

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT D'AGRONOMIE
N° :.....



DOMAINE : SNV
FILIERE : Sciences agronomiques
OPTION : Production vegetale

Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique

Par : BENRAOUANE Faten
DJEROUM Siham
LEIR Fatiha

Intitulé

**Effet du stress salin sur le comportement de quelques
variétés de Blé dur cultivée dans la région de M'sila**

Soutenu devant le jury composé de:

| | | |
|--------------------------------|--------------------------|--------------|
| M ^{me} MERAH F. | Université de M'sila MAA | Président |
| M ^{me} LALLOUCHE B. | Université de M'sila MCB | Promoteur |
| M ^r HADJ KOUIDER B. | Université de M'sila MCB | Co-Promoteur |
| M ^{lle} MADANI D. | Université de M'sila MAA | Examineur |

Année universitaire : 2019 /2020

REMERCIEMENT

Je remercie **ALLAH** de m'avoir donnée le courage, la patience et la volonté d'avoir pu réaliser ce travail

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer ma plus profonde reconnaissance et mes vifs remerciements à Madame **LALLOUCHE B.** et Monsieur **HADJKOUIDER B.**, Maitres de Conférence à l'Université de M'sila Mohamed Boudiaf, pour m'avoir confié le sujet de cette étude. Je leur suis redevable pour l'aide et les conseils qu'ils m'ont prodigués et les qualités pédagogiques et scientifiques dont ils ont fait preuve à mon égard tout le long de ce travail. Un grand merci pour leur patience lors de la correction du manuscrit.

Monsieur **MERAH F.** m'a honoré en présidant ce Jury, qu'il trouve ici l'expression de mon profond respect.

Madame **MADANI D.** a accepté de faire partie de ce jury, je lui témoigne toute ma gratitude. Vos critiques et vos remarques me seront d'une grande utilité.

Je remercie l'ensemble des **Enseignants du département des Sciences Agronomiques** de l'Université de M'sila qui ont contribué à notre formation.

Je suis très reconnaissante envers toutes personnes, qui m'ont aidé à réaliser ce modeste travail.

Dédicace

Je dédie ce travail...

A ma chère Mère, mon chère Père,

En qui j'ai trouvé le soutien immense et l'amour dans le parcours de ma vie,

J'espère que ce travail déployé avec beaucoup d'effort exprime pour eux le témoignage

Sincère de mon amour, ma profonde affection et mon grand respect

Ainsi pour mes grands pères qui nous ont quittés que dieu leur accordent

Sa miséricorde et mes grandes mères que je leurs souhaitent santé et longue vie

Sans oublier mes chers frères et mes chères sœurs, tantes et oncles

A Mes enseignants respectivement ;

Encadreur ; M^{me} LALLOUCHE B. et MrHADJKOUIDER B.

Président ; M^m Merah F.

Examineur : Madani D.

Je remercie aussi le reste de tous mes enseignants.

Touts mes amis et mes collègues de ma promotion de master (2019/2020) et

Toutes les personnes qui m'ont soutenue de près ou de loin pour la réalisation

De ce travail

L'EIR.F

DEDECACE

Tout d'abord, nous tenons à remercier Allah.

De nous avoir la santé, la volonté et la patience pour mener à terme notre formation de master et pouvoir réaliser ce travail de recherche.

Nous tenons à exprimer nos profonds remerciements à notre encadreur

Mme **LALOCHE B** . et Mr **HADHKOUIDER B.**, que nous ont fourni

le sujet de ce mémoire

et nous ont guidés de leur précieux conseils et suggestion, et la confiance

Qu'ils nous a témoignés tout long de ce travail.

Nous tenons à gratifier les membres de jury pour l'intérêt qu'ils ont porté

à notre recherche en acceptant d'examiner à notre travail.

Enfin, on adresse nos sincères sentiments de gratitude et de reconnaissances

a toutes les personnes qui' ils ont participé de près ou de loin à la réalisation

de ce travail.

BENRAOUANE.F

DEDECACE

J dédie ce modeste travail à des êtres qui me sont très chères et son lesquelles je n'aurais atteint le stade ou je suis actuellement.

A mes chères parents mes haut plus exemples et mes modèles de Persévérance pour aller toujours de l'avant et ne jamais baisser les bras.

A mes sœurs "Amina" et "Aya" et mes frères "Mourad" et "Mohamed"

Pour exprimer mon affection et tendresse et surtout ma chère sœur "Yousra" pour encourager et soutenu.

A toute ma famille

A tous mes amies et collègues

A toute la promotion 2020.

DJROUM. S

RESUME

Le présent travail a pour objectif d'étudier l'influence du stress salin par différentes concentrations de NaCl sur le taux de germination, les paramètres de croissance (la teneur en eau et certains osmolytes) du blé dur *Triticum durum* depuis le stade germination jusqu'à la maturation complète. Les résultats obtenus d'après les travaux précédant montrent que le sel a un effet dépressif sur le taux de germination, la croissance biologique et la production en grains. Cependant, cet effet varie en fonction de l'intensité du stress et de la variété en question.

Mots clé : *Triticum durum*, blé due, salinité, germination, croissance, maturation

ملخص

الهدف من هذا العمل هو دراسة تأثير الإجهاد الملحي بتركيزات مختلفة من كلوريد الصوديوم على معدل الإنبات ومعاملات النمو (محتوى الماء وبعض الأسمولات) للقمح القاسي *Triticum durum* من مرحلة الإنبات إلى عند النضج الكامل. تظهر النتائج التي تم الحصول عليها من العمل السابق أن الملح له تأثير سلبي على معدل الإنبات والنمو البيولوجي وإنتاج الحبوب. ومع ذلك، فإن هذا التأثير يختلف تبعاً لشدة الضغط والجهد المعني.

الكلمات المفتاحية: *Triticum durum* | القمح المستحق، الملوحة، الإنبات، النمو، النضوج

ABSTRACT

The objective of this work is to study the influence of salt stress by different concentrations of NaCl on the germination rate, growth parameters (water content and certain osmolytes) of durum wheat *Triticum durum* from the germination stage to at full ripening. The results obtained from previous work show that salt has a depressive effect on germination rate, biological growth and grain production. However, this effect varies depending on the intensity of the stress and the strain in question.

Key words: *Triticum durum*, wheat due, salinity, germination, growth, maturation

TABLE DE MATIETE

REMERCIEMENT

RESUME

TABLE DE MATIETE

LISTE DES FIGURES

INTRODUCTION **9**

CHAPITRE I : PRESENTATION DE L'ESPECE

| | |
|---|-----------|
| 1.1 Origine, distribution géographique et diversification génétique | 12 |
| 1.2 Description systématique | 14 |
| 1.3 Description morphologiques | 15 |
| 1.4 Cycle de développement | 16 |
| a. La période végétative | 16 |
| b. La période reproductrice | 17 |
| c. La période de maturation | 17 |
| 1.5 Importance du blé dur en Algérie | 18 |

CHAPITRE II : STRESS SALIN

| | |
|--|-----------|
| 2.1 Salinité dans le monde et en Algérie | 19 |
| 2.2 Effets morphologique et physiologiques du stress salin sur les plantes | 20 |
| 2.2.1 Type include» | 22 |
| 2.2.2 Type exclude » | 23 |
| 2.3 Effet du stress salin sur la germination des graines | 25 |
| 2.4 Mécanismes de résistance des plantes au stress salin | 27 |
| a. Exclusion et inclusion d'ions | 27 |
| b. Synthèse des solutés compatibles | 28 |
| c. Contrôle de l'absorption ionique par les racines | 28 |
| d. Modifications de la capacité photosynthétique | 28 |
| e. Induction d'antioxydants | 28 |
| f. Induction des hormones végétales | 28 |

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

LISTE DES FIGURES

- Figure 1.1 :** Diverses espèces de Triticum et leurs différents niveaux de ploïdie (**Cauderon, 1979**) 13
- Figure 1.2 :** Parties d'un grain de blé (**biosol.free.fr**)
- Figure 1.3 :** Cycle phénologique du blé d'hiver (*Triticum aestivum* L.) (**Le bris et al., 2015**). 14
- Figure 1.3 :** Cycle phénologique du blé d'hiver (*Triticum aestivum* L.) (**Le bris et al., 2015**) 16
- Figure 2.1 :** Illustration schématique du changement de potentiel hydrique du milieu extérieur sur la cellule végétale (**Buchanan et al., 2000**). 21
- Figure 2.2 :** Effet du stress salin chez la plante : le stress salin provoque une toxicité ionique & osmotique par l'augmentation du contenu intracellulaire en cation Na⁺, Ca²⁺, l'activation du système antioxydant et un changement de la balance hormonale provoque une forte diminution dans l'activité photosynthétique et une sénescence foliaire précoce (**Mahjoubi, 2018**). 24

INTRODUCTION

Dans la région méditerranéenne à climat aride ou semi-aride, l'eau constitue le principal facteur limitant l'intensification des cultures céréalières. Les ressources en eau sont de plus en plus rares, et des eaux relativement salines sont de plus en plus utilisées dans l'agriculture.

Le blé dur (*T. durum*) et le blé tendre (*T. aestivum*) sont économiquement les espèces céréalières les plus importantes qui se sont adaptées à des conditions naturelles très variées. **Epstein et al., (1980)** observent une variabilité de la tolérance à la salinité au sein de 5000 accessions de blé. Le blé dur tétraploïde apparaît généralement moins tolérant au sel (**Slama, 1986 ; Roudani, 1996**).

