

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE SAAD DAHLEB, BLIDA1
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DE BPO
OPTION : BPV (BIODIVERSITE ET PHYSIOLOGIE VEGETALE)



Mémoire de fin d'études
En vue de l'obtention du diplôme de

Master

Thème

*Etude comparative de l'effet du stress salin
sur deux espèces d'Aloe vera
au stade végétatif.*

Présenté le 30/09/2020
BELGROUN Ouissem

Devant le jury composé de :

Mme A. ZERKAOUI
Mme H.AMEDJKOUH
Mme D.CHABANE

MAA/BPO
MAA/BPO
MAA/BPC

Présidente
Examinatrice
Promotrice

Année universitaire : 2019/2020



Remerciements

Avant tout, je remercie Allah le tout puissant de m' avoir donné le courage et la force de mener à bien ce travail.

Je remercie en premier ma promotrice Mme Chabane qui est à l'origine du lancement et de la réussite de ce projet.

Je tiens aussi à remercier Mme Zerkaoui (présidente) et Mme Amedjkouh (examinatrice) d' avoir accepté de faire partie de mon jury.

Mes plus vifs remerciements, ma gratitude et ma reconnaissance vont à mes chers enseignants à qui je dois mon présent et mon futur.



Dédicaces

A l'aide de Dieu le tout puissant qui m'a éclairé les chemins du savoir, j'ai pu réaliser ce modeste travail que je dédie en premier lieu à mes très chers parents, avec tout mon amour, ma tendresse et mon estime, je n'aurai jamais pu en arriver au jour d'aujourd'hui sans eux.

A mes sœurs, mes amis, pour tout l'amour et soutien qu'ils ont pu m'apporter.

*A toute la famille BELGROUN.
A tous mes enseignants pour leurs aides et encouragements.*

A ma promotrice Mme Chabane pour sa patience et la motivation qu'elle m'apportée.



Ouissem

Résumé

Vue la pandémie du Covid 19, on a pas pu réaliser notre travail de recherche intitulé : Etude comparative de l'effet du stress salin de deux espèces d'Aloe vera, nous avons donc dirigé notre travail vers une étude comparative de deux variétés de pois chiche vis-à-vis du stress salin réalisé par (SADJI Hamida) donc le présent travail a pour but de comparer la tolérance vis-à-vis de la salinité chez 2 variétés de pois chiche *Cicer arietinum* L. et son effet sur quelques paramètres morphologiques, physiologiques et biochimiques.

Ces espèces ont subi un stress salin qu'on leur a appliqué à base de NaCl à différentes concentrations afin d'étudier leurs réponses à la salinité et l'incidence de cette dernière sur plusieurs paramètres morphologiques tels que la longueur des racines ; physiologiques telle que la teneur relative en eau RWC ou TRE et enfin biochimiques tel que la teneur en proline (PRLN) ($\mu\text{g/g MF}$), en sucre soluble (SS) ($\mu\text{g/g MF}$), etc..

Les résultats nous ont permis de remarquer le retard de germination des graines, la réduction du rendement et la sensibilité de l'efficacité symbiotique des plantes de la variété Flip 74-92C à forte concentration de sel (150mM) nous a permis de retenir la variété Flip 84-79C était plus sensible à la salinité.

La réponse des plantes à la salinité est déterminée par les paramètres morphologiques, physiologiques, symbiotiques et les composantes du rendement. Le stress salin affecte aussi la croissance des plantes.

En conditions de stress salin, une augmentation significative de la proline foliaire en fonction de l'intensité du stress est observée chez les plantes des deux variétés ; elle atteint $8,30\mu\text{g G}^{-1}$ de MVS à 100mM et $5,27\mu\text{g G}^{-1}$ de MVS à 150mM de NaCl, une augmentation significative par rapport à son témoin pour la variété Flip 74-92C.

La proline est l'un des métabolites le plus fréquemment accumulés en réponse à des contraintes environnementales variées et joue un rôle important dans la tolérance des plantes. Donc, on peut dire que la teneur en sucre soluble et la teneur en proline sont des indicateurs de la salinité.

Mots clés : Stress salin (NaCl), légumineuses, pois chiche, paramètres morphologiques, paramètres physiologiques, paramètres biochimiques.

Abstract

Given the Covid 19 pandemic, we were not able to carry out our research work entitled: Comparative study of the effect of salt stress of two species of Aloe vera, we therefore directed our work towards a comparative study of two varieties of peas. chick with respect to salt stress carried out by (SADJI Hamida) therefore the aim of this work is to compare the tolerance with respect to salinity in 2 varieties of chickpea *Cicer arietinum* L. and its effect on some parameters morphological, physiological and biochemical.

These species have undergone saline stress which has been applied using Na Cl at different concentrations to study their responses to salinity and the impact of salinity on several morphological parameters such as root length; physiological values such as relative water content RWC or TRE and finally biochemical values such as proline (PRLN) ($\mu\text{g/g MF}$), soluble sugar (SS) ($\mu\text{g/g MF}$), etc.

The results allowed us to notice the delayed germination of the seeds, the reduced yield and the sensitivity of the symbiotic efficacy of the plants of the variety Flip 74-92C with high concentration of salt (150mM) allowed us to retain the variety Flip 84-79C was more sensitive to salinity.

The response of plants to salinity is determined by morphological, physiological, symbiotic and yield components. Saline stress also affects the growth of plants.

Under conditions of salt stress, a significant increase in leaf proline depending on the intensity of the stress was observed in plants of both varieties; it reaches $8.30\mu\text{g G}^{-1}$ of MVS at 100 mM and $5.27\mu\text{g G}^{-1}$ of MVS at 150 mM of NaCl, a significant increase compared to its control for the Flip 74-92C variety.

Proline is one of the most frequently accumulated metabolites in response to various environmental constraints and plays an important role in plant tolerance.

Thus, soluble sugar content and proline content can be said to be indicators of salinity.

Keywords: Saline stress (NaCl), legumes, chickpeas, morphological parameters, physiological parameters, biochemical parameters.

ملخص

نظرًا لوباء كوفيد 19 ، لم تتمكن من إجراء عملنا البحثي بعنوان: دراسة مقارنة لتأثير الإجهاد الملحي لنوعين من الصبار ، لذلك وجهنا عملنا نحو دراسة مقارنة لنوعين من البازلاء. فيما يتعلق بالإجهاد الملحي الذي قام به (سجي حميدة) لذلك فإن الهدف من هذا العمل هو مقارنة التحمل فيما يتعلق بالملوحة في صنفين من الحمص *Cicer arietinum L*. وتأثيره على بعض المعايير المورفولوجية والفسولوجية والكيميائية الحيوية.

وقد تعرضت هذه الأنواع لإجهاد ملحي تم تطبيقه باستخدام *Na Cl* بتركيزات مختلفة لدراسة استجاباتها للملوحة وتأثير الملوحة على العديد من البارامترات المورفولوجية مثل طول الجذور؛ القيم الفسيولوجية مثل محتوى الماء النسبي *RWC* أو *TRE* وأخيرًا القيم الكيميائية الحيوية مثل البرولين (*PRLN*) ميكروغرام/غرام (*MF*) والسكر القابل للذوبان (*SS*) ميكروغرام/غرام (*MF*) ، إلخ

وقد سمحت لنا النتائج بملاحظة تأخر نمو البذور، وانخفاض العائد وحساسية الفعالية التكافلية لنباتات المجموعة المتنوعة *Flip 74-92C* مع التركيز العالي للملح (150 مم)، مما سمح لنا بالاحتفاظ بتنوع الأوراق *C79-84* أكثر حساسية للملوحة. ويتم تحديد استجابة النباتات للملوحة من خلال المكونات المورفولوجية، والفسولوجية، والتسليمولوجية، والعصيرية. كما يؤثر الإجهاد المالح على نمو النباتات.

في ظل ظروف الإجهاد الملحي، لوحظت زيادة كبيرة في برولين الأوراق اعتمادًا على شدة الإجهاد في نباتات كلا النوعين؛ تصل إلى 8.30 ميكروغرام *G-I* من *MVS* عند 100 ملي مولار و 5.27 ميكروغرام *G-I* من *MVS* عند 150 ملي مولار من كلوريد الصوديوم ، وهي زيادة كبيرة مقارنة بالتحكم في صنف *Flip 74-92C*.

برولين هو أحد المستقبلات المتراكمة بشكل متكرر استجابة لقيود بيئية مختلفة، وهو يلعب دورًا مهمًا في تحمل النبات. وبالتالي، يمكن القول بأن محتوى السكر القابل للذوبان والمحتوى البروستيري هما مؤشرات على الملوحة.

الكلمات الأساسية : ضغط المالحة (*NaCl*)، البقوليات، الحمص، البارامترات المورفولوجية، البارامترات الفسيولوجية، البارامترات الكيميائية الحيوية.

Liste des figures

Figure 1 : Voie de synthèse de la proline.....	22
Figure 2 : Effet des différentes concentrations de NaCl sur la cinétique de germination du pois chiche en fonction du temps d'expérimentation	29
Figure 3 : Effet des différentes concentrations en NaCl sur la teneur relative en eau des feuilles des deux variétés de pois chiche Flip 74-92C, Flip 84-79C.	30
Figure 4 : Effet des différentes concentrations en NaCl sur le poids sec aérien des deux variétés Flip 74-92C, Flip 84-79C du pois chiche.....	31
Figure 5 : Effet de différentes concentrations en NaCl sur le poids sec racinaire des deux variétés de pois chiche Flip 74-92C, Fip 84-79C.....	32
Figure 6 : Effet des différentes concentrations en NaCl sur la teneur en proline foliaire des deux variétés Flip 74-92C, Fip 84-79C du pois chiche.....	33

Liste des abréviations

µg/g MF : Microgramme par gramme de matière fraîche

ABA : Acide abscissique

Ch l (a /b) : Le rapport de chlorophylle a sur la chlorophylle b

Ch l (a+b) : La teneur de la chlorophylle totale

Ch l a : La teneur de la chlorophylle a

Ch l b : La teneur de la chlorophylle b

Cl⁻ : Anion de chlore

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique.

LR: Longueur racinaire

mM : Millimolaire

Mpa : un million de pascals (10⁶ Pa)

MSF : matière sèche des feuilles.

MSR : matière sèche racinaire

Na⁺ : Cation de sodium

NaCl : Chlorure de sodium

nm : nanomètre

Ph : Potentiel hydrogène

Ppm : particule par million

Ppm : Partie par million

R.W.C : Relative Water Content

TRE : Teneur relative en eau

Sommaire

Page

Introduction	1/2
Chapitre I : Partie bibliographique	
I.1. Définition du stress.....	3
I.2. Types de stress.....	3
I.2.1. Stress biotique	3
I.2.2. Stress abiotique	4
I.2.2.1. Stress hydrique	4
.a. Photosynthèse et stress hydrique	5
.b. Les réponses des stomates au stress	5
I.2.2.2. Stress ionique	6
I.2.2.3. Stress thermique	6
I.2.2.4. Stress nutritionnel	7
I.2.2.5. Stress salin	8
I.2.2.5.1. Les plantes et le stress salin	9
I.3. Définition de la salinité	9
I.4. Types de salinité.....	10
I.4.1. Salinisation primaire	10
I.4.2. Salinisation secondaire	11
I.5. Effet de la salinité sur les plantes	12
I.5.1. Effet de la salinité sur l'eau dans la plante	12
I.5.2. Effet de la salinité sur la germination	12
I.5.3. Effet de la salinité sur la croissance et le développement.....	13
I.5.4. Effet de la salinité sur le comportement biochimique de la plante.....	13
I.5.5. Effet de la salinité sur les processus physiologiques de la plante	14
I.5.6. Effet de la salinité sur les pigments photosynthétiques	14
I.5.7. Effet de la salinité sur la morphologie de la plante	14
I.6. Les mécanismes d'adaptation	15
I.6.1. Réaction de la plante à la salinité et à la sécheresse	15
I.6.2. Le statut hydrique de la plante.....	17
I.7. Les marqueurs de la résistance à la salinité.....	17
I.7.1. La proline	17
I.7.2. Les sucres.....	18
I.8. Les fabacées.....	19
I.9. Le pois chiche (<i>Cicer arietinum</i> L.)	19

I.9.1. Origine et position taxonomique du pois chiche	20
I.9.2. Caractéristiques botaniques	20

Chapitre II : Matériels et méthodes

II.1. Matériel végétal	21
II.2. Mise en place de la culture	22
II.2.1. Travail du sol	23
II.2.2. Dispositif expérimental	23
II.2.2.1. Irrigation	24
II.3. Etude de la germination des semences	24
II.4. Effets du stress salin sur le statut hydrique des plantes	25
II.4.1. Mesure de la teneur relative en eau des feuilles (TRE).....	25
II.4.2. Mesure de l'ouverture des stomates.....	25
II.5. Dosage des pigments photosynthétiques	26
II.6. Paramètres symbiotiques	26
II.6.1. Nombre et taille des nodules	26
II.6.2. Poids sec des nodules	27
II.7. Paramètres physiologiques des nodules	27
II.7.1. Teneur en proline	28

Chapitre III : Résultats et discussion

III.1. Effets du stress salin sur la germination de deux variétés de pois chiche	29
III.2. Effet du stress salin sur la croissance de deux variétés	30
III.2.1. Effet du stress salin sur la teneur relative en eau	30
III.2.2. Effet de la salinité sur la biomasse sèche du pois chiche	31
III.3. Effets du stress salin sur la physiologie du pois chiche	31
III.3.1. Effet de la salinité sur la teneur en proline des feuilles	32
III.3.2. Teneur en chlorophylle	33
Discussion	34/35/36
Conclusion	37

Références bibliographiques

Introduction

Introduction

Dans le monde, des millions d'hectares de terres cultivées sont affectées par le sel, ce qui rend la salinité une contrainte majeure pour la production végétale. En effet, 10 à 15% des surfaces irriguées dans le monde souffrent, à des degrés divers, de problèmes de salinisation ; 0,5 à 1% sont perdues chaque année et près de la moitié des surfaces irriguées sont menacées à long terme (**Lepri, 2006**).

