au degré du stress appliqué. La salinité induit des changements considérables dans la teneur en chlorophylle en diminuant cette dernière.

Pour le même niveau de salinité, la population ZERARKA exprime des teneurs en chlorophylles plus élevées que celles enregistrées chez les deux populations MAAZA et KHERMAM. Durant les premières contraintes salines (17,34 et 51mM), la population KHERMAM exprime une nette supériorité en chlorophylle par rapport à la population MAAZA, mais dès que le stress devient sévère cette dernière prend le relai et affiche un comportement meilleur à celui de la population KHARMAM. Les plus faibles valeurs sont enregistrées chez la population KHARMAM pour le milieu le plus concentré en NaCl (68 et 85mM).

Des taux de diminution plus élevés ont été enregistrés chez la population KHARMAM indiquant que cette dernière est la plus affectés.

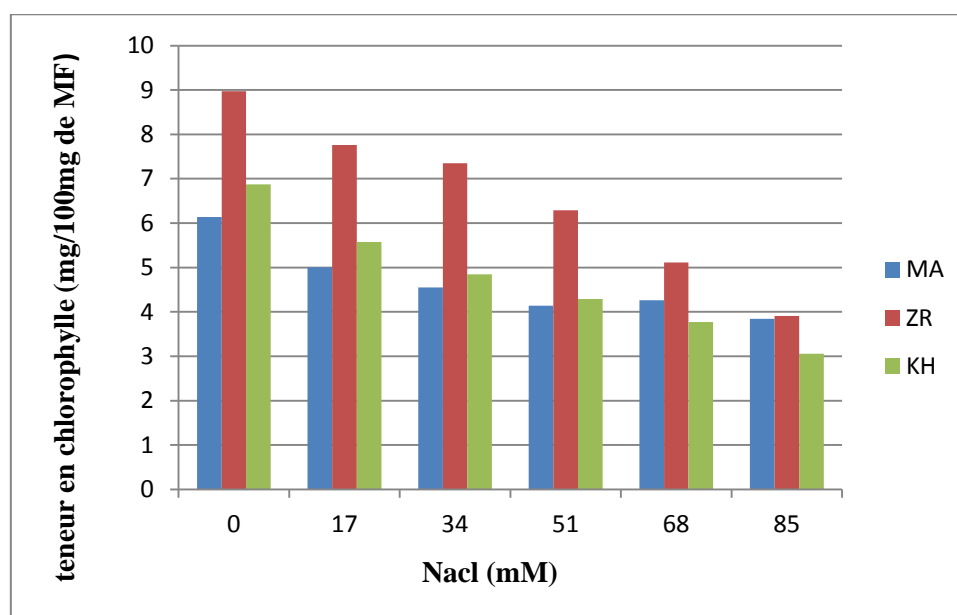


Figure 7: Effet de la salinité sur la teneur en chlorophylle chez trois populations d'*Artemisia herba alba*.

❖ Discussion

Les résultats illustrés dans les tableaux 7,8 et 9, montrent une corrélation négative entre le stress salin et les pigments chlorophylliens, alors plus la concentration de sel augmente plus la

teneur des chlorophylles et les caroténoïdes diminuent, ce qui influe négativement sur la photosynthèse des plantes stressées. Ce qui est confirmé par (AGASTIAN et al, 2000) qui observent que le taux de la chlorophylle et des caroténoïdes des feuilles diminue en général sous les conditions de stress salin.

Des résultats apportés par SEEMAN et CRITCHLEY (1985) ont souligné une diminution de la teneur des chlorophylles foliaires et une baisse de l'activité de la ribulose 1,5 bisphosphate carboxylase/oxygénase (rubisco) chez le haricot irrigué par une solution enrichie en NaCl. De même, SHAHEENA et al. (2005) ont noté une diminution des teneurs des chlorophylles au niveau des feuilles de moutarde cultivée sous condition de stress salin. Dans le même ordre d'idées, El Housseine et al. (1998) ont obtenu une diminution de pigments chlorophylliens suite à un stress salin chez trois variétés de blé et que cette diminution est levée à quelques heures après la levée du stress imposé.

Ces constatations sont en accord avec les résultats de El Housseine et al. (1998) qui ont obtenu une diminution de pigments chlorophylliens suite à un stress salin chez trois variétés de blé et de SHAHEENA et al. (2005) qui ont rapporté une diminution des chlorophylles suite à un stress salin chez la moutarde.

Selon MUNNS et TERMAAT (1986), durant une exposition à long terme à la salinité. Les symptômes visuels de la sénescence des feuilles en réponse à la salinité sont associés à la réduction du contenu de la chlorophylle (VIEGAS et SIVEIRA, 1999).

La réduction de la concentration en chlorophylle en conditions de stress salin est attribuée à l'augmentation de l'activité des enzymes catalytiques, les chlorophyllases (Rao,1981).

VI-2-paramètres biochimiques

VI-2-1-Effet du stress salin sur la teneur en sucres totaux des feuilles d'*Artemisia herba alba*

Les résultats exprimant la teneur en sucres totaux en conditions de témoin et de salinité sont donnés dans les tableaux 10, 11 et 12, illustrés par l'histogramme figure 8. L'analyse de la variance nous a montré une différence significative pour l'effet simple des facteurs étudiés : salinité, population et pour l'effet combiné de ces deux facteurs. L'accumulation des sucres va dans le sens du stress.

a. Effet salinité :**Tableau 10:** Moyenne et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en sucres des feuilles (Effet salinité).

Traitement	Sures totaux ($\mu\text{g}/100\text{mg}$ de MF)					
	0mM	17mM	34mM	51mM	68mM	85mM
	1.66 \pm	3.44 \pm	4.23 \pm	5.52 \pm	7.61 \pm	8.22 \pm
	0.22	0,12	0,10	0.19	0,17	0.24
	F	E	D	C	B	A

L'influence de la salinité sur la teneur en sucres totaux est explicitée par les résultats de l'analyse de la variance. Dès que le milieu est enrichi en NaCl une augmentation de 107% d'accumulation de sucres est induite, cette accumulation des sucres s'intensifie avec le niveau d stress pour atteindre les teneurs les plus fortes évaluées à 8.22 $\mu\text{g}/100\text{mg}$ de MF avec un taux d'augmentation de 395%.

b. Effet Population :**Tableau 11:** Moyenne et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en sucres des feuilles (Effet population).

Population	Sures totaux ($\mu\text{g}/100\text{mg}$ de MF)		
	<i>MAAZA</i>	<i>ZERARKA</i>	<i>KHARMAM</i>
	5.98 \pm 0,19	6.46 \pm 0.19	2.90 \pm 0.12
	B	A	C

Une variabilité au sein des trois populations pour la teneur en sucres totaux des feuilles existe, cette variabilité est confirmée par l'analyse de la variance révélant une différence très hautement significative. Les teneurs en sucres les plus importantes sont exprimées par la population ZERARKA pour une teneur de 6.46 $\mu\text{g}/100\text{mg}$ de MF qui se positionne dans le premier groupe homogène (A), suivie par la population MAAZA pour un teneur de 5.98 $\mu\text{g}/100\text{mg}$ de MF qui se trouve dans le deuxième groupe (B). La plus faible teneur est attribuée à la population KHERMAM pour une teneur de 2.90 $\mu\text{g}/100\text{mg}$ de MF

c. Effet : salinité \times population :

Tableau 12: Moyenne et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en sucres des feuilles (Effet salinité \times population).

Population	Sucres totaux ($\mu\text{g}/100\text{mg}$ de MF)					
	0mM	17mM	34mM	51mM	68mM	85mM
MAZ	1.81 \pm	3.42 \pm	4.22 \pm	6.42 \pm	9.56 \pm	10.44 \pm
	0.25	0.21	0.17	0.08	0.15	0.42
	M	IJ	G	D	B	A
ZERK	1.51 \pm	4.69 \pm	5.84 \pm 0.03	6.91 \pm 0.36	9.55 \pm 0.30	10.26 \pm
	0.27	0.12				0.15
	M	F	E	C	B	A
KHM	1.67 \pm	2.21 \pm	2.64 \pm 0.11	3.21 \pm 0.14	3.73 \pm 0.1	3.96 \pm 0.16
	0.24	0.01				
	M	L	K	J	HI	GH

Une différence très hautement significative est exprimée par l'analyse de la variance entre les différents traitements pour l'effet interaction. La salinité agit positivement sur la teneur en sucres des feuilles.

En absence de la salinité, les trois populations affichent les mêmes teneurs en sucres (les trois populations se trouvent dans le même groupe homogène) Dès que le substrat est enrichi en NaCl une variabilité au sein des trois populations apparaisse, cette variabilité est en faveur de la population ZERARKA par rapport aux deux autres populations à savoir MAAZA et KHERMAM. Il faut noter que l'application d'un stress salin sévère (68 et 85mM) induit une accumulation des sucres en quantités égales chez les deux populations ZERARKA et

MAAZA (pour le même niveau de salinité les deux populations se classe dans le même groupe homogène).

Une forte intensité d'accumulation des sucres est enregistrée chez les deux populations MAAZA et ZERARKA avec des taux d'augmentation estimés à 476% et 580% respectivement pour le traitement le plus sévère, ce taux il n'est que de 137% pour la population KHARMAM.

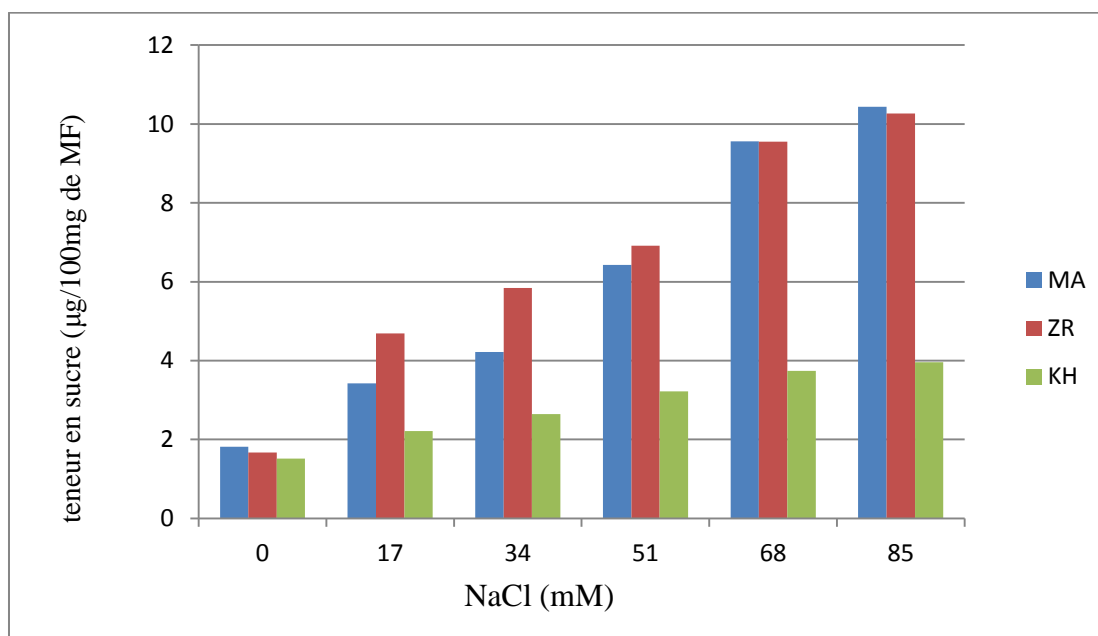


Figure 8: Effet de la salinité sur la teneur en sucre totaux chez trois populations d'*Artemisia herba alba*.

❖ Discussion

Les résultats obtenus démontrent que l'*Artemisia herba alba* présente une variabilité intra spécifique appréciable, des paramètres morpho-physiologiques d'adaptation au stress salin. La tolérance à cette contrainte est estimée principalement à travers les corrélations établies entre le stress appliqué et les différents paramètres étudiés.

Les résultats obtenus lors de cette recherche indiquent une augmentation des sucres solubles chez les plantes stressées comparées aux plantes témoins. En effet les mêmes observations sont constatées par CORTES et SINCLAIR (1987) qui trouvent une augmentation des sucres solubles chez plusieurs espèces exposées au stress salin.

Pour GEINGENBERGER et al (1997), ils attribuent l'augmentation des sucres solubles à une dégradation des réserves amylacées suite à leur conversion rapide en saccharose, fait qui

pourrait être attribué à une inhibition de la synthèse de l'amidon. Par contre, MELONI et al (2001), démontrent que l'ajustement osmotique serait accompli par l'accumulation des corps dissous organiques (sucres), et leurs concentrations augmentent proportionnellement l'intensité du stress.

