



République Algérienne Démocratique et Populaire Ministère
de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
-Université de LâarbiTébessi –



Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la
Nature et de la Vie Département : **BIOLOGIE**

DES ÊTRES VIVANTS

MEMOIRE DE MASTER

Domaine: Science de la nature et de la vie

Filière: Sciences Biologiques

Spécialité : Ecophysiologie végétal

Thème:

**Etude des mécanismes de tolérance à
la salinité chez le blé tendre
(*Triticum aestivum* L.)**

Présenté par :Maafa Lamia

Membres de jury:

Dr. Neffar .S

Dr Boudjabi .S

Dr.Ghedahabnia

Présidente

Rapporteur

Examineur

Date de soutenance:

Note:

Mention

Sommaire

الإهداء	
Remercîments	
Abréviations utilisées	I
Liste des tableaux	II
Liste des figures	III
Introduction	01
Chapitre I. Le blé	04
Généralités sur le blé	04
I.1. Phylogénie des blés	04
I.2. Taxonomie	05
I.3. Description morphologique	06
I. 4. Importance nutritionnelle	08
I.4.1. Caractéristiques biochimiques des protéines de réserve du blé	09
I.4.2. Classifications des protéines du blé	09
I.4.3. Propriétés spécifiques des protéines de réserve	10
I.5. Importance économique du blé	10
Chapitre II Le stress salin	13
II.1. Définition du stress salin	13
II.2. Types de salinisation	13
II.2.1. Salinisation primaire	13
II.2.2. Salinisation secondaire	14
II.3. Composantes de la salinité	14
II.3.1. Le stress osmotique	14
II.3.2. Stress nutritionnel	14
II.3.3. Stress oxydatif	15

II.4. Mécanismes de la tolérance des plantes à la salinité	15
II.4.1. Exclusion des ions	15
II.4.2. Tolérance des céréales à la salinité	15
II.5. Tolérance du blé tendre (<i>Triticum aestivum</i> L.) au stress salin	16
II.5.1. Germination des graines et croissance des plantules	17
II.5.2. Etat des ions	18
II.5.3. Potentiel hydrique et teneur relative en eau	18
CONCLUSION	20
Référence bibliographique	22

الإهداء

اهدي هذا العمل المتواضع إلى نبع الحنان امي .أدامها الله نورا لعيونني.

الى الحاضر الغائب آخى خالد الذى افتقدت بعده الاحتواء والدفء.

عادل اخى حماه الله وادامه لى سندا اشد به عضدى.

الى كل روح تسعى للكمال والطيب اهدي هذا العمل.



لمياء معافاة.

Remerciements

**Je remercie tout d'abord la
source de toutes sources le bon
dieu Allah qui par sa clémence
m'a offert cette chance.**



**Je tiens à remercier
tous ceux qui m'ont aidé, soutenus
de loin ou de près pour que cette
tâche puisse voir lumière.**



**On ne peut nier l'effort de
la Grande Dame. Docteur .Boudjabi Sonia
pour son aide ; générosité et compréhension**



**Très contente que mon
travail sera présidé et examiné
par de tels illustres enseignants
que je tiens à
Remercier vivement.**

Abréviations utilisées

Ca²⁺ : ion calcium

FAO Food and Agriculture Organization

FPM : faible poids moléculaire

H⁺ : ion d'hydrogène

HPM ;haut poids moléculaire

Kna1 : un gène responsable à l'exclusion du sodium.

mM : millimole

Mg²⁺ : ion de magnésium

Na⁺ : ion de sodium

NaCl : chlorure de sodium

NO₃⁻ : Nitrate

% : Pourcent

PMG : poids de mille graines

SG ;sous unité

Liste des tableaux

Tableau 1. Classification botanique des blés dur et tendre

Tableau 2. Nutriments du grain du blé

Tableau 3. Projections FAO 2015 – 2030 de la production mondiale de blé par régions géographiques.

Liste des figures

Figure 1 . Phylogénie des blés (Liao et al., 2008).

Figure 2 . Morphologie du plant, de l'épi, de l'épillet et de la fleur du blé.

Figure 3 . Coupe d'un grain de blé

Introduction

Introduction

De nombreux stress biotiques et abiotiques affectent le développement du blé dans les principales zones de production et sa croissance future viendra très probable des environnements marginaux où tels stress jouent un rôle bien plus important (Buck et Nisi ,2007).

La salinité compte parmi les stress abiotiques majeurs qui limitent la production végétale suite à la dégradation des terres dans plusieurs zones du globe terrestre (Munns et Tester, 2008 ; Zörb et al. 2019). En moyenne, le monde perd 10 hectares de terres cultivables par minute, dont 3 hectares à cause de la salinisation (Hasan et al., 2015). 10 à 15% des surfaces irriguées (20 à 30 millions hectares) souffrent, à des degrés divers, de problèmes de salinisation (Mermoud ,2006).

Les plantes poussant dans les conditions où le sol est affecté par la salinité subissent des perturbations d'ordre physiologiques et biochimiques. L'amélioration génétique du blé des zones sèches reste basée sur la recherche d'une meilleure tolérance aux stress abiotiques pour adopter la plante à la variabilité du milieu de production (Amokrane, 2001). La tolérance à la présence des sels tel que le chlorure de sodium (NaCl), est alors une qualité largement recherchée chez les végétaux d'intérêt agronomique afin d'élargir leur culture dans ces régions (Marani Alaoui et al., 2013). Dans ce contexte, le processus de sélection nécessite la connaissance des mécanismes responsables de la tolérance du végétal à la salinité (Arbaoui et al., 2000).

En région méditerranéenne, la salinité constitue une contrainte dans beaucoup de périmètres de grandes cultures où la qualité de l'eau joue un rôle majeur et où la recherche de plantes adaptées à des seuils élevés de salinité devient un impératif pour la production agricole. L'Algérie, qui offre toutes les variantes du climat méditerranéen, n'échappe pas à ce phénomène, où la sécheresse, observée depuis longtemps a conduit manifestement au processus de salinisation des sols sur 3.2 millions hectares affectés (Benmahioul et al., 2009).