En réponse à la demande alimentaire croissante, les pays du Maghreb dont l'Algérie ont consenti d'importants investissements pour la construction de grands ouvrages hydrauliques afin d'irriguer davantage les cultures (**Ben Mechlia et Oussar, 2002**). Cependant, l'irrigation avec des eaux souvent riches en sels contribue énormément à la salinisation des terres agricoles productives.

En Algérie, les dépressions salées désignées sous le nom de sebkha et chott s'étalent sur 24% de la surface des terres cultivables (**Halitim, 1973**). Ce phénomène de salinisation est plus marqué sous les climats arides et semi-arides du fait des températures élevées durant pratiquement toute l'année, de la faible pluviométrie. Ce problème est observé dans plusieurs régions du pays notamment à Relizane, Chéelif, Ain Témouchent, les Hautes plaines de Sétif et de Constantine. La situation grave dans laquelle se trouvent certains périmètres irrigués de l'Oranie, illustre parfaitement les dimensions de ce phénomène (**Kessiran, 2003**) qui provoque la dégradation des terres qui sont soustraites chaque année du système agricole (**Halitim, 1985**).

De par leur importance économique, agronomique et écologique, les légumineuses (fabacées), constituent un enjeu à caractère stratégiques pour plusieurs pays, ceux du sud en particulier. En Algérie les légumineuses occupent une place importante et constituent avec les céréales l'épine dorsale du système alimentaire algérien.

Vue de la crise sanitaire provoquée par la pandémie du coronavirus, nous n'avons pas pu achever notre travail portant sur l'effet de la salinité sur une espèce d'aloès *Aloe vera* qui est connue pour ses nombreux bienfaits, nous nous sommes toujours intéressés au stress salin en revanche.

Alors au cours de cette étude, le travail portera sur la réponse de quelques paramètres physiologiques biochimiques et morphologiques de deux variétés de pois chiche (*Cicer arietinum* L.) Flip 74-92C et Flip 84-79C soumises au stress salin.

Chapitre I :
Partie bibliographique

I.1-Définition du stress :

Le terme de « stress » a été inventé par Hans Selye en 1935. Ce dernier a défini le stress comme une « réponse non spécifique de l'organisme à toute sollicitation » d'origine anglaise, le mot « stress » était employé en mécanique et en physique qui voulait dire « force, poids, tension, charge ou effort » ce n'est qu'en 1963 que Hans SELYE utilise ce mot en médecine et le définit comme étant « des tensions faibles ou fortes, éprouvées depuis toujours et déclenchées par des événements futurs désagréables ou agréables ».

La plante dans son environnement est exposée aux différentes contraintes biotiques et abiotiques. La contrainte abiotique est le résultat des différentes conditions environnementales que ce soit climatique et édaphique défavorables à la croissance des plantes (**Munne-Bosh et Alegre., 2004**).

La plante du fait qu'elle ne peut pas se déplacer, elle doit s'adapter à ces conditions stressantes de manière à réduire leurs impacts sur son bon fonctionnement (**Lexer, 2005**).

Un stress abiotique est toute condition environnementale défavorable empêchant la plante de se développer normalement et de se reproduire (**Kotchoni et al., 2006**).

Ce stress peut être induit par une forte salinité (**Parker, j et al., 2006**), des hautes températures (**Majoul et al., 2003, 2004**), des basses températures (**Renaut et al., 2004 ; Jorge et al., 2006, Gorantla, 2000**), de la lumière (**Nam et al., 2003 ; Phee et al., 2004**), des métaux (**Requejo et Tena, 2005 ; Sarry et al., 2006**), d'un stress oxydatif (**Couee et al., 2007**), de la pollution et du déficit nutritionnel (**Munns-Bosh et Alegre., 2004**) ou d'une combinaison entre eux (**Langridge et al., 2006**).

I-2-Types du stress :

I-2-1-Le stress 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**).

I-2-2- Le stress abiotiques :

Provoqué par un défaut ou excès de l'environnement physico-chimique comme la sécheresse, les températures extrêmes et la salinité. Parmi les conditions environnementales qui peuvent causer un stress abiotique, on distingue : les inondation, la sécheresse, les basses ou hautes températures, la salinité excessive des sols ou des eaux, la présence d'un minéral inadéquat dans le sol, cas des métaux lourds, l'excès de lumière qui stimule la photo inhibition, le cas de faible éclairage, les radiations U.V, les composés phyto-toxiques 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).

I-2-2-1-Stress hydrique :

Un stress hydrique peut se produire aussi bien sous l'effet d'un excès que d'un manque d'eau. Un exemple d'excès d'eau est l'inondation. Le stress provoqué par l'inondation est habituellement une réduction de l'apport d'oxygène aux racines. La réduction de l'apport d'oxygène limite à son tour la respiration, l'absorption de nutriment et d'autres fonctions racinaires cruciales.

Le stress provoqué par un déficit hydrique est bien plus fréquent, de sorte que l'expression de stress de déficit hydrique est abrégée en stress hydrique. Comme le stress hydrique dans des environnements naturels est dû à l'absence de pluies, une condition dite de sécheresse, ce stress est appelé stress de sécheresse.

En laboratoire, le stress hydrique peut être simulé en favorisant de dessiccation. Le stress hydrique intervient aussi dans le stress salin et stress osmotiques. Le terme déficit hydrique ou stress hydrique se rapporte à l'état physiologique de la plante, lorsque les conditions d'eau

sont défavorables à la croissance optimum (**Blum., 1974**). D'après Koslowski (1968), le déficit hydrique des plants résulte d'une combinaison entre la plante, les facteurs du sol et l'atmosphère contrôlant le taux d'absorption de l'eau et les pertes d'eau par transpiration.

Il y a stress hydrique lorsque la quantité d'eau perdue par transpiration est supérieure à celle que la plante est incapable d'absorber par ses racines (**Bousmaha et Boulebene, 1991**).

-a-Photosynthèse et stress hydrique :

La photosynthèse est particulièrement sensible au stress hydrique. Elle peut être affectée de deux manières. D'abord la fermeture des stomates supprime normalement l'accès du chloroplaste à un apport de dioxyde de carbone d'origine atmosphérique. Ensuite, l'apparition dans les cellules de potentiels hydriques faibles intervient directement sur l'intégrité de la machinerie photosynthétique.

Les effets directs de faibles potentiels hydriques sur la photosynthèse ont été très bien étudiés sur des chloroplastes isolés de feuilles de tournesol (*Heliantus annus*) soumises à la dessiccation (**Rao et al., 1987**).

-b- Réponses des stomates au déficit hydrique :

Les plantes sont souvent soumises à de graves déficits hydriques dus à une chute brutale de l'humidité ou à une augmentation de température, quand de l'air chaud et sec souffle dans leur environnement. Généralement, les plantes répondent à de graves déficits hydriques en fermant leurs stomates, de façon à régler la perte d'eau par la transpiration des feuilles sur la vitesse d'absorption d'eau par les racines. Chez pratiquement toutes les plantes étudiées jusqu'à présent, qu'elles croissent dans des habitats désertiques, tempérés ou tropicaux, il a été montré que l'ouverture et fermeture des stomates répondent à l'humidité ambiante (**Mansfield et Atkinson, 1990**). La fermeture active est déclenchée par l'abaissement du potentiel hydrique dans les cellules du mésophile, elle semble impliquer l'acide abscissique (ABA), ainsi que d'autres hormones. Depuis la découverte de l'ABA à la fin des années 1960, il a été établi qu'il joue un rôle important dans la fermeture des stomates suite à un stress hydrique. L'ABA s'accumule dans les feuilles de plantes qui subissent un stress hydrique et par la suite, des applications externes d'ABA inhibent fortement l'ouverture des stomates.

I-2-2-2- Le stress ionique :

Le stress ionique survient lorsque l'accumulation des sels dans les tissus perturbent l'activité métabolique de la plante (**Levigneron et al., 1995**). Ce type de stress est lié à la composition en éléments minéraux du sol et les carences en certains ions (**Monneveux et This, 1997**).

L'entrée massive de certains ions dans la plante, tels que le sodium et le chlore, exerce une action toxique qui se manifeste par des lésions sur les feuilles (**Ungar, 1996**). Il apparaît aussi que la combinaison (Na^+ , Cl^-) entraîne des effets spécifiques que ne peuvent apporter d'autres combinaisons d'anions avec le sodium, de cations majeurs avec le chlore (**Guerrier, 1983**).

I-2-2-3-Le stress thermique :

Le stress thermique correspond à une élévation de la température approximativement de 10°C au-dessus de la température normale de croissance (**Schoffl et al., 1986**). Tout effet négatif ou néfaste du stress thermique sur les membranes conduit à la rupture de l'activité cellulaire ou à la mort (**Santoro et al., 1992**).

L'élévation de la température provoque une dénaturation des protéines membranaires par la fonte des lipides membranaires qui conduit à la rupture des membranes et à la perte du contenu cellulaire (**Abrol et Ingram, 1997**) ; c'est pour cela, la chaleur demeure un facteur plus néfaste dans les zones sahariennes où les vents chauds et secs desséchants affectent la production de gousse et limitent aussi la production et la grosseur des graines (**Zeghouane, 1989**).

De plus, la baisse de la température entraîne le ralentissement de la croissance, voire même une destruction des végétaux exposés (**Belhassen et al., 1995**). C'est aussi l'une des contraintes au niveau des plantes intérieures qui explique une grande partie de la faible productivité dans cette zone due à la couleur de la fleur et aussi à la mortalité des plantes (**Statistiques agricoles, 1990**).

I-2-2-4-Stress nutritionnel

La forte salinité provoque aussi des stress secondaires. Par exemple, utilisation efficace d'éléments nutritifs nécessaires en particulier le (K^+) et le (Ca^{2+}) qui peuvent être affaiblis dans les sols salins, en causant des déséquilibres tel que la réduction du rapport (K^+)/(Na^+) et la déficience des plantules en (Ca^{2+}), donc affecter plus loin leur croissance et leur

productivité (Greenway et Munns, 1980 ; Levigneron et al., 1995 ; Zhu et al., 1998 ; Essah, 2000). De plus, plusieurs rapports ont montré que le stress salin pourrait produire l'accumulation de composés toxiques telle que les espèces réactives de l'oxygène dans les plantes (Allen, 1995 ; Smirnov, 1999).

I-2-2-5- Le stress salin :

La concentration en sels dans l'environnement d'une plante varie énormément, elle peut être insuffisante ou excessive. Bien qu'elle constitue pratiquement un stress induit par de faibles concentrations salines, une carence en un ion se manifeste généralement sous la forme d'un problème nutritionnel. En fait, le terme de stress salin s'applique surtout à un excès d'ions, en particulier, mais pas exclusivement, aux ions Na^+ et Cl^- . A la surface du globe, ils existent de vastes zones où une salinité élevée fait naturellement partie de l'environnement (Kabar, 1986). Les marais salins côtiers, sont caractéristiques de régions basses, souvent des estuaires, qui sont submergées à marée haute. L'eau de mer qui est constituée d'environ 3% de chlorure de sodium, contient 460 mM de Na^+ , 50 Mm de Mg^{+2} et 540 mM de Cl^- , ainsi que des quantités plus faibles d'autres ions.

L'eau de mer a un potentiel de soluté d'environ -2,7 Mpa. Une forte salinité est également caractéristique des déserts continentaux. L'évaporation y est supérieure aux précipitations. Les plantes qui croissent sur des sols très salins sont nommées halophytes. Certaines espèces d'Atriplex, par exemple, ont un potentiel hydrique foliaire atteignant -2 Mpa, alors qu'il se situe entre -0,2 et -0,3 Mpa chez les non halophytes.