Lors d'un stress salin, le potentiel hydrique de la plante peut être maintenu par un ajustement osmotique. Cet ajustement implique l'accumulation, au niveau cellulaire, de sucres solubles totaux. D'une manière générale, les teneurs en sucres sont utilisées comme critères de tolérance à la salinité chez plusieurs espèces (RATHERT, 1984 ; MISRA & DWIVEDI, 1995).

VI-3--paramètres ioniques

VI-3-1-Effet du stress salin sur la teneur en sodium des racines d'*Artemisia herba alba* :

Les résultats caractérisant la teneur des racines en sodium sont groupés dans les tableaux 13, et 14; illustrés par l'histogramme 9.

D'après l'analyse de la variance, les moyennes des différents traitements sont significativement très différentes pour l'effet simple population et pour l'interaction de cette dernière avec la salinité (probabilité=0.0000). Par contre, la différence est non significative (probabilité=0.4991) pour l'effet simple salinité.

a. Effet population :

Tableau 13: Moyenne et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en sodium des racines (effet population).

Population	Teneur en sodium racines ()		
	<i>MAAZA</i>	<i>ZERARKA</i>	<i>KHARMAM</i>
	69.61± 1.52	47.00 ± 5.74	15.85 ± 0.8
	A	B	C

L'analyse de la variance affiche une différence très hautement significative dans la teneur des racines en sodium entre les trois populations testées. La population MAAZA exprime une nette supériorité en sodium racinaire que celles mesurées sur les racines des deux autres

populations ZERARKA et KHARMAM, cette dernière manifeste les teneurs les plus faibles pour une valeur de 15.85meq/100mg de MS. Les teneurs intermédiaires sont mesurées sur la population ZERARKA pour une teneur de 47 meq/100mg de MS.

b. Effet : salinité × population :

Tableau 14: Moyenne et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en sodium des feuilles (effet salinité × population).

Population	Teneur en sodium racines ()					
	0mM	17mM	34mM	51mM	68mM	85mM
MAZ	48.82 ±	58.95 ±	71.24 ±	69.43 ±	85.71 ±	83.54 ±
	1.08	3.48	3.73	2.86	9.86	2.14
	BCD	ABC	AB	AB	A	A
ZERK	68.35 ±	41.59 ±	57.5±1.21	42.61	39.05 ±	32.90 ±
	5.63	3.48		±9.14	3.90	3.31
	AB	BCDE	ABC	BCDE	CDE	CDE
KHM	8.67 ±	16.27 ±	13.38±0.62	15.55	19.52 ± 1	21.69 ±
	1.08	1.06		±1.69	.08	1.9
	F	EF	EF	EF	EF	DEF

L'influence de l'effet combiné des deux facteurs salinité et population est montrée par l'analyse de variance. Pour la population MAAZA, les racines se chargent en sodium d'autant plus que le milieu est riche en NaCl, néanmoins chez la population ZERARKA les racines accumulent de moins en moins de sodium que le stress est sévère.

Les deux dernières contraintes salines (68 et 85mM) induisent les mêmes quantités en sodium racinaire ceux-ci est valable pour les deux populations MAAZA et ZERARKA.

Chez la population KHARMAM l'application de la première contrainte saline induit une accumulation 2 fois plus que celle enregistrés chez le traitement témoin (8.67 meq/100mg de MS pour le témoin contre 16.27 meq/100mg de MS pour le traitement 17mM), cette accumulation en Na⁺ reste statistiquement insignifiante pour les autres niveaux de stress appliqués (34, 51 et 68mM et qui sont affectés dans le même groupe homogène : EF) pour des teneurs allant de 16.27 à 19.52 meq/100mg de MS . Les plus fortes teneurs sont enregistrées

chez le traitement le plus contraignant à savoir 85mM pour une teneur de 21.69 meq/100 mg de MS.

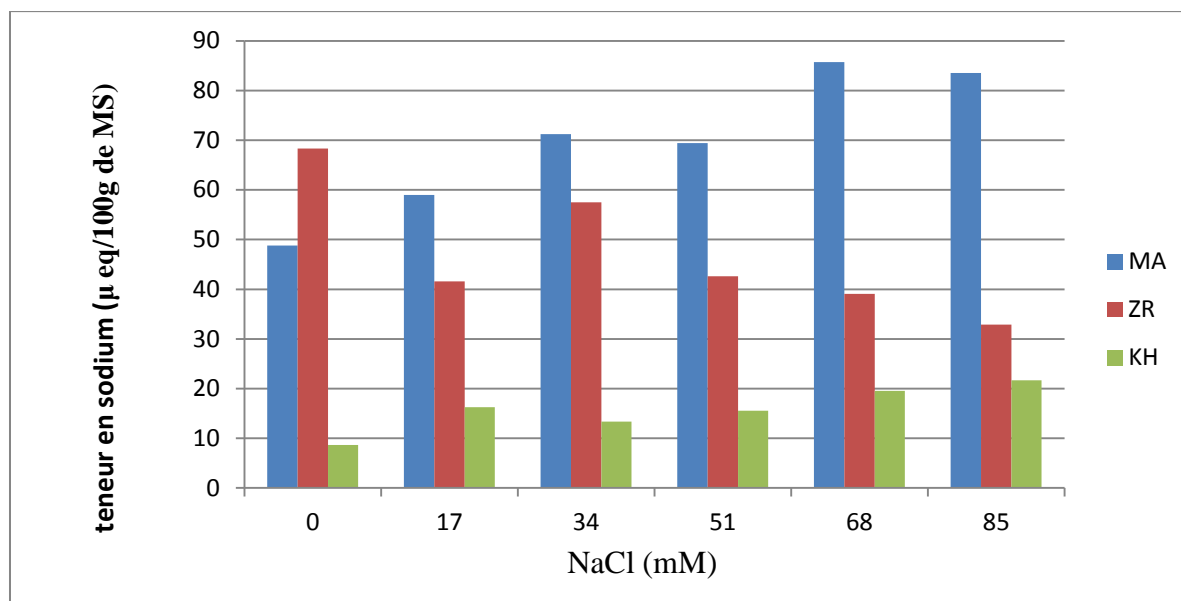


Figure 9: Effet de la salinité sur la teneur en sodium chez les racines de trois populations d'*Artemisia herba alba*.

VI-3-2-Effet du stress salin sur la teneur en sodium des feuilles d'*Artemisia herba alba*

Les tableaux 15, 16 et 17, rassemblent les résultats de la teneur en sodium des feuilles sous l'effet de la salinité, ces résultats sont ensuite illustrés par l'histogramme 10.

Une différence très hautement significative a été révélée par l'analyse de la variance, aussi bien pour les effets simples que pour l'interaction.

a. Effet salinité

Tableau 15: Moyenne et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en sodium des feuilles (Effet salinité).

Traitement	Teneur en sodium feuilles ()					
	0mM	17mM	34mM	51mM	68mM	85mM
	57.02 ±	59.43 ±	67.99 ±	74.37 ±	85.59 ±	86.31 ±
	1.67	3.38	1.92	8.97	2.46	4.35
	C	BC	BC	AB	A	A

Les moyennes des différents traitements sont significativement très différentes, plus le milieu est riche en NaCl plus les feuilles se chargent en sodium. Les plus fortes teneurs sont mesurées sur le milieu le plus stressant en sel à savoir 85mM pour une teneur de 86.31meq/100mg de MS et avec un taux d'augmentation de 51% , noter que les deux derniers niveaux de salinité (68 et 85mM) induisent presque les mêmes teneurs en sodium des feuilles (qui se trouvent dans le même groupe A) .

b. Effet population :

Tableau 16 : Moyenne et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en sodium des feuilles (Effet population).

Population	Teneur en sodium feuilles ()		
	<i>MAAZA</i>	<i>ZERARKA</i>	<i>KHARMAM</i>
	119.82± 13.89	75.28 ± 1.28	20.25 ± 1.21
	A	B	C

Les trois populations enregistrent des teneurs différentes en sodium, les plus fortes teneurs sont mesurées chez la population MAZAA pour une valeur de 119.82 meq/100mg de MS, tandis que les teneurs les plus faibles sont exprimées par la population KHARMAME estimées à 20.25 meq/100mg de MS, la population ZERARKA enregistre des teneurs intermédiaire évaluée à 75.28meq/100mg de MS.

c. Effet : salinité× population :

Tableau 17 : Moyenne et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en sodium des feuilles (Effet salinité × population).

Population	Teneur en sodium feuilles ()					
	0mM	17mM	34mM	51mM	68mM	85mM
MAZ	70.88 ±	89.69 ±	114.28 ±	130.19 ±	140.32 ±	173.59 ±
	3.34	6.54	8.43	17.86	4.51	8.18
	D	CD	BC	B	B	A
ZERK	91.13 ±	78.48 ±	70.88±3.70	66.90	84.62 ±	59.07 ±

	1.08	1.66		±1.25	1.08	1.09
	CD	D	D	D	D	D
KHM	9.04 ±	10.12 ±	18.80±0.59	26.03	31.83 ±	25.67 ±
	0.62	0.62		±2.84	1.65	2.73
	E	E	E	E	E	E

L'analyse de la variance révèle que tous les traitements de l'interaction salinité × population sont très hautement significatifs. La salinité influence fortement la présence du sodium dans les feuilles.

Les trois populations réagissent différemment concernant l'accumulation du sodium au niveau des feuilles sous l'effet de la salinité. Chez la population MAAZA la teneur des feuilles en sodium est proportionnelle la concentration du milieu en NaCl, c'est ainsi que les plus fortes teneurs sont enregistrées chez le traitement le plus sévère (85mM) pour une valeur de 137 meq/100mg de MS et avec un taux d'augmentation de 144 % par rapport au témoin.

Chez la population ZERARKA, même pour de faibles variations, ces dernières vont dans le sens inverse du stress, plus le stress est intense moins les feuilles se chargent en sodium, le traitement le plus concentré (85mM) enregistre les plus faibles valeurs en sodium estimée à 59.07meq/100mg de MS et pour un taux de diminution de 35% par rapport au témoin

Pour le même niveau de salinité la population KHARMAM affiche les teneurs les plus faibles par rapport aux autres populations.

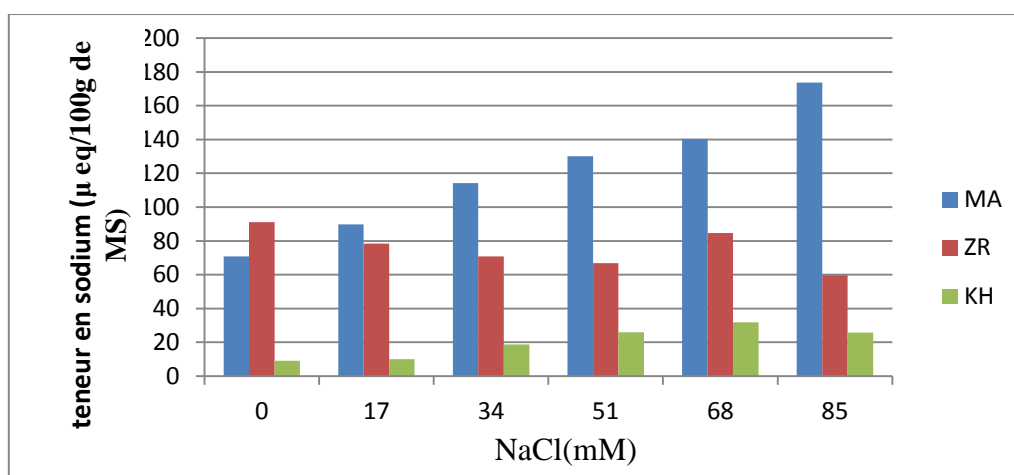


Figure 10: Effet de la salinité sur la teneur en sodium chez les feuilles de trois populations d'*Artemisia herba alba*.

❖ Discussion

Selon HASSANI et al (2008), l'apport de la solution saline au NaCl à deux géotypes d'orge, provoque une migration du Na⁺ dans les parties aériennes avec une forte accumulation dans les feuilles par rapport aux racines. Dans les racines, le Na⁺ est inversement corrélé avec le stress salin.

La relative halotolérance de certaines espèces comme l'orge, la tomate ou encore le tabac semble être liée à leur capacité à stocker les ions Na⁺ dans la vacuole (LEVIGNERON et al, 1995).