L'objectif de ce travail est d'étudier est de rapporter des notions bibliographiques sur le stress salin, ses origines, les types de stress et aussi son effet sur les plantes ,la plante choisie

Introduction

dans ce modeste travail est le blé , vu l'importance qu'occupe cette plante dans le monde et surtout dans notre pays l'Algerie

Le travail sera présenté par deux chapitres :

Le premier chapitre de ce mémoire comporte des généralités sur le blé. Taxonomie, phylogénie, importance nutritionnelle.

Le second chapitre se focalise le concept du stress, types et mode de réaction des plantes vis a vis le stress salin, son impact sur les céréales et sur le blé

Chapitre I :

Le blé

Généralités sur le blé

Les céréales regroupent des plantes de la famille des Poacées (ex Graminées). Les cinq céréales les plus cultivées dans le monde sont : le maïs, le blé, le riz, l'orge et le sorgho. Le blé (*Triticum* sp.) est une graminée annuelle aux racines fibreuses à tiges hautes et généralement creuses, portant des noeuds d'où partent des feuilles, des sommets de la tige portent une grappe des fleurs qui se transforme en grains (Gate, 1995). Les deux espèces les plus cultivées et les plus répandues dans le monde sont le blé dur, *Triticum turgidum* var *durum* L. et le blé tendre, *Triticum aestivum* L.

I.1. Phylogénie des blés

Le blé dur se distingue de blé tendre par des caractères morphologiques, physiologiques, cytologiques et technologiques (Hamadache, 2013) :

- Un nombre de chromosomes inférieur, soit 28 portés par les génomes A et B contre 42, pour le blé tendre .
 - Un système racinaire plus profond et plus puissant
 - Un tallage-épi plus faible
 - Une feuille longue, étroite et glabre
 - Un épi compact, barbu à glumes longues fortement carénées
- Un grain dur allongé ; à texture vitreuse et à brosse peu développée.

Le blé dur est une espèce issue de croisement naturel entre *Triticum monococcum* (porteur de génome AA) et *Aegilops speltaoides* (porteur de génome BB) suivi d'un doublement chromosomique qu'a permis l'apparition d'un blé dur sauvage de type AABB, *Triticum turgidum* ssp *dicoccoïdes*, qui a ensuite évolué vers *Triticum turgidum* ssp *dicoccum* puis vers *Triticum durum* (blé dur cultivé) (Liao et al., 2008). Le génome du blé tendre (*Triticum aestivum* L.) est constitué de trois sous-génomes A, B et D et résulte de l'hybridation successive de génomes diploïdes et tétraploïdes avec des génomes diploïdes (Dvorak et al., 1998). Les blés tendres cultivés (AA BB DD) seraient issus également d'un croisement entre *T. turgidum* ssp. *dicoccum* (AA BB) et *Aegilops squarrosa* (DD) (Bertrand 1996).

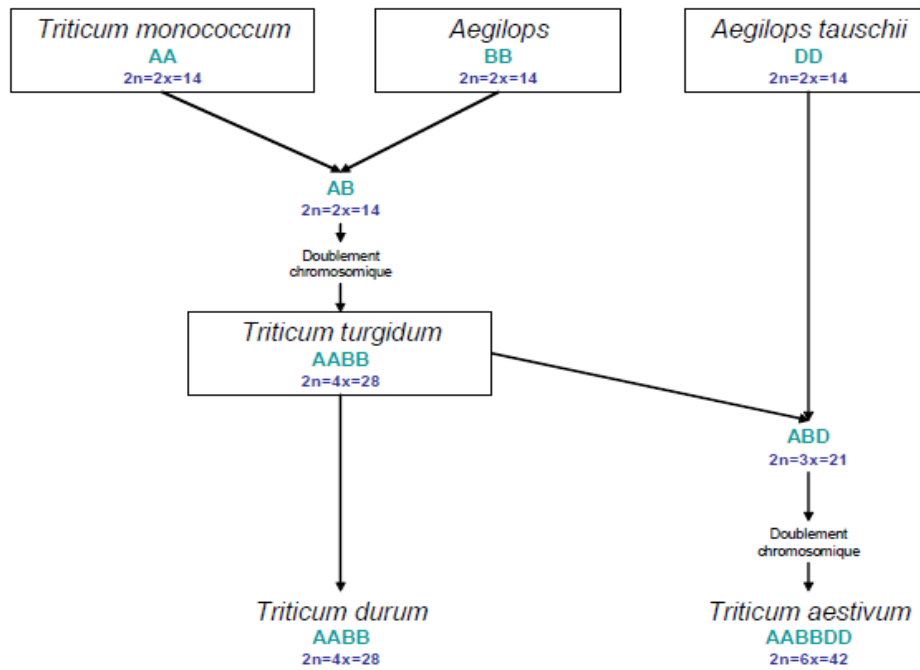


Figure 1 : Phylogénie des blés (Liao et al., 2008).

I.2.Taxonomie :

Le blé est une plante herbacée, monocotylédone appartenant au groupe des céréales à paille classée de la manière suivante voir (Tableau1).

Tableau 1.Classification botanique des blés dur et tendre (Feillet, 2000).