La réponse au stress salin se manifeste généralement chez la plupart des plantes cultivées par un effet dépressif sur les caractères morphologiques (**Munns et Termaat, 1986 ; Munns , 1993 ; Munns et al., 1995**). Cette réponse varie considérablement en fonction de l'espèce, de génotype et même de l'écotype ou de la variété (**Epstein et al., (1980) ; Mass, 1986 ; kingsbury et al., 1984 ; Cramer et al., 1994**). La diminution de la croissance et le développement est une réponse à la déshydratation ; elle contribue à la conservation des ressources en eau, ce qui permet la survie de la plante (**Binzel et al., 1988**). Chez certaines espèces de l'*Opuntia*, la diminution de la croissance n'est pas considérée comme une conséquence des perturbations osmotiques, mais comme une stratégie qui permet à la plante de limiter les pertes d'eau par transpiration et de maintenir ainsi une bonne valeur de l'efficacité d'utilisation de l'eau (**Lallouche et al., 2017**).

Les plantes sont capables de supporter le déficit hydrique provoqué par le stress salin, en ajustant leur potentiel osmotique avec celui du milieu extérieur, de manière à maintenir un gradient de potentiel hydrique entre la plante et le milieu salin (**Greenway et Muns, 1980**). Une fois que la plante s'est ajustée osmotiquement au milieu salin et que sa turgescence est restaurée, le déficit hydrique n'apparaît plus comme un facteur limitant la croissance sur milieu salin (**Zhao et al., 1991 ; Munns et Termaat, 1986**).

La réduction des paramètres morphologiques chez les glycophytes, en condition de stress salin, semble être due au fait que ces plantes sont incapables de séparer les réponses spécifiques au stress hydrique de celles relatives au stress salin. **Bressan et al. (1985)** montre que les cellules de tabac adaptée à la condition de stress salin continuent de présenter une limitation de croissance, même quand leurs réajustements osmotiques sont réalisés ; les plantes régénérées à partir de cellules, adaptées au stress salin, continuent de montrer une croissance limitée, même en l'absence de stress salin (**Iraki, 1989**).

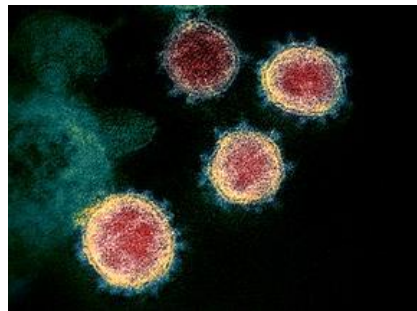
La plante, du fait de la réduction de la croissance de la partie aérienne, doit réguler plus strictement la pénétration des ions à travers la partie racinaire pour empêcher une accumulation trop rapide des ions au niveau aérien ; ceci conduit à une accentuation du déficit hydrique (**Sing et al., 1989**). La réduction de la productivité des plantes en déficit hydrique est due au fait que ces dernières, en diminuent leurs surfaces foliaires, réduisant leur croissance, ce qui a pour conséquence une diminution de la capacité photosynthétique de la plante entière (**Steduto et al., 2000 ; Lallouche et al., 2017**).

Les halophytes n'utilisent pas la réduction de croissance comme un moyen de survie dans les conditions de stress salins, mais continuent de puiser l'eau dans le sol, et les ions absorbés sont, soit dilués au niveau de la plante au cours de la croissance (**Levitt, 1972**), soit éliminés par excrétion (**Binet, 1982**).

Dans notre travail, nous avons pour objectif de comparer le comportement de quelques variétés du blé dur sous stress salin. Pour cela, nous allons étudier l'impact de la réduction de la croissance sur des paramètres morphologiques et physiologiques tels que la photosynthèse, la transpiration et la teneur foliaire en eau, ainsi que les répercussions sur le rendement en grain.

Dans ce document, nous avons enlevé les deux dernières parties (matériels et méthodes et résultats et discussion) suite de confinement imposée aux populations par l'État Algérien afin de faire face à la propagation du coronavirus (pandémie mondiale) qui s'est propagé dans le monde entier.

La pandémie de Covid-19 est une crise sanitaire majeure provoquée par une maladie infectieuse émergente apparue fin 2019 en Chine continentale, la maladie à coronavirus 2019, dont l'agent pathogène est le SARS-CoV-2. Ce virus est à l'origine d'une pandémie, déclarée le 11 mars 2020 par l'Organisation mondiale de la santé. En Algérie, elle se propage à partir du 25 février 2020 lorsqu'un ressortissant italien est testé positif au SARS-CoV-2



SARS-CoV-2 vu au microscope électronique.

Classification

Type : Virus

Domaine : Riboviria
Ordre : Nidovirales
Sous-ordre : Coronavirineae
Famille : Coronaviridae
Sous-famille : Orthocoronavirinae
Genre : Betacoronavirus
Sous-genre : Sarbecovirus
Espèce : SARSr-CoV

Forme

SARS-CoV-2
ICTV1

Classification phylogénétique

Position :

Espèce : SARSr-CoV
SARS-CoV (humain ; SRAS)
SARSr-CoV WIV1 (chauve-souris)
SARSr-CoV HKU3 (chauve-souris)
SARSr-CoV RP3 (chauve-souris)
SARS-CoV-2 (humain ; COVID-19)

CHAPITRE I

PRESENTATION DE L'ESPECE

1.1 Origine, distribution géographique et diversification génétique

Les céréales représentent l'ensemble des plantes cultivées en vue de l'obtention de graines à albumen (**Belaid, 1986**), telles que l'orge, le blé, le seigle, et l'avoine. Ce sont des monocotylédones ; elles appartiennent à la grande famille des poaceae, classées en différents genres ; Hordeum (Orge), Avenae (Avoine), Triticum (Blé), et Secale (Seigle) (**Alais et al., 2003**). Dans ce chapitre, une principale céréale est présentée : le blé dur (*Triticum durum* Desf.).

Le blé dur est une plante herbacée annuelle de la classe des monocotylédones, appartenant à la famille des graminées (Gramineae = Poaceae), au genre *Triticum* et à l'espèce *T. durum* Desfontaines (**Mac Key, 2005**). Le blé dur possède les génomes : A issu de *T. monococcum* et B provenant de *Aegilops spelloïdes* (**Huang et al., 2002**). Il fait partie du groupe des tétraploïdes ($2n=28$) (**Boulal et al., 2007**).

Le blé dur selon plusieurs auteurs serait une plante anciennement cultivée et était la base de l'alimentation des premières civilisations humaines. Le blé est parmi les premières espèces cultivées et cueillies par l'homme au proche Orient, il y a environ 10.000 à 15.000 ans avant J.C (**Hervé, 1979**).

Le centre d'origine du blé est le Tigre et l'Euphrate (l'actuel Irak), puis l'espèce s'est étendue en Egypte, en Chine, en Europe et en Amérique (**Hamed, 1979**).

Le blé dur provient des territoires de la Turquie, de la Syrie, de l'Iraq et de l'Iran (**Feldman, 2001**).

La culture du blé s'est diffusée vers le Nord-Ouest par les plaines côtières du bassin méditerranéen et arrivé jusqu'au Balkans (URSS) puis en suivant la vallée du Danube (Allemagne) pour se fixer aussi dans la vallée du Rhin (France) entre 5000 et 6000 avant

J.C. Il est introduit en Asie et en Afrique. Son introduction en Amérique, et plus encore. En Australie, l'évolution du blé produite dans de nombreux écosystèmes, de manière relativement indépendante jusqu'au XIX siècle (**Bonjean, 2001**).

Vavilov, (1934), rapporte que d'après dans la classification et l'origine géographique on distinguant nettement deux sous espèces :

- 1- La sous espèce Europeum Vav., se trouve dans les Balkans et la Russie.
- 2- La sous espèce Mediterraneum Vav., rencontrée dans le bassin méditerranéen.

Grignac, (1978) rapporte que le moyen Orient où coexistent les deux espèces parentales se rencontrent de nombreuses formes de blé dur et serait le centre d'origine géographique du blé.

L'espèce *Triticum durum* s'est différenciée dans trois centres secondaires différents qui sont : le proche Orient, le Sud de la Russie, le bassin occidental de la Méditerranée.

Chaque centre secondaire donna naissance à des groupes de variétés botaniques aux caractéristiques morphologiques, phénologiques et physiologique particulières (**Monneveux, 1991**).

Les travaux de **Kihara, (1924)** cités par **Felix, (1966)** ont permis d'attribuer l'origine du génome A à *Triticum monococcum* var. *boeoticum* ou var. *urartu*.

Une étude récente basée sur le polymorphisme des séquences répétées a établi que *Triticum urartu* var. *boeoticum* est présent seulement chez *Triticum zhukovski* (**Dvorak et al., 1992**). Le génome « D » aurait pour origine *Aegilops squarrosa*.

Sakamura (1918) cité par Cauderon, (1979), fut le premier à déterminer le nombre exact des chromosomes de diverses espèces de *Triticum* et leurs différents niveaux de ploïdie (**Figure 1.1**) :

- *Triticum aestivum* : 42 chromosomes hexaploïdes.
- *Triticum turgidum* : 28 chromosomes tétraploïdes ($2n=4x=28$) génome AABB.

- *Triticum monococcum* : 14 chromosomes diploïdes.

Feldman (1976), trouve que le blé tire son origine d'une forme sauvage de l'espèce diploïde (*Triticum monococcum*) dans une région délimitée par l'Iran, la Syrie et la Turquie. Le *Triticum turgidum* est le résultat d'une hybridation entre le *Triticum monococcum* (fourni le génome A) et une herbe apparentée au blé nommée *Aegilops speltoides* (Graminée, fourni le génome B). La domestication de ce blé tétraploïde (AABB) a donné l'amidonnier, qui est à l'origine des cultivars de blé dur (**Piccard, 1988**). Les génomes A et B contrôlent de manière générale l'architecture, la résistance et la fertilité de l'espèce, aussi le génome D confère au blé tendre son aptitude à la technologie du pain.