Ce mécanisme de transport du sodium vers les feuilles et celui de l'absorption racinaire paraissent être régulé séparément. La difficulté à maintenir le contrôle de la concentration du sodium dans des tissus métaboliquement actifs, comme chez les feuilles par exemple, provoque des perturbations physiologiques et biochimiques (BOURSIER et LAUCHLI, 1990).

Il en ressort aussi que le Na⁺ s'accumule principalement au niveau aérien et notamment au niveau foliaire sous tous les traitements salins. Des travaux menés par TREMBLIN et FERARD (1994) puis OUERGHI et al (2000), montrent que les teneurs en Na⁺ sont plus élevées dans les parties aériennes et que ce cation migre vers les feuilles pour s'y accumuler. Ce transfert de Na⁺, des organes souterrains vers les parties aériennes et son enrichissement, augmente avec l'intensité et la durée du stress salin (OUERGHI et al, 2000).

L'accumulation de Na⁺ en conditions de stress salin dans la partie aérienne a été aussi rapportée par plusieurs auteurs dont NAVARRO et RUBIO (2006).

Le taux de sodium est nettement supérieur dans les feuilles par rapport aux tiges et aux racines. D'après BOUAOUINA et al (2000), l'accumulation cellulaire de Na⁺ chez le blé, augmente avec la concentration de NaCl.

Les ions peuvent également s'accumuler préférentiellement dans des cellules ou des tissus spécialisés de la racine, de la tige ou de la feuille, comme chez le sorgho (*Sorghum bicolor*) exposé au NaCl, qui concentre les ions Cl⁻ dans les cellules parenchymateuses de la gaine foliaire (BOURSIER et LAUCHLI, 1989). TAL et al, (1978) ; ARAHOU, (1986) et ULLAH et al, (1994) qui ont rapporté une augmentation des teneurs en Na⁺ des feuilles de tomate en présence de sel. Rush & Epstein, (1981) et SCHACHTMAN et MUNNS, (1992), ont attribué l'aptitude des plantes à transporter les ions Na⁺ dans les feuilles avec la tolérance au sel. En outre, il a été montré que certaines plantes tolérantes accumulent l'ion Na⁺ dans les

feuilles alors que chez les plantes sensibles comme le haricot, le Na^+ n'est pas ou peu transporté vers les feuilles et s'accumulent dans les racines (SLAMA, 1986).

VI.3.3. Effet du stress salin sur la teneur en potassium des racines d'*Artemisia herba alba* :

Les résultats exprimant la teneur en potassium des feuilles sont présentés dans les tableaux 18,19 et 20, illustrés par l'histogramme figure 11.

La mise en évidence de l'analyse de la variance de l'existence d'une différence très hautement significative pour le facteur population et l'interaction entre celui-ci et la salinité, n'élimine cependant pas la présence d'une différence significative pour le facteur salinité sur la teneur des racines en potassium.

a. Effet salinité

Tableau 18 : Moyenne et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en potassium des racines (Effet salinité).

Traitement	Teneur en Potassium racines ()					
	0mM	17mM	34mM	51mM	68mM	85mM
	23.65 ±	25.00 ±	28.25 ±	24.74 ±	27.19 ±	28.04 ±
	1.07	6.25	1.55	1.92	1.73	1.31
	A	A	A	A	A	A

Etant rassemblées dans le même groupe homogène A, selon le test de NEWMAN-KEULS (tableau 19), la quasi-totalité des variétés ne présentent pas de différence dans leur teneur en potassium racinaires.

b. Effet population

Tableau 19 : Moyenne et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en potassium des racines (Effet population).

Population	Teneur en Potassium racines ()		
	<i>MAAZA</i>	<i>ZERARKA</i>	<i>KHARMAM</i>
	29.92± 3.89	20.67 ± 1.89	27.84 ± 2.30
	A	B	A

L'analyse de la variance à montrer une différence très hautement significative entre les trois populations, des teneurs en potassium racinaires très élevées ont été enregistrées chez les deux populations MAAZA et KHARMAM par rapport à la population ZERARKA. Ces deux populations sont représentés par le même groupe homogène A, ce qui veut dire ; qu'aucune population ne surpasse l'autre, pour la teneur en potassium des racines de 29.93 et 27.84 meq/100mg de MS. la population ZERARKA se trouve en dernier groupe B pour une teneur plus faible évaluée à 20.67 meq/100mg de MS.

c. Effet: Salinité× population

Tableau 20: Moyenne et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en potassium des racines (Effet salinité × population).

Population	Teneur en Potassium racines ()					
	0mM	17mM	34mM	51mM	68mM	85mM
MAZ	23.58 ±	28.89 ±	25.92 ±	29.53 ±	34.84 ±	36.75 ±
	0.63	1.08	0.97	1.32	1.60	2.23
	DEF	BCD	CDE	BCD	ABC	AB
ZERK	27.62 ±	28.47 ±	32.08±2.65	14.87	12.32 ±	8.71 ±

	1.60	3.84		±2.05	0.97	0.97
	BCDE	BCD	ABCD	GH	GH	H
KHM	19.75 ±	17.63 ±	26.77±1.27	29.81	34.42 ±	38.67 ±
	1.27	4.87		±2.97	2.92	0.97
	EFG	FG	CDE	BCD	ABC	A

La contrainte saline à induit dans sa globalité une variation de la teneur en sodium des racines, chez les deux populations MAAZA et KHERMAM plus le milieu est salin plus les racines accumulent du potassium, néanmoins chez la population ZERARKA, une accumulation intense en potassium s'enregistre au niveau des premières contrainte appliquées puis ces teneurs baissent pour atteindre les plus faibles valeurs.

Sans la contrainte saline (traitement témoin), les racines de la population ZERARKA accusent des teneurs en potassium les plus élevées (27.62meq/100mg de MS), cette supériorité reste en faveur de la population ZERARKA jusqu'au niveau de stress 34mM de NaCl pour une teneur de 32.08 meq/100mg de MS contre des teneurs de 25.92 et 26.77 meq/100mg de MS chez MAAZA et ZERARKA respectivement.

Dès que le niveau du stress appliqué atteint les 51Mm de NaCl, les deux populations MAAZA et KHERMAM dépassent nettement les teneurs affichés chez la population ZERARKA , les teneurs enregistrées chez ces deux populations sont statistiquement identiques (29.53 et 29.81 meq/100mg de MS affectées dans le même groupe homogène BCD, pour une teneur de 14.87 meq/100mg de MS chez la population ZERARKA).

À partir de 34mM en NaCl et pour le même niveau de stress, les deux populations MAZZA et KHARMAM enregistrent les mêmes quantités en potassium, cette similarité s'annule pour le milieu le plus contraignant (85 mM) en faveur de la population KHARMAM pour une valeur maximale de 38.67 meq/100mg de MS.

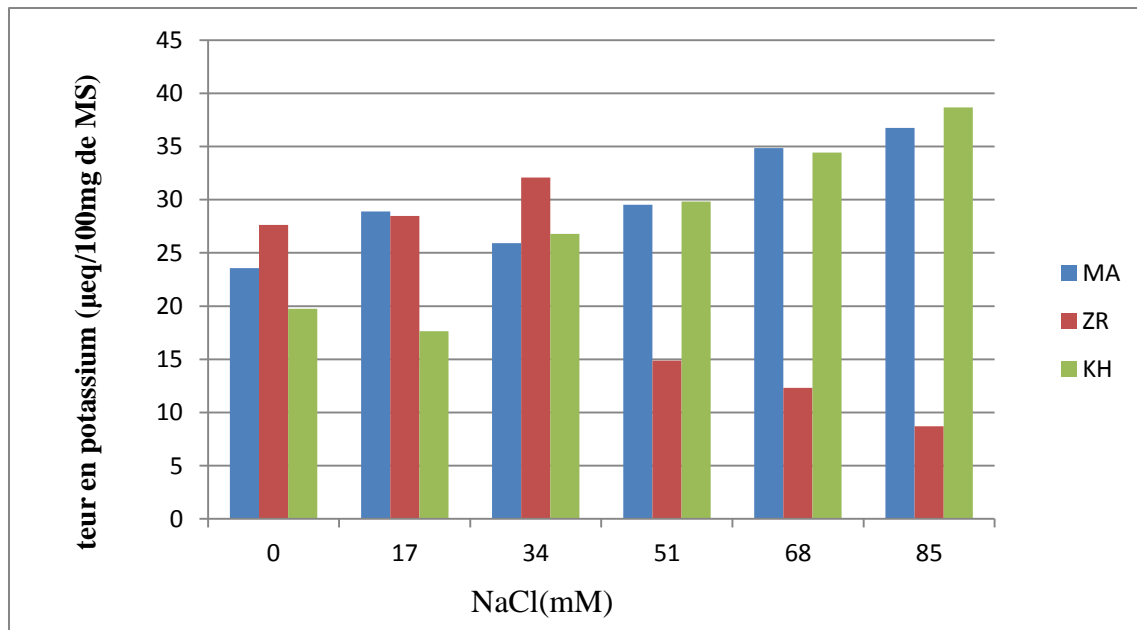


Figure 11 : Effet de la salinité sur la teneur en potassium chez les racines de trois populations d'*Artemisia herba alba*.

VI.3.4. Effet du stress salin sur la teneur en potassium des feuilles d'*Artemisia herba alba* :

Toutes les moyennes des teneurs en potassium enregistrés sur les feuilles de l'*Artemisia herba alba* sont groupées dans les tableaux 21, 22 et 23 , illustrées par l'histogramme figure 12.

L'analyse de la variance a révélé une différence très hautement significative autant pour les effets simples (salinité et population) que pour l'effet combiné des deux facteurs (interaction salinité population)

a. Effet salinité

Tableau 21: Moyenne et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en potassium des feuilles (Effet salinité).

Traitement	Teneur en Potassium feuilles ()					
	0Mm	17mM	34mM	51mM	68mM	85mM
	22.09 ± 1.08	29.74 ± 1.79	32.65 ± 2.36	38.81 ± 3.73	37.75 ± 4.81	44.90 ± 3.47
	D	C	C	B	B	A

Un effet très remarquable de la salinité sur la teneur en potassium des feuilles est révélé par l'analyse de la variance, plus le stress est intense plus les feuilles accumulent du potassium, cette accumulation est significatif dès le premier niveau de salinité (17mM), les plus fortes valeurs sont obtenues par le traitement le plus concentré en sel pour une teneur de 44.90 meq/100mg de MS avec un taux d'augmentation de 103% par rapport au témoin. le test Newman et Keuls fait ressortir 4 groupes homogènes.

b. Effet population :

Tableau 22: Moyenne et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en potassium des feuilles (population).

Population	Teneur en Potassium feuilles ()		
	<i>MAAZA</i>	<i>ZERARKA</i>	<i>KHARMAM</i>
	32.11 ± 3.69	26.62 ± 2.34	44.23 ± 2.94
	B	C	A

Une variabilité entre les trois populations testées existe concernant leur teneur en potassium foliaire, cette variabilité se caractérise par des valeurs maximales enregistrée chez la

population KHARMAM évaluées à 44.23meq/100mg (groupe A) , suivie par la population MAAZA avec une teneur de 32.11(groupe B), les plus faibles teneurs sont exprimées par la population ZERARKA estimées à 26.62 meq/100mg MS (groupe C).

c. Effet: Salinité× population

Tableau 23: Moyenne et résultats de l'analyse de la variance de la teneur en potassium des racines (Effet salinité × population).

Population	Teneur en Potassium feuilles ()					
	0mM	17mM	34mM	51mM	68mM	85mM
MAZ	21.24 ±	33.36 ±	31.02 ±	34.84 ±	34.84 ±	37.39 ±
	1.32	2.57	4.52	3.14	6.51	5.92
	EF	CD	CD	CD	CD	C
ZERK	19.12 ±	20.82 ±	21.24±0.97	25.49	28.89 ±	44.19 ±
	0.64	2.41		±2.30	5.78	0.97
	F	EF	EF	DEF	CDE	B
KHM	25.92 ±	35.06 ±	45.68±0.97	56.09	49.50 ±	53.12 ±
	1.60	0.64		±6.37	4.09	3.51
	DEF	CD	B	A	AB	A

Les modifications enregistrées sur la teneur en potassium des feuilles sont assez variables suivant le niveau du stress appliqué. au fur et à mesure que le stress s'accroît les feuilles des trois populations se chargent en potassium, mais la cinétique d'accumulation diffère d'une population à l'autre.