Règne	Taxonomie
Embranchement	Spermaphytes
S/Embranchement	Angiospermes
Classe	Monocotylédones
Ordre	Poales
Famille	Poaceae
Genre	<i>Triticum</i>
Espèce	<i>Triticum durum</i> Desf (blé dur)

I.3. Description morphologique : Il s'agit d'une graminée de hauteur moyenne dont la structure morphologique générale est la suivante :

- La tige est généralement cylindrique, dressée creuse et cloisonnée par des noeuds pleins et renflés : ce genre de tige a reçu le nom de chaume (Auriauet al., 1992). Vers la base, chaque noeud au contact du sol porte un faisceau de racines adventives et souvent une tige verticale non ramifiée. C'est ainsi qu'un seul grain peut donner naissance à plusieurs tiges. Le phénomène favorisé par les roulages de printemps a reçu le nom de tallage. Les feuilles qui prennent naissance au niveau des nœuds sont disposées en deux rangées opposées autour de la tige. C'est une plante annuelle, semée à l'automne (blé d'hiver) ou au printemps (blé de printemps). bractées protectrices appelées glumes. Il est composé de trois, quatre, cinq fleurs avec une fleur terminale stérile (Bozzini, 1988). Chaque fleur est elle-même entourée de deux petites bractées protectrices ou glumelles.

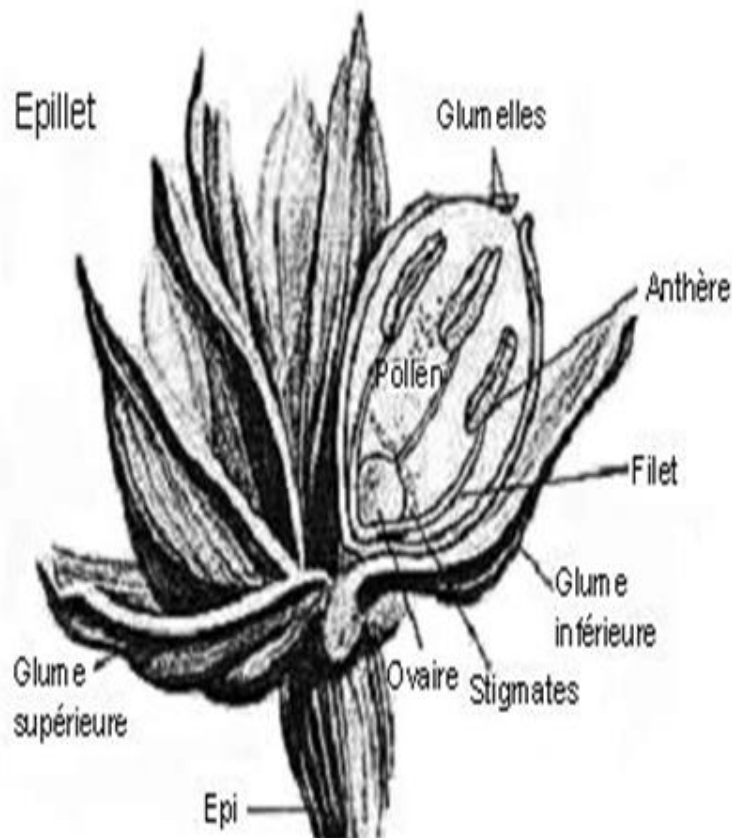


Fig2 : Morphologie du plant, de l'épi, de l'épillet et de la fleur du blé(Feillet, 2000).

- L'épi est composé de petits épis ou épillets. Chaque épillet est enveloppé de deux bractées protectrices appelées glumes. Il est composé de trois, quatre, cinq fleurs avec une fleur terminale stérile (Bozzini, 1988). Chaque fleur est elle-même entourée de deux petites bractées protectrices ou glumelles.

- La fleur est verdâtre et dépourvue de corolle : il n'y a pas de pétales colorés. Le calice est formé de deux minuscules écailles ou glumellules jouant le rôle de sépales (Bozzini, 1988).

- Le grain de blé est un fruit sec et indéhiscant, appelé caryopse, constitué d'une graine et de téguments et formé principalement de trois régions (Figure 2) (Feillet 2000; Clerget, 2011)

- L'albumen qui représente 80-85 % du grain, constitué de l'albumen amylicé (au sein duquel subsistent des cellules remplis de granules d'amidon dispersés au milieu d'une matrice protéique et dont les parois cellulosesiques sont peu visibles) et de la couche à aleurone.

- Les enveloppes de la graine et du fruit sont formées principalement de six tissus différents épiderme du nucelle, tégument séminal ou testa (enveloppe de la graine), cellules tubulaires, cellules croisées, mésocarpe et épicarpe.

- Le germe représente 3% du grain, composé d'un embryon, qui est formé d'une coléoptile, de la gemmule, de la radicule, du coléorhize et de la coiffe. Le grain est principalement constitué d'amidon (70%), de protéines (10-15%). Selon les variétés et les conditions de culture, et de pentosanes (8 à 10 %), les autres constituants, pondéralement mineurs (quelques % seulement) sont les lipides, la cellulose, les sucres libres, les minéraux et les vitamines (Tableau 2). Ces constituants se répartissent de manière inégale au sein des différentes fractions histologiques du grain.

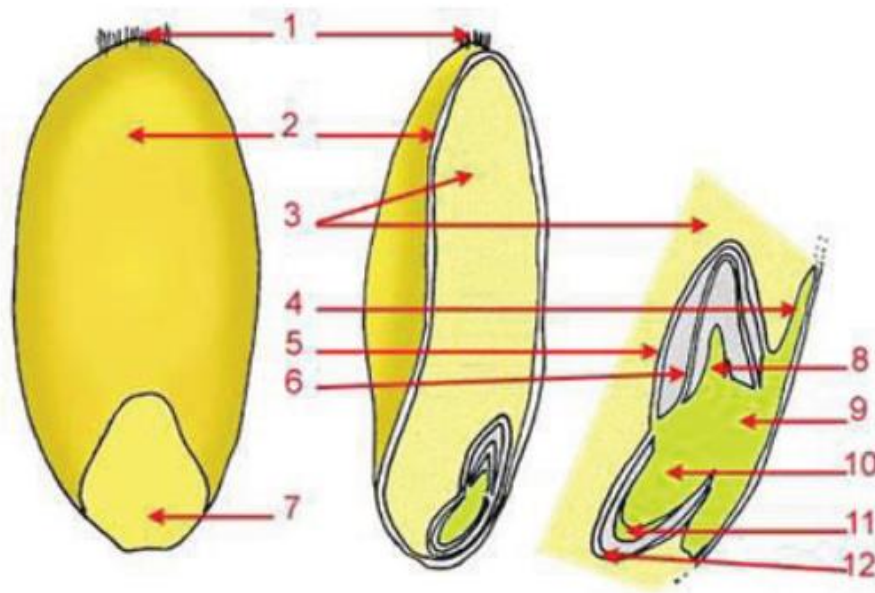


Fig 3 : Coupe d'un grain de blé (Feillet, 2000).