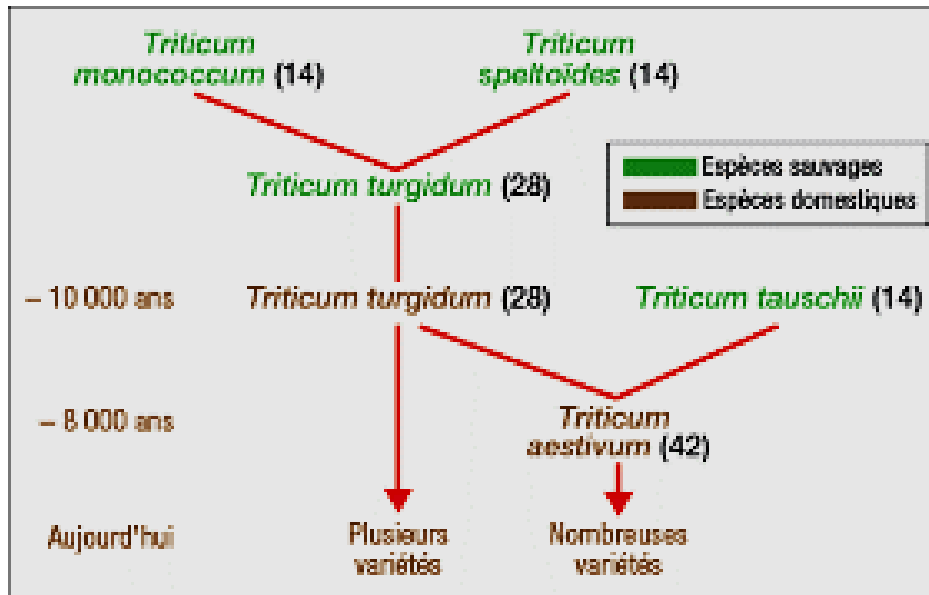


Figure 1.1 : Diverses espèces de *Triticum* et leurs différents niveaux de ploïdie (**Cauderon, 1979**)

1.2 Description systématique

Une classification détaillée est donnée ci-dessous (**Feillet, 2000**)

- Embranchement Angiospermes
- Sous embranchement Spermaphytes
- Classe Monocotylédones
- Ordre Glumiflorales
- Super ordre Comméliniflorales
- Famille Graminae et/ou Poaceae Tribu Triticeae

Sous tribu Triticinae

Genre et espèce *Triticum durum* Desf.

1.3 Description morphologiques

Sur le plan botanique, le blé est un fruit sec et indéhiscents contenant la graine, appelé «caryopse» (Zeitoun, 2011). Il est constitué de 3 grandes parties : les enveloppes, le germe, et l'albumen (Figure 1.2) :

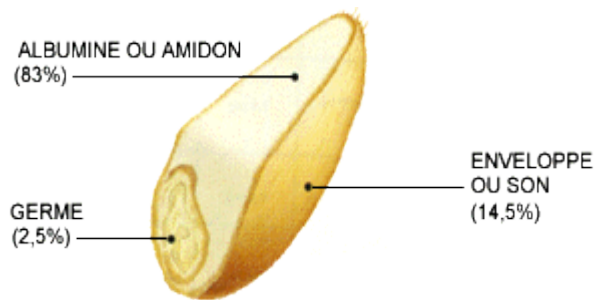


Figure 1.2 : Parties d'un grain de blé (biosol.free.fr)

Les enveloppes sont constituées de quatre tissus : le péricarpe externe, le péricarpe interne, la testa et la couche nucellaire ou bande hyaline. Ces tissus protègent la graine et représentent 13 à 16% du poids total du grain (Pomeranz, 1987).

Le germe provient de la fusion des gamètes mâles et femelles. Il est constitué d'une part, de l'axe embryonnaire qui donnera la tigelle, la mésocotyle et la radicule et d'autre part du scutellum qui donnera le cotylédon (Surget et Barron, 2005).

L'albumine constitue le plus important compartiment du grain et représente environ 80% de son poids (Pomeranz, 1988). Il est composé de trois types de cellules parenchymateuses de tailles variables.

L'appareil végétatif comprend l'appareil aérien et l'appareil racinaire (Gate et Giban, 2003) :

Le système aérien est formé d'un certain nombre d'unités biologiques, les talles, les feuilles et les gaines.

Le premier talle apparu est appelé maître-brin. Il se forme à partir de bourgeons axillaires aux nœuds à la base de la tige principale (**Bozzini, 1988**).

Les feuilles sont simples, allongées, alternées et à nervures parallèles alternes ou distiques.

Le système racinaire est composé de deux systèmes radiculaires successifs :

- ✓ Le système séminal (racines primaires), seul fonctionnel de la levée au début du tallage. Ces racines sont d'origine embryonnaire (**Hazmoune, 2006**).
- ✓ Le système adventif (racines secondaires), Les racines adventives se forment plus tard à partir des nœuds à la base de la plante et constituent le système racinaire permanent (**Clarke et al., 2002**).

Appareil reproducteur, Ce dernier est constitué d'unités de base, les épillets. L'épillet est une petite grappe de un à cinq fleurs enveloppées chacune par deux glumelles (inférieure et extérieure). La grappe est incluse entre deux bractées ou glumes, les fleurs sont attachées sur le rachis et sont autogames (**Soltner, 2005**).

1.4 Cycle de développement

Le cycle de développement du blé comprend trois principales phases (**Figure 1.3**) :

a. La période végétative (Elle s'étend de la germination au tallage).

La germination débute lorsque la gaine commence à absorber de l'eau (**Bill, 2007**) et elle se traduit par la sortie des racines séminales et par la croissance du coléoptile (**Boulal et al., 2007**). La levée est notée quand 50 % de plantules sont sorties du sol. Pendant cette phase, les jeunes plantes sont sensibles au manque d'eau qui provoque une diminution du nombre (**Karou et al., 1998**).

Le tallage comporte 03 principaux stades : début, plein et fin tallage. Cette phase s'amorce à partir de la quatrième feuille et elle se caractérise par l'entrée en croissance des

bourgeons différenciés à l'aisselle de la première feuille, dont le bourgeon donnera le maître-brin (Soltner, 2005). Le fin tallage est celle de la fin de la période végétative (Gate, 1995).

b. La période reproductrice

Le début de cette phase est marqué par une différenciation de l'ébauche d'épillet sur l'apex et par une transformation du bourgeon végétatif en bourgeon floral. La fin de ce stade est repérée par l'apparition de deux renflements latéraux qui apparaissent sur l'épillet, ce sont les ébauches des glumes (Boulal et al., 2007).

La montaison constitue la phase la plus critique du développement du blé. Cette phase s'achève une fois l'épi prend sa forme définitive à l'intérieur de la gaine de la feuille étendard qui gonfle. Epiaison-floraison (anthèse). L'épiaison se détermine par l'apparition de l'épi hors de la gaine de la dernière feuille (Bahlouli et al., 2005).

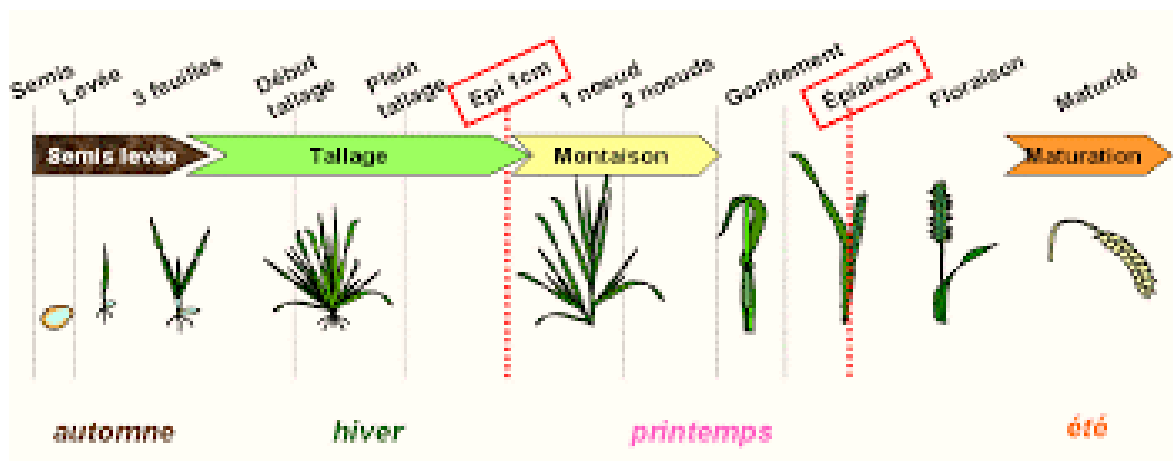


Figure 1.3 : Cycle phénologique du blé d'hiver (*Triticum aestivum* L.) **Le bris et al., (2015)**

Les épis dégainés fleurissent généralement entre 4 à 8 jours après l'épiaison (Bahlouli et al., 2005). La précocité de la floraison est un facteur très important dans les environnements où les facteurs limitants hydriques et thermiques sont souvent une contrainte pendant la période de remplissage des grains (Barbotin, 2004).

c. La période de maturation

Mazouz (2006), a mentionné que cette phase se compose de trois étapes successives :

La première étape est définie comme une phase de multiplication des cellules du jeune grain encore vert, elle se termine par le stade laiteux (le grain s'écrase facilement en laissant apparaître un liquide blanchâtre).

La seconde étape concerne l'accumulation des assimilats, le poids frais des graines continues à augmenter alors que celui des tiges et des feuilles diminue et se termine par le stade pâteux où le grain s'écrase en formant une pâte (**Wardlaw, 2002**).