A l'autre extrémité se trouvent les non halophytes sensibles également appelées glycophytes. Beaucoup d'espèces importantes cultivées comme le haricot (*Phaseolus vulgaris*), le soja (*Glycine max*), le riz (*Oryza sativa*) et le maïs (*Zea mays*) sont des glycophytes. Ces derniers ne peuvent tolérer que de faibles quantités de sel et peuvent subir des dommages irréparables par des concentrations de NaCl inférieures à 50 mM. D'autres espèces glycophytes cultivées comme la tomate (*Lycopersicon esculentum*), le cotonnier (*Gossypium hirsutum*), et le blé (*Triticum aestivum*) tolèrent des quantités de sel plus élevées.

Parmi les céréales importantes sur le plan agricole, l'orge est la plus tolérante au sel, elle a été cultivée avec succès.

Il existe cependant des cultivars d'orge et de blé, qui montrent des degrés variables de sensibilité au stress salin. Cela offre la possibilité qu'une tolérance accrue au sel puisse être obtenue par des programmes de sélection (**Yeo et Flowers, 1989**).

Le stress salin est défini par la présence de concentrations variées de Na Cl. Les concentrations de Na Cl supérieures à 50 mM dans les sols sont, en générale, défavorables à la plupart des espèces végétales en particulier celles que l'on regroupe sous le nom de glycophytes. Le NaCl, lui-même est toxique, mais le stress salin s'accompagne souvent d'une baisse importante du potentiel hydrique (**Kinet et al., 1998**).

Selon les recherches de Campbell et Pitman (1971), le chlorure de sodium augmente la perméabilité ionique des membranes. En effet, les ions chlorures et sodium traversent les plantes par les racines et sont véhiculés par le xylème vers les tiges et les feuilles, à ce niveau ils sont :

- Soit stockés, s'il s'agit de plantes de type includers (Ces plantes stockent les ions)
- Soit retenus et véhiculés par le phloème jusqu'aux racines, s'il s'agit de plantes de type excluders (**Levigneron et al., 1995**).

- La forte concentration en sel dans le milieu provoque une altération de la nutrition minérale et une perturbation des activités métaboliques s'exprimant par :

- La synthèse des protéines et des acides nucléiques.
- Le taux de respiration.
- La photosynthèse et ses interactions (**Alam, 1994**).

I-2-2-5-1- Les plantes et stress salin :

L'eau est une source indispensable pour les végétaux (**Calu, 2006**). Sa présence est une condition incontournable pour que toute plante puisse se développer et assurer ses fonctions physiologiques vitales. Cependant, suivant le milieu naturel, cette ressource n'est pas toujours facile d'accès dans le sol.

Ainsi les plantes présentes sur des surfaces sèches et salées vont se retrouver exposées à un stress hydrique important, contre lequel elles devront lutter pour survivre (**Calu, 2006**).

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

Face à ce danger, toutes les plantes ne sont pas égales. Certaines, nommées glycophytes, ne sont pas capables de supporter la présence de sel. Les halophytes, au contraire, développent des réponses physiologiques pour assurer leur approvisionnement en eau tout en préservant leur métabolisme (**Calu, 2006**).

I-3-Définition de la salinité :

La salinisation est un processus d'enrichissement d'un sol en sels solubles qui aboutit à la formation d'un sol salin (**Mermoud, 2006**). Selon Asloum (1990) ce phénomène s'établit lorsque les concentrations en Na⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ sous formes de chlorures, carbonates, ou sulfates sont présentes en concentrations anormalement élevées.

La salinisation est définie par la FAO (2001), comme un enrichissement en sels solubles de la surface et de la tranche supérieure du sol lorsque la salinité dans les 20 cm sommitaux dépasse 1 à 2% (20 g de sel par Kg de sol).

La salinité est un facteur limitatif majeur de la productivité agricole (**Parida et Das, 2005**). Ces charges en sels soumettent les plantes à un stress permanent (**Bennabi, 2005**). La salinisation a été identifiée comme un processus majeur de la dégradation des terres. Le monde perd au moins 3 ha de terres arables chaque minute à cause de la salinité du sol (**Iptribid, 2006**), actuellement 800 millions d'hectares de terres à travers le monde sont affectés par la salinité : 397 millions ha sont salins et 434 ha sont salins et sodiques (**Diedhiou, 2006**). Selon la banque mondiale, près de 2 milliards SUS sont perdus à cause de la salinité des sols (**Mashali et al., 2005 ; Iptribid, 2006**).

L'Algérie, qui offre toutes les variantes du climat méditerranéen, n'échappe pas à cette règle. Souvent, la perte des terres à haut potentiel risque de compromettre les aptitudes et les capacités de production d'une région. Ce problème a été observé dans plusieurs régions du pays (Chellif, Relizane, Mohammadia, Ain Témouchent, Hautesplains de Sétif et de Constantine).

La situation grave dans laquelle les dimensions du phénomène (**Kessiran, 2003**). Plus de 20% des sols irrigués en Algérie, sont concernés par des problèmes de salinité (**Douaoui et Hartani, 2008**).

I-4-Types de salinité :

Bien que l'altération des roches et les minéraux primaires soit la principale source de tous les sels, les sols salés sont rarement formés par accumulation de sels in situ. Plusieurs causes sont à l'origine de ce phénomène (**Maillard, 2001**).

I-4-1- Salinisation primaire :

La salinisation primaire d'origine géologique, marine ou lagunaire correspond à une salinisation liée au fonctionnement naturel des terrains, sous l'influence du climat, de l'altération des roches et de la dynamique des eaux.

I-4-1-1- Salinisation géologique :

Les sels solubles peuvent provenir :

-Soit l'altération des roches contenant des minéraux sodiques potassiques et magnésiques. En région arides et semi-aride, ces sols se concentrant sur place dans les dépressions fermées.

-Soit de dissolution des évaporites contenant des chlorures, des sulfates, etc. Les évaporites se localisent essentiellement dans les bassins élémentaires.

-Soit de l'altération des roches volcaniques (**Servant., 1975**).

I-4-1-2- Salinisation marine et lagunaire :

L'origine des sels peut se trouver dans les dépôts lagunaires ou matériaux salés plus ou moins récents qui peuvent être eux-mêmes des roches mères des sols et fournir leurs sels aux oueds qui les transportent jusqu'aux nappes superficielles plus ou moins profondes sous les sols des vallées et basses plaines (**Gaucher et Burdin., 1974**).

I-4-2-Salinisation secondaire :

Dans ce cas, le sol avait déjà formé et avait acquis une personnalité pédologique par exemple, si une partie d'une plaine littorale est envahie par la mer bien que le contact soit direct, la salinisation reste secondaire. Il en est de même d'un sol alluvial qui se sale sous l'effet de la remontée d'une nappe chlorurée.

Cette distinction tend à faire préciser à quel moment de son histoire, un sol a acquis le caractère halomorphe (**Abbanib et Abdel-Laliy., 2005**).

Induite par l'activité humaine, liée fréquemment à des pratiques agricoles inappropriées (**Mermoud, 2006**). C'est un processus d'enrichissement d'un sol en sels solubles causé par l'approvisionnement en eau pour l'irrigation et qui aboutit à la formation d'un sol salin l'irrigation altère le bilan hydrique du sol, en générant un apport d'eau supplémentaire. Cet apport est toujours associé à un apport de sels. En effet, même une eau douce de meilleure qualité contient des sels dissous et, si la quantité de sels apportée par cette eau peut sembler négligeable, les quantités d'eau apportées au fil du temps entraînent un dépôt cumulé de sels dans les sols qui peut s'avérer considérable. Les échanges de cations entre le sol et l'eau d'irrigation sont le début de la salinisation du sol.

La salinisation peut être causée par la remontée capillaire des eaux souterraines salines ou résulter d'une irrigation réalisée avec de l'eau saline (**Iptrid, 2006**).

I-5-Effet de la salinité sur les plantes :

La salinité du sol ou de l'eau est causée par la présence d'une quantité excessive de sels. Généralement un taux élevé de Na^+ et Cl^- cause le stress salin. Le stress salin a un triple effet : il réduit le potentiel hydrique, cause un déséquilibre ionique ou des perturbations en homéostasie ionique et provoque une toxicité ionique. Cet état hydrique altéré conduit à une croissance réduite et limitation de la productivité végétale. Depuis que le stress salin implique aussi bien le stress osmotique qu'ionique (**Hayashi et Murata, 1998 in Parida et Das, 2005**), l'arrêt de la croissance est directement relié à la concentration des sels solubles ou au potentiel osmotique de l'eau du sol (**Greenway et Munns, 1980 in Parida et Das, 2005**).

I-5-1-Effet de la salinité sur l'eau dans la plante :

La première difficulté d'une plante en milieu salin est d'assurer son apport en eau. Pour cela, il faut que la plante puisse ajuster la pression osmotique de ses tissus par rapport à la pression osmotique du sol. Ce phénomène nommé l'Epictète, permet donc à la plante d'assurer une hypertonie constante (**Heller et Perleth., 2004**).

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. 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. sala* alors qu'il n'y a pas de changement dans le contenu relatif en eau (**Lynd et al., 2002 in Parida et Das, 2005**)

I-5-2-Effet de la salinité sur la germination :

Le stade plantule est le plus vulnérable dans le cycle de vie de la plante, et c'est la germination qui détermine le temps et le lieu pour que la croissance de la plantule. Ce stade de germination est souvent limité par la salinité du sol et se montre le plus sensible que les autres stades (**Said et al., 2011**).

Selon REDJILI et al., 2006, les semences des glycophytes et des halophytes répondent de la même manière au stress salin, en réduisant le nombre total des graines germées et en accusant un retard dans l'initiation du processus de la germination. Parmi les causes de l'inhibition de la germination en présence de sel, la variation de l'équilibre hormonal a été évoquée.

I-5-3-Effet de la salinité sur la croissance et le développement :

La réponse immédiate du stress salin est la réduction de la vitesse de l'expansion de la surface foliaire et cette expansion s'arrête si la concentration du sel augmente (**Wang et Nil, 2000**). Le stress salin résulte aussi dans la diminution de la biomasse sèche et fraîche des feuilles, tiges et racines. La salinité accrue est accompagnée par une réduction significative dans la biomasse racinaire, la hauteur de la plante, le nombre de feuilles par plante, la longueur des racines et la surface racinaire chez la tomate (**Mohamed et al., 1998**).

Le taux élevé de NaCl se manifeste par une croissance dans la biomasse des racines, tiges et feuilles et une augmentation dans le ratio partie racinaire/partie aérienne chez le coton (Meloni et al., 2001).

I-5-4-Effet de la salinité sur le comportement biochimique de la plante :

Dans des conditions salines, il y a un changement dans le modèle d'expression des gènes et du changement qualitatif et quantitatif dans la protéosynthèse (Reynolds et al., 2001). Le stress salin induit une perturbation de la composition lipidique et protéique au niveau de la membrane cellulaire, affectant ainsi sa stabilité (Alem et Amri, 2005).

Chez diverses espèces, plus ou moins résistantes, on a observé une augmentation des sucres totaux résultant d'un blocage de la glycolyse ou du saccharose provenant d'une forte hydrolyse de l'amidon (Asloum, 1990). Selon Hadjadj (2009) l'accumulation des sucres solubles est importante dans les feuilles des plantes stressées. D'autre part, Aspinall et Paleg (1981) in Aguenral (2001), signalent que la proline est l'acide aminé le plus caractérisé des plantes soumises au stress salin. L'importance de la proline comme indicateur aux agressions semble jouer un rôle dans le maintien des pressions sol-vacuole, mais aussi dans la protection des membranes et des systèmes enzymatiques. Ainsi qu'un régulateur du pH (Alem et Amri, 2005). Hernandez et al., (2000) est constaté que : le génotype tolérant accumule plus de proline que le génotype sensible de *Cicer arietinum*, à des concentration inférieures à 100mM de Na Cl, la proline aurait aussi un rôle dans la limite de l'osmorégulation.

I-5-5-Effet de la salinité sur les processus physiologiques de la plante :

Si la concentration en sel excède le niveau de tolérance de la plante, des perturbations fonctionnelles apparaissent au niveau de la photosynthèse, par effet du sel dans le stroma des chloroplastes qui perturbe le transport des électrons. Par conséquent, la glycolyse et le cycle de Krebs sont aussi affectés. De même que l'acquisition de nutriments minéraux, comme le potassium, les nitrates ou le calcium est également réduite. (Alem et Amri, 2005).

Si chez certaines halophytes, la croissance est stimulée par un apport modéré de sel ce phénomène reste limité par un niveau de tolérance. Des stress extrêmes conduisent au nanisme et à l'inhibition de la croissance. Les feuilles deviennent sclérosées avant même d'avoir fini leur croissance, et l'organisme tout entier risque de dépérir assez vite. (Hopkins, 1999).