Chez la population MAAZA, des changements notables sont induites par la première contrainte saline (17mM) passant d'une teneur de 21.24meq/100m de MS pour le témoin à 33.36meq/100mg de MS pour le traitement 17mM de NaCl (avec un taux d'augmentation de 60%), puis cette teneur se stabilise pour les autres niveaux de salinité, pour atteindre une valeur maximale estimée à 37.39 meq/100mg de MS pour le stress le plus intense (85mM).

Chez la population ZERARKA des variations moins brusques ont été enregistrées pour les premiers niveaux de salinité (17, 37,51mM) allant de 20.82 meq/100mg de MS à 25.49meq/100mg de MS, puis des plus fortes teneurs ont été mesurées sur les plantes évoluant sur 85mM de NaCl avec une teneur de 44.19meq/100mg de MS.

Chez la population KHERMAM l'accumulation du potassium suit linéairement le niveau du stress appliqué, les plus fortes sont mesurées sur cette population pour des taux d'augmentation allant de 35% à 105% et pour des teneurs dépassant les 50meq/100mg de MS.

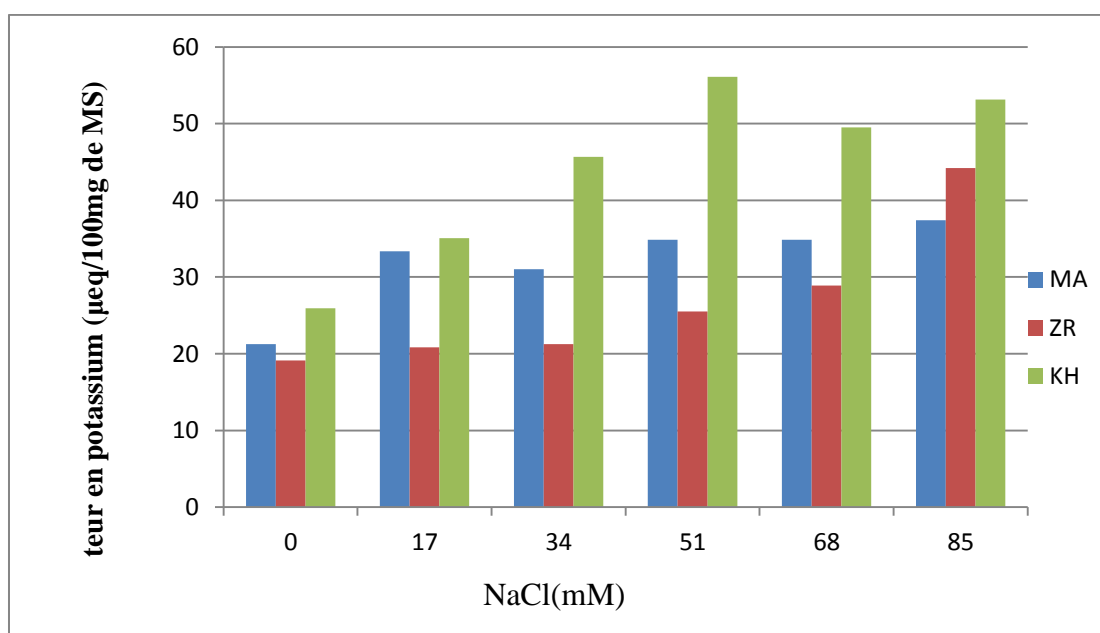


Figure 12: Effet de la salinité sur la teneur en potassium chez les feuilles des trois populations d'*Artemisia herba alba*.

❖ Discussion

L'une des relations les plus connues entre la réaction des plantes et la salinité, est celle associant le degré de tolérance ou de sensibilité aux sels et la dynamique des ions, exprimée soit par leur absorption, leur transport ou leur accumulation (HADJI et GRIGNON., 1985).

Au niveau cellulaire, la sélectivité ionique est reliée aux performances de nombreux transporteurs ioniques qui sont très étudiés (CUARTERO et al, 2006). MEZNI et al, (2002) montre que la teneur en K^+ dans les feuilles et des tiges diminue chez trois variétés de luzernes en fonction des concentrations croissantes de NaCl, la migration de Na vers les parties aériennes augmente significativement à la fois en fonction de l'intensité et la durée de stress salin. GHOUAM et al., (2002) ont observé une augmentation du contenu en Na^+ et Cl dans les feuilles et les racines de *Beta vulgaris* à l'égard de l'augmentation de la concentration

en NaCl dans le profil racinaire, le contenu des feuilles en K^+ diminue en réponse, mais celui des racines n'est pas affecté. Le potassium joue un rôle dans le contrôle de la turgescence cellulaire (SAIRAM et TYAGI, 2004), contribue également dans la réduction du potentiel osmotique des cellules racinaires pour faciliter les processus de solutés (HOUALA, 2007). Par conséquent, le maintien d'un teneur de K^+ adéquat est essentiel pour la survie de la plante dans le milieu salin (HOUALA, 2007). Comme dans la plupart des glycophytes sensibles au sel une augmentation des ions Na^+ inhibe l'absorption, la distribution et l'utilisation de K^+ (ASHRAF et al, 2004; VOIGT et al, 2009). Cette action est due à la compétition qui existe entre ces deux ions sur les mêmes sites électronégatifs des transporteurs membranaires (MAATHIUS et AMTMAN, 1999; MEZNI et al, 2002), des quantités raisonnables de potassium sont requises pour les plantes pour maintenir l'intégrité et le fonctionnement des membranes cellulaires (MARCHER, 1995; DAVENPORT et al, 1997; WENXUE et al, 2003).

Le potassium joue un rôle dans le contrôle de la turgescence cellulaire (SAIRAM et TYAGI, 2004), contribue également dans la réduction du potentiel osmotique des cellules racinaire pour faciliter les processus de solutés (HOULA, 2007).

Conclusion et perspectives

Conclusion et perspectives :

La salinisation des sols compte parmi les principaux facteurs qui limitent la productivité végétale, l'Algérie, dont une grande partie se caractérise par un climat aride et semi est touché par le processus de salinisation. Le choix des espèces tolérantes et l'exploration d'une variabilité intra-spécifique au sein de l'espèce sont parmi les moyens disponibles pour préserver et valoriser ces zones.

L'armoise blanche (*Artemisia herba alba. Asso*) étant présente sur une vaste partie de la steppe Algérienne, elle se trouve exposée dans ce milieu à des conditions climatiques rigoureuses tels que le froid, la sécheresse. Très peu de données sont disponibles sur le comportement de l'armoise blanche vis-à-vis de la salinité, c'est dans ce contexte que nous avons réalisés ce travail.

Le but étant de rechercher une variabilité intraspécifique de caractères physiologiques et biochimiques liés à la tolérance à la salinité, susceptibles de permettre la sélection d'un matériel végétal adapté à la salinité et pouvons donner des résultats intéressants

Pour la teneur en chlorophylle, elle est d'autant moins importante que le stress est sévère, pour chaque niveau de stress des teneurs plus élevées ont été mesurées sur la population ZERARKA par rapport aux deux autres populations MAAZA et KHARMAM ; durant les premiers niveaux de salinité (17, 34 et 51mM de NaCl), la population KHARMAM exprime des teneurs en pigments photosynthétiques qui dépassent celles enregistrées sur la population MAAZA, mais dès que le stress est à 68mM de NaCl c'est la population MAAZA qui manifeste les teneurs les plus importantes.

Une variabilité d'accumulation des sucres s'exprime au sein des trois populations dès que le stress est appliqué. Sous la contrainte saline la population ZERARKA accumule plus de sucres que les deux autres populations, lorsque le stress est à 68mM de NaCl des teneurs en sucres les plus élevées et en quantités égales s'affichent chez les deux populations ZERARKA et MAAZA pour des taux d'augmentation de 476% et 580% chez MAAZA et ZERARKA respectivement.

Les variations dans la teneur en sodium des feuilles diffèrent d'une population à l'autre sous la contrainte saline, chez la population MAAZA les teneurs en sodium sont proportionnelles à la concentration du milieu en NaCl, plus le milieu est riche en sel plus les feuilles se chargent en sodium ; par contre chez la population ZERARKA même pour des faibles

variations c'est l'inverse qui s'établie, plus le stress est intense moins du sodium s'accumule dans les feuilles. Les plus faibles teneurs sont mesurées chez la population KHARMAM pour des variations non significatives allant de 10.12 meq à 25.67 meq/100mg de MS.

La teneur en potassium des feuilles est assez variable chez les trois populations testées sous l'effet de la salinité. Chez la population MAAZA une nette accumulation du potassium est induite par le niveau 17M de NaCl avec un taux d'augmentation de 60% puis cette accumulation se stabilise pour les niveaux de stress suivants pour atteindre les des valeurs maximales qui ne dépassent pas les 37.39 meq/100mg de MS ; des variations moins brusques ont été enregistrées durant les premières concentrations salines (17, 34 et 51mM) allant de 20.82 à 25.49 meq/100mg de MS, puis une accumulation notable du potassium s'installe pour des taux d'augmentation dépassant les 50% ; chez la population KHARMAM une accumulation plus intense du potassium s'observe et elle va dans le sens du stress pour atteindre les plus fortes teneurs estimée à 53.12 meq/100mg de MS pour le traitement le plus sévère (85mM).

L'accumulation du potassium au niveau des racines varie sous l'effet de la salinité chez les trois populations analysées. Chez la population ZERARKA une accumulation significative du potassium racinaire s'établie pour les premières concentrations salines, mais au-delà de 51mM de NaCl des baisses notables s'enregistre pour atteindre les plus faibles teneurs estimées à 8.71 meq/100mg de MS, en revanche chez les deux populations MAAZA et KHERMAM plus le stress est sévère plus les racines accumulent du potassium pour atteindre les valeurs les plus élevées pour des teneurs de 36.75 et 38,67 meq/100mg de MS chez MAAZA et KHERMAM respectivement.

Dans le cadre d'un futur travail, il est souhaitable de :

- d'élargir les essais sur un nombre plus vaste de populations d'armoise blanche ;
- de se focaliser sur d'autres paramètres plus pertinents qui permet un criblage efficace des populations intéressantes tel que : le dosage des antioxydants, dosage d'autres osmoticum (proline, glycie bétaine, sucres alcool), dosage des ions (Ca^{2+} , Cl^-) ;
- de travailler à l'échelle moléculaire afin d'identifier la nature des gènes intervenants durant le stress chez cette espèce et ceux qui jouent un rôle déterminant dans l'adaptation à la salinité.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

- **ABABOU A.,2003** .étude éco-pédologique et proposition d'un modèle d'aménagement des sols salés cas de la zons du Bas Chélif nord – ouest Algéries . thèse magister , Mostaganem .
- **ABAD M J., Bedoya L.M., Apaza L. and Bermejo P. 2012:** The Artemisia L. Genus:A review of bioactive essential oil. Molecule; 17: 2542-2566.
- **AGASTIAN P.,KINGSLEY.S.,VIVEKANANDAN.M.,2000.**effect of salinity on photosynthesis and biochemical characteristics in mulberry genotype.photosynthetica 38,287-290.
- **ALBOUCHIR.A ,2001** ; Contrainte de la production oasienne et stratégie pour un développement durable, cas des oasis de nefzoaoua (sud Tunisien) sècheresse pp12.
- **AUBERT.G .,1975.**les sols sodiques en Afrique du nord .Ann INA ,vol n° .P150-99.
- **AUBERT.G .,1980** .Pédologie Ed,1p .U de France, pp25-35.
- **ALEM C.,AMRI.A.,2005.**importance de la salinité des membranes cellulaires dans la tolérance à la salinité chez l'orge .VOL 4 Maroc ,pp 20-32.
- **ASHREF M., 2004.** Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plant. Flora. 199: 361-376.
- **AYAD N., Hellal B., Hellal T., Rahmani A. et Bensmira Z., 2014.** Qualités nutritionnelles de l'armoise blanche des parcours steppiques du sud de la préfecture de Tlemcen. Revue Ecologie-Environnement (10) ; Pp. 71-74
- **BABA ISSA F., 2000.** Encyclopédie des plantes utiles. Flore d'Algérie et du Maghreb.Substances végétales d'Afrique, d'Orient et d'Occident. Edition librairie moderne. Rouiba.
- **BALLESTEROS E.,BLUMVAL E.,DONAIRES J.P.,BELVER A.1997.** Na^+ / H^+ antiport activity in tonoplast vesicle isolated from sunflower roots induced by NaCl stress.physiol.plant.99.PP.328-334.
- **BATAMONY.K ;1993** .Adaptation of plants in to saline condition in arid region ,Faculty of science Cairo.University,Egypte .acad publisher in Netherlands pp13-20.
- **BELKHODJA M., BIDAI Y., 2004-** Réponse des graines d'Atriplex halimus L à la salinité au stade de la germination .Sècheresse, Vol.15 N°4 :331-335.
- **BELOUAZANI.N, 1994,** Etude de comportement des tomates industrielles soumises à l'action de la salinité croissance et anatomie des tiges et racines, .thèse ING-ITA ; Mostaganem.