La dernière période est qualifiée de phase de dessiccation, le grain devient dur et de couleur jaunâtre. C'est le stade de la maturation physiologique (**Boufenar-Zaghouane et Zaghouane, 2006**). La période s'achève par la phase de dessèchement du grain qui perd son humidité pour atteindre son poids sec final (**Wardlaw, 2002**).

1.5 Importance du blé dur en Algérie

Selon **Selmi, (2000)** la productivité nationale est assez faible de 8 à 10 qx/ha, ceci se répercute sur l'offre et la demande. La faiblesse des rendements est dû à l'influence des conditions pédoclimatiques et aux techniques culturales (**Chabi et al., 1992**), et à certaines tendances socio-économiques comme l'exode rural et la priorité donnée à l'industrie durant les années 1970 qui ont marqué durablement la céréaliculture algérienne (**Selmi, 2000**).

Les superficies réservées aux céréales sont de l'ordre de 7 à 8 millions d'hectares. Ces grandes régions céréalières sont situées dans leur majorité sur les hauts plateaux, ceux-ci sont caractérisés par des hivers froids, un régime pluviométrique irrégulier, des gelées printanières et des vents chauds desséchants (**Belaid, 1996; Djekoun et al., 2002**).

Le blé dur, demeurent l'aliment de base des régimes alimentaires algériens et revêtent une importance stratégique dans la nutrition humaine et l'alimentation animale, de ce fait, elles occupent une place privilégiée dans l'agriculture algérienne (**Boulai et al., 2007**).

Les grains de blé dur donnent de la semoule pendant la moture, cette semoule est valorisée dans la fabrication des pâtes alimentaires (**Jeantet et al., 2006**). De plus en Afrique

du Nord, on utilise aussi cette céréale pour la production de couscous et des pains traditionnels (**Feillet, 2000**). En Algérie, le blé dur est consommé sous plusieurs formes, essentiellement le couscous, les pâtes alimentaires, le pain et le frik.

CHAPITRE II

STRESS SALIN

2.1 Salinité dans le monde et en Algérie

Le sujet sur la salinité des sols est large et varié. L'examen d'une bibliographie complète est donc difficile. Dans ce chapitre, la bibliographie se limite qu'aux sujets qui sont directement liés à la recherche menée dans ce travail.

A l'échelle mondiale, les sols salés occupent des surfaces étendues et constituent un grand problème pour l'agriculture. La surface affectée par la salinité dans le monde est évaluée à 954,8 millions d'hectare, soit 23% des terres cultivées (**FAO, 2008**).

En Algérie, une grande partie des régions agricoles caractérisées par un climat aride et semi-aride, représentées par 3,2 millions d'hectares sont menacées par le processus de salinité (**Belkhodja et Bidai, 2004**). Plus de 20% des sols irrigués en Algérie sont touchés par le problème de salinité (**Douaoui et Hartani, 2007**).

Selon **Lahlou et al, (2002)**, un apport massif d'eau suite à une irrigation ou à une forte pluviométrie entraîne une dissolution des minéraux qui existent naturellement dans le sol, tel que la calcite ou le gypse, et leur percolation profonde jusqu'au nappes phréatiques.

L'eau des nappes devient ainsi plus chargée. Lorsque la nappe s'approche de la surface et qu'elle devient facilement exploitable à des fins d'irrigation, les sels initialement dissous précipitent sous l'effet de l'évapotranspiration et entraînent une augmentation de la concentration saline dans les sols. En plus si la nappe est surexploitée à proximité de la mer, et que le niveau de la nappe descend en dessous du niveau de la mer, l'eau de cette dernière remonte pour équilibrer le niveau et entraîne l'augmentation de la concentration en sels dans la nappe.

L'irrigation ne fait qu'aggraver ce problème, en effet, les sels sont apportés dans le sol à chaque irrigation, la culture prélève dans le sol ses besoins en eau, en laissant sur le sol

une solution très concentrée en sel. Cette concentration sera encore très importante par l'irrigation suivante.

Pour soutenir la production agricole des sols affectés par la salinité, deux solutions ont été proposées :

L'une reposant sur une meilleure gestion de l'irrigation,

L'autre sur l'utilisation des espèces ou de variétés plus tolérantes au sel.

L'étude du comportement des plantes dans des conditions du stress salin a montré qu'il existait un seuil de salinité toléré par les plantes, qui est très variable suivant les espèces, les variétés, mais aussi suivant les génotypes (Cornillon & Palloix, 1997). Il est établi actuellement que la capacité à tolérer des concentrations salines plus ou moins élevées est un caractère génétique chez les plantes, et qu'il existe un potentiel génétique à priori exploitable pour l'amélioration (Epstein *et al.*, 1980). Or, cette amélioration passe par l'identification des caractères que les améliorateurs peuvent exploiter dans des programmes de sélection (Munns, 1993).

2.2 Effets morphologique et physiologiques du stress salin sur les plantes

Les effets néfastes de la salinité sur la croissance des plantes sont généralement associés au faible potentiel osmotique de la solution du sol et au niveau élevé de toxicité du sodium qui provoque des perturbations multiples sur le métabolisme, la croissance et le développement des plantes aux niveaux moléculaires, biochimiques et physiologiques (Yamaguchi et Blumwald, 2005). Ainsi, la réaction d'une plante face un stress commence par la perception puis la transduction des signaux par des messagers afin d'activer les gènes de réponse et activer les réponses physiologiques et métaboliques nécessaires pour maintenir la viabilité.

Le développement d'une gestion efficace des pratiques de lutte contre la salinité nécessite une bonne compréhension des effets de la salinité sur les plantes.

En termes physiologiques, l'effet dépressif du sel (NaCl) du milieu sur la physiologie de la plante peut s'exercer de manières différentes. Une forte concentration saline entraîne

une diminution du potentiel osmotique dont l'objectif est d'empêcher le potentiel hydrique cellulaire de devenir supérieur à celui des milieux extérieurs et extracellulaires (**Figure 2.1**). Ce phénomène assure, d'une part, la continuité de l'absorption de l'eau du sol, et d'autre part, la rétention de l'eau et le maintien de la turgescence cellulaire. Lorsque l'ajustement osmotique cellulaire n'est pas suffisant, l'eau a tendance à quitter les cellules, ce qui induit un déficit hydrique et une perte de la turgescence (**Gorham et al., 1990**).

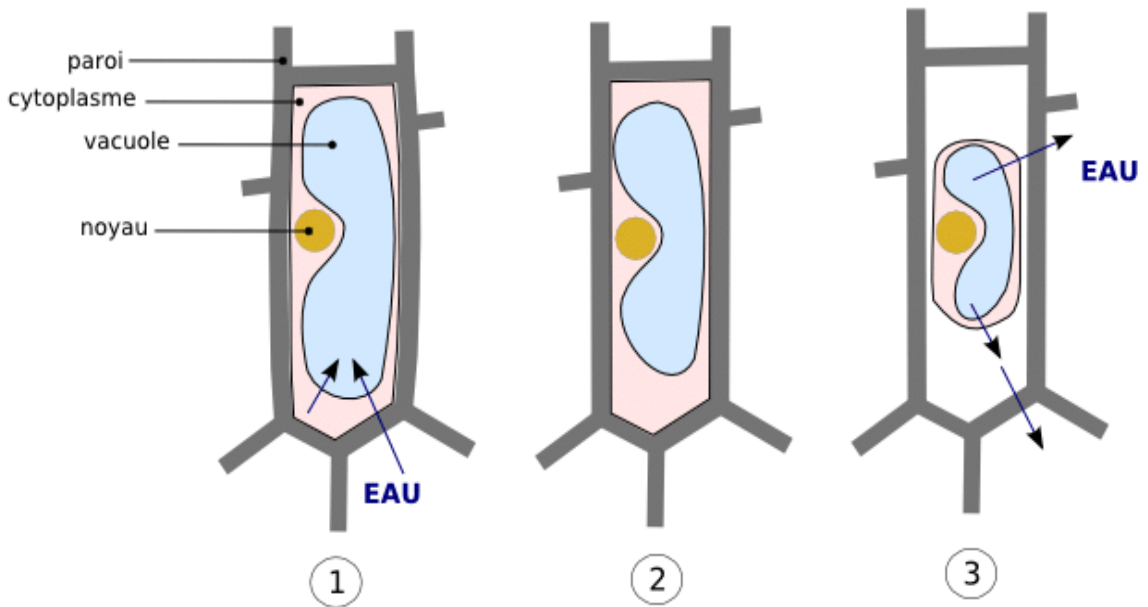


Figure 2.1 : Illustration schématique du changement de potentiel hydrique du milieu extérieur sur la cellule végétale (**Buchanan et al., 2000**).

1 - Le milieu extérieur est moins concentré que la vacuole de la cellule. L'eau entre dans la cellule. La cellule gonfle et exerce une pression sur la paroi, que l'on appelle pression de turgescence. Lorsque la paroi est « molle », comme c'est le cas pour la paroi primaire, la pression de turgescence agrandit cette paroi. 2 - Le milieu extérieur a la même concentration que la vacuole. Il n'y a aucun échange d'eau. La cellule n'exerce aucune pression sur la paroi. La pression de turgescence est nulle. C'est la plasmolyse limite. La croissance ne se fait pas. 3 - le milieu extérieur est plus concentré que la vacuole. L'eau sort de la cellule. Ce phénomène s'appelle la plasmolyse.

Ensuite, les concentrations salines trop fortes provoquent une altération de la nutrition minérale, notamment par la compétition pour les transporteurs ioniques cellulaires entre les ions de sodium et de chlorure, d'une part, et les ions indispensables à la croissance, d'autre part (**Jacoby, 1994**). Les études ont montré qu'un excès de Na^+ et de Cl^- dans le milieu de culture était responsable d'une faible absorption de certains nutriments essentiels

tels que K^+ et NO_3^- (Attia *et al.*, 2008), d'une mauvaise utilisation de Ca^{2+} et de $H_2PO_4^-$ ainsi que d'une inhibition de l'exportation du phosphore de la racine vers les feuilles (Attia *et al.*, 2008).