I-5-6-Effet de la salinité sur les pigments photosynthétiques :

L'effet de la salinité sur la photosynthèse, dépend de la concentration des sels de l'espèce et de la plante. La salinité réduit l'assimilation de CO₂ par des réductions de surface des feuilles (Munns et al., 2006), conductibilité des stomates (Parida et al., 2002), efficacité des enzymes photosynthétique et le bon fonctionnement de photosystèmes (Redondo-Gomez et al., 2008). Le taux de la chlorophylle et des caroténoïdes des feuilles diminue en général sous les conditions de stress salin. Les feuilles les plus âgées commencent à développer une chlorose et finissent par tomber sous l'effet du stress salin (Agastian et al., 2000). Par contre, Wang et Nil (2000) ont rapporté que la chlorophylle augmente sous les conditions de salinité chez *Amaranthus*. Chez *Grevillea*, la chlorophylle et les caroténoïdes diminuent significativement sous le stress salin, mais. Les pigments anthocyaniques augmentent significativement dans ce cas de stress salin (Parida et Das, 2005).

I-5-7-Effet de la salinité sur la morphologie de la plante :

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

a. 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.

b. Effet de la salinité sur les tiges :

La longueur des tiges est réduite par l'excès de sel dans le sol (ABERKANE, 1992). Pour le Tournesol, la réduction de la hauteur de la tige est de 30cm.

c. Effet de la salinité sur les feuilles :

Des concentrations élevées de sel tel que le Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ et les bicarbonates provoquent des nécroses sur les feuilles, des décolorations et la réduction de la chlorophylle, (Saidoune, 2000).

I-6-Les mécanismes d'adaptation :

I-6-1-Réaction de la plante à la salinité et à la sécheresse :

Selon YEO (1983), la résistance d'une plante à un stress indique le maintien de la croissance et de son métabolisme fonctionnel à la différence des espèces animales qui s'échappent de ces conditions. Pour cela, la plante doit supporter le choc chimique et physique engendré par l'environnement en modifiant ses caractéristiques de croissance et de développement.

Ces modifications se font souvent au dépend d'un déficit nutritionnel et énergétique par suite de la compétition entre les processus de résistance et ceux indispensables au maintien du métabolisme de base.

Les conditions stressantes d'un milieu ont un effet lorsque les facteurs de l'environnement créent chez une espèce végétale une réduction de la croissance des individus, ou une augmentation du taux de la mortalité de la population (**Tal, 1984**).

Parmi les facteurs de l'environnement, la sécheresse, qui est la conséquence de Plusieurs facteurs climatiques, représente l'une des causes de l'accumulation des sels dans les sols (**Emberger, 1971**) car elle conduit à une perte d'eau par une évaporation et une transpiration supérieure au taux de précipitations (**Prakash et al., 1986**).

Abrol et Ingram, en 1997, rapportent que la sécheresse affecte les zones arides et semi-arides caractérisés par des pluies rares, irrégulières, et par des températures souvent élevées provoquant l'évaporation de l'eau, Et en conséquence la Salinisation des sols (**Chevery et Robert, 1993**), rend la sécheresse susceptible de compromettre rendement de la production agricole (**Levigneron et al., 1995**).

Pour s'adapter à la sécheresse, les plantes se manifestent selon plusieurs méthodes :

-Une diminution de surface foliaire, exemple chez le haricot avec une diminution de 20% à 40% (**Meiri et Poljakoff Mayber, 1970**) ;

-Une réduction du nombre de feuilles (**Hamza, 1977**) ;

-Un raccourcissement des entre-nœuds et une diminution de leurs nombres (**Waisel, 1972**).

Cependant, les plantes doivent développer d'autres mécanismes d'adaptations face à un second facteur qui s'ajoute à la sécheresse et diminue les chances de la survie des plantes, c'est la salinité qui, surtout dans les régions arides et semi-arides, impose la disparition des espèces végétales (**Ungar 1967**).

Les caractéristiques des sols salés représentent essentiellement des teneurs en sels solubles et en particulier le sodium et le chlore, leur présence dans la solution du sol à l'état sec provoque l'apparition d'une structure à capacité excessive (**Youcef, 1988**) et selon Bekkouche (1992), la salinité semble modifier l'épaississement des parois des cellules des vaisseaux du xylème primaire et des fibres celluloseuses péri cylindriques de la tige principale. Mais malgré tout ce que la salinité a comme conséquences négatives qui menacent plusieurs espèces végétales, des stratégies et des méthodes d'adaptations ont été développées au niveau de la plante afin d'assurer la survie des individus de la même espèce.

En 1992, Chretien montre que le métabolisme de la plante dans les milieux fortement salés est lié :

- A une résistance de la plante à la déshydratation ;
- A une adaptation de son potentiel osmotique afin de rétablir les relations hydriques ;
- A une alimentation en eau convenable ;
- A un contrôle efficace des flux ioniques intra tissulaires et intracellulaires.

En tenant compte du flux croissance ou de mortalité des plantes en fonction du degré de salinité du milieu de culture, une classification des végétaux s'établit selon leur résistance et/ou leur tolérance. Cette classification permet de regrouper les espèces végétales en halophytes et glycophytes :

- Les glycophytes, regroupant la grande majorité des espèces végétales, caractérisées par une croissance ralentie quand la salinité du milieu externe dépasse 100 mM pour devenir létale à partir de 300 mM (**Greenway et Munns, 1980**).

Cette sensibilité au sel peut avoir comme conséquences de garder le sodium et le chlore hors du cytoplasme (**Osmand 1976, Flowers et al., 1977**) ; sauf que certaines glycophytes montrent que réponse de croissance favorable au sodium sous les conditions où le potassium n'est pas limité (**Marshner et Possingham, 1975**).

--Les halophytes, supportant des teneurs en sels jusqu'à 7 fois plus élevées— et dont la croissance est stimulée par des concentrations salines entre 200 et 500 mM (**Flowers et al., 1977**).

I-6-2-Le statut hydrique de la plante :

a. Perte graduelle en eau (R.W.L) :

La plante peut limiter les pertes en eau en fermant ses stomates. Cette adaptation implique ainsi une réduction de la photosynthèse ; un autre mécanisme de réduction des pertes en eau consiste à une inhibition des surfaces foliaires transpirantes (**Blum,1988**). (**Clark et al., 1989**) qui relie directement la perte en eau à la surface foliaire avec un coefficient de corrélation de 0,90 plus la surface est large plus la perte en eau augmente (**Brinis, 1995**). En effet, le taux de déperdition d'eau a été proposé par plusieurs auteurs comme test de criblage pour l'adaptation à la sécheresse (**Begg et Turner, 1976**).

D'autre part, la transpiration épidermique ou la perte graduelle en eau (R.W.L) est défini comme le taux de transpiration dans le cas d'une ouverture minimale :

Des stomates, et peut être ainsi considéré comme l'un des critères intéressants de sélection pour l'adaptation à la sécheresse. Les espèces les plus adaptés aux environnements secs révèlent un moindre taux de déperdition d'eau que celles adaptées aux conditions favorables (**Larcher, 1980**).

b. Teneur relative en eau (T.R.E) ou turgescence cellulaire (R.W.C) :

La teneur relative en eau figure parmi les différents critères d'évaluation de la tolérance à la sécheresse proposée par Clarck et MC Caig (1982). Ces auteurs montrent que les variétés de blé qui ont une TRE importante sont les plus tolérantes à la sécheresse. Ce test est considéré comme un meilleur indicateur de l'état hydrique et du potentiel foliaire (**Sinclair et Ludlow, 1985**).

La T. R.E est liée au volume cellulaire et aux taux de transpiration (**Schonfeld et al., 1988**). Aussi, les différents mécanismes liés au maintien de la turgescence avec une diminution du potentiel hydrique (avec maintien du potentiel de turgescence) sont aussi liés à l'accumulation de divers solutés osmo régulateurs. Ces substances sont principalement des aminoacides, des acides organiques (**Pearson et Stewart, 1986**, et les sucres solubles (**Morgan, 1984**).

c. Pompe à ions et osmo-régulation :

Par la présence de pompe à ions, de différents mécanismes d'élimination des ions salins et d'un faible potentiel osmotique, quelques plantes ont une grande tolérance par rapport aux autres plantes à de grandes concentrations de sels contenues dans le sol. Le sodium, métal alcalin, constitue l'élément prédominant dans les sols salés Saturés en sels solubles qui se forment dans toutes les zones mal drainées, comme par exemple les marais salants. La concentration du sodium dans les sols, au de-là de quelques parties par mille, interdit le développement normal de la plupart des espèces végétales (**Devlin et Whitam, 1983**).

Dans un tel environnement, la solution auteur des racines des plantes est plus concentrées en ion sodium (potentiel osmotique faible) qu'au niveau des cellules de la plante, causant un mouvement vers l'extérieur des racines par osmose (perte d'eau). Si la plante est capable d'absorber de l'eau, elle fera face à un autre problème d'augmentation du taux d'ions sodium à l'intérieur des cellules racinaires. De plus, le sodium peut prendre la place des ions potassium lors de l'entrée dans l'organisme ceux-ci sont des nutriments importants pour la plante et essentiel au fonctionnement des enzymes, donc un autre inconvénient pour la plante (**Lord, 1989**).

Les plantes halophiles sont celles qui présentent diverses adaptations leurs permettant de pallier des concentrations excessives en sel et d'autres éléments alcalins ou alcalino-terreux.

Les adaptations peuvent varier d'une plante halophile à l'autre :

-D'abord, dans plusieurs plantes halophiles, une pompe à ions Na^+/K^+ joue un rôle majeur dans le maintien d'une faible concentration de sodium dans le cytoplasme des cellules racinaires des plantes et d'un apport suffisant de potassium pour le bon fonctionnement de celles-ci.

-Pour un grand nombre de plantes halophiles, ce transport actif du sodium à l'extérieur de l'organisme se traduit au niveau des vacuoles qui sont de vrais entre pots d'ions. Ces pompes opèrent dans la membrane vacuolaire au niveau des racines et diminuent la concentration des ions alcalins dans le cytoplasme des cellules de la plante (**Ramade, 1984**).

-Il faut mentionner que les plantes halophiles possèdent un potentiel osmotique (représentant l'effet de la concentration des ions sur le potentiel hydrique) beaucoup plus petit que rencontrées chez les autres plantes (-200 bar vs -20 bar).

Ce phénomène a pour effet de jouer sur la capacité des plantes, à soutirer l'eau dans le sol où, le potentiel osmotique est très bas, donc plus la pression osmotique de la plante est négative, plus cette plante a des capacités à absorber l'eau d'un sol non favorable.

Pour résumer, ce phénomène d'osmorégulation se fait grâce à des pompes à ions qui rejettent les ions sodium à l'extérieur tandis que l'eau nécessaire à la plante reste à l'intérieur de la plante et est acheminée partout dans la plante. De plus, le potassium entre dans la plante et joue un rôle important dans le contrôle des enzymes. Aussi, le faible potentiel osmotique maintenu par les plantes halophiles leur permet d'absorber l'eau d'un sol très concentré, c'est essentiel pour leur survie (**Raven al., 1992**).

L'osmo- régulation apparaît aujourd'hui comme un mécanisme majeur d'adaptation car elle maintient de nombreuses fonctions physiologiques (photosynthèse, transpiration, croissance). Elle peut intervenir à tout stade de développement, et son caractère inductible suggère qu'il n'a pas (ou peu) d'incidences sur le rendement potentiel (**Gaudilliere et Barcelo, 1990**).

d. Activité photosynthétique :

La photosynthèse est la fonction fondamentale de la vie de la plante est source de production végétale. Elle correspond à la fixation et à l'incorporation du CO₂ de l'air dans des chaînes carbonées en présence d'eau et de lumière (**Benlaribi, 1990**).

Les plantes autotrophes chlorophylliennes ont en effet, la capacité de capter de l'énergie solaire et de la stocker sous forme d'énergie chimique, cette conversion est assurée par le centre photochimique.

En cas de sécheresse, l'activité photosynthétique diminue à cause de la fermeture des stomates, aussi par des facteurs non stomatiques (**Bamoun, 1997**).

Gosling., (2000) signale qu'en cas de déficit hydrique l'activité photochimique de la membrane thylakoidienne est rapidement inhibée, plus précisément il se produit un changement dans l'interaction protéine lipide du PSII (photosynthèse II), entraînant une moins grande résistance. De même, (**Raison, 1986**) est signalé une perturbation de transfert d'électrons en mesurant l'amplitude de fluorescence variable.

Selon **ZHANG** et **DAVEIDS**, (1987), la réduction de la photosynthèse en cas de stress hydrique est due non seulement à l'augmentation de la résistance aux échanges gazeux ; mais aussi à l'altération des réactions sombres et lumineuses de la photosynthèse. Ainsi, plusieurs facteurs modifient l'intensité de la photosynthèse à des degrés divers :

-L'ouverture des stomates influe sur la pénétration des gaz aussi bien lors de la respiration, de la transpiration que lors de la photosynthèse.

-La fermeture n'est limitée que si elle est assez importante et si l'éclaircissement est intense.

-La teneur en eau des tissus agit sur l'ouverture des stomates.

-La teneur en glucides des tissus assimilateurs.

Pour que la photosynthèse se maintienne active, il est nécessaire que les glucides, la substance organique en général synthétisée soient assimilés. Tous ces processus qui bloquent l'utilisation des glucides réduisent la photosynthèse (**Benseddik, 2000**).