1 : poils (stigmates) - 2 : téguments (écorce). Le caryopse est un fruit car l'écorce est le résultat de la fusion des téguments de la graine et de la paroi de l'ovaire. - 3 : albumen.- 4 : cotylédon unique. - 5 : épicotyle (capuchon recouvrant la gemmule).- 6 : première feuille. - 7 : scutelum. - 8 : gemmule. - 9 : tigelle. - 10 : radicule. - 11 : coiffe. - 12 : coléorhize (capuchon recouvrant la radicule).

I. 4.Importance nutritionnelle

Le blé est la culture alimentaire de base qui fournit des calories et des protéines à plus du tiers de la population mondiale, plus que toute autre culture (Shewry, 2009). Sa richesse en protéines, minéraux, vitamines et fibres ainsi que ses caractéristiques qualitatives et quantitatives de la farine de blé sans gluten peuvent être transformés en différents types d'aliments tels que le pain, les pâtes, le couscous et les biscuits, ce qui en fait un excellent aliment de santé (Kumar et al., 2011). Un grain de blé contient 78,1% de glucides, 14,7% de protéines, 2,1% de matières grasses et 2,1% de minéraux et de vitamines telles que la thiamine et la vitamine B (Kumar et al., 2011), ainsi que d'autres minéraux traces tels que le sélénium et le magnésium (Uauy et al., 2006).

Tableau 2. Nutriments du grain du blé (Felliet, 2000).

Nature de composants	Teneur (% ms)
Protéines	10-15
Amidon	67-71
Pentosanes	8-10
Cellulose	2-4
Sucres libres	2-3
Lipides	2-3
Matières minérales	1.5-2.5

I.4.1. Caractéristiques biochimiques des protéines de réserve du blé :

Appelées « gluten », c'est un polymère formé de gliadines gluténines, et considéré comme un matériel viscoélastique (feuillet, 2000). L'élasticité et la ténacité du gluten sont généralement des propriétés attribuées à la présence des gluténines alors que sa viscosité est associée aux gliadines (Shewry et al., 2002).

I.4.2. Classifications des protéines du blé : la classification la plus utilisée est basée sur leur mobilité électrophorétique (Khan et Buschuk, 1979 ; Payne et Corfield, 1979 ; Jackson et al., 1983 in Khelifi, 1992).

. Les prolamines polymériques

- Les sous-unités gluténines de haut poids moléculaire: SG-HPM (80000 et130000 dalton).

- Les sous-unités gluténines de faible poids moléculaire : SG-FPM (40000 et50000 dalton).

• Les prolamines monomériques

- Les α -gliadines PM de 32000 à 36000daltons.

-Les β - gliadines PM de 37000 à 38000 daltons.

- Les Y-gliadines PM de 38000 à 44000 daltons.

- Les δ - gliadines PM de 69000 à 78000 daltons.

Sur la base de leur mobilité électrophorétique, les gluténines ont été divisées en4 groupes: le groupe A correspondant aux SG-HPM, les groupes B et C d'après(Payne et

Cofield, 1979) correspond aux SG-HPM et le groupe D découvert en électrophorèse bidimensionnelle par Jackson et al. (1983) correspondant aux SG-FPM.

I.4 3. Propriétés spécifiques des protéines de réserve

Il est admis que les gliadines sont responsables de la composante visqueuse du comportement rhéologique des pâtes et les gluténines de leurs composantes élastiques:

- **Gliadines** : Très extensibles quand elles sont hydratées, les gliadines, qui posséderaient des propriétés plastifiantes, confèrent à la pâte son extensibilité, sa viscosité et sa plasticité, la teneur en protéines est, en effet, corrélée à ce caractère. En raison de leur comportement hydrophobe particulier, les gliadines pourraient constituer la fraction la plus fonctionnelle.

Dans le blé dur, la relation positive trouvée entre la présence de la α - gliadines (locus Glu-B1) et la force du gluten, elle-même reliée à la fermeté des pâtes cuites, s'explique par une liaison entre cette protéine et les SG-FPM placées sous le contrôle des gènes localisés sur le locus voisin Glu-B3. La α - gliadines 45 est un marqueur génétique des protéines fonctionnelles.

- **Glutenines** : La ténacité et l'élasticité de la pâte s'expliquent par les propriétés très particulières des gluténines. Les agrégats de très haut poids moléculaire seraient les plus fonctionnels, de sorte que la détermination de la teneur totale en polymères protéiques n'aurait d'intérêt que si elle était complétée par une mesure de la distribution par taille de ces polymères. Au dessous d'un certain niveau d'agrégation, ces polymères ne contribueraient pas à la force de la pâte (Feuillet, 2000).

I.5. Importance économique du blé : Les céréales occupent à l'échelle mondiale une place primordiale dans le système agricole. Elles sont considérées comme une principale source de la nutrition humaine et animale (Slama et al., 2005). Parmi ces céréales, le blé occupe la deuxième place pour la production mondiale après le maïs et la première place, avant le riz comme source de nourriture pour les populations humaines en assurant 20% de ses besoins énergétiques.

L'Union Européenne, la Chine, l'Inde, la Russie et les Etats-Unis sont les plus grands producteurs de blé, respectivement. Ils contribuent avec 70.51% à la production mondiale,

valeur moyenne des trois dernières campagnes 2012/15 (FAO, 2016). Les pays exportateurs sont les Etats-Unis, l'Union Européenne, le Canada, l'Australie ainsi que la Russie. Selon le Conseil International du Grain, les grands importateurs sont l'Egypte, le Brésil, l'Indonésie et l'Algérie.