L'effet dépressif du sel accumulé dans les tissus peut se manifester de deux façons :

Il peut se traduire, d'une part, par une toxicité qui survient lorsque sa concentration dans le compartiment cytosolique excède celle qui est compatible avec une activité métabolique normale (Munns, 1993; 2002).

D'autre part, la saturation de l'apoplasme par le sel «montant» est un autre facteur déterminant de la nécrose et de la mort cellulaire car, par un effet osmotique, le sel concentré dans ce compartiment provoque une sortie d'eau intracellulaire, ce qui conduit à une déshydratation rapide des cellules (Munns, 1993).

Deux types de comportement ont pour effet d'éviter la saturation en sel de l'apoplaste : l'influx «includer» et l'efflux «excluser» des ions qui caractérisent aussi bien leur mobilité que leur circulation.

2.2.1 Type includer»

Chez les plantes de type « includer », le sodium est piégé et accumulé dans les cellules des parties aériennes, plus particulièrement dans leurs vacuoles (Räsänen, 2002). Cependant, l'hypothèse la plus communément admise est que l'entrée de (Na^+) se fait contre son gradient électronique ; l'énergie nécessaire au transport de cet ion serait fournie par le gradient de protons engendré par la pompe à protons du tonoplaste. La vacuole se chargerait ainsi en sodium grâce à l'action d'un antiport sodium-proton Na^+/H^+ , lequel serait entretenu par le fonctionnement accéléré des pompes à proton Na^+/H^+ . L'existence d'un système d'échange Na^+/H^+ est largement signalé (Levigneron *et al.*, 1995). Il est alors admis que c'est la performance de stocker le sel dans les parties aériennes qui est déterminante dans le niveau de tolérance au sel des espèces.

Les plantes inclusives associent la résistance à la salinité avec l'aptitude à transporter de grandes quantités de NaCl dans les feuilles. Il semble que ces comportements résultent

d'une bonne compartimentation cellulaire du (Na^+) ; ce qui explique la tolérance à l'accumulation foliaire, et aussi la faible re-circulation de cet ion à travers le phloème (Tal, 1983). La concentration foliaire en éléments nutritifs chez *E. microtheca* avant et après le stress était semblable ce qui indique sa capacité de contrôle de l'absorption des sels ou la séquestration des ions toxiques dans les feuilles inférieures qui sont par la suite sénescence (Bell, 1999).

2.2.2 Type excluer »

Généralement, les glycophytes sensibles limitent le transport de Na^+ dans leurs organes aériens (Hasegawa et al., 2000 in Räsänen, 2002).

Sur le plan interspécifique, Slama, (1986) a montré que les espèces incapables de transporter facilement le (Na^+) dans leurs feuilles sont nettement plus sensibles que les autres, car leur inaptitude à exporter le sodium (Na^+) peut être probablement considéré comme un caractère moins protecteur que le reflet d'une déficience des systèmes de compartimentation cellulaire. En effet, ces espèces semblent peu efficaces pour abaisser le niveau cytoplasmique de (Na^+), ce qui est peut être l'une des causes profondes de leur sensibilité au niveau cellulaire. L'incapacité à débarrasser le cytoplasme du (Na^+) est due au caractère de cet ion qui est facilement transporté dans le phloème chez ces plantes (Slama, 1986). Il est donc continuellement ramené vers le bas de la plante. Ce comportement caractérise les plantes exclusives. Ces derniers semblent être dotées d'un mécanisme de protection contre l'envahissement par le sodium par exclusion de cet ion de leurs parties aériennes (Cramer, 1997 ; Rahmoune et al., 2000).

Beaucoup d'Acacia et arbres peuvent grandir dans les sols salins ; le faible niveau foliaire du sodium Na^+ de quelques espèces tolérantes à la salinité étudiées suggère que les arbres étaient capables de l'exclusion du sodium Na^+ (Virginia et Jarrel 1983, Marcar et al., 1991). IL est aussi indiqué que la capacité d'exclusion de (Na^+) et / ou (Cl^-) des tiges est bien corrélée au degré de tolérance au sel.

La capacité d'exclusion de (Na^+) des parties aériennes est en accord avec la relation négative trouvée entre l'accumulation des ions toxiques (Na^+ et Cl^-) dans les feuilles et la croissance des parties aériennes de Tomate poussant en conditions salines. Le maintien d'une

faible concentration de (Na^+) dans les feuilles peut être dû à un mécanisme d'exclusion qui provoque une accumulation de (Na^+) dans les racines, évitant une translocation excessive aux tiges ; mais, il peut être aussi lié à une mobilité élevée du Na^+ dans le phloème. Cependant, certaines mesures physiologiques concordent pour suggérer l'existence d'une expulsion active du sodium cytoplasmique vers l'apoplasme ou vers la vacuole, protégeant ainsi les équipements enzymatiques du cytoplasme dans les organes aériens (**Greenway et Munns, 1980**).

L'étude faite par (**Van der moezel et al., 1988 , Lallouche et al., 2017**) montre que la plupart des espèces tolérantes à la salinité parmi un grand nombre d'Eucalyptus et Casuarina, cactus exclut le sodium Na^+ et les chlorure (Cl^-) de leur jeunes pousses en développement. Le site d'exclusion apparaît dans les racines. Les espèces intolérantes présentent une forte absorption du sodium (Na^+) et une faible concentration racinaire en potassium (K^+). Il y a une évidence mondiale que la capacité d'exclure l'ion (Na^+) et l'ion (Cl^-) de jeunes feuilles est un attribut important d'arbres tolérants la salinité (**Allen et al., 1995 ; Bell, 1999 ; Räsänen, 2002, Lallouche et al., 2017**).

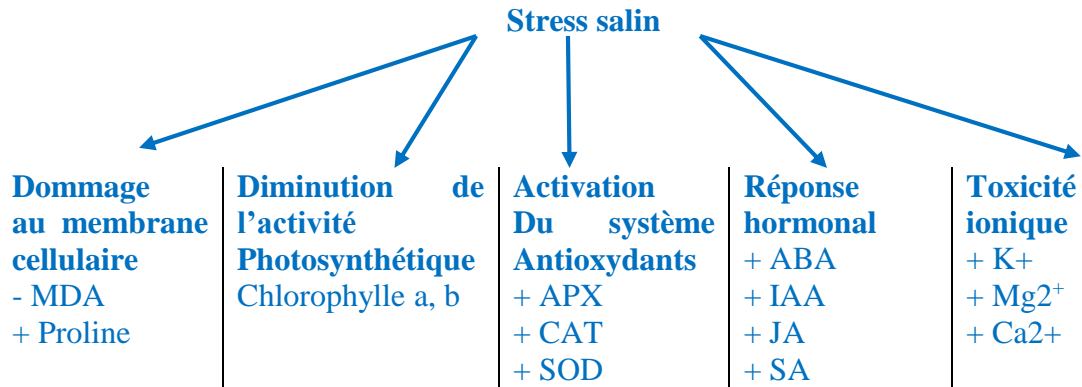


Figure 2. 2 : Effet du stress salin chez la plante : le stress salin provoque une toxicité ionique & osmotique par l'augmentation du contenu intracellulaire en cation Na^+ , Ca^{2+} , l'activation du système antioxydant et un changement de la balance hormonale provoque une forte diminution dans l'activité photosynthétique et une sénescence foliaire précoce (**Mahjoubi, 2018**)

C'est pourquoi la plus ou moins grande tolérance des plantes dépend notablement de leur capacité à répartir le sel entre leurs différents organes, tissus et compartiments cellulaires (**Kim et al., 2008**).

L'accumulation préférentielle du sel dans les cellules des parties aériennes est un caractère déterminant du degré de tolérance de différentes espèces (Maas, 1986). L'inhibition de la photosynthèse par NaCl est l'une des causes de la réduction de la croissance et de la productivité végétale (Wang et Nil, 2000).

Dans l'ensemble, la réponse des plantes au stress salin est complexe et fait intervenir des voies de réponse diverses (Figure 2. 2) conduisant à des mécanismes d'adaptation qui induisent un arrêt rapide de la croissance pour une meilleure redistribution des nutriments dans les différents tissus et au rétablissement rapide de la croissance lorsque le stress est levé (Mahjoubi, 2019).

2.3 Effet du stress salin sur la germination des graines

Malgré l'importance de la germination des graines sous stress salin (Zhang et al., 2014), le mécanisme de la tolérance à la salinité chez les graines est relativement mal compris, en particulier en comparaison avec la quantité d'information actuellement disponible sur la physiologie et la biochimie des végétaux de la tolérance à la salinité (Rivero et al., 2014; Parihar et al., 2015).

Bien que, la salinité des sols constitue un facteur limitant en agriculture, car elle inhibe la germination et la croissance de la plantule. Le NaCl présent dans le sol retarde la germination des graines (Saeed et al., 2014 ; Ben Madani et Belouadah, 2018).

Selon les mêmes auteurs, la présence de chlorure de sodium entraîne une augmentation de la durée du processus de la germination et retarde par conséquent la levée, car, les stress salin et osmotique sont responsables à la fois de l'inhibition ou un retard de germination et de la levée des graines.

D'autres travaux montrent que l'effet du stress salin sur la germination peut être attribué soit à un effet osmotique et/ou une toxicité des ions spécifiques à l'émergence de la racicule ou le développement des semis (Huang et Redman, 1995).

Le stress salin peut affecter la germination de deux façons :

- en diminuant la vitesse d'entrée et la quantité d'eau absorbée par les graines ;
- en augmentant la pénétration d'ions qui peuvent s'accumuler dans les graines à des doses qui deviennent toxiques.