I-7-Les marqueurs de la résistance à la salinité :

I-7-1-La proline :

Une autre réponse forte que de nombreuses plantes, apportées aux stress hydriques, consiste en une diminution du potentiel osmotique, provoquée par l'accumulation de solutés. Ce processus est appelé ajustement osmotique. Alors qu'une certaine augmentation de la concentration en solutés être considérée comme résultant de la déshydratation de la cellule et de la diminution de son volume l'ajustement osmotique se rapporte spécifiquement à une augmentation nette de la concentration de solutés stress. Les solutés qui participent à l'ajustement osmotique, comprennent une série d'ions inorganiques (particulièrement K⁺), des glucides et des acides aminés.

La proline est un acide aminé particulièrement sensible au stress. Un grand nombre de plantes synthétisent dans leurs feuilles de la proline à partir de glutamine. Le rôle joué par la proline a été montré par des expériences menées sur des cultures de cellules de tomates. Des cellules soumises à un stress hydrique (osmotique) par une exposition à des concentrations hypertoniques de polyéthylène glycol (PEG) répondent d'abord par une perte de turgescence puis par une rapide accumulation de proline. Cependant au fur et à mesure de l'accumulation de proline, la turgescence réapparaissait (**Handa et al., 1986**).

La proline, et un polyalcool (N, N, N-triméthyle glycine) sont d'autres solutés qui s'accumulent communément. La majeure partie de solutés associés à l'ajustement osmotique ont en commun la propriété de ne pas s'interférer de façon importante avec les voies métaboliques normales (**William, 2003**).

La proline est synthétisée à partir de l'acide glutamique, une réaction qui se déroule entre γ -carboxyle du glutamate et la molécule d'ATP pour former l'acyle phosphate et donne γ -glutamyl phosphorique, acide qui se cyclera en dégageant une molécule d'H₂O et forme de D pyrroline carboxylique qui se cyclera à son tour avec une molécule NADPH et donne la proline.

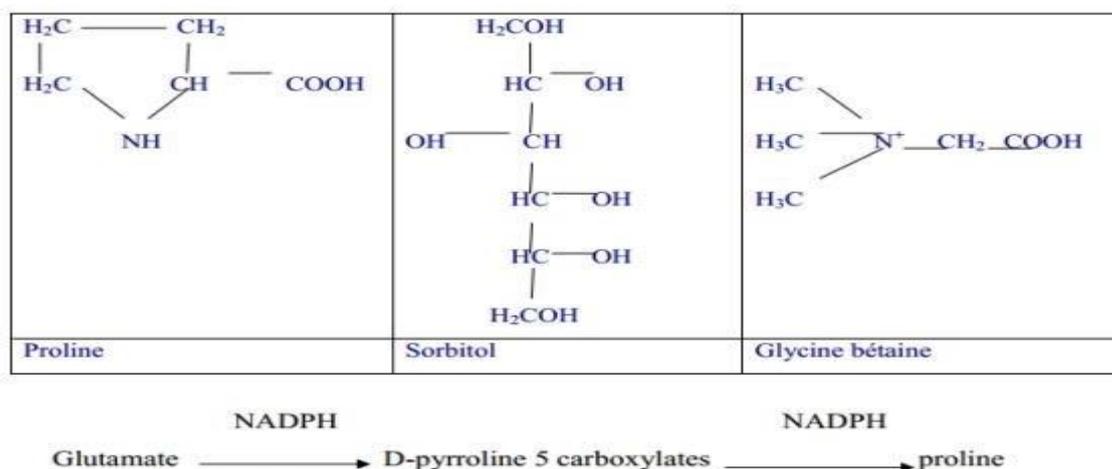


Figure n°1 : Voie de synthèse de la proline.

L'accumulation de la proline consécutive à la sécheresse serait à la fois la résultante d'une diminution de la synthèse protéique, d'une inactivation des réactions d'oxydations conduisant à la formation d'acide glutamique (Stewart et al., 1977), d'une reconversion en proline des produits d'oxydation.

I-7-2-Les sucres : Notion des sucres solubles

Les sucres solubles dans l'eau constituent une source rapidement métabolisable et couvrent les besoins immédiats de la plante. Ce sont des intermédiaires métaboliques qui sont également une forme de transport et qui peuvent être dans certains cas considérés comme forme de stockage. Ainsi le saccharose, sucre soluble majoritaire dans la plupart des espèces contribue également au stockage hivernal en l'accumulant dans les vacuoles. Son accumulation est initiée par une baisse des températures hivernales et contribue à augmenter la résistance au froid (Palonen, 1999). La température de congélation s'abaisse suite à l'augmentation de pression osmotique sur robinier (Siminovitch, 1953) sur peuplier (Sauter et Kloth, 1987) donnant au sorbitol un rôle cytoprotecteur des membranes et des protéines cellulaires.

Les autres sucres (glucose, fructose et maltose) peuvent être considérés comme des métabolites intermédiaires à durée de vie relativement courte chez des arbres jeunes (sans fruit) ; leur importance pondérale est négligeable à l'exception du maltose, en quantité assez importante par l'hydrolyse des dextrines (Bailey et al., 1957).

I-8-Les fabacées :

La famille des Fabacées, plus traditionnellement appelée légumineuses ou papilionacées, représente une très vaste famille comprenant des arbres, les plantes herbacées annuelles ou vivaces, des lianes et même des plantes aquatiques. Elles sont présentes en plaine, en forêt, jusqu'en haute montagne et dans les cultures...

Les Fabacées revêtent une grande importance dans la vie humaine, car elles sont une source alimentaire de premier ordre, cultivées depuis la préhistoire. Beaucoup de plantes ornementales s'inscrivent également dans cette famille.

Les plantes populaires : Le haricot, le lupin, le pois, la lentille, l'arachide, la luzerne, le trèfle, le soja, la cacahuète.

Les Fabacées sont des plantes dicotylédones (2 cotylédons lors de la germination). On estime que la famille proche qui leur est le plus apparentée (du point de vue de l'évolution des espèces) est celle des Rosacées, une autre grande famille qui alimente l'homme. Très cosmopolites, les Fabacées sont distribuées partout dans le monde sauf dans les climats arctiques. Cette large extension et leur évolution leur ont permis de se diversifier grandement.

I-9- Le pois chiche (*Cicer arietinum* L.)

I-9-1. Origine et position taxonomique du pois chiche :

Le pois chiche est rattaché à la famille des *Papilionacées*. *Cicer arietinum* L. Il s'agit d'une espèce annuelle, à autopolinisation adaptée à différents environnements dont la région Méditerranéenne (**Singh et Saxena, 1999**). La Méditerranée, l'Asie Centrale, le Proche Orient, l'Inde et l'Ethiopie seraient probablement les centres d'origine du pois chiche, alors que la Turquie et l'Inde sont les deux centres majeurs de diversité de cette espèce.

Le genre *Cicer* compte neuf espèces annuelles et 34 espèces vivaces (**Van der Maesen, 1987**). Selon la classification des végétaux de APG III (2009) (**Bock et al., 2014**), le pois chiche ou encore « homoss » en arabe appartient au:

Règne des *Plantae*, Embranchement des *Spermaphytes*, Sous embranchement des *Angiospermes*, Classe des *Equisetopsida*, Ordre des *Fabales*, Famille des *Fabaceae*, Tribu des *Cicereae*, Genre *Cicer* et Espèce *C. arietinum* L.

I-9-2. Caractéristiques botaniques :

Sur le plan botanique, *Cicer arietinum* L. est une plante diploïde à $2n=16$ chromosomes. C'est une herbacée annuelle, dressée, à l'aspect d'un petit buisson à port érigé, couverte de poils glanduleux. Sa germination est du type hypogé (les cotylédons restent souterrains). Les racines sont pivotantes et les ramifications racinaires peuvent atteindre un mètre de profondeur ; mais la plupart des ramifications se trouvent dans les premiers centimètres du sol (Duke, 1981). Ces racines forment des nodosités grâce à la symbiose avec les bactéries du genre *Rhizobium*.

Sa tige peut atteindre 1 mètre de haut et les feuilles imparipennées sont composées de 7 à 17 folioles ovales, dentées en scie.

Les fleurs pédonculées peuvent être blanches, bleues ou violettes.



Photo a (google)

Les gousses sont renflées terminées en bec, rousses à la maturité avec 1-2 graines ovoïdes-coniques, ridées contenant un embryon qui à la germination se développe au dépend un tissu de nourricier dit albumen riche en réserves amylacées, en gluten et en éléments minéraux.



Photo b (google)

Chapitre II
Matériel et méthodes

Vu que les conditions sanitaires n'étaient pas réunies pour finaliser notre travail de recherche qui avait pour thème (Etude comparative de l'effet du stress salin sur deux espèces *d'Aloe vera*), nous avons entrepris une analyse bibliographique tout en nous intéressant au stress salin qui consiste en une comparaison de l'effet de la salinité sur deux différentes variétés de pois chiches *Cicer arietinum* L. qui est un sujet de thèse de doctorat réalisé par Mme **SADJI Hamida (2017)**.

II-1-Matériel végétal :

Le travail a été effectué sur deux variétés de pois chiche (var. Flip 74-92C et var. Flip 84-79C).

Les semences ont subi un prétraitement avec un fongicide afin de réduire la contamination par des champignons pouvant limiter le rendement de la culture.

II-2-Mise en place de la culture :

La culture a été réalisée, en plein champ, au niveau de la station expérimentale d'Oued Smar (Alger). L'expérimentation a eu lieu pendant la période allant du mois de Mars au mois d'Août des années 2010 à 2012. Un sol de texture argilo-limoneux avec un rapport C/N est supérieur à 7 favorisant ainsi une bonne activité biologique, à pH neutre (pH =7,2), avec une faible conductivité électrique indiquant qu'il n'est pas salin.

II.2. 1. Travail du sol

Pour obtenir un sol bien ameubli, un travail du sol de la parcelle a été effectuée par un labour manuel à l'aide d'une houe et une réparation du lit de semence pour l'obtention d'une surface bien homogène qui permet une répartition convenable de l'eau; le nivellement du sol a été réalisé par râteau.

II-2-2-Dispositif expérimental

Chaque répétition comprend deux facteurs :

- ✓ Facteur 1 représente le traitement salin avec trois concentrations de NaCl (S): 50 mM, 100 mM et 150 mM ainsi que le témoin (0 mM)
- ✓ Facteur 2 représente les deux variétés: Flip 74-92C et Flip 84-79C. Le témoin correspond au traitement sans sel.

II-2-2. 1. Irrigation

Au stade deux feuilles, l'arrosage des plantules témoin est effectué à l'eau courante. Les autres traitements ont été arrosés, au même stade de la croissance, avec de l'eau distillée additionnée de différentes concentrations de NaCl. Afin de fixer les conditions de cultures et pour supprimer l'effet de dilution, les plantes sont irriguées avec les solutions de sel après chaque pluie abondante.

II-3-Etude de la germination des semences

Dans le but de déterminer les effets de NaCl sur la germination des graines de pois chiche, une étude a été effectuée en utilisant différentes concentrations de chlorure de sodium (0, 50, 100, 150, 300, 400 et 500 mM de NaCl). Ce travail a été réalisé au laboratoire dans des boîtes de Petri. Dix graines sont mises dans chaque boîte et 3 répétitions pour chaque concentration en sel ont été réalisées. Ce test a permis de déterminer:

- ✓ Le pourcentage de germination exprimé par le rapport du nombre de graines germées sur le nombre total de graines semées.
- ✓ La vitesse de germination exprimée en jour a été déterminée par la durée médiane de germination (**Scott et al., 1984**).

$$\text{Temps moyen de germination} = T_1 + (0.5 - G_1) / G_2 - G_1 (T_2 - T_1)$$

G1 étant le pourcentage cumulé des graines germées dont la valeur est la plus proche de 50% par valeur inférieure.

G2 correspond au pourcentage cumulé des graines germées dont la valeur est la plus proche de 50% par valeur supérieure.

T1 correspond au temps au bout duquel moins de 50% des graines ont germé et T2 est le temps correspondant au pourcentage de germination supérieur à 50%.

II-4-Effets du stress salin sur le statut hydrique des plantes :

II-4-1-Mesure de la teneur relative en eau des feuilles (TRE)

Au stade 5 feuilles, la mesure de la TRE a été réalisée selon la méthode de **Clark et Mc Caig** (1982). Trois feuilles de chaque lot sont prélevées aléatoirement, pesées et mises dans des boîtes de Pétri contenant de l'eau distillée pendant 24 h. Elles sont ensuite pesées pour avoir le poids en pleine turgescence. Le poids sec est déterminé après passage dans l'étuve pendant 48 heures à 70°C. La teneur relative en eau (TRE) est calculée selon la formule suivante :

$$\text{TRE} = (\text{PF} - \text{PS}) / (\text{PT} - \text{PS}) \times 100$$

PF : Poids frais (g) des feuilles ;

PS : Poids sec (g) déterminé après étuvage des folioles pendant 48h à 70°C ;

PT : Poids de pleine turgescence (g).