Tableau 3. Projections FAO 2015 – 2030 de la production mondiale de blé par régions géographiques (Marathée et Gomez-MacPherson. 2001)

Régions	1995/97 en millions de tonnes	1995/97 en %	2015 en millions de tonnes	2015 en %	2030 en millions de tonnes	2030 en %
Monde	580	100	748	100	858	100
Pays développés	308	53	392	52	440	51
Union européenne (15)	94	16	118	16	133	15
Autres pays européens	0,9	<1	1,2	<1	1,2	<1
Amérique du Nord	89	15	113	15	135	16
Ex-URSS	69	12	97	13	104	12
PECO + ex-Yougoslavie	32	5	39	5	41	5
Autres pays développés	23	4	24	3	25	3
Pays en voie de développement	272	47	356	48	418	49
Afrique subsaharienne	2,4	<1	4,6	1	6,9	1
Afrique du Nord / Proche Orient	50	9	63	8	72	8
Asie de l'Est	112	19	136	18	136	16
Asie du Centre	85	15	126	17	169	20
Amérique latine	22	4	27	4	33	4

Chapitre II

Le stress salin

II. Le stress salin

II.1. Définition du stress salin : On appelle stress toute pression dominante exercée par un paramètre, perturbant le fonctionnement habituel de la plante. En revanche, la réponse du végétal dépend, entre autres, de ces paramètres environnementaux, tels que le type de contrainte, son intensité, sa durée et caractéristiques génétiques (Hopkins, 2003). Le stress salin est une brusque augmentation de la concentration en sels qui conduit d'un part, un afflux plus élevé d'ions dans la cellule suite à la chute de la concentration du milieu externe, d'autre part, à une perte d'eau par voie osmotique. Une abondance de sels dissous s'observe bien sûr en milieu marin, mais aussi dans beaucoup de milieux terrestres (Ben Hebreche et Djafour, 2011).

Plusieurs auteurs ont défini la salinité des sols et des eaux comme étant la présence de concentration excessive de sels solubles, ou lorsque les concentrations en Na^+ , Ca^{2+} et Mg^{2+} sous formes de chlorures, carbonates, ou sulfates sont présentes en concentrations anormalement élevées (Asloum, 1990). Ce type de stress est essentiellement dû au NaCl en conditions naturelles (Sun et Zheng, 1994). Il caractérise les zones arides et semi arides, surtout là où l'irrigation est pratiquée (Ashraf, 1994). La salinité déclencherait un stress environnemental très significatif chez les plantes cultivées, dont le blé, qui constitue un obstacle majeur sur la productivité agricole.

II.2. Types de salinisation : Selon Munns et al. (2006), la salinité représente l'accumulation des sels dissous dans la solution du sol à un niveau qui inhibe la croissance et le développement des plantes. On compte généralement deux formes de salinité : primaire et secondaire.

II.2.1. Salinisation primaire : Près de 80 % des terres salinisées ont une origine naturelle « édaphique », on qualifie alors la salinisation de « primaire ». Dans ce cas, celle-ci est due à la formation des sels pendant l'altération des roches ou à des apports naturels externes : - Dans les régions côtières, intrusion de l'eau salée ou submersion des terres basses. - Inondation périodique par de l'eau de mauvaise qualité. - Remontée d'une nappe phréatique salée près de la zone racinaire (Mermoud, 2006) Ce type de sol est très fréquent dans les

zones arides dû à une évapotranspiration potentielle qui dépasse largement la quantité d'eau arrivée au sol (Antipolis, 2003).

II.2.2. Salinisation secondaire : Près de 20% des terres salinisées ont une origine humaine ou anthropique ; sont qualifiées de «secondaires» dû principalement à l'irrigation des terres avec une eau de mauvaise qualité (eau saline), un lessivage insuffisant et un drainage défaillant (Anonyme, 2006 et Le goupil, 1974).

II. 3.Composantes de la salinité : Les composantes de la salinité sont : les stress osmotique, ionique, nutritionnel et oxydatif.

II.3.1.Le stress osmotique : La première conséquence de la salinisation tient à la modification du potentiel osmotique de la solution du sol, lorsque la teneur en sels croît .Selon Song et al (2005), plus la solution du sol est salée, plus la pression osmotique est élevée et plus il est difficile pour les racines d'extraire l'eau de la réserve du sol. Il en résulte ainsi un ralentissement de leur croissance .D'après(Chinnusamy et al.,2004)la concentration en sels dépend de la teneur en eau du sol et augmente avec le dessèchement ; c'est pourquoi l'excès de sels qui affecte les plantes est atteint beaucoup plus rapidement dans un sol sableux que dans un sol argileux qui piège les ions Na^+ via les charges négatives de l'argile.

II.3.2.Stress nutritionnel : Selon Snoussi et Halitim (1998), certains sels peuvent affecter la balance nutritionnelle chez les plantes s'ils sont présents en concentration excessive ou en proportion anormale .La présence excessive d'ions sodique, chlorique et borique peut provoquer une augmentation du pH du sol, ce qui a un effet indirect sur l'impossibilité d'absorption des ions ferreux, phosphate, zinc et manganèse indispensable pour la croissance des plantes (Maillard, 2001) . Des concentrations salines trop fortes dans le milieu provoquent une altération de la nutrition minérale des plantes (Levigneron et al., 1995)(Haouala et al, 2007) . D'après Haouala et al .,(2007) l'accumulation des ions Na^+ dans la plante limite l'absorption des cations indispensables tels que K^+ et Ca^{2+} . Il y aurait une compétition entre Na^+ et Ca^{2+} pour les mêmes sites de fixation apoplasmique. Ainsi ; l'augmentation de la concentration en Na^+ s'accompagne d'une réduction de la concentration en Mg, K, N, P et Ca dans la plante. Ce déséquilibre nutritionnel est une cause possible des réductions de croissance en présence de sels lorsque des ions essentiels comme K^+ , Ca^{2+} ou

NO₃⁻ deviennent limitant (Haouala et al., 2007). Selon Tester et Davenport (2003), (in Jabnune, 2008) les effets osmotiques du stress salin peuvent également limiter la croissance des racines, ce qui limite les possibilités d'absorption des éléments nutritifs du sol.