La survie des plantes, dans un milieu donné, dépend en grande partie de leur réaction au stade de germination et aussi à l'intra spécificité variétale. Dans une étude comparative entre le blé dur et l'orge, le blé dur s'avère plus sensible au NaCl au stade percée de la radicule et l'émergence du coléoptile que l'orge, qui, lui, a montré une résistance (Garthwaite et al., 2005).

Cela pourrait expliquer le fait que les graines obtenues à partir de plantes cultivées dans des milieux salins peuvent être plus tolérantes à la salinité que ceux des milieux non salins, mais une telle augmentation de la tolérance n'a pas toujours été observée (Bewley, 1997).

La tolérance des céréales à la salinité dépend de la variabilité génétique (Munns et al., 2006). L'effet toxique des sels est moins prononcé chez le blé tendre que chez le blé dur. Ce caractère lui est conféré grâce à la présence du *Kna1*, un gène responsable à l'exclusion du sodium.

Les espèces tolérantes et en particulier les halophytes accumulent des quantités importantes de sodium dans la partie aérienne, alors que les racines sont moins riches en sodium que les feuilles (Flowers et Colmers, 2008), on citant l'exemple de *Beta vulgaris* (Turan et al., 2009), de l'*Atriplex halimus* (Silveira et al., 2009), de *Crithmum maritimum* L. (Atia et al., 2011) et l'*Opuntia* (Lallouche et al., 2017). Beaucoup d'halophytes dicotylédones nécessitent une concentration assez élevée de NaCl (100 à 200mM) pour une croissance optimale (Flowers et al., 2010).

Presque la totalité de l'abaissement du potentiel osmotique est due à l'absorption du Na^+ et du Cl^- chez les halophytes et les glycophytes (Hanana et al., 2011). La plupart des plantes exclues le Na^+ et le Cl^- par les racines tandis que l'eau est captée par le sol (Munns, 2005). Les halophytes, représentent la flore naturelle des sols très salins, sont capables de maintenir cette exclusion à des salinités plus élevées que les glycophytes. Par exemple,

l'espèce *Hordeum marinum*, exclut à la fois le Na^+ et le Cl^- au moins jusqu'à 450 mM de NaCl (Garthwaite et al., 2005).

Une étude comparative entre sept variétés de blé tendre et sept variétés de blé dur ont été cultivées dans trois sites différents de la région d'Errachidia (Sud-Est du Maroc), qui diffèrent par le degré de salinité de l'eau d'irrigation. Les résultats de cette étude obtenus ont permis de mettre en évidence, dans les blés dur et tendre, le fait que la diminution de l'indice foliaire soit la principale stratégie qui permette d'atténuer les effets de la diminution de la disponibilité de l'eau dans des conditions de stress salin. Le blé tendre, qui a limité la diminution de sa surface foliaire, au risque de subir des problèmes hydriques, semble mieux préserver ses potentialités photosynthétiques et sa productivité en grain (Alem et al., 2002).

2.4 Mécanismes de résistance des plantes au stress salin

Levitt (1980) a qualifié les mécanismes d'évitement et de tolérance et a utilisé le terme «résistance aux sels» pour désigner une combinaison de stratégies de tolérance et d'évitement :

a. Exclusion et inclusion d'ions

L'élimination du sodium du cytoplasme ou de la compartimentation dans les vacuoles est effectuée par un enzyme anti-sel Na^+ / H^+ inductible par le sel (Apse et al., 2003). Cependant, l'inclusion d'ions dans le cytoplasme peut conduire à un ajustement osmotique qui est généralement accepté comme une adaptation importante à la salinité (Hanana et al., 2009).

b. Synthèse des solutés compatibles

Les solutés compatibles comprennent principalement la proline et la glycine bêtaïne (Girija et al., 2002). Ces composés sont rapportés pour fonctionner dans l'ajustement osmotique, la protection des macromolécules cellulaires et le piégeage des radicaux libres. D'autres solutés compatibles qui s'accumulent dans les plantes sous stress salin comprennent des glucides tels que les sucres (glucose, fructose, saccharose, fructanes) et de l'amidon (Parida et al., 2002).

c. Contrôle de l'absorption ionique par les racines

Il est bien documenté qu'un degré plus élevé de tolérance au sel chez les plantes est associé à un système plus efficace pour l'absorption sélective de K^+ sur Na^+ (**Noble et Rogers, 1992**).

d. Modifications de la capacité photosynthétique

La régulation de la biosynthèse du métabolisme et de l'activité de la chlorophylle est primordiale pour les processus physiologiques. Cette régulation de la biosynthèse de la chlorophylle peut être une bonne stratégie de défense. Depuis la biosynthèse de la chlorophylle est une ramification de la voie de l'acide mévalonique, voie importante du métabolisme secondaire, les voies de ce point clé (α -levulunate) sont probablement détournées vers la biosynthèse des osmolytes compatibles.

e. Induction d'antioxydants

Les plantes possèdent des systèmes efficaces pour éliminer les espèces d'oxygène actif qui les protègent des réactions oxydatives destructrices. Ces mécanismes peuvent être divisés en deux catégories selon l'implication directe ou indirecte des enzymes (**Sofa et al., 2004**). La synthèse des métabolites secondaires tels que le tocophérol, les polyphénols, les flavonoïdes, les alcaloïdes et les caroténoïdes permet à la cellule végétale de se protéger contre les agents agresseur provoqués par les contraintes du milieu (**Misirli et al., 2001**), ces mécanismes non-enzymatique maintien l'équilibre oxydo-reducteur de la cellule (**Leopoldini et al., 2011**). Par ailleurs, les enzymes antioxydantes sont des éléments clés dans les mécanismes de défense.

f. Induction des hormones végétales

Les effets inhibiteurs du NaCl sur la photosynthèse, la croissance et la translocation des assimilés se sont révélés être atténués par ABA qui agit sur l'ouverture et la fermeture des stomates (**Grondin et al., 2015**). Il existe également des preuves de l'implication de l'ABA dans la phosphorylation/ réversible des protéines, via des kinases de type MAPK

(Mitogen Activated Protein Kinase), ou CDPK (kinases Ca^{2+} -dépendantes) et des phosphates (**Kroniewicz, 2011**).

L'augmentation de l'absorption de Ca^{++} est associée à l'élévation de l'ABA sous stress salin et contribue ainsi à l'entretien de l'intégrité membranaire, ce qui permet aux plantes de réguler l'absorption et le transport à des niveaux élevés de salinité externe à plus long terme (**Chen et al., 2001**). L'ABA réduit la libération de l'éthylène et provoque l'abscission des feuilles probablement en diminuant l'accumulation d'ions Cltoxiques dans les feuilles (**Gomez-Cadenas et al., 2002**).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Alais C., Linden G. et Micho A. 2003. Biochimie Alimentaire. 5ème Ed. Dunod, 131p.

Alem, C., Labhilili, M., Brahmi, K., Jlibene, M., Nasrallah, N., & Filali-Maltouf, A. (2002). Adaptations hydrique et photosynthétique du blé dur et du blé tendre au stress salin. *Comptes rendus biologiques*, 325(11), 1097-1109.

Allen, G. J., Wyn Jones, R. G. and Leigh, R. A. (1995). Sodium transport in plasma membrane vesicles isolated from wheat genotypes differing in K + /Na + discrimination traits. *Plant, Cell Environment* 18, 105-115.

Apse, M. P., Sottosanto, J. B., Blumwald, E. (2003). Vacuolar cation/H⁺ exchange, ion homeostasis, and leaf development are altered in a T-DNA insertional mutant of AtNHX1, the Arabidopsis vacuolar Na⁺/H⁺ antiporter. *The plant journal*, 36(2), 229-239.

Atia, A., Smaoui, A., Barhoumi Z., Abdelly C., & DEBEZ A. (2011). Differential response to salinity and water deficit stress in polypogon monspeliensis(L) Desf. Provenances during. *Plant Biol*, 13:541-600.

Attia H, Arnaud N, Karray N, Lachaal M (2008) Long-term effects of mild salt stress on growth, ion accumulation and superoxide dismutase expressing of Arabidopsis rosette leaves. *Physiol Plant* 132:293–305

Bahlouli F., Bouzerzour H. and Benmahammed A. 2005. Selection of stable and high yielding cultivar of durum wheat under semi – arid conditions. *Pakistan Journal of Agronomy* 4 (4): 360- 365.

Belaid D. 1996. Aspects de la céréaliculture algérienne. INES. D'Agonomie. Batna. 187p.

Boulal H., Zaghouane O., El Mourid M. et Rezgui S. 2007. Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blé et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Ed., ITGC., INRA., ICARDA. 176p

Belkhodja M. & Bidai Y. (2004). Réponse de la germination des graines d'Atriplex halimus L. sous stress salin. *Sécheresse*, N°4, vol.15, 331-335.

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

Ben Madani, R., & Belouadah, A. (2017). Test de germination dans des conditions de stress salin et caractérisation phénotypique de quelques variétés de la laitue cultivée dans la région de M'sila. Mémoire de fin d'étude (Université Mohamed BOUDIAF de M'Sila).