II-4-2-Mesure de l'ouverture des stomates :

La mesure de l'ouverture des stomates est effectuée à l'aide d'une lame micrométrique et les mesures sont exprimées en μm après avoir mis une couche de vernis qui va sécher au bout de quelques minutes sur la face inférieure des feuilles et mise entre une lame et une lamelle puis observée au microscope photomètre muni d'un appareil photographique.

II-4-3-Dosage des pigments photosynthétiques

Les teneurs en chlorophylles a et b et en caroténoïdes ont été déterminées selon le protocole **d'Arnon** (1949). L'extraction est réalisée par 10 mL d'acétone à 80% pour 0,1g de matière fraîche. Le broyat est centrifugé à 2000 trs/mn pendant 10 mn. L'absorbance du surnageant est lue par spectrophotométrie à des longueurs d'ondes de 645 nm, 663 nm et 470 nm respectivement pour la chlorophylle a, b et les caroténoïdes. Les concentrations en pigments sont calculées selon la méthode décrite par **Lichtenthaler et Welburn** (1983).

$$\text{-Chl } a = 12.25 \text{ DO (663 nm) - 2.79 DO (647 nm) } (\mu\text{g/mL})$$

$$\text{- Chl b} = 21.5 \text{ DO (647 nm) - 5.10 DO (663 nm) } (\mu\text{g/mL})$$

$$\text{-Caroténoïdes} = 1000 \text{ D0 (470 nm) - 1.82 chl a - 85.02 chl b} / 198 (\mu\text{g/mL})$$

II-5-Paramètres symbiotiques :

II-5-1-Nombre et taille des nodules :

Le nombre de nodules formés sur les racines des plantes est obtenu, par un simple comptage, sur des plants provenant des différents traitements. La taille des nodules a été également mesurée en (cm). Trois répétitions sont effectuées pour chaque combinaison.

II-5-2-Poids sec des nodules :

La biomasse nodulaire est effectuée par la pesée de nodules obtenus pour chaque traitement.

II-6-Paramètres physiologiques des nodules :

Teneur en proline :

Le dosage de la proline des feuilles et des nodules a été réalisé selon la méthode de **Troll** et **Lindsey** (1955). Cette technique est basée sur la capacité de la proline à réagir en milieu acide et à chaud avec la ninhydrine pour donner un composé de couleur rose à rouge, soluble dans les solvants organiques tel que le toluène.

L'extraction est effectuée à partir de 0,1g de matière fraîche (feuilles et nodules) additionné de 2 mL de méthanol à 40%. 1mL de l'extrait est additionné de 1mL de mélange d'acide acétique glacial et d'acide orthophosphorique (3 : 2, v/v) et de 25 mg de ninhydrine. Après 1h d'incubation à 100°C, les tubes sont refroidis et additionnés de 5mL de toluène. Après agitation au vortex deux phases se forment :

- ✓ la phase supérieure organique contenant la proline est prélevée.
- ✓ la phase inférieure aqueuse est éliminée.

L'absorbance est lue par spectrophotométrie à une longueur d'onde $\lambda = 520$ nm. Les valeurs obtenues sont ensuite reportées sur la courbe d'étalonnage réalisée à partir de concentrations croissantes en proline préparées à partir d'une solution mère de 20 $\mu\text{g/mL}$.

Chapitre III :
Résultats et discussion

III-1-Effets du stress salin sur la germination de deux variétés de pois chiche :

L'évolution de la germination de deux variétés *Cicer arietinum* L. Flip 74-92C et Flip 84-79C en fonction du temps indique qu'en conditions témoin et stressés par 50mM de NaCl, les graines présentent une germination rapide pour les deux variétés étudiées.

En effet, les graines germent au bout de 48 heures et atteignent un maximum de 100% au 3^{ème} jour de l'expérimentation.

Par contre, avec l'augmentation de la salinité, la variété Flip 74-92C montre un retard de deux jours de la germination à 100mM et 150mM et ne présente 100% de germination qu'au 5^{ème} jour comparé au témoin.

La variété Flip 84-79C affiche un retard d'un jour à 150mM de NaCl et enregistre un maximum de graines germées (100%) au 4^{ème} jour d'expérimentation par rapport à son témoin. Cependant, les niveaux élevés de salinité (200mM, 300mM, 400mM et 500mM de NaCl) inhibent totalement la germination et ce chez les deux variétés.

La durée médiane de la germination des graines (t_{50}) en conditions de stress salin indique que la vitesse de germination est inversement proportionnelle à l'augmentation de la concentration en sel. La variété 84-79C montre une durée moyenne de la germination de 1 jour à 0mM et 50mM et de 3 jours à 100mM et 150mM. Cependant, à 150mM la vitesse de germination est plus faible (4jours) pour la variété Flip 74-92C comparée à la variété Flip 84- 79C pour la même concentration de NaCl.

III-2-Effet du stress salin sur la croissance de deux variétés :

III-2-1-Effet du stress salin sur la teneur relative en eau :

La TRE de la variété 84-79C est de 83% alors qu'elle est de 50% pour la variété Flip74-92C

L'application de différents niveaux de NaCl (50, 100, 150 mM) provoque une diminution significative de la teneur relative en eau soit 60% et 30% pour les deux variétés Flip 74-92C et Flip 84-79C respectivement par rapport au témoin. Néanmoins, aucune différence significative de la TRE n'a été enregistrée à 100mM et 150mM de NaCl pour les deux variétés étudiées.

La variété Flip 74-92C montre une TRE plus faible que celle de la variété Flip 84-79C en présence et en l'absence du sel, le statut hydrique des plantes serait donc affecté par le stress salin chez la variété Flip 74-92C.

III-2-2-Effet de la salinité sur la biomasse sèche du pois chiche :

La biomasse sèche aérienne des plantes est nettement supérieure chez la variété Flip 84-79C que chez la variété Flip 74-92C en conditions témoin.

Elle est de 1g pour la variété Flip 84-79C et de 0,34g pour la variété Flip 74-92C (Fig.4). En conditions de stress salin, la réponse des deux variétés varie en fonction de l'intensité du stress.

La variété Flip 84-79C enregistre une augmentation non significative (50mM de NaCl) par rapport à son témoin puis diminue significativement de 20% et 40% à 100mM et 150mM de NaCl. Par contre, la variété Flip 74-92C montre une augmentation significative de la biomasse à 50mM soit 0,4g puis une baisse à 100mM et 150mM de NaCl avec 0,18g et 0,12g respectivement.

La biomasse sèche racinaire des plants témoins est de 0,14g pour la variété Flip 74-92C contre 0,09g pour la variété Flip 84-79C.

En condition de stress salin, la biomasse racinaire, de la variété Flip 74-92C, se stabilise à 0,1g et ce, quel que soit la concentration en NaCl alors que les plantes de la Flip 84-79C enregistrent une légère augmentation du poids des racines à 50mM suivie d'une réduction significative de 72% à 150mM de NaCl par rapport au témoin.

III-3-Effets du stress salin sur la physiologie du pois chiche :

III-3-1-Effet de la salinité sur la teneur en proline des feuilles :

L'accumulation de proline dans les feuilles est variable en fonction des variétés et de la concentration en NaCl.

Chez les plantes témoins, la variété Flip 74-92C accumule deux fois plus de proline que la variété Flip 84-79C.

En conditions de stress salin, une augmentation significative de la proline foliaire en fonction de l'intensité du stress est observée chez les plantes des deux variétés ; elle atteint $8,30\mu\text{g G}^{-1}$ de MVS à 100mM et $5,27\mu\text{g G}^{-1}$ de MVS à 150mM de NaCl, une augmentation significative par rapport à son témoin pour la variété Flip 74-92C.

La même tendance est enregistrée pour la variété Flip 84-79C qui montre une augmentation de $6,18\mu\text{g G}^{-1}$ de MVS à 50mM et 100mM puis une diminution significativement de 25% par rapport au témoin.

III-3-2-Teneur en chlorophylle :

La teneur en chlorophylle *a* augment significativement dans les feuilles stressées au NaCl ($2,55\mu\text{g G}^{-1}$ de MVF) par rapport aux feuilles témoins ($1,75\mu\text{g G}^{-1}$ de MVF). En effet, la chlorophylle *a* montré une augmentation significative de 30% tout en gardant la teneur en chl *b* équivalente à celle du témoin. Comparativement aux plantes témoins, le stress salin ne semble pas trop affecter le rapport chl *a*/chl *b*.

Discussion

La salinité est une contrainte majeure qui affecte la croissance et le développement des plantes dans les régions arides et semi-arides qui souffrent de problèmes de la salinisation des sols.

Les légumineuses sont des espèces généralement classées comme sensibles à la salinité (**Lauchli, 1984**) ; le haricot, le pois chiche et le pois étant les plus sensibles au stress salin (**Cordovilla et al., 1986 Soussi et al., 1999**).

Au terme de notre travail, qui a visé l'étude comparative de l'effet de la salinité sur deux variétés de pois chiche et de la tolérance de ces dernières au stress salin, dans le but de déterminer l'effet sur quelques paramètres biomorphométriques, biochimiques et physiologiques.

L'osmorégulation permet une protection des membranes et des systèmes enzymatiques surtout dans les organes jeunes. La proline semble jouer un rôle dans le maintien des pressions cytosol-vacuole et de la régulation du pH (**Ottow et al , 2005**). L'ajustement osmotique est l'un des principaux caractères physiologiques de tolérance aux contraintes du milieu. Ce dernier est donc réalisé grâce à une accumulation de composés osmorégulateurs conduisant à une augmentation de la pression osmotique permettant le maintien du potentiel de turgescence (**El Midaoui et al., 2007**). En effet, la proline agit comme composé soluble compatible dans l'ajustement osmotique pouvant atteindre de fortes concentrations sans exercer d'effets toxiques.

Chez les pois chiches, avec l'intensité du stress salin à 150mM, la teneur en proline foliaire diminue de 70% pour la variété Flip 84-79C par rapport à la variété Flip 74-92C.

L'augmentation de la teneur en proline pour la variété Flip74-92C nous montre que la variété Flip 84-79C est la variété la moins affectée par le stress salin.

Les résultats sont confirmés par **Aspinal et Pale (1981)** in **Aguenral (2001)**, que la proline est donc l'acide aminé le plus caractérisé des plantes soumises au stress salin, mais aussi l'importance de la proline comme étant indicateur aux agressions semble alors jouer un rôle dans le maintien des pressions, mais aussi dans la protection des membranes et des systèmes enzymatiques ainsi qu'un régulateur de pH, (**Alem et Ameri, 2005**).

L'analyse de la teneur relative en eau permet de decire d'une manière globale le statut hydrique de la plante et d'évaluer l'aptitude à réaliser une bonne osmorégulation et de maintenir une turgescence cellulaire (**El Djaafari, 2000**).

Ainsi, chez les pois chiches, la teneur (TRE) évolue de manière inversement proportionnelle à la sévérité du stress. Les résultats sont similaires à ceux trouvés chez *Phaseolus vulgaris* L. (Aydi et al., 2008) et *Cicer arietinum* L. (Singh et al., 2014) qui attribuent la baisse de la TRE à une réduction de l'absorption en eau, et/ou à une forte perte en eau (stress hydrique). Les plantes qui présentent une supériorité de la TRE correspondent aux génotypes tolérants ayant une capacité de résister à la déshydratation, comparés aux variétés sensibles qui présentent une baisse importante de la teneur relative en eau.

Les résultats concernant la teneur en chlorophylle a,b, totale et caroténoïde montrent que la salinité affecte négativement la teneur en pigment chlorophylliens ce qui influe négativement sur la photosynthèse. Les résultats sont confirmés par (Agastian et al., 2000) et (Mwai et al., 2004) qui eux aussi ont signalé que la salinité diminuait considérablement la teneur en chlorophylle

En outre, la teneur des pigments chlorophylliens varie en s'abaissant sous le traitement salin imposé si bien que la chlorophylle a reste toutefois supérieur aux autres pigments.

L'optimisation de l'absorption de l'eau par les racines est en effet, liée à un ensemble complexe de caractères morphologiques comprenant la longueur, le volume et la rapidité d'installation du système racinaire.

Pour les pois chiches, le stress salin à une concentration 150mM de NaCl, affecte le poids sec total des plantes, et la longueur des racines ainsi que le rendement de la culture.

La présence de sel dans le milieu de culture limiterait l'alimentation des plantes en calcium ce qui conduirait à une inhibition de l'émergence, la croissance des racines et des poils absorbants.

Les mêmes résultats sont énoncés par Brun en 1980 qui constate que l'excès de sel dans la rhizosphère conduisait à la formation de courtes tailles, voire naines. La masse racinaire est moins affectée par la salinité que les limbes et les tiges. En effet, cette réduction de volume reflète l'inhibition de la croissance due au manque d'eau.

D'une façon générale, nous avons constaté que la croissance des racines, et en longueur des tiges diminue avec l'augmentation de l'intensité du stress salin.