- **BENACEUR.,2003** .Effet dus stress salin sur la germination ; la croissance et la production en graines de quelques variétés maghrébiens de blé ,sècheresse VOL12, pp48.
- **BENACEUR .M, RAHMOUN.C, HASNA SDIRI, MEDAHI.M et SELMI.M, 2001**, Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en graines de quelques variétés Maghrébines de blé. Science et changement planétaires. Sècheresse Vol 12 numéro 3.sep, pp 167-174.
- **BENKHETOU A. ,2003**.contribution à l'étude de mise en culture des zones steppique dans le cadre de l'accession à la propriété foncière agricole et son impacte sur l'écosysteme-cas de rechaiga ,Tiaret-thèse de Magister , univ . de Tiaret , Algérie , p 25 ,28 .
- **BERNSTTEIN L., 1974**. salt tolerance of plants .US department of agriculture.information.Bulletin 283.
- **BINET P., 1982**. production primaire et accumulation des bièlements au niveau du population pure d' Atriplex hastat l des rives de l'estuaires de la sève .Oecol .plant
- **BOIVIN, P. & JOB, J.O. (1988)**. Conductivimétrie électromagnétique et cartographie automatique des sols salés. Cahiers ORSTOM de Pédologie 24.
- **BOUAOUINA S., E. ZID & HAJJI, M. 2000**. Tolérance à la salinité, transports ioniques et fluorescence chlorophyllienne chez le blé dur (*Triticum turgidum* L.), Zaragoza : CIHEAM-IAMZ, 8 : 239-243 .
- **BOUCHOUKH I., 2010-** Comportement écophysologique de deux Chénopodiacées des genres Atriplex et Spinacia soumises au stress salin .p 16- 29- 6 -35 .
- **BOUDA S., HADDIOUI A** - Effet du stress salin sur la germination de quelques espèces du genre Atriplex. Revue « nature & technologie ». N° 05/juin 2011. P 72 à 79.
- **BOUDJELAL A., 2013-** Extraction, identification et détermination des activités biologiques de quelques extraits actifs de plantes spontanées (Ajugaiva, Artemisia herba alba et Marrubiumvulgare)de la région de M'Sila, Algérie.thèse doctorat : Biochimie Appliquée.Annaba : Université Badji Mokhtar,61p.
- **BOULLARD B., 2001-PLANT MEDICINALES DU MONDE-Croyances et Réalités**.Ed ESTEM, Paris.645.
- **BOUTEKJENET. C ., 1987** . Contribution à l'étude chimique d'artémisia herba alba, projet de fin d'étude en génie chimique. Ecole nationale polytechnique Alger.

- **BOUZIDIA et ELAMANI .,1980.**irrigation à l'eau salée de deux variétés de cotonnier centre de recherche agronomique Tunisie pp 35-44.
- **CHAMAYOU.H., LEGROS., JP., 1989** : Les bases chimiques, physiques et minéralogiques de la science du sol, Ed presse universitaires; Paris, pp 223- 225.
- **CHEVRREY C. ,1995.** Plante behaviour in saline environnement . Action eau N°4 Séance spécialisée du 22 mars 1995. Ed .Acad . Agro . France,49P.
- **CHUNGYANG.C et KAIYUN.W.,2001** .Differbces in drought responses of three contrasting Eucalyptus microtheca Emuell population Uni of Helsinki Finland Forest Ecology and Management VOL179,pp377-385.
- **CHURCHMAN G.J.,SKJEMSTAD J.O AND OADES J.M.(1993).**influence of effects of sodicity on soil. *Australian journal of soil research* 31:779-800.
- **CLAUSSEN.K.,LUTHEN.H.,BLATT.M.,BOTTGER.K.,LUTHEN.H.,BLATT.M. ,BOTTGER.M.,1997.**auxin induces growth and its linkage to potassium channels.planta 201:227-234.
- **COMEAU A . & HABER S ., (2004).**Resistance and tolerance to BYDVs/CYDVs in cereals.204-218PP.In: Lapierre H.& signorek A . viruses and virus diseases of poaceae (gramineae). INRA, paris ISBN 2:7380-10881.
- **COOKD.R.(1999)** Medicago truncatula a model in the making! *Curr. OPIN . plant.biol . 2* :301-304.
- **DUCHAUFFOUR ,P.,MAURICE B et BERNARD S .,1979.**pédologie 2. « constituants et propriétés des sols » ; Ed . Masson ;paris .
- **DJAMEL.R.1993** .Contribution à l'étude de la salinité des sols et d'eau du lac Fetzara ; Annaba .Thèse magistère .INA ; Alger.
- **DOMMERGUES ; M et MANGENOT.R ; 1970** ; Ecologie microbienne. Ed ; Masson ; Paris pp19-23.
- **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.
- **EL HOUSSINE T., ABDEHNAJID B &KHADIJA S. , 1998.** Effet d'un stress osmotique sur l'accumulation de proline, de chlorophylle de ARNm codant pour la glutamine synthétase chez trois variétés de blé (*tritucum durum*).*Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, 1997-1998,21,81-87.*
- **ELMAKAOUL,1987** .Etude de la tolérance du NaCl chez le blé dur tendre et d'orge thèse ING, Montpellier France.

- **EL RHAFFARI L.** (2008). Catalogue des plantes potentielles pour la conception de tisanes, l'organisation non gouvernementale italienne (MOVIMONDO), p 11.
- **ELOUKIL M.,2013-** " Valeurs nutritive de l'armoise blanche (*Artemisia herba alba*) comparée à l'unité fourragère de l'orge".Thèse de matser,Univ.Tlemcen-ABOU BEKR BLKAID ,5-7p.
- **FERCHICHI A.,CHAIEB C.,FERJANI E., 2004.**Caractérisation de la variabilité du comportement phytologique de certaines populations d'*Artemisia herba- alba* du sud tunisien.CIHEMA.vol.(62):211- 216p.
- **FLOWERS TJ., TROKE PF., YEO AR 1977-** The mechanism of salt tolerance in halophytes. Annual Review of Plant Physiology 28, 89–121. doi:10.1146/annurev.pp.28.060177.000513
- **GEIGER D.& Servaites J .,(1991).** carbon allocation and response to stress . 103-127 PP. In : Mooney H. Winner W ., pell E. & chu E.Response of plant to multiple stresses. Academic press. San Diego.
- **GREENWAY H., MUNNS R., 1980-**. Mechanisms of salt tolerance in non-halophytes. Ann. Rev. Plant Physiol 31, p. 149–190.
- **GHASSEMI .F.,JAKE MAN.J andNIX .H-A.,1995** .salinisation of land and watre resources. Human causes,axtent, management and case studies Australia –centre for resources .
- **GHARABI Z. SAND RL ., 2008-***Artemisia herba alba* asso. A guide to Medicinal Plants in North Africa :49-49.
- **GIRARD P., PROST J., BASSEREAU P., 2005.** Passive or Active Fluctuations in
 - Membranes Containing Proteins Phys. Rev. Lett. 94, 088102: 60-64.
- **GREENWAY H., MUNNS R., 1980.** Mechanisms of salt tolerance in non-halophytes. *Ann. Rev. Plant Physiol* 31, p. 149–190.
- **GUIGNARD J.L., 1998:** Abrégés botanique. 11^e édition. Edition Masson. Pp.49-205.
- **HADJARIS. S ; 1999,** etudes du comportement de l'orge (*Hordeum Vulgare*) et du triticales au double stress hydrique et salin ;Thèse ING ,ISA ,Tiaret.
- **HADJI M., GRIGNON C., 1985.** Identification des transports de K⁺ [Rb⁺] affectés par NaCl dans la racine de Laurier rose. *Physi. Végé.* 23: 3-12.
- **HALFAOUI; JACQUIN,1988.** la fertilisation en Algérie, en particulier la fertilisation phosphaté par le phosphates nature de Chélif 20à22 mars.
- **HALITIM .A.1973.**étude expérimentale de l'amélioration des sols sodique d'Algérie en vue de leur mise en culture .thèse doctorat même cycle université de Rennes ,171 P.

- HAMZA.M.,1980.**Réponses des végétaux a la salinité .Revue physio .Végétale,Ed . Gauthier villars, vol 18 :69-81.
- **HAMZA.M., 1982.** Adaptation physiologique des plantes cultivées à la salinité,bulletin soc;Ecophysiologie végétale 169-184PP.
- **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.
- **HARE P.D,CRESS W.A and VAN STADENJ,1998.**dissecting the rols of osmolyte accumulation during stress plant cell environ 21,535-553.
- **HASSANI A., DELLAL A., Belkhdja M. & Kaid-Harche M. ,2008 .** Effets de la salinité sur l'eau et certains osmolytes chez l'orge (*Hordeum vu/gare*). Eur J. Scient. Reser. 23(1): 61-69.
- **HERNANDEZ.,J.A,A.JIMENEZ.,p .MULLINAUXandF.SEUILLA.,2000 .**Ttolerance of pea (*pisum sativum L .*) to long term salt stress is associated with induction of antioxidant defences .plant cell Environ .,23:853-253.
- **HOPKINS.W.G.,2003 .**physiologie végétale .traduction de la 2^{ème} édition Américaine par SERGER.ED.DeBoeck,p66-81.
- **HOPKINS, 2003.**Physiologie végétale. Livre,De Boeck Universite rue des Minimes 39,B-1000 Bruxelles. P: 452- 464.
- **HUBAC.C.G,GERRIER.D and FERRAN.J,1969.**résistance à la sécheresse du carex pachystylis (J gay).plante de desert du neguev.OE COL.plant. gautiers vitters .IV ,18 , 325-345.
- **ISERIN P (2001).** Larousse Encyclopédie des plantes médicinales: Identification, préparations, soins. Ed Larousse, p 66, 292, 293, 295, 296, 298.
- **ITO C., ITOIGAWA M., ONODA S., HOSOKAWA A., RUABGRUNGSIN., OKUDA T.,TOKUDA H., NISHINO H. FURUKAWA H., 2005.** Chemical constituents of *Murraya siamensis*: three coumarins and their anti- tumor promoting effect. Phytochemistry.vol.(66): 567 -572.

- **JABNOUNE M., 2008**- adaptation des plantes au stress Salin : caractérisation de la transporteur de sodium et potassium de la famille HKT chez le riz .Thèse doctorat, univ Montpellier II.
- **JAMES,F.,FOLZER., parent,C.,Badot ,P-M.,NICOLES,C .(2006)** .hyposaa stress :current understanding and perspectives In :Floriculture,Ornamental and plant Biotechnology: Advances and topical Issues (1st Edition),Tiexeira da silva JA(ed), Global science books, London, UK ,pp 664-674.
- **JIA.w.,vwang.H.,ZHANG.CH.,ZHANG.J.,2002**.stress salt-induced ABA accumulation is more sensitively triggered in roots than in shoots.JEXP BOT.53:2201-2206.
- **JIN Z.M.WANG C.H.,LIU Z.P.,GONG W.J.,2007**,physiological and ecological characters studies on *Aloe vera* under process bioch.42:710-714.
- **KHAN MA ,GUL B ,WEBER DJ.,2006**.action of plant growth regulators and salinity on the seed germination of *ceratoides lanata*,Canadian journal botany 82,37-42.
- **KHIREDDINE H., 2013** . Comprimés de poudre de dattes comme support universel des principes actifs de quelques plantes médicinales d'Algérie.thèse Magistère : Technologie Alimentaire. WEPIERRE J. 1981- Abrégé de pharmacologie générale et moléculaire.Ed.Masson, Paris.203p.
- **KOURDALI .N ,1987** ; contribution à l'étude de quelques propriétés des sols salé de la plante de la Mina ;Relizane (INA).
- **LANGEVIN F. & LÉVESQUE M.(2005)** .la santé des racines : le monde de la complexité . SPPQ . Québec . Phytoprotection . 861 :43-52 .
- **LASRAM. M , 1995** ;Salinity problems in the Mediterranean's area ,Ed académie de paris N°2 , séances pecialisée du 22 mars 1995.
- **LEVIGNERON.A ;LOPEZ.F ;VANSYT.G ,BETHOMIEN,pand;CASSE.DEBA RT.F,1995**.les plantes face au stress salin;cahier agriculture ;VOL4 ; pp263-273.France .
- **LEVIT , 1972**.Reponses of plants to environmental stresses,Academic press New York.