- Bewley JD. 1997.**Seed germination and dormancy. *The Plant Cell* 9, 1055–1066
- Bill I. 2007.** La biologie de A à Z : 1100 définitions. Ed. Dunod, Paris, 123p.
- Binet.P.1982.** Production primaire et accumulation des bioéléments au niveau d'une population pure d'*Atriplex hastata* L. des rives de l'estuaire de la seine, *Oecol. Plant* 317 (1982) 219–230.
- Binzel M.L., F.D. Hess, R. Bressan, P.M. Hasegawa.1988.** Intracellular compartmentation of ions in salt adapted tobacco cells, *Plant Physiol.* 86 (1988) 607–614.
- Bonjean, A. (2001).** Histoire de la culture des céréales et en particulier celle de blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Dossier de l'environnement de l'INRA, 21 :29-37.
- Boufenar-Zaghouane, F., & Zaghouane, O. (2006).** Guide des principales variétés de céréales à paille en Algérie (blé dur, blé tendre, orge et avoine). Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC), Algérie.
- Boulal H., Zaghouane O., El Mourid M. et Rezgui S. 2007.** Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blé et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Ed., ITGC. INRA. ICARDA. 176p.
- Bozzini A. 1988.** Origin, distribution, and production of durum wheat in the world. Dans Fabriani G. et C. Lintas (Ed.). *Durum: Chemistry and Technology*. AACC (Minnesota), États-Unis. p. 1-16
- Bressan, R. A., Singh, N. K., Handa, A. K., Kononowicz, A., & Hasegawa, P. M. (1985).** Stable and unstable tolerance to NaCl in cultured tobacco cells. In *UCLA symposia on molecular and cellular biology (USA)*.
- Buchanan BB, Gruissem W, Jones RL. 2000.** *Biochemistry and molecular biology of plants*. Rockville, Maryland, USA: American Society of Plant Physiologists.
- Chabi H, Derouiche M, Kafi M. et Khilassi E. 1992.** Estimation du taux d'utilisation du potentiel de production des terres à blé dur dans le Nord de la wilaya de Sétif. Thèse d'Ingénieura. INA El-Harrach.p 317.
- Chen, S., Li, J., Wang, S., Hüttermann, A., & Altman, A. (2001).** Salt, nutrient uptake and transport, and ABA of *Populus euphratica*; a hybrid in response to increasing soil NaCl. *Trees*, 15(3), 186-194
- Cauderon, Y. (1979).** Use of *Agropyron* species for wheat improvement. In: *Proceedings of a conference on broadening the genetic base of crops* .pp. 175_186. Zeven, A.C. and van Harten , A.M., Eds., Pudoc , Wageningen , Netherlands
- Clark, J.M., Norvell, W.A., Clark, F.R. & Buckley, T.W. (2002).** Concentration of cadmium and other elements in the grain of near-isogenic durum lines. *Can. J. Plant Sci. /Revue canadienne de phytotechnie.* 82 : 27-33 p.

Cornillon, P., & Palloix, A. (1997). Influence of sodium chloride on the growth and mineral nutrition of pepper cultivars. *Journal of Plant Nutrition*, 20(9), 1085-1094.

Cramer, G.R. (1997). Uptake and role of ions in salt tolerance. In: *Strategies for Improving Salt Tolerance in Higher Plants*. P.K. Jaiwal, R.P. Singh and A.Gulati (eds). Oxford and IBH Publishing Co. Pvt. Ltd., New, Dehli, pp 55-86.

Cramer, G.R., Alberico, G.J. et Schmidt, C. (1994). Salt tolerance is not associated with the sodium accumulation of two maize hybrids. *Aust. J. Plant Physiol.*, 21: 675-692.

Djekoun A., Ykhlef N., Bouzerzour H., Hafsi M., Hamada Y., Kahali I. 2002. Production du blé dur en zones semi-arides : identification des paramètres d'amélioration du rendement. Act des 3ème Journées Scientifiques sur le blé dur. Constantine.

Douaoui A., Hartani. T., 2007. Impact de l'irrigation par les eaux souterraines sur la dégradation des sols de la plaine du Bas-Chélif. Actes de l'atelier régional SIRMA. Tunis.

Dvorak, H. F. (1992). Vascular Permeability factor/vascular endothelial growth factor, microvascular hyper permeability, and angiogenesis. *Am. J. Pathol.* 145(5).

Epstein, E., Norlyn, J. D., Rush, D. W., Kingsbury, R. W., Kelley, D. B., Cunningham, G. A., & Wrona, A. F. (1980). Saline culture of crops: a genetic approach. *Science*, 210(4468), 399-404.

Feldman M., 1976 - Taxonomic classification and names of wild, primitive, cultivated, and modern cultivated wheat. In: Simmonds N.W. (ed.), *Evolution of crop plants*. Longman, London, 120-128.

Feldman, M. (2001). Origin of Cultivated Wheat. Dans Bonjean A.P. et W.J. Angus (éd.) *The World Wheat Book : a history of wheat breeding*. Intercept Limited, Andover, Angleterre: p 3-58.

Felix T., 1996 – Etude de la diversité allélique des protéines de réserves (Gluténines et Gliadines) en relation avec des tests de technologie appréciant la valeur d'utilisation de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) .INRA.Clement.Ferrand.

Feillet, P. (2000). Le grain de blé : composition et utilisation. INRA. Paris. Feldman, P.D. (1976). Nitric Oxide gamma band emission in an aurora. *Geophysical Research Letters* 3: doi: 10.1029/GL003i001P00009. Issn: 0094_8276. Flozwes T.J, (2004). Improving crop salt tolerance. *J. Exp. Bot.*, 55, 307-19.

F.A.O. 2008. Global network on integrated soil management for sustainable use of salt affected soils. Rome, Italy: FAO Land and plant nutrition management service.

Flowes, T., & Colmer, T.D. (2008). Salinity tolerance in halophytes .*New phytol.*179:945-963.

Garthwaite A.J., von Bothmer R. & Colmer T.D. (2005) Salt tolerance in wild *Hordeum* species is associated with restricted entry of Na⁺ and Cl⁻ into the shoots. *Journal of Experimental Botany* 56, 2365–2378.

- Gate, P., Giban, M. (2003).** Stade du blé, Ed. Paris, ITCF .68p
- Gate, P. (1995).** Ecophysiologie du blé, Edit. Lavoisier, Paris, Technique et documentation, 429, p.
- Girija, C., Smith, B. N., & Swamy, P. M. (2002).** Interactive effects of sodium chloride and calcium chloride on the accumulation of proline and glycinebetaine in peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Environmental and Experimental Botany*, 47(1), 1-10.
- Gomez-Cadenas, A., Arbona, V., Jacas, J., Primo-Millo, E., & Talon, M. (2002).** Abscisic acid reduces leaf abscission and increases salt tolerance in citrus plants. *Journal of Plant Growth Regulation*, 21(3), 234-240.
- Gorham, J., Jones, R.G.W. and Bristol, A. (1990)** Partial characterization of the trait for enhanced K^+ - Na^+ discrimination in the D-genome of wheat. *Planta*, 180, 590– 597.
- Greenway H. and Munns R. 1980.** Mechanism of salt tolerance in non-halophytes. *Annual Review of Plant Physiology* 3: 149-190.
- Grignac P. (1978)**-Amélioration variétale de blé dur (*Triticum durum* Desf.). *Annales de L'INA, El-Harrach n°12*:83-110.
- Grondin, A., Rodrigues, O., Verdoucq, L., Merlot, S., Leonhardt, N., & Maurel, C. (2015).** Aquaporins contribute to ABA-triggered stomatal closure through OST1-mediated phosphorylation. *The Plant Cell*, 27(7), 1945-1954.
- Hamed, M. (1979).** Plantes et culture des cultures céréalières, les cultures légumineuses. Syria.
- Hanana, M., Hamrouni, L., Cagnac, O., & Blumwald, E. (2011).** Mecanismes et strategies cellulaires de tolerance à la salinité (NaCl) chez les plants .*Environmental Reviews*.19 :121-140
- Hazmoune T., 2006** – Le semis profond comme palliatif à la sécheresse. Rôle du coléoptile dans la levée et conséquences sur les composantes du rendement. Thèse docteur d'état. Univ Constantine ; 168p.
- Herve Y., (1979).** Introduction à l'amélioration des plantes. Cours. École nationale supérieure agronomique de Rennes.
- Huang J, Redmann RE.1995.** Solute adjustment to salinity and calcium supply in cultivated and wild barley. *Journal of Plant Nutrition*18, 1371–1389
- Huang, S., Sirikhachornkit, A., Su, X., Faris, J., Gill, B., Hasel Korn, R. & Gornicki, P. 2002.** Genes encoding plastid acetyl-coa carboxylase and 3- phosphoglycerate Kinase of *Triticum/Aegilops* complex and the evolution history of polyploidy wheat. *Proc Natl Acad Sci USA*.
- Iraki, N.M., N. Singh, K. Bressan, R.A. Caprita, N.C. Cell. (1989).** Walls of tobacco cell and changes in composition associated with reduced growth upon adaptation to water and saline stress, *Plant Physiol.* 91 (1989) 48–53.

Jacoby, B. Mechanisms involved in salt tolerance by plants. In : PESSARAKLI, M. (Ed.). Handbook of plant and crop stress. New York: Marcel Dekker, 1994. P.97-123.

Jeantet, R., Croguennec, T., Schuck, P. & Brulé, G. (2006). Science des aliments : BiochimieMicrobiologie- Procédés- Produits. V2. Technologie des produits alimentaires. (Éd).TEC & DOC. Paris.

Karou, M., Haffid, R., Smith, D.N., Samir, K. (1998).Roots and shoot growth water use and water use efficiency of spring durum wheat under early –season drouth. Agronomie 18:18:186.

Kim, M., Oh, H., and McNeil, D. Determinants of online shoppers' satisfaction in Korea. Applied Economics Letter, 15, 10, 2008, 805–808.

Kingsbury, R.W., Epstein, E. et Percy, R.W. (1984). Physiological responses to salinity in selected lines of wheat. Plant Physiol., 74: 417-423.

Kroniewicz, L. (2011). *Caracterisation physiologique et fonctionnelle du transporteur anionique ATCLC-C chez Arabidopsis Thaliana* (Doctoral dissertation, Aix-Marseille 2).