L'étude de l'effet du NaCl sur la germination est aussi un point important.

En effet, les graines des deux variétés germent à des concentrations de NaCl inférieures ou égales à 150mM. Au-delà de cette concentration, la germination est totalement inhibée.

Aussi, la germination des graines s'atténue lorsque les concentrations du sel augmentent. En concordance avec les résultats de **Bliss** et *al* (1986), qui constatent que le retard de germination des graines est dû au temps nécessaire à la graine de mettre en place des mécanismes lui permettant d'ajuster sa pression osmotique interne, les graines de quatre variétés germent clairement mieux en absence de salinité.

Conclusion

Le présent travail a pour but l'étude comparative de l'effet de la salinité et la réponse à ce dernier de deux variétés de pois chiche Flip 74-92C et Flip 84-79C (*Cicer arietinum*. L)

Globalement les résultats obtenus par les précédents travaux montrent un effet dépressif du sel sur la germination des graines et un effet variable sur les différents paramètres étudiés. La réponse de la germination est similaire pour les deux variétés. Les concentrations de NaCl (0mM, 50mM, 100mM et 150mM) n'ont pas d'effet inhibiteur sur la germination des graines puisque 100% des graines de pois chiche ont germé dans ces conditions de culture. Toutefois, la variété Flip 74-92C a montré une germination lente à 100mM et 150mM par rapport au témoin. Par contre, la variété Flip 84-79C semble être moins sensible car le retard de la germination n'est enregistré qu'à 150mM de NaCl et le temps de la germination est de 2 jours.

L'étude de l'effet du NaCl sur la germination, la croissance, la nodulation et le rendement en grains chez deux variétés de pois chiche : Flip 74-92C et Flip 84-79C a montré que :

La croissance végétale exprimée par la biomasse sèche aérienne et racinaire a permis de classer la variété Flip 74-92C comme variété sensible dont la croissance est très affectée par le stress salin et la variété Flip 84-79C comme variété moins affectée par le sel. Ce résultat est confirmé par l'augmentation du rapport partie racinaire/partie aérienne, la faible teneur relative en eau et l'augmentation de la teneur en proline pour la variété Flip 74-92C.

Ils révèlent aussi que la salinité affecte négativement le statut hydrique des plantes sachant que ce dernier est l'un des principaux paramètres à étudier pour définir l'état sanitaire d'une plante. Par ailleurs, la teneur en chlorophylle a, bet en caroténoïde varie en s'abaissant sous le traitement salin, ce qui influe de manière négative sur l'un des mécanismes les plus importants à la survie des plantes, la photosynthèse.

Ces données nous ont permis de conclure que la salinité a un effet clairement dépressif sur la croissance, le bon fonctionnement des différents mécanismes, et le bon développement des plantes.

A travers cette étude nous pouvons conclure que :

Le stress salin à une concentration 150mM de NaCl, affecte significativement le poids sec total des plantes et la longueur des racines et le rendement de la culture du pois chiche variété Flip 84-79C. De même, la salinité provoque la fermeture des stomates permettant de maintenir une teneur relative en eau nécessaire à la survie des plantes. Le stress salin a provoqué des perturbations morphologiques, biochimiques et physiologiques et a induit des augmentations des teneurs en proline, proportionnellement aux concentrations appliquées. Par contre, les teneurs en chlorophylles, teneur relative en eau, et longueurs des racines ont été réduites. On peut alors en conclure, que d'après les résultats et leurs différences, que la variété Flip84- 79C est plus sensible à la salinité que la variété Flip 74-92C.

Les résultats auxquels nous nous sommes parvenus à étudier demeurent parcellaires mais contribuent forcément à l'enrichissement des travaux visant à créer un matériel végétal à capacité de tolérance au stress salin plus prononcé mais aussi à favoriser un meilleur rendement en analysant la salinité des sols où l'on envisage de cultiver des légumineuses ou des pois chiches tolérants et résistants à la salinité et qui ont une très grande importance du point de vue alimentaire.

Références bibliographiques

Abbani B, et Abdel-Laliy., 2005 – Contribution à l'étude des eaux phréatiques sur l'état de dégradation de la palmeraie de Ouagla. Mémoire ing. Univde Ouargla.p 21.

Abrol Y.P et Ingram K.T., 1997 – Effets directs et indirects du changement des processus hydrologiques, pédagogiques et physiologiques des végétaux. FAO ; 1997, ch. 6, p. 110-119.

Agastian P.; Kingsley S.J.; Vivekanandan M., 2000 - Effect of salinity on photosynthesis and biochemical characteristics in mulberry genotypes .Phtosynthtica 38, 287-290.

Alam S.M., 1994- Nutrient Uptake by plants under stress conditions.In: PessarakiM.Hand book of plants and crop-stress.New York.

Alem. C., et Amri. A., 2005- Importance da la stabilité des membranes cellulaires dans la tolérance à la salinité chez l'orge. Vol 4 Maroc, PP 20-32.

Allen R., 1995 – Dissection of oxidative stress tolerance using transgenic plants. Plant Physiol. 107: 1049-1054.

Asloum H., 1990 – Elaboration d'un système de production maraîchère (Tomate, *Lycopersicon esculentum* L) en culture hors sol pour les régions sahariennes. Utilisation de substrats sableux et d'eaux saumâtres. Thèse de doctorat, développement et amélioration des végétaux, Université de Nice Sophia-Antipolis : 24-32.

Aspinall D., AND Paleg, L.G., 1981- Proline accumulation: Physiological aspects. In The Physiology and Biochemistry of Drought Resistance in Plants (L.G.Paleg and D. Aspinall, eds.), pp.205-241. (Academic Press: Sydney.).

Bailey RW., Barker SA, Bourne E J.,1957 – Significance of oligosaccharide intermediates in dextrin synthesis. Nature: 179: 179-310.

Bamoun A.,1997 – Contribution à l'étude de quelques caractères morphophysiologiques, biochimiques et moléculaires chez & » variétés de blé dur, *Triticum durum* Desf., pour l'étude de la tolérance à la sécheresse dans la région des hauts plateaux de l'Ouest Algérien. Mémoire de Magister Université Alger. 107 p.

Begg J.E. et Turner N.C., 1976 – Crop water deficits. Adv. In Ag. (28). P : 330-337.

Bekkouche H., 1992 – Etude de la germination de quelques lignées de poids chiche, soumises à la salinité. Croissance et anatomie des tiges et des racines – Mémoire D.E.S., Bio. Vég. Université d'Oran.

Belhassen E., This D., et Monneveux P., 1995 - L'absorption génétique face aux contraintes de sécheresse .Cahier agricultures ; 4,p.251-61.

Benlaribi M., 1990- Adaptation au déficit hydrique chez le blé dur (*Triticum durum* Desf). Etude des caractères morphologiques et physiologiques. Thèse Doctorat d'Etat University. Da Constantine. 164p.

Bennabi F., 2005 – Métabolisme glucidique et azote chez une halophyte (*Atriplex halimus* L) stressée à la salinité. Mémoire de magistère en physiologie végétale, Université Es-Senia, Oran, 136p

Benseddik B., 2000 – Analyse des facteurs écologiques pour une optimisation des stratégies de sélection de blé dur *Triticum durum* Desf. Dans l'Ouest Algérien Thèse Doctorat en Ecophysiologie. Univ. Sidi Bellebes. 240p.

Blum A., 1974 - Genotypic responses of sorghum to drought stress.Vol.II,Leaf tissues water relations .Crop.Sci.14 (5), p.691-693.

Blum A.,1988 - Plant Breeding for stress environments. BOCA Reaction, Ed C.R.C. Press Inc. 223p.

Bousmaha N., Boulebene F.Z., 1991-Les protéines du choc thermique chez *Pennisetum thyphoides* L.à l'état juvénile.Mémoire D.E.S.Inst.Biol.Univ.Oran,p3-6

Brinis L., 1995 – Effet du stress hydrique sur quelques mécanismes morphophysologiques et biochimiques de trait d'adaptation et déterminisme génétique chez le blé dur (*Triticum durum* Desf). Doctorat d'état es Science Physiologie Végétale et amélioration génétiques des plantes. Univ. Annaba. (Algérie) : 156p.

Brun A., 1980 – Effets comparés de différence de concentrations de NaCl sur germination, d'Algérie. These de doctorat 3eme cycle. Montpellier.

Calu G., 2006 – Effet du stress salin sur les plantes. Comparaison entre deux plantes modèles : Arabidopsisthaliana et Thellugielahalophila. Master 1, Recherche biotechnologie : du gène à la molécule SpectroSciences, article 23, 10 p.

Campbell W.H. and Pitman M.G., 1971- Salinity and plant cells:Salinity and Water use .Talsma T. and Philips J.R., ed.MacMallan.London.

Chevery et Robert M., 1993- Salure des sols Magrébins : Influence sur les propriétés physiques et physico-chimiques des sols. Répercussion des modifications de ces dernières sur la fertilité, notamment azotée. Rapport final du contrat CEE STD TS2- 108-F, 34p.

Chretien D., 1992 – La résistance au sel chez le Jojoba (*Simmondsia chinensis* L.S) : Croissance et modifications du contenu lipoprotéique de cals cultivés en présence d'une teneur élevée en NaCl. Thèse Doct. Uni. Paris VI, p. 144.

Clarck J.M & Mac-Caig T.N. 1982- Excised leaf water relation capability as an indicator of drought resistance of Triticum genotypes. Canada Journal Plant Science 62, 571-576.

Clark, K. B., B. Chew AND T. Fujimoto., 1989 - Product Development in the World Auto Industry, Brookings Papers on Economic Activity, 729-77 1. AND T. FUJIMOTO, "Overlapping Problem Solving in Product Development," in K. Ferdows (Ed.), Managing International Manufacturing, North-Holland, Amsterdam, 1 989a. AND , "Lead Time in Automobile Product Development: Explaining the Japanese Advantage," J. Engineering and Technology Management, 1 (1 989b), 1-34.

Couée I., Sulmon C., Gouesbet G. & El Amrani A., 2006 - Involvement of soluble sugars in reactive oxygen species balance and responses to oxidative stress in plants. Journal of Experimental Botany57, 449–459.

Devlin R.M. et Whitam F.H., 1983 – Plant physiology, 4th ed. Willard Grant Press, Boston. 577p.

Diedhiou G.J., 2006 – Mechanisms of salts tolerance : Sodium, Chloride, and potassium Homeostasis in two rice lines with different tolerance to salinity stress. Dr. Rer. Nat theses. Faculty of biology University of Bielefeld, Germany.

Douaoui A. et Hartani T., 2008 – Impact de l'irrigation par les eaux souterraines sur la dégradation des sols de la plaine du Bas-Chellif. Scientifique commons. Vol.2, no3, p.9.

Emberger L.,1971- Travaux de botanique et d'écologie. Edition masson et Cie 1971.

Essah P.A., 2000 – Sodium Transport in Arabidopsis thaliana. Master of Philosophy. Departement of Plant Science and Pembroke College, Cambridge. 80 p.

FAO (Food and Agricultural Organisation),, 2001- La foresterie urbaine et périurbaine.

FAO., 2002 – Le sel de la terre: un danger pour la production vivrière. Sommet mondial de l'alimentation juin 2002.

FAO., 2008 – Annuaire statistique de la FAO

FAO., 2012 - Agriculture et Environnement: Les défis du 21ème siècle. 21e Session.

FAO.,1988- Programme de cooperation technique ; programme de développement de productions fourragères et de l'élevage. Rapport de synthèse, 45p.

Flowers T.J., Troke P.F., Yeo A R., 1977 – The mechanism of salt tolerance in halophytes. Ann. Rev. Plant. Physiol., 28, 89-121.