II.3.3. Stress oxydatif : Selon Parent et al., (2008) une conséquence des stress environnementaux, comprenant le stress salin, est l'apparition du stress oxydatif, c'est-à-dire l'accumulation d'espèces réactives d'oxygène (ROS) à des concentrations élevées, qui endommagent les structures cellulaires. Ces derniers sont à l'origine du dysfonctionnement de l'appareil photosynthétique et les autres troubles métaboliques. La plupart d'entre eux sont des peroxydes d'hydrogène, des radicaux hydroxyles et des anions super oxyde (Rahnama et Ebrahimzadeh, 2005). Des antioxydants nécessaires pour faire face au ROS et de maintenir leur concentration à faible niveau dans les cellules lors du stress (Reddy et al., 2004).

II.4. Mécanismes de la tolérance des plantes à la salinité

II.4.1. Exclusion des ions : Selon Sentenac et Berthomieu (2003), la plante empêche le sel de remonter jusqu'aux feuilles. Une première barrière existe au niveau de l'endoderme, couche interne de cellules de la racine. Cependant, cette barrière peut être interrompue, en particulier lors de l'émergence des ramifications de la racine. D'autres mécanismes limitent le passage de sel des racines vers les feuilles mais les gènes qui les gouvernent sont encore largement inconnus. 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. 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 de cet élément 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)

II.4.2. Tolérance des céréales à la salinité : D'après Munns et al., (2006) la tolérance des céréales à la salinité dépend de la variabilité génétique telle que certaines espèces qui résistent à ce type de stress abiotique que d'autres. Notamment 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. En outre l'orge, arrive à croître normalement dans des conditions considérées comme limitantes. En effet, en plus de l'exclusion de sodium, la plante d'orge se sert d'un autre mécanisme de tolérance à la salinité qui se manifeste par l'emprisonnement des sels dans un compartiment bien spécifique dans la feuille. Ceci non seulement lui épargne leurs effets toxiques mais aussi contrebalance la pression osmotique du sol (Munns, 2008).

II.5.Tolérance du blé tendre (*Triticum aestivum* L.) au stress salin

Les céréales tels que le blé tendre (*Triticum aestivum* L.), font face à la salinité en excluant les ions du sodium Na^+ à partir de pousses (Munns et James, 2003; Colmer et al., 2005), et en tolérant des taux internes élevés de Na^+ . Généralement, le blé tendre est plus tolérant au sel que le blé dur (*Triticum durum* Desf.), (Colmer et al., 2005), alors que l'orge (*Hordeum vulgare* L.) est plus tolérant qu'aux deux précédentes espèces, malgré que chez cette espèce, le limbe de la feuille accumule des concentrations de Na^+ semblables à ceux du blé dur, ce qui suggère des niveaux plus élevés de la tolérance aux ions Na^+ des tissus. Etant donné le nombre de différents mécanismes qui contribuent à la tolérance au sel, il n'est pas surprenant que ce phénomène est un trait génétique complexe (Colmer et al., 2005).

Des études physiologiques ont indiqué que dans un génotype tolérant, le limbe de la feuille contrôle les niveaux de Na^+ , c'est le résultat de l'interaction entre le chargement nette du xylème et la séquestration de la gaine de la feuille (Davenport et al., 2005).

La localisation des ions Na^+ dans les vacuoles est un mécanisme efficace pour éviter les effets toxiques de ces ions dans le cytosol, leurs transport dans les vacuoles est facilité par les cations H^+ /anti-porteurs qui sont inspirées par le gradient électrochimique des protons générés par des enzymes vacuolaires H^+ -translocation, la H^+ -ATPase et la H^+ -PPase, ces phosphatases génèrent le gradient des protons nécessaires requises pour l'activité de la Na^+/H^+ anti-porteurs., la caractérisation fonctionnelle de Na^+/H^+ anti-porteurs vacuolaires *TNHX1* et H^+ -PPase et la pompe *TVP1* chez le blé a été rapporté récemment (Brini et al., 2005). Ils sont beaucoup plus résistants à de fortes concentrations de NaCl et au manque d'eau que les souches de type sauvage (Brini et al., 2007).

II.5.1. Germination des graines et croissance des plantules : Le taux de germination des cultivars Mahon-Demias(MD) et Hidhab (HD1220) soumis au stress salin était très considérable . Toutefois, en présence des concentrations croissantes de NaCl, une diminution progressive du taux de germination a été observée. En vertu de la salinité élevée (200mM NaCl), la germination du (MD) a été gravement touchée et ne dépasse pas 62%, alors que pour(HD1220) était juste en dessous de 82%. En outre, ces traitements au stress salin réduit la longueur de la feuille ainsi que le système racinaire dans les deux génotypes, mais plus fortement dans la variété Mahon-Demias(MD). (Benderradji et al.,2010)

La longueur des racines a été réduite de 33,3% quand il est soumis au traitement au sel, alors que la longueur des coléoptiles a été diminuée de 14,2% et 17,9% respectivement. Pour les mêmes traitements, la zone de la première feuille a été réduite de 21,3% et 35,4% respectivement .

Le stress salin influe sur les racines, les coléoptiles et la zone de la première feuille qui a été sensiblement réduite. La longueur des racines a montré une réduction significative à 200mM NaCl, tandis que les coléoptiles et la surface foliaire ont été réduites de façon significative à 100mM de NaCl.