Lahlou M., Badraoui M., Soudi B., Goumari A., Tessier D., 2002 : Modélisation de l'impact de l'irrigation sur le devenir salin et sodique des sols. Actes d'atelier du PCSI, Montpellier, France, 28-29 mai 2002. 19p.

Lallouche, B., Boutekrabt, A., Hadjkouider, B., Riahi, L., Lamine, S., & Zoghلامي, N. (2017).Use of physio-biochemical traits to evaluate the salt tolerance of five opuntia species in the algerian steppes. Pak. J. Bot, 49(3), 837-845.

Le bris, X., Gate, P., Gouache, D., Garcia, C., & Deswarte, J. C. (2015). Prévission de la phénologie du blé tendre et utilisation dans des outils d'aide à la décision. In Colloque francophone Phénologie.

Leopoldini, M., Russo, N., & Toscano, M. (2011). The molecular basis of working mechanism of natural polyphenolic antioxidants. *Food Chemistry*, 125(2), 288-306.

Levitt J. 1972. Responses of plants to environmental stresses. New York: Academic Press

Levitt, J. (1980). Responses of plants to environmental stresses. Water, radiation, salt, and other stresses, 2.

Levigneron, A. Lopez, F. Varisuyt,G. Berthomien, P. et Casse-Delbar,T. (1995). Les plantes face au stress salin. Cahier d'agriculture. (4): 263-273.

Maas E.V. Salt tolerance of plants Applied Agricultural Research, 1 (1986), pp. 12-26

MacKey J. 2005. Wheat, its concept, evolution and taxonomy. In Royo C., Nachit C.M., Di Fonzo N., Araus J.L., Pfeiffer W.H. and Slafer G.A. (Eds.), Durum Wheat

Breeding: Current Approaches and Future Strategies, Vol. 1, Haworth Press, New York, NY, pp 3–62.

Mahjoubi, H. (2018). Nouvelle stratégie d'amélioration de la productivité végétale en condition de stress environnemental via un meilleur contrôle du cycle cellulaire (Doctoral dissertation). These doctorat.

Marcar, N.E., Hussain, R.W., Arunin, S. & Beeton, T. (1991), Trials of Australian and other Acacia species on salt-affected land in Pakistan, Thailand and Australia, in J.W.Turnbull (Ed.). Advances in Tropical Acacia Research, ACIAR Proceedings No. 35, pp. 229-232. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra.

Mazouze, L., 2006. Etude de la contribution des paramètres phéno-morphologique dans l'adaptation du blé dur (*Triticum durum* Desf) dans l'étage bioclimatique semi-aride. Mémoire de Magister, Université Hadj Lakhdar, Batna

Misirli, A., Gülcan, R., Küden, A., & Demir, G. (2001). Determination of phenolic compounds in some almond hybrids varying in resistance to *Pseudomonas amygdali*. Cahiers Options Méditerranéennes (CIHEAM).

Monneveux, Ph. (1991). Quelles stratégies pour l'amélioration génétiques de la tolérance au déficit hydrique des céréales d'hiver, l'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. ED.AUPELF. John Libbery, Eurotext, Paris: 165- 186p.

Munns R, Termaat A.1986. Whole-plant responses to salinity. Australian Journal of Plant Physiology 13, 143–160.

Munns, R. (1993). Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses. Plant, Cell & Environment, 16(1), 15-24.

Munns R, Schachtman DP, Condon AG.1995. The significance of a two-phase growth response to salinity in wheat and barley. Australian Journal of Plant Physiology 22, 561–569.

Munns R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell & Environment 25: 239–250

Munns, R. (2005). Genes and salt tolerance: bringing them together. New Phytol. 167(3) : 645-663.

Munns, R. A., James, A., & Lauchli (2006). Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals, Journal of Experimental Botany, vol. 57, n° 5, pp. 1025-1043.

Noble, C. L., & Rogers, M. E. (1992). Arguments for the use of physiological criteria for improving the salt tolerance in crops. *Plant and soil*, 146(1-2), 99-107.

Parida, A., Das, A. B., & Das, P. (2002). NaCl stress causes changes in photosynthetic pigments, proteins, and other metabolic components in the leaves of a true

mangrove, *Bruguiera parviflora*, in hydroponic cultures. *Journal of Plant Biology*, 45(1), 28-36.

Parihar, V.K. Pasha J., Tran, K.K. Craver, B.M. Acharya, M.M. Limoli C.L.
Persistent changes in neuronal structure and synaptic plasticity caused by proton irradiation *Brain Struct. Funct.*, 220 (2) (2014), pp. 1161-1171

Piccard E. 1988 - Sélection du blé dur. L'intégration de biotechnologies : 48 – 58.

Pomeranz, Y. (1988). Chemical composition of kernel structures. *Wheat chemistry and technology*, 1:97-158.

Pomeranz Y. (1987). Cereal Crops general. In *Modern cereal science and technology* Pomeranz Y (eds), VCH Publishers, Inc, New York: 14-23p.

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

Rahmoune, C., Seridi, R., Paul, R. et Drez, P. (2000) Influence on Zn concentration in solution Applied to leaves and Roots on the absorption and translocation of Cd by leave. *Agricultural Sciences*. Vol. 27, n°1, pp. 72-77.

Rivero R.M. Teresa C.M., Mittler R. Francisco Rubio F. Garcia-Sanchez F. and Martinez V. 2014. The combined effect of salinity and heat reveals a specific physiological, biochemical and molecular response in tomato plants *Plant, Cell and Environment* 37 1059–1073

Roudani M : 1996. Physiologie comparée de deux espèces de blé en relation avec les conditions de nutrition. Métabolisme racinaire en milieu salé. Thèse d'Univ. Sci. Biol. Univ. Tunis II, 180 p.

Saeed R., Ahmad R., Mirbahar A. A. and Jehan B. 2014. Germination indices of egg plant (*Solanum melongena* L.) under sea salt salinity. *Int. J. Biol. Biotech* 11(1): 51-55.

Selmi ; R. 2000- Fin du mythe de l'autosuffisance alimentaire et place aux avantages comparatifs. *Revue Afrique Agriculture* .N° 280. pp 30-32.

Sing, N.K., P.C. LaRosa, D. Nelson, N. Iraki, N.C. Caprita, P.M. Hasegawa, R.A. Bressan. (1989). Reduced growth rate and change in cell-wall protein of plant cell adapted to NaCl, in: J. Cherry (Ed.), *Biochemical and physiological tolerance in plant*, Springer Verlag, Berli. Mechanism associated with environmental stress

Silveira, J.A.G.; Sandro, S.A.M.; Lima, J.P.M.S.; Viégas, R.A. 2009. Roots and leaves display contrasting osmotic adjustment mechanisms in response to NaCl-salinity in *Atriplex nummularia*. *Environmental and Experimental Botany* 66: 1-8.

Slama, F. (1986). Intervention des racines dans la sensibilité ou la tolérance à NaCl de plantes cultivées.

Sofa, A., Dichio, B., Xiloyannis, C., & Masia, A. (2004). Effects of different irradiance levels on some antioxidant enzymes and on malondialdehyde content during rewatering in olive tree. *Plant Science*, 166(2), 293-302.

Soltner D. (2005)- les grandes productions végétales .Ed. Collection sciences et techniques agricoles, 472p.

Steduto, P., Albrizio, R., Giorio, P., & Sorrentino, G. (2000). Gas-exchange response and stomatal and non-stomatal limitations to carbon assimilation of sunflower under salinity. *Environmental and experimental botany*, 44(3), 243-255.

Surget, A., Barron, C. (2005). Histologie du grain de blé, Industrie des céréales, 145: 4-7.

Tal, M. (1984). Physiological genetics of salt resistance in higher plants: Studies on the level of the whole plant and isolated organs, tissues and cells. In: Salinity tolerance in plants: strategies of crop improvement. Staples R. C Toenissen G. H. (Eds). Wiley, New York: 301-320

Turan MA, Elkarim AHA, Taban N, Taban S. 2009. Effect of salinity stress on growth, stomatal resistance, proline and chlorophyll concentrations on maize plant. *African Journal of Agricultural Research* 4, 893–897

Van der Moezel P, Watson L, Pearce-Pinto G, Bell D (1988). The response of six eucalyptus species and *Casuarina obesa* to the combined effect of salinity and waterlogging. *Aust J Plant Physiol* 15: 465-474.

Vavilov N.L., 1934 - Studies on the origin of cultivated plants. *Bull. Appl; Bot and plant breed* X VI: 1- 25.

Virginia, R.A., Jarrell, W.M., 1983. Soil properties in a mesquitedominated Sonoran Desert ecosystem. *Soil Science Society of America Journal* 47, 138–144.

Wang, Y., Nil, N. (2000). Changes in chlorophyll, ribulose biphosphate carboxylase oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during salt stress. *J. Hortic. Sci. Biotechnol*, 75: 623–627.

Wardlaw I.F., 2002. Interaction between drought and chronic high temperature during kernel filling in wheat in a controlled environment. *Annals of Botany*, 90:469-476.

Yamaguchi T., Blumwald E. (2005). Developing salt tolerant crop plants: challenges and opportunities. *Trends Plant Sci.* 10 615–62010.1016/j.tplants.2005.10.002

Zeitoun, R. (2011). Procédés de fractionnement de la matière végétale : application à la production des polysaccharides du son et de la paille de blé (Doctoral dissertation).

Zhao, K., R. Munns, R.W. King. (1991). Abscissic acid synthesis in NaCl-treated barley, cotton and saltbush, *Aust. J. Plant Physiol.* 18 (1991) 17–24.

Zhang Y Chen B Xu Z Shi Z Chen S Huang X Chen J Wang X. 2014. Involvement of reactive oxygen species in endosperm cap weakening and embryo elongation growth during lettuce seed germination. *Journal of Experimental Botany* 65, 3189–3200.