- MAILLARD, J. (2001)- Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone sahélienne. Risques et recommandations. Handicap International. Novembre 2001, 34 p.
- **MAKAOUI N-JAQUIN .F ; 1984** ; Essai de corrélation entre propriétés biochimiques D'un sol sodique et sa biomasse, Soil Boil Bioche Vol 17 N°1 ,pp23-26.
- **MARIH .R, 1991**. Répartition saisonnière et spatiale de la salinité au niveau de la station INRAA de H'MADNA (Reizane) .Thèse INGISA de Tiaret.
- **MARSCHNER H., 1995**. Mineral nutrition of higher plants. 2nd edn.London:
 - Academic Press.
- **Matteucci E et Giampie L (2008)**. Proposal open for discussion : defingar ed diagnostic procedures in experiment al diabetes research. J Etho Pharmacol, 115 : 163-72 .
- **MELONI.D.A.,OLIVA.M.A.,RUIZ.H.A.,MARTINEZ.C.A.,2001** .contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress . J.plant nutr . 24,599-612.
- **MESSAI L., 2011**. Etude phytochimique d'une plante medicinale de l'Est algérien (*Artemisia herba alba*). Thèse de Doctorat. Université de Constantine.
- **MEZNI M., ALBOUCHI A., BIZID E., HAMZA M., 2002**. Effet de la salinité des eaux d'irrigation sur la nutrition minérale chez trois variétés de luzerne pérenne (*Medicago sativa*) .Agronomie. 22: 283-291.
- **MICHEL. CG et al., 2005**: Sols et environnement Dunod, Paris, Pp: 609; 612; 620.
- **MOHAMED,A., MAGDI H., EL-SAYED A., HEGAZY M., E. HELALY1 S., ESMAIL A ET MOHAMED NS. (2010)**. Chemical Constituents and Biological Activities of *Artemisia herba-alba*. *Rec. Nat. Prod.* 4:1 (2010) 1-25.
- **MOULAI D.,2009**-"Recherche de marqueurs génétiques liés à la tolérance à la salinité chez des écotypes d'espèces annuelles de *Medicago*"Thèse de Magister , Univ.d'oranes-SENIA ,26-27 p.
- **MUNNS R, Termaat A., (1986)** .Whole-plant responses to salinity. Australian Journal of Plant Physiology 13: 143-160.
- **NABLI M. A.,** Essai de synthèse sur la végétation et la phyto-écologie tunisiennes, tome I. Ed. MAB 1989 (Faculté des sciences de Tunis) ; 186-188 p.
- **NOIRAUD.N ,DELROT.S and LEMOINE.R ,2000** .the sucrose transporter of celery identification and expression during salt stress plant physiol,vol 122PP379-389.

- **OBER.ES.,SHARP.RE.,1994.**proline accumulation in maize (*zae Mays L*) primary roots at low water potentials .I. requirement for increased levels of abscisic acid .plant physiol 105:981-987.
- **Parida A.K., Das A.B. (2005):** Salt tolerance and salinity effect on plants: review. Ecotoxicology and Environmental Safety. Vol.60, pp. 324-349.
- **PEDRIZA T.,1974.** effet of chlorophyll deficiency on proline metabolism in higher plants fiziologica rostamia pp21,47-53.
- **POTTIER G.,1981.**Artemisiaherba-alba.Flore de la Tunisie :angiospermes-dicotylédonesgamopétales10-12p.
- **QADIR, M. & Schubert, S. (2002).** Degradation processes and nutrient constraints in sodic soils. Land Degradation & Development, 13: 275-294.
- **QUZEL P., SANTA S.,1962-** Nouvelle flore de l'Algérie et de régions désertiques méridionales.Ed. C.N.R.S, Paris. 1165p.
- **SALIDO S., Valenzuela L. R., Altarejos J., Noguera M., Sanchez A.et Cano E. (2004).** Composition and infraspecific variability of *Artemisia herba-alba* from southern Spain. *Biochem. Syst. Ecol.*, 32, 265-277.
- **SEEMAN, J.R. and C.Criteheey., 1985.** Effect of salt stress on the growth, ion content, *Phaseo/us vulgaris* L. Planta. 164: 151-162.
- **SEHARI N.,2011-**"Etude effet du stress slain (NaCl) sur le comportement écophysologique d'une légumineuse cultivée (*Lens culinaris L*) en sol à bentonite". thèse de Magister , Univ .d'oran-SENIA ,26-27 p.
- **SHILPI & NARENDRA., 2005** .cold salinity and drought t stress.
- **STEWART.G.R et LARHER., .1981;** Accumulation of amino acid and related compounds in relation to environmental stress .Bio.Ofplant Vol 5 P 609-35.
- **TOURAT S., BEN TORCHA S., 2016** .caracterisation physiol-morphologique de quelques populations d'Armoise blanche (*Artimisia herba alba .Asso*)vis-à-vis du stress salin .thèse master .universite de M'sila .89P.
- **TREMBLIN G., 2000:** Comportement auto-écologique de *Halopeplis amplexicaulis*: plante pionnière des sebkhas de l'ouest algérien. Sécheresse.11 (2): 109-1
- **TWAIJ HA, AL-BADR A.,1988-** Hypoglycaemic activity of *Artemisia herba-alba*.J Ethnopharmacol.vol. 24 (2-3):123–126.
- **WU.Y.,SPOLLEN.WG.,SHARP.RE.,HETHERINGTON.PR.,FRY.SC.,1994.**

- Root growth maintenance at low water potentials in creased activity of xyloglucan endotransglycosylase and its possible regulation by abscisic acid .plant physiol 106:607-615.
- **ZAIM A., El Ghadraoui L. et Farah A. (2012).** Effets des huiles essentielles d'*Artemisia herba- alba* sur la survie des criquets adultes d'*Euchorthippus albolineatus* (Lucas, 1849). *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, section Sciences de la Vie, 34 (2) : 127-133.
- **ZHANG.HX.,HODSON .JN.,WILLIMAMS.JO.,BLUMWALD.E.,2001.**engineering salt . tolerant brassica plants:characterization of yield and seed oil quality in transgenic plants with increased vacuolar sodium accumulation. Proc.NALT. Acad.Sci.USA 98:12832-12836.
- **ZHU.JK., 2002.** salt and drough stress signal transduction in plants.Annu.rev.plant BIO35:247-273.
- **ZHU.JK., 2003.** regulation of ion homeostasis under salt stress.curent opinion in plant biology 6:441-445.
- **ZIANI, 2001,** Comportement de l'orge et du triticales en contraintes hydriques et salines .Thèse ING ; ISA ,11-22pp.

ANNEXES

ANNEXES**ANNEXE 1: dosage des chlorophylles****Protocole expérimental du dosage de la chlorophylle :**

La teneur en chlorophylle a été déterminée par la méthode de MACKINEY (1941). Il s'agit de broyer 100mg de matière fraîche en présence d'acétone 80% après filtration on mesure la densité optique aux valeurs d'absorption spécifiques 663nm et 645nm.

Les quantités en mg/100mg de matière fraîche des chlorophylles a et b sont déterminés par les formule suivantes :

$$Ch_a = 12 DO_{633} - 2.67 DO_{645}$$

$$Ch_b = 22.5 DO_{645} - 4.68 DO_{663}$$



Figure 01 : broyage de feuilles d'Artemisia herba alba pour dosage de la chlorophylle.

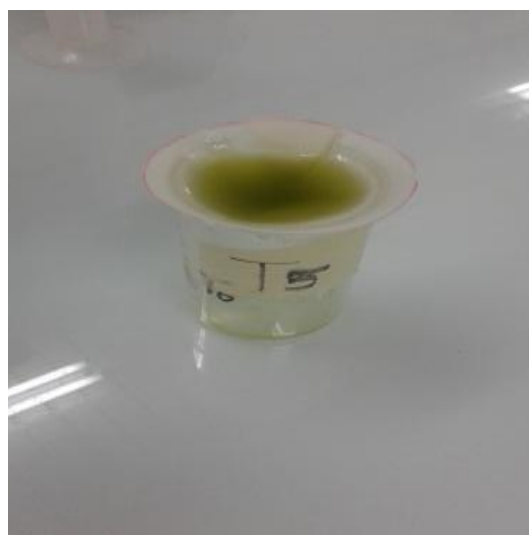


Figure 02 : Photo de filtration des extraits des feuilles pour le dosage de Chlorophylle.

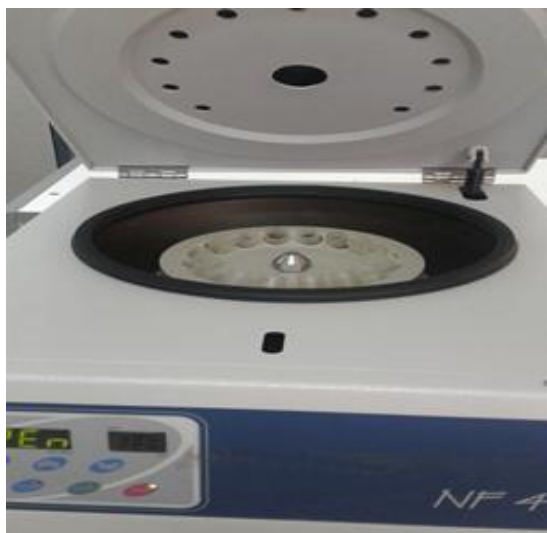


Figure 03 : Centrifuger après la filtration des Extraits des feuilles *Artimisia herba alba*



Figure 04 : photo des extraits feuilles *Artimisia herba alba* pour dosage de Chlorophylle.



Figure 06 : la lecture de la DO 663nm et645nm.

ANNEXE 2: dosage des sucres solubles

Les sucres solubles sont dosés par la méthode de DREYWOOD(1946) modifiée par SHIENDS et BURNETT (1960) ; le principe de la réaction est basé sur la coloration des produits de dégradation des oses neutres par l'acide sulfurique, qui très concentré, transforme à chaud les glucides en dérivés sulfuriques se colorant en Bleu-vert avec l'anthrone.

Extraction

100mg de la matière fraîche sont placés dans un tube à essai ajouter 3ml d'éthanol à 80% et laisser l'extrait 48h à une température ambiante.

❖ *Préparation du Réactif*

Il est constitué de 0.2g d'anthrone pure dissout dans un 1 litre de H₂SO₄. Préparé 4 heures avant le dosage et se garde au frais.

❖ *Préparation la courbe étalon*

- Une première solution S₁ est préparée de la manière suivante :
- 100mg de glucose sont portés dans une fiole jaugée de 100ml compléter à 100ml avec de l'éthanol 80% c'est la solution S₁
- Ensuite on prélève 10ml de la solution S₁ qu'on porte dans une fiole jaugée compléter à 100ml avec de l'éthanol 80%, on obtient une solution mère S₂ de concentration en glucose égale à 100mg/ml
- 10 fioles jaugées de capacité 10ml sont prises et numérotées de 1 à 10, dans lesquelles on met respectivement de 1ml à 10ml (à l'aide d'une pipette de 10ml) puis ajustées à 10ml avec de l'éthanol 80%
- 11 tubes à essais sont pris et numérotés de T₀ à T₁₀
- T₀ contient 2ml éthanol 80% qui servira à faire le zéro lors de la lecture des densités optiques
 - T₁= 2ml prélevé de la fiole n°1, soit 10µg de glucose
 - T₂= 2ml prélevé de la fiole n°2, soit 20µg de glucose
 - T₃= 2ml prélevé de la fiole n°3, soit 30µg de glucose
 - T₄= 2ml prélevé de la fiole n°4, soit 40µg de glucose
 - T₅= 2ml prélevé de la fiole n°5, soit 50µg de glucose
 - T₆= 2ml prélevé de la fiole n°6, soit 60µg de glucose
 - T₇= 2ml prélevé de la fiole n°7, soit 70µg de glucose
 - T₈= 2ml prélevé de la fiole n°8, soit 80µg de glucose

- T9= 2ml prélevé de la fiole n°9, soit 90µg de glucose
- T10= 2ml prélevé de la fiole n°10, soit 100µg de glucose

❖ **Dosage**

On allume le bain marie à 92°C

- 2ml d'extrait sont prélevés et mis dans des tubes à essai baignant dans la glace fondante
- 4ml de réactif est ajoutée dans les tubes (dans les extraits et les étalons)
- les tubes sont portés au bain-marie pendant 8minutes à 92°C, une coloration bleu-vert apparaît
- on retire les tubes pour les placer directement dans la glace fondante afin d'arrêter la réaction
- puis ils sont mis à l'obscurité au froid durant 30minutes.
- la lecture de la DO se fait à une longueur d'onde de 585nm