Le génotype était l'effet principal pour le pourcentage de germination. La longueur des racines n'a pas été significative et indique que les deux cultivars ont montré des réactions similaires aux stress salin .

La mesure dans laquelle pousse la longueur et la surface foliaire a répondu à la contrainte du sel et variait selon les cultivars. En fait le cultivar (HD1220) semble moins sensible au stress salin par rapport au cultivar (MD).

La variété (HD1220) a montré une longueur de la feuille ; une surface foliaire plus importante que le cultivar (MD) . La signification de L'interaction génotype x traitement de sel pour le taux de germination, indique que la variété (HD1220) est moins sensible au stress salin que (MD). (Benderradji et al.,2010)

II.5.2. Etat des ions : Une réponse immédiate des plantes à la salinité élevée est une diminution de l'expansion des feuilles. Ceci est plus souvent associé à une perte de pression de turgescence cellulaire plutôt qu'à un effet de sel spécifique toxique.

Dans le rapport de gestion génotype sensible au sel, ce dernier est moins efficace exclu du flux de transpiration à l'entrée du limbe de la feuille, ce qui entraîne une plus grande accumulation. Il est présumé que les niveaux élevés de sel dans les limbes renforcerait la sénescence prématurée des feuilles mortes en se basant sur les performances photosynthétiques des plus jeunes feuilles. Alors que les deux génotypes étudiés semblent avoir les mêmes capacités d'accumulation de Na^+ dans les racines, ils ont montré différents taux de Na^+ dans l'accumulation des limbes. L'ion Na^+ est accumulé plus dans les gaines de la première et la deuxième feuille de (HD1220) par rapport à (MD).

Les gaines des feuilles peuvent différer dans leurs capacités à extraire Na^+ à partir du flux du xylème. Cette possibilité a été soutenue par des différences génotypiques dans la proportion de Na^+ contenu dans les feuilles et qui a été stockée dans la gaine de ces feuilles. (HD1220) séquestre plus de 85% de Na^+ total des feuilles dans la gaine de la feuille,. Ce résultat suggère que le génotype (HD1220) possède un mécanisme supplémentaire pour l'entretien de la lame à faible Na^+ , prévoyant le retrait efficace de la feuille de Na^+ dans la gaine. (Benderradji et al.,2010)

III.5.3. Potentiel hydrique et teneur relative en eau

Les concentrations élevées de NaCl ont réduit la croissance des plantes, en particulier des feuilles, avec effet plus prononcé sur le génotype plus sensible. Une performance supérieure de (HD1220) pourrait être due à l'ajustement osmotique plus fort, ce qui est considéré comme important pour l'adaptation des plantes au stress salin, car elle contribue au maintien de la turgescence et le volume cellulaire. Cette notion est soutenue par une augmentation de la (TRE) dans la gaine foliaire de (HD1220). (Benderradji et al.,2010).

CONCLUSION

CONCLUSION

La tolérance des végétaux aux sels est un phénomène complexe qui implique des particularités morphologiques et développementales avec des mécanismes physiologiques et biochimiques variés. En effet, le degré de réponse à la salinité des espèces végétales dépend de la concentration en sel, de l'espèce elle-même, de sa variété et du stade de développement de la plante (Ben Naceur et al., 2001). Sous les conditions de stress salin, la germination des graines et la première phase de la croissance des plantules sont des stades critiques pour l'établissement des plantes (Khan et Gulzar, 2003).

La tolérance au sel reflète la capacité de la plante à exclure Na^+ ainsi que les mécanismes associés à cette tolérance des tissus dans le cumul des ions Na^+ . Ces deux composantes de la tolérance au sel sont susceptibles de fonctionner de façon indépendante ainsi la tolérance au sel dépendra aussi de leurs effets relatifs.

La tolérance à des concentrations salines élevées dans le blé tendre semble être liée à une capacité à éviter l'accumulation des niveaux toxiques de Na^+ , une meilleure capacité d'ajustement osmotique et/ou de maintenir des niveaux adéquats, en particulier dans le limbe de la feuille. Cette information sera utile dans la sélection du matériel pour les futurs programmes de sélection. (Benderradji et al.,2010).

Référence bibliographique

Référence bibliographique

Alaoui M. M., Jourmi L., El Ouarzane A., Lazar S., Antri S., El Zahouily M. & Hmyene A. (2013). Effet du stress salin sur la germination et la croissance de six variétés marocaines de blé. *Journal of Materials and Environmental Science* 4(6), 997-1004. Kumar et al., 2011).

Anonyme (2006). Conférence électronique sur la salinisation: Extension de la salinisation et Stratégies de prévention et réhabilitation. Organisée et coordonnée par: IPTRID du 6 février au 6 Mars 2006, 20 p.

ANTIPOLIS S.(2003) Les menaces sur les sols dans les pays Méditerranéens. Les cahiers du plan bleu, Vol.2 :44-49.

Arbaoui M., Benkhalifa M. & Belkhodja M. (2000). Réponses physiologiques de quelques variétés de blé dur à la salinité au stade juvénile. *Option Méditerranéenne* 40, 267-270.

Auriau P., Doussinault G., Jahier J., Lecomte C., Pierre J., Pluchard P., Rousset M., Saur .L et Trottet M. (1992). Le blé tendre. In : Gallais A. et Bannerot H. (eds) Amélioration des espèces végétales cultivées. INRA Paris : 22- 38.

Ben Hebireche N. et Djafour H., (2011). Effet de stress salin sur l'accumulation de la Chlorophylle chez le blé dur, Mémoire de fin d'étude, 9 p Asloun, 1990

Ben Naceur M, Rahoume C, Sdiri H, Meddahi ML, Selmi M.(2001). Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en graines de quelques variétés maghrébines de blé : science et changements planétaires/ séchresse,. pp : 167-174.