- Gaucher G. et Burdin S., 1974-** Géologie, géomorphologie et hydrologie des terrains salés. Presse, Unis'. France, 227p.
- Gaudilliere J.P. et Barcelo M.O.,1990** – Effets des facteurs hydriques et osmotiques sur la croissance des talles de blé. *Agronomie* 1990. (10) p. 30-32.
- Girard P., Prost J., Bassereau P., 2005** – Passive or Active Fluctuations in Membranes Containing Proteins *Phys. Rev. Lett.* 94, 088102: 60-64.
- Gosling E., 2000** – The systematic status of *Mytilus galloprovincialis* in Western Europe: a review; *Malacologia*, 25 (2) : 551-568.
- Greenway H., Munns R., 1980** – Mechanisms of Salt tolerance in nonhalophytes *Ann. Rev. Plants. Physiol.* 31, 149-90.
- Guerrier G., 1983**–Capacité germinative de semences en fonction des doses graduelles en NaCl et importance des transferts sur milieux sodés ou témoins. 90p
- Hadjadj-Aoul S., Chouieb M., Loisel R., 2009-** Effet des facteurs environnementaux sur les premiers stades de la régénération naturelle de *Tetraclinis articulata* Vahl Master en Oranie. *Ecologia mediterranea*, vol. 35: 19-31.
- Hamza M., 1977** – Action de différents d'apports de chlorures de sodium sur les physiologie de deux légumineuses (*phaseolus vulgaris*, sensible) sensible et (*hedysarum curnosum*) Tolérante relation hydrique et ionique thèse doctorat. Univ. Paris.
- Handa S., Handa A. K., Hasegawa P.M., et Bressan R.A., 1986** – Proline accumulation and the adaptation of cultured plant cells to water stress. *Plant Physiology*, 80, p. 938-945.
- Hayashi H, Murata N., 1998-** Genetically engineered enhancement of salt tolerance in higher plants. In K Satoh, N Murata, eds, *Stress Responses of Photosynthetic Organisms*. Elsevier Press, Amsterdam, pp 133–148.
- Heller, K.A. et Perleth Ch., 2004-** Adapting Conceptual Models for Cross-Cultural Applications. In J.R. Campbell, K. Tirri, P. Ruohotie & H. Walberg (Eds.), *CrossCultural Research: Basic Issues, Dilemmas, and Strategies* (pp. 81-101). Tampere, FL: Hame Polytechnic (University of Tampere, Finland).
- Hernandez, J.A., A. Jimenez, P. Mullineaux and F. Sevilla. 2000-** Tolerance of pea (*Pisum sativum* L.) to long-term salt stress is associated with induction of antioxidant defenses. *Plant Cell Environ.*, 23: 853-862.
- Hopkins., 1999-** Introduction to plant physiology. Second edition. The University of Western Ontario. Edit. John Wilay and Sons., Inc, 512p.
- Iptrid , 2006** – Extension de la salinisation et Stratégies de prévention et réhabilitation Thèse d'Etat de l'Université d'Alger Conférence électronique sur la salinisation IPTRID (Programme International pour la Technologie et la Recherche en Irrigation et Drainage). FAO, CISEAU : Etude des sols des Plaines du Chélif., 582p.
- Iptrid., 2006** – Conférence électronique sur la salinisation. Extension de la salinisation et stratégie de prévention et réhabilitation. P 2, 11.
- Kabar K., 1986** - Alleviation of salinity stress by growth regulators on seed germination. *J Plant .Physiol.* 128.p 79-83.
- Kessiran M.M., 2003** – Gestion de l'irrigation dans le milieu salin. Recueil des communications des journées techniques et scientifiques sur la qualité des eaux du Sud. Volume III, El-Oued les 19 ET 20 mai 2003.
- Kinet J.K., Benrebiha F.Z., Bouzid S., Lailhacar S. et Dututt P., 1998** - Réseau Atriplex. Allier biotechnologies et écologies pour une sécurité alimentaire accrue en régions arides et semi-arides .*Cahiers Agriculture*, Vol.7, N° 6, p.505-509.
- Koslowski T., 1968**– Water deficits and plant growth. Vol.II .Academic Press, New

- Kotchoni S.O., E.W. Gachomo, B.O. Omafuvbe and O.O. Shonukan., 2006-** Purification and Biochemical Characterization of Carboxymethyl Cellulase (CMCase) from a Catabolite Repression Insensitive Mutant of *Bacillus pumilus*. *Int. J. Agri. Biol.* 8: 286–292.
- Langride R., J. Christian-Smith, and K. A. Lohse., 2006-** Access and resilience: analyzing the construction of social resilience to the threat of water scarcity. *Ecology and Society* 11(2): 18
- Larcher Z., 1980** – Transpiration and photosynthesis of detached leaves and shoots *Quercus pubescens* and *Quercus ilex* during desiccation under standard conditions. *Bull. Res. Coun. Isr.(8D)* :p :213-224.
- Lawson A, M. 2006** : Etude phytochimique d'une fabacée tropicale, *Lonchocarpus nicou* évaluation biologique préliminaire université de limoges page 12.
- Levigner A., Lopez F., Vansuyt G., Berthomieu P., Fourcroy P., et Casse-Delbart F., 1995** – Les plantes face au stress salin. *Cahiers Agriculture.* 4(4). 263-273.
- Lord D., 1989** – Physiologie végétale, notes de cours (section 2) département des sciences fondamentales. UQAC. 77p.
- Lynd LR, Weimer PJ, van Zyl WH., 2002-** Pretorius IS. Microbial cellulose utilization, fundamentals and biotechnology. *Microb Mol Biol Rev.*; 66: 506- 577.
- Maillard J., 2001-** Le point sur l'irrigation et la salinité des sols en zone sahélienne. Risques et recommandations. *Handicap International.* Novembre 2001, 34p.
- Majoul, T., Bancel, E., Triboi, E., Ben Hamida, J., Branlard, G., 2003** - Proteomic analysis of the effect of heat stress on hexaploid wheat grain: characterization of heat-responsive proteins from total endosperm. *Proteomics* 3, 175–183.
- Mansfield T.A.C. J, Atkinson., 1990** -Stomata behavior in Water stressed plants. In: R.G. Alscher, J.R. Cumming (Eds), *stress Responses in plants: Adaptation and Acclimation Mechanisms.* New York: Wiley-liss, p.241-264.
- Marshner et Possingham J.V., 1975** – Effect of K^+ and Na^+ on growth leaf discs of sugar beet and spinach: 75, 6-16.
- Mashali A., Suarez D.L., Nabhan H., Rabindrra R., 2005** – Integrated management for sustainable use of salt-affected soils. Rome: FAO Soils Bulletin, now printing.
- 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.
- Mermoud A., 2006** - Cours de physique du sol : Maitrise de la salinité des sols. Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, 23p.
- Mohamed M., Shibli. R., Adjouni M., Nimri L., 1998-** Tomato root and shoot responses to salt stress under different levels of phosphorus nutrition. *J. Plant Nutr.* 21, 1667-1680.
- Monneveux P et This D., 1997** - La génétique face aux problèmes de la tolérance des plantes cultivées à la sécheresse : espoir et difficultés. *Cahiers « sécheresse », vol.8, N° 1, p. 29 – 37*
- Morgan J.M., 1984** – Le stress hydrique et l'osmorégulation chez les plantes supérieures. *Ann. Rev. Plant physiol.*(35) :p :229-348.
- Munne-Bosh et Alegre L., 2004-** Leaf senescence contributes to plant survival under drought stress. *Funct Plant Biol* 31: 203–213
- Nam MH., Heo FJ., Kim SI., Kwon KH., Seo JB., Kwon O., Yoo JS., Park YM., 2003-** Proteome analysis of the responses of *Panax ginseng* C.A. Meyer leaves to high light: use of electrospray ionization quadrupole-time of flight mass spectrometry and expressed sequence tag data. *Proteomics* 3:2351-2367.

- Palonen P., 1999** – Relationship of seasonal changes in carbohydrates and cold hardiness in canes and buds of three red raspberry cultivars. *J Am Soc Hort Sci*: 124, p, 07-13.
- Parida A.K.et Das A.B., 2005** – Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 60, 324-349.
- Parker, S. K., Williams, H. M., & Turner N., 2006** - Modeling the antecedents of proactive behavior at work. *Journal of Applied Psychology*, 91: 636-652.
- Pearson J. et Stewart G.R.,1986** – Chlorophyll fluorescence as tool in improvement for N₂ fixation efficiency. *Euphytica*(45): p: 43-47.
- Prakash A., Karadge P., 1986** – Growth mineral nutrition organic constituents and rate of photosynthetic in *Sesbania grandiflora* L. Growth under saline condition. *Plant and soil* 93, p. 395-404.
- Raison J K, G. R. Orr.,1986** – Phase transitions in liposome's formed from polar lipids of mitochondria from chilling-sensitive plants. *Plants physiology* 81, p807-811.
- Ramade F.,1984** –Éléments d'écologie: Ecologie fondamentale. Mc : Graw Hill, Paris. 387p.
- Rao I. M., R.E.Sharp,J.S.Boyer., 1987** - Leaf magnesium alters photosynthetic reponse to low water potentials in sunflower .*Plant physiology* 84 : p 1214 -1219.
- Raven P.H., Evert F.E., Eichorn S.E., 1992** –Biologie of plants. Worth publishers, New York. 791p.
- Redondo-Gomez S, Mateos-Naranjo E, Davy AJ, Fernández-Muñoz F, Castellanos E, Luque T, Figueroa ME., 2008** - Growth and photosynthetic responses to salinity of the salt-marsh shrub *Atriplex portulacoides*. *Annals of Botany*; 100:555–563.
- Rejili ; Neffati N; Mouhamed VAdel H., 2006** – Comportement germinatifs de deux population de lotus creticus. L en présence du NaCl *Revue des Région Arides* n°17 page 65.75.
- Renaut J., Lutts S., Hoffmann Let Hausman JF., 2004** – Responses of poplar to chilling temperatures: proteomic and physiological aspects. *Plant Biology (Stuttgart)*; 6: p 81-90.
- Requejo R. and Tena M., 2005**- Proteome analysis of maize roots reveals that oxidative stress is a main contributory factor to plant arsenic toxicity. *Phytochemistry* 66:1519–28.
- Reynolds, R.W., N.A. Rayner, T.M. Smith, D.C. Stokes and W. Wang, 2001** - An improved in situ and satellite SST analysis for climate, *Journal of Climate*, 15, 1609- 1625.
- Sadji Hamida,2017**- Effets de la salinité et du phosphore sur la physiologie du pois chiche thèse de doctorat, Université de Bab Ezzouar, Algérie.
- Said Boudaa, B, Abdelmadjid Haddioub., 2011**- Effet du stress salin sur la germination de quelques espèces du genre atriplex « *Revue Nature et technologie* ». N° 05/Juin 2011.
- Santoro M.M., Liu Y.,Khan S. M. A., Hou L. X. and Bolen D. W., 1992** - Increased thermal stability of chilling .*Protoplasma.*,137,p,45-55
- Sauter J J, et Kloth S., 1987** – Changes in carbohydrate and ultrastructure in xylem ray cells of populus in reponse to chilling. *Protoplasma.*, 137, p, 45-55.
- Schoffl F.,Baugmann G.,Raschke and BevanM.W., 1986** - The expression of heat shock genes in higher plants.*Philosophical transactions of the Royal Society. London.B* 314: 453-468.Leaves in the dark.*Plant Physiol.*,51,508-511
- Schonfeld M.P., Richard J.E., Carver B.F.et MORNHI W., 1988** – Water relation in winter wheat as drought indication. *Plant sci.* 66, p. 95-101.

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

Servant J.M., 1975 – La salinité dans le sol et les eaux. Caractérisation et problèmes d'irrigation drainage. S.E.S. N°310, Montpellier, 27p.

Shilpi M. et Narendra., 2005 - Cold, Salinity and Drought Stresses An Overview,” *Archives of Biochemistry and Biophysics*, Vol. 444, No. 2, , pp. 139-158

Siminovitch D., Wilson C M., Briggs D R., 1953 – Studies of the chemistry of the living black locust in relation of its frost handiness. V. Seasonal transformations and variations in the carbohydrates: Starch-glucose Interconversions. *Plant Physiol*; 28: 383-400.

Sinclair T et Ludlow M.,1985 – Who taught plants thermodynamics the unfilled potential of plant water potential. *Amot.J. plant, physiol.* (12):p: 213-217.

Smirnoff .,1999 – The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation. *New phytol* 125: 27-58.

Statistiques agricoles.,1990 - Série B ; 1981-1990.Ed.Ministère de l'agriculture.Alger.

Tal M., 1984 – Selection for stress tolerance. In hand book of plant cell culture: Technique for propagation and breeding (D.A.Ewans, W.R.Sharp, P.V.Ammirato and Y.Yamadou, eds). Vol.I.p.461-488. Mac Millan Publishing Co., New York. ISBN002-9492 30-0.

Ungar I A., 1996-Effect of salinity on seed germination, growth and ion accumulation of *Atriplex patula*.(Chenopodiaceae).*Ann.Bot*; 83,p 04-07

Waisel Y., 1972 – Biology of halophytes. Acad. Press, New York, 395p. Water relations. *Crop. Sci.* 14 (5),p. 691 – 693.

Wang.Y., Nil. N., 2000 : Changes in chlorophyll, ribulosebiphosphate carboxylaseoxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during salt stress. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 75, 623-627.

William G., 2003- Physiologie Végétale 1ère Edition de bock universities

Yeo A R.,T J, Flowers.,1989 -Selection for physiological characters – examples from breeding for salt tolerance .In : H. G.Jones,T.J.Flowers,M. B.Jones (eds),plants Under Stress,Biochemistry,Physiology and Ecology and Their Application to plant Improvement Cambridge.Cambridge University Press,p 218-234.

Youcef H., 1988- Contribution à la cartographie agrobiologique des sols sales sur Chlef. Mémoire Ingénieur, I.T.A. Mostaganem.

Zeghouane O., 1989 -Situation de la culture de Fève en Algerie. Doc. RONEO.ITGC Alger.

Zhang J W , Davie S., 1987 – Increased synthesis of ABA in partially dehydrated root tips and ABA transport from roots to leaves. *Journal of Experimental Botany* 38, p 2015-2023.