➤ $Y=aX+b$

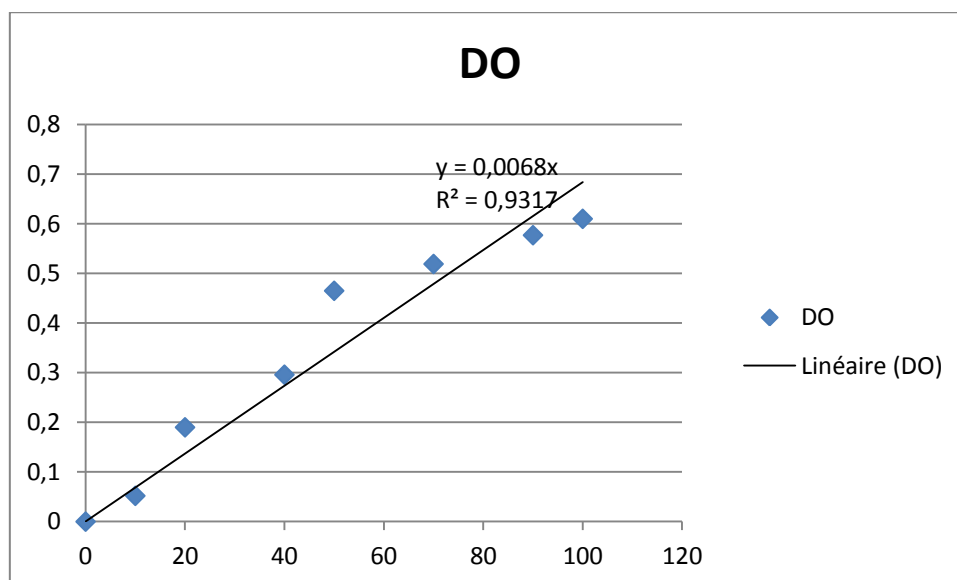
➤ Y=Densité optique

➤ X= quantité de glucose

➤ MF= masse de la matière fraîche

➤ Y= teneur en sucres

➤ 180.16= masse molaire de glucose.



Courbe 2 : Le courbe étalon du dosage des sucres totaux

✓ La teneur en sucre est donnée par la relation suivante

$$Y = X \cdot 3 \cdot 1000 / MF \cdot 180.16$$



Figure 01: Photo des étalons pour dosage les Sucres



Figure 02: Photo des extraits des feuilles de l'armoise blanche pour le dosage du Sucre



Figure 03: Photo du l'extraits des feuilles avant le mettre dans bain marie.

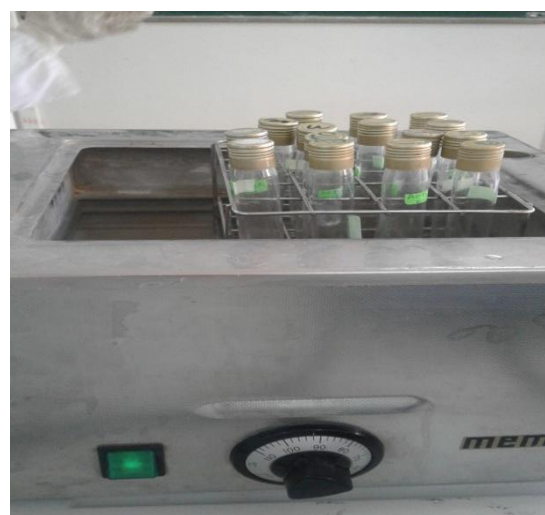


Figure 04 : Photo du l'extraits des feuilles dans bain marie.

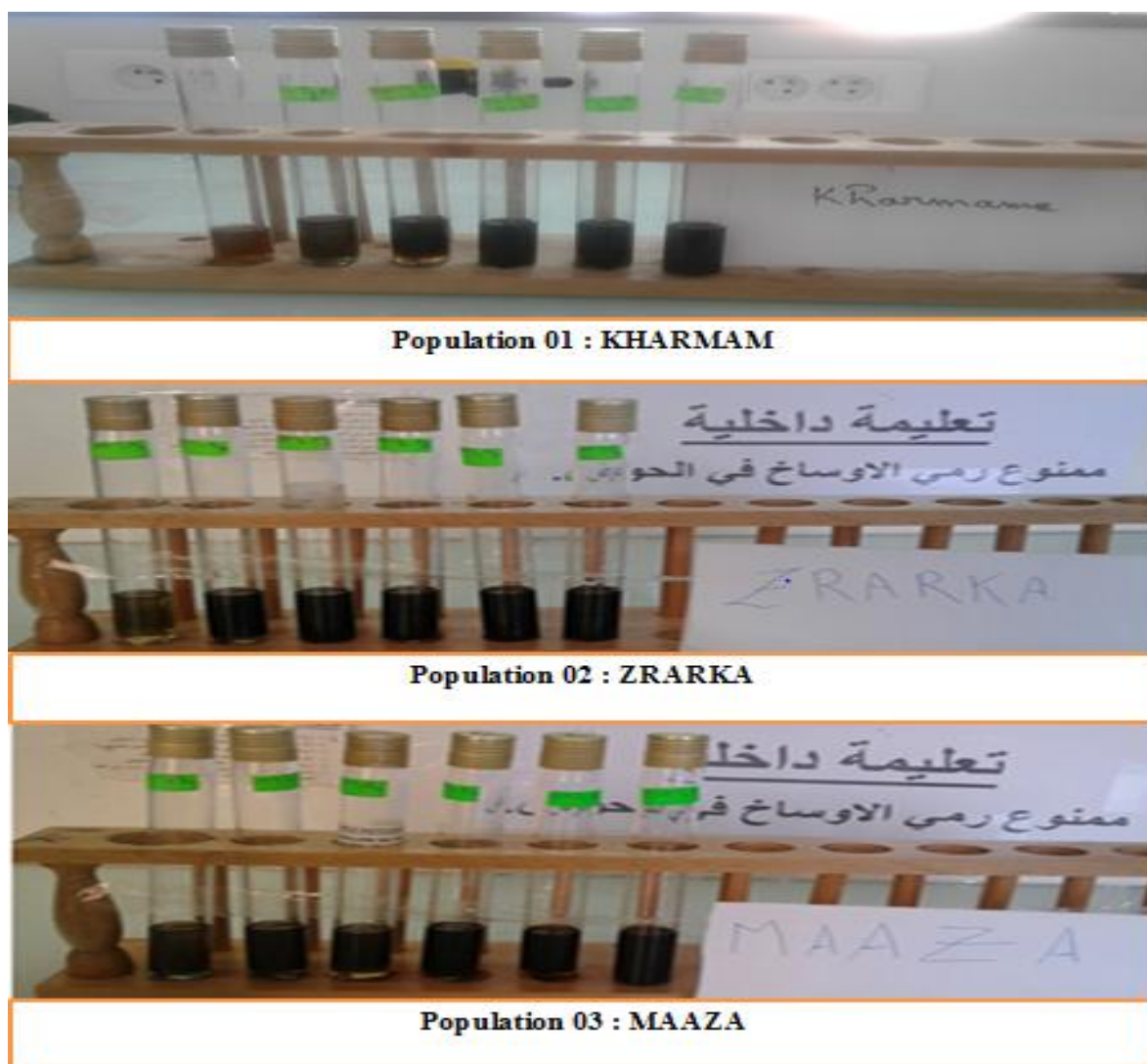


Figure 05 : Photo du l'extraits des feuilles Pour la lecture à l'aide de spectrophotomètre.



Figure 06 : la lecture de la DO à 528nm.

ANNEXE 3: dosage des ions Na^+ et K^+

Le matériel nécessaire

- HNO_3 acide nitrique
- NaCl pour analyse
- KCl pour analyse
- Eau distillée ou eau déionisée
- Verreries (1l et 100 ml)
- Éprouvettes (50ml), pipettes
- Balance pour analyse
- Tubes plastiques de 10 ml avec bouchons à vis
- Étuve à 60 -70°C

Dilution de l'acide nitrique HNO_3 à 0.5 M

- mettre 900 ml d'eau distillée dans une fiole de 1 litre, ajouter 31.9 ml d' HNO_3 concentré (utiliser une éprouvette de 50 ml pour mesurer 31.9 ml de l'acide)
- fermer la fiole est mélangé doucement

Préparation de l'extrait végétal

- ✓ L'extraction par l'acide dilué selon la méthode de HUNT (1982) peut varier selon la quantité du matériel végétale et selon la nature du matériel végétale, si il est léger et mince et donc facilement pénètre par l'acide ; ou se il est volumineux et fibreux donc nécessite un broyage au préalable.
- ✓ La surface des feuilles devait être rince en cas de contamination en surface par les mains ou par des jets de solutions salins.
- ✓ La surface des racines doit être rincée en solution, mais rapidement car il y a une efflux du Na^+ à travers les racines. Un trempage de 20 secondes dans des fortes concentrations (supérieurs à 150 Mm de NaCl) salines il est recommandé de les racines avec une solution iso osmotique afin d'éviter les pertes de la turgescence due aux chois osmotique. La solution iso osmotique sonde obtenues par le sorbitol, mannitol ; ou PEG, La présence de CaNO_3 devait être en plus présente. Il est difficile d'obtenir un poids frée racinaire (masse racinaire) sans adhérence de solution.

La méthode

peser 100 mg de matière sèche, puis mettre dans un tube plastique de 10 ml, ajouter 10 d'acide nitrique 0.5M, pour des quantités faibles de matières sèches (20-50mg ajouter 5ml

d'acide HNO₃ à 0.5M) ; utilisé le blanc uniquement de l'acide nitrique à 0.5 M sans matière sèche

- mettre les extraits (tubes avec de la MS et de l'acide nitrique 0.5 M) en agitation pendant 2 jours ou, mettre les extraits dans l'étuve à 80 ° C pendant 1 heure, mélanger une fois pendant ce temps et une fois après refroidissement
- après extraction laissé la matière sèche se déposer dans le fond du tube, les extraits doivent être filtrés ou centrifugés si nécessaire

Préparation des solutions étalons

- préparer des solutions mères de 50µg/ml de Na⁺ et K⁺, puis à parer de ces solutions stocks préparer des solutions filles 0,0.5,1,2.5,5,10,20,25µg/ml.
- pour une solution mère de 50/ml de Na⁺ : mettre 12.71mg de NaCl (préalablement séché à 60 ° C) dans 100 ml d'acide HNO₃ à 0.5M ; les solutions filles sont préparer de la façon suivante :

50µg/ml	0	0.5	1	2.5	5	10	15	20	25
Quantité à prélever de la solution stock de NaCl 50µg/ml	0 ml	0.5	1	2.5	5	10	15	20	25
Quantité de l'acide HNO ₃ 0.5M à ajouter	50 ml	49.5	49	47.5	45	40	35	30	25

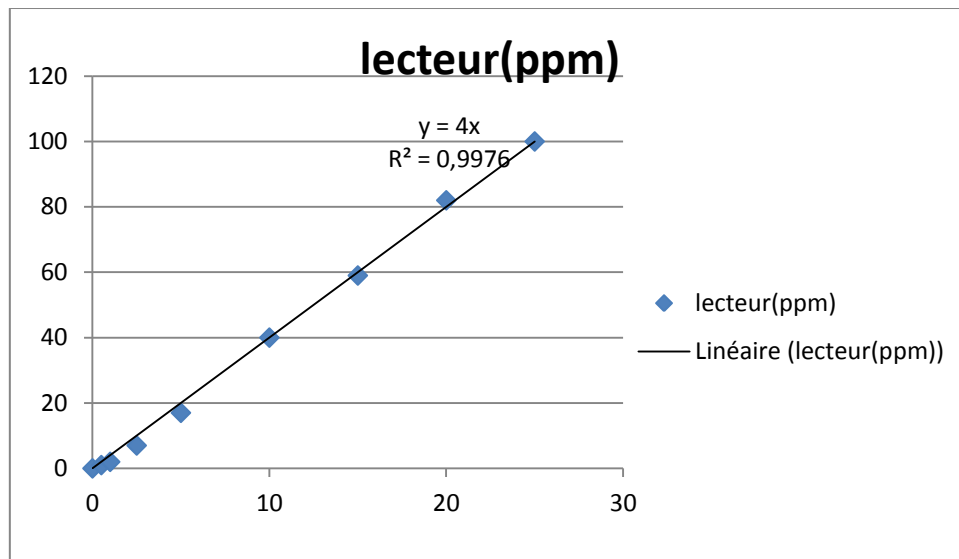
- Pour une solution mère de 50µg/ml de K⁺ : dissoudre 9.55 mg de KCl (préalablement séché à 60 ° C) dans 100 ml d'acide HNO₃ à 0.5M ; les solutions filles sont préparer de la façon suivante :