Benderradji L., Bouzerzour H., Kellou K., Ykhlef N., Brini F., Masmoudi K. & Djekoun A. (2010). Etude des mécanismes de tolérance à la salinité chez deux variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) soumises à un stress salin. *Sciences & Technologie C* (32), 23-30

Benmahioul B., Daguin F. & Kaid Harche M. (2009). Effet du stress salin sur la germination et la croissance in vitro du Pistachier (*Pistacia vera* L.) *Comptes Rendus Biologies* 332(8), 752-758.

Bertrand E. (1996). Les sites antiques. *La lettre du Pays de Tronçais* 2, 1-48.

Bozzini A. (1988) Origin, distribution and production of durum wheat in the world. In: Fabriani G et Lintas C. (éd) *Durum: Chemistry and Technology*. AACC (Minnesota). Etats- Unis: 1-16.

Référence bibliographique

Buck H. & Nisi J. (2007). wheat production in stressed environments. Proceedings of the 7th international wheat conference, 27 nov-2 Dec 2005, Mar del plata, Argentina developments in plant breeding, volume 12.

CHINNUSAMY V et al., (2004), Molecular genetics perspectives on cross-talk and specificity in abiotic stress signalling in plants. J of Experimental Botany. pp225-236.

Colmer T. D., Flowers T. J. & Munns R. (2006). Use of wild relatives to improve salt tolerance in wheat. Journal of Experimental Botany 57(5), 1059-1078.

Dvorak J., Luo M.C., Yang Z. L. & Zhnag H. B. (1998). The structure of the Aegilops tauschii gene pool and the evolution of hexaploid wheat. Theoretical and Applied Genetics 97(4), 657-670.

FAO (2016). WFP (2015), The State of Food Insecurity in the World 2015. Meeting the 2015 international hunger targets: taking stock of uneven progress. Food and Agriculture Organization Publications, Rome.

Feillet. P. (2000) Le grain de blé. (eds)Composition et utilisation INRA. Paris: p 312. Feillet 2000; Clerget, 2011

Gâte P. (1995). Ecophysiologie du blé de la plante à la culture. Techniques & Documentation, Paris, 429 p.

Hamadache A. (2013). Eléments de phytotechnie générale-Grandes Cultures-Tome 1 : le blé, pp : 11-49.

Hasan M. I., Kibria M. G., Jahiruddin M., Murata Y. & Hoque M. A. (2015). Improvement of Salt Tolerance in Maize by Exogenous Application of Proline. Journal of Environmental Science and Natural Resources 8(1), 13-18.

Hopkins W. G. (2003). Physiologie végétale. 2ème édition. De , Bruxelles : 61-476

JABNOUNE M., (2008) , Adaptation des plantes à l'environnement : Stress salin. Présentation Power Point.

Khan et Buschuk. (1979). Studies of glutenin. XII. Coprison by SDS-Page of unreduced.

Khan M. A. & Gulzar S. (2003). Germination responses of Sporobolus ioclados: a saline desert grass. Journal of Arid Environments 53(3), 387-394. Buck et Nisi , 2007

MAILLARD J., (2001) , Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone sahélienne. Risques et recommandations. Handicap International. Novembre 2001, 34 p.

Mermoud A. (2006). Cours de physique du sol : Maîtrise de la salinité des sols. Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, 23 p.

Munns R. & James R. A. (2003). Screening methods for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat. *Plant and soil* 253(1), 201-218.

Munns R., James R. A. & Lauchli A. (2006). Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of experimental botany* 57(5), 1025-1043.

Munns R., & Tester M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology* 59, 651-681.

Parent C., Capelli N. & Dat J. (2008). Formes réactives de l'oxygène, stress et mort cellulaire chez les plantes. *Comptes Rendus Biologies* 331(4), 255-261.

PAYNE P. I., CORFIELD K. G., HOLT L.M., BLACKMAN J. A., (1979). Identification of high-molecular-weight subunit of glutenin whose presence correlates with quality in wheats of related pedigree. *Theoretical and applied genetics*, vol. 55, p.p. 153-159.

RAHNAMA H et EBRAHIMZADEH H.(2005):The effect of NaCl on antioxidant enzyme activities in potato seedling. *Biol Plant*.pp93-97.

Reddy et al Rus A., Yokoi S., Sharkhuu A., Reddy M., Lee B. H., Matsumoto T. K., Koiwa H., Zhu J. K., Bressan R. A. & Hasegawa P. M. (2001). AtHKT1 is a salt tolerance determinant that controls Na⁺ entry into plant roots. *Proceedings of the national academy of sciences* 98(24), 14150-14155.

SHEWRY P.R., Halford N.G., Belton P.S. et Tatham A.S. (2002) The structure and properties of gluten: an elastic protein from wheat grain. *Phil Trans R Soc Lond B* 357:133-142.

SHEWRY P.R., TATTHAM A.S., LAZZERI P.,(2009). Biotechnology of wheat gluten. *J. Sci. Food Agric.*, vol. 73, p.p. 397-406.

Slama A., Ben Salem M., Ben Naceur M. & Zid E. D. (2005). Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. *Sécheresse* (16)3, 225-229.

SNOUSSI S.A et HALITIM A.,(1998) , Valorisation des eaux salines pour la nutrition minérale des plantes cultivées. Etude et gestion des sols, pp289- 298.

SONG J.(2005), Strategies for Adaptation of Suaedaphysophora, Haloxytonammmodendron and Haloxytonpersicum to a Saline Environment during Seed- Germination Stage. Annals of Botany.pp399-405.

SUN N. & Zheng. (1994). Inverse problems in groundwater modeling, Theory and applications of transport in porous media v.6, Dordrecht, Boston: Kluwer Academic, 337 p.

UAUY, C., DISTELFELD, A., FAHIMA, T., BLECHL, A. & DUBCOVSKY, J. J. S. 2006. A NAC gene regulating senescence improves grain protein, zinc, and iron content in wheat. 314, 1298-1301.

Zörb C., Geilfus C. M. & Dietz K. J. (2019). Salinity and crop yield. Plant Biology 21, 31-38.Amokrane, 2001