50µg/ml	0	0.5	1	2.5	5	10	15	20	25
Quantité à prélever de la solution stock de KCl 50µg/ml	0 ml	0.5	1	2.5	5	10	15	20	25
Quantité de l'acide HNO ₃ 0.5M à ajouter	50 ml	49.5	49	47.5	45	40	35	30	25

Pour la lecture sous spectrophotomètre à flamme

- pour la solution étalon 10µg/ml de K⁺ régler le spectrophotomètre à la valeur de 100
- pour la solution étalon 25µg/ml de Na⁺ régler le spectrophotomètre à la valeur de 150

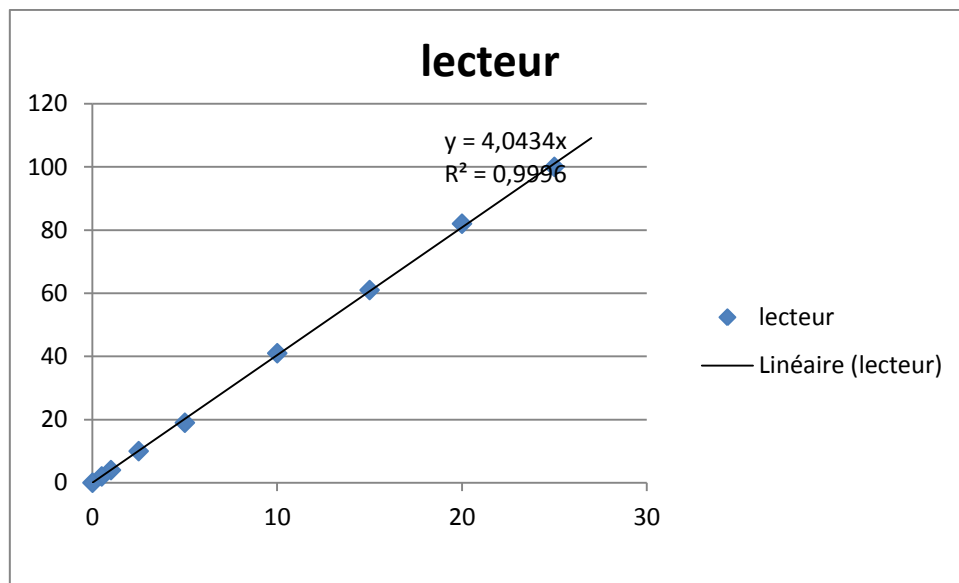
- utiliser l'acide HNO_3 0.5M pour le zéro de la lecture (blanc)



Courbe 3 : Le courbe étalon du dosage des ions Na^+

✓ La teneur en Na^+ est donnée par la relation suivante

$$\text{Teneur en } \text{Na}^+ (\mu\text{M/g de MS}) = [\quad] \text{ en } \mu\text{g/ml} \times 100 \times 10 / 100 \times 23$$



Courbe 4 : Le courbe étalon du dosage des ions K^+

✓ La teneur en K^+ est donnée par la relation suivante

$$\text{Teneur en } \text{K}^+ (\mu\text{M/g de MS}) = [\quad] \text{ en } \mu\text{g/ml} \times 100 \times 10 / 100 \times 40,08$$



Figure 01 : broyage les MS des feuilles et des racines d'Artemisia herba alba pour dosage des ions Na^+ et K^+ .



Figure 02: Photo des étalons pour dosage les ions Na^+



Figure 03: Photo des étalons pour dosage les ions K^+



Figure 04: Photo des extraits des feuilles et racines de l'armoise blanche pour le dosage des ions Na^+ et K^+

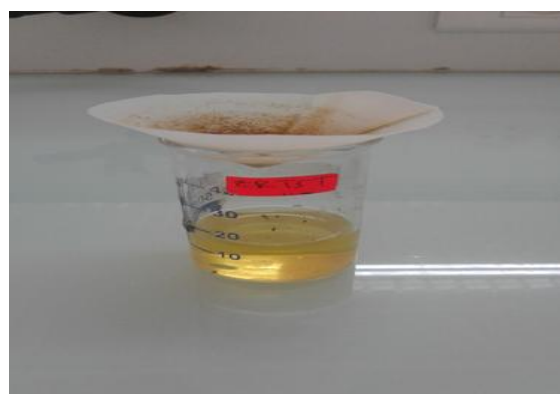


Figure 05: Photo des filtrations des extraits



Figure 05 : Photo du l'extraits des feuilles et racines après la filtration pour la lecture à l'aide de spectrophotomètre à flamme.



Figure 06 : photo de lecture avec spectrophotomètre à flamme.

ANNEXE 04 : Les analyses de variances pour le stress salin

ANALYSE DE VARIANCE : (Effet de la salinité sur la teneur en chlorophylles).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	132,531	52	2,549				
VAR.FACTEUR 1	42,019	2	21,009	526,045	0		
VAR.FACTEUR 2	78,509	5	15,702	393,15	0		
VAR.INTER F1*2	10,606	10	1,061	26,555	0		
VAR.RESIDUELLE 1	1,398	35	0,04			0,2	3,76%

ANALYSE DE VARIANCE : (Effet de la salinité sur la teneur en sucre).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	483,858	52	9,305				
VAR.FACTEUR 1	133,926	2	66,963	1426,317	0		
VAR.FACTEUR 2	283,877	5	56,775	1209,317	0		
VAR.INTER F1*2	64,412	10	6,441	137,198	0		
VAR.RESIDUELLE 1	1,643	35	0,047			0,217	4,23%

ANALYSE DE VARIANCE : (Effet de la salinité sur la teneur en sodium de la feuille).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	119292,8	52	2294,092				
VAR.FACTEUR 1	89574,02	2	44787,01	255,692	0		
VAR.FACTEUR 2	7141,773	5	1428,355	8,155	0,00004		
VAR.INTER F1*2	16446,36	10	1644,636	9,389	0		
VAR.RESIDUELLE 1	6130,602	35	175,16			13,235	18,44%

ANALYSE DE VARIANCE : (Effet de la salinité sur la teneur en sodium de la racine).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	36730,77	52	706,361				
VAR.FACTEUR 1	26237,44	2	13118,72	101,095	0		
VAR.FACTEUR 2	577,914	5	115,583	0,891	0,49913		
VAR.INTER F1*2	5373,621	10	537,362	4,141	0,00083		
VAR.RESIDUELLE 1	4541,801	35	129,766			11,391	25,80%

ANALYSE DE VARIANCE : (Effet de la salinité sur la teneur en potassium de la feuille).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	7194,442	52	138,355				
VAR.FACTEUR 1	2919,955	2	1459,978	107,899	0		
VAR.FACTEUR 2	2854,042	5	570,809	42,185	0		
VAR.INTER F1*2	946,859	10	94,686	6,998	0,00001		
VAR.RESIDUELLE 1	473,585	35	13,531			3,678	10,72%

ANALYSE DE VARIANCE : (Effet de la salinité sur la teneur en potassium de la racine).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	4103,527	52	78,914				
VAR.FACTEUR 1	846,649	2	423,325	36,243	0		
VAR.FACTEUR 2	168,076	5	33,615	2,878	0,02789		
VAR.INTER F1*2	2679,991	10	267,999	22,945	0		
VAR.RESIDUELLE 1	408,81	35	11,68			3,418	13,07%



Figure 01 : Photo du dispositif expérimental avant le stress.



Figure 02 : Photo des touffes après le stress salin.



Figure 03 : Photos de comparaison des touffes de différents traitements après le stress.

ملخص:

من أجل دراسة التباين الداخلي لاستجابة الملوحة لبعض العوامل الفيزيولوجية والكيميائية الحيوية في الأرتيميزيا اربا ألبا، أجريت دراسة على ثلاث مجموعات من الشيح الأبيض (معازة، زرارة و خرمام). وكان محتوى اليخضور أقل مع الإجهاد الشديد، لوحظت درجات أفضل في اثنين من الأنماط معازة و زرارة 3.84 و 3.91 ملغ / 100 ملغ من م ط. ويزداد تراكم السكريات حالما يتم تطبيق الإجهاد على المجموعات الثلاث التي تم اختبارها، مع زيادة كبيرة في كل من نمطي معازة و زرارة (476% و 580% على التوالي). التباين في محتوى الصوديوم من الأوراق في الأنماط الثلاثة من نمط معازة ، فإن محتوى الصوديوم يتناسب مع درجة الإجهاد ، في حين أنه يتناسب عكسيا في نمط زرارة، سجلت أدنى مستوياته في نمط خرمام وتقدر ب 25.67 ميلي مكافىء/ 100 ملغ من المادة الجافة. تراكم الصوديوم في الجذور يتبع ذلك من الأوراق. ويختلف محتوى البوتاسيوم من الأوراق من نمط إلى آخر، ويعبر عن تراكم قوي للبوتاسيوم في نمط خرمام، في حين أنه ينخفض في نمط زرارة. أما بالنسبة للجذور، فإن البوتاسيوم يتراكم أكثر من ذلك، حيث يكون الإجهاد شديدا في كل من نمطي معازة و خرمام، في حين أنه يقل عن 51 ميلي مولار في نمط زرارة.

الكلمات الدالة : الملوحة، أرتيميزيا أربا ألبا، اليخضور، الأنماط، السكريات، الصوديوم، البوتاسيوم

Résumé :

Afin d'étudier la variabilité intraspécifique de réponse à la salinité de quelques paramètres physiologiques et biochimiques chez l'*Artemisia herba alba* une étude a été effectuée sur trois populations d'Armoise blanche (Maaza, Zerarka et Kharmam). La teneur en chlorophylle est d'autant moins importante que le stress est sévère, des teneurs meilleures ont été enregistrées chez les deux populations Maaza et Zerarka pour des teneurs de 3.84 et 3.91 mg/100mg de MF. L'accumulation des sucres s'intensifie dès que le stress est appliqué chez les trois populations testées, avec des taux d'augmentations considérables chez les deux populations Maaza et Zerarka (476% et 580% respectivement). une variabilité de la teneur en sodium des feuilles s'exprime au sein des trois populations, chez la population Maaza, la teneur en sodium est proportionnelle au degré du stress, alors qu'elle est inversement proportionnelle chez la populations Zerarka, les plus faibles teneurs ont été enregistrées chez la population Kharmam estimées à 25.67meq/100mg de MS. L'accumulation du sodium dans les racines suit celles des feuilles. La teneur en potassium des feuilles diffère d'une population à l'autre, une forte accumulation du potassium s'exprime chez la population Kharmam, alors qu'elle diminue chez la population Zerarka. Pour les racines le potassium s'accumule d'autant plus que le stress est sévère chez les deux populations Maaza et Kharmam, alors qu'il diminue au-delà de 51mM chez la population Zerarka.

Mots clés : salinité, *Artemisia herba alba*, population, chlorophylle, sucres, sodium, potassium.

Abstract:

In order to study the intraspecific variability of the salinity response of some physiological and biochemical parameters in *Artemisia herba alba*, a study was carried out on three populations of white wormwood (Maaza, Zerarka and Kharmam). Chlorophyll content was lower with increased salinity, greater content were observed in the two Maaza and Zerarka populations for 3.84 and 3.91 mg / 100 mg of FW. The accumulation of sugars intensifies as soon as stress is applied in the three populations tested, with considerable increases in both Maaza and Zerarka populations (476% and 580%, respectively). Variability in sodium content of the leaves is expressed in the three populations, in Maaza population, the sodium content is proportional to the degree of stress, whereas it is inversely proportional in the Zerarka populations, the lowest levels were recorded among the Kharmam population estimated at 25.67meq / 100mg of DW. The accumulation of sodium in the roots follows variations of the leaves. The potassium content of the leaves differs within population tested, a strong accumulation of potassium is expressed in the Kharmam population, whereas it decreases in the Zerarka population. For roots, potassium accumulates increasingly with stress is severe in both the Maaza and Kharmam populations, whereas it decreases beyond 51mM in the Zerarka population.

Key words: salinity, *Artemisia herba alba*, populations, chlorophyll, sugars, sodium, potassium.