

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

FACULTE DES SCIENCE

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA
NATURE ET DE LA VIE

N° :.....



DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE
ET DE LA VIE

FILIERE : SCIENCE BIOLOGIQUE

OPTION : BIOTECHNOLOGIE VEGETALE

**Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique**

Par: BOUMDOUHA SOUMIA

KRIM KANZA

Intitulé

**Quelques Caractères physiologiques et
morphologiques de tolérance de blé dur (*Triticum
durum Desf.*) de deux génotype (WAHA et GTA) au
salinité .**

Soutenu devant le jury composé de:

BENDIF . Hamdi

Université M'sila

Président

KHALFA .Hanane

Université M'sila

Rapporteur

ARAB . Radhia

Université M'sila

Examineur

Année universitaire : 2018 /2019

Remerciement

الحمد لله الذي هدانا لهذا وما كنا لنهتدي لولا هدانا الله

Nous remercies avant tout ALLAH, tout puissant qui nous àcombler de ses bienfaits et m'a donné assez de force pour achever ce travail et de venir au bout de cette formation.

Il m'est agréable de remercier vivement tous ceux qui, grâce à leur aide précieuse, ont permis la réalisation de ce travail :

Nous tiens tout d'abord à l'aboutissement vivement Mme. Khalfa Hanane, qui à diriger et suivi ce travail avec patience pour sa compréhension, son amabilité et ses conseils précieux.

Nous le prie de bien vouloir trouver ici le témoignage de ma très vive gratitude. mes vifs remerciements vont également aux Membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à ma recherche en acceptant d'examiner mon travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Nous remercions les plus vifs au Dr. Bendif Hamdi pour avoir accepté de présider le jury, je tiens à exprimer mes remerciements au DR. ARAB Radhia d'avoir accepté de juger et examiner ce travail.

Nous adressés mes plus sincères remerciements à tout le personnel du laboratoire et les ingénieurs des laboratoires de département science de la nature et la vie université de M'sila .

Nous veux aussi remercier tous mes amis (es) qui m'ont aidé, soutenu et supporté tout au long de ce travail.

Nous tiens enfin à remercier très chaleureusement tous ceux qui ont patiemment relu ce travail et m'ont aidé à le finaliser

Nous tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce travail à :

Ma mère;Reguia.

Sans son amour je ne serai pas arrivée.

Mon père;Hocine.

Mon Marie ;Hicham.

Mes frères ,Samir, Ala , lazhar,mohamed.

Ma sœur ,Lila, Randa , soumia .

A mes adorables neveux ; Aya ,Anass ,Idriss

qui, par leurs prières, leurs encouragements, et leur soutien.

Toute ma famille.

Toutes mes amies ,Tous mes professeurs durant tous mes études ,

La promotion de master 2 biotechnologie végétale de l'année universitaire 2018-

2019 de M'sila.

KANZA

Dédicace

Je dédie ce travail à :

Ma mère; Nassira.

Mon père; Mohamed.

Mon Fiancé ; Oussama.

Mes frères ; Anass, Marouan.

Mes sœurs , Ikram, Mariem.

qui, par leurs prières, leurs encouragements, et leur soutien.

Toute ma famille.

Toutes mes amies ,Tous mes professeurs durant tous mes études ,

La promotion de master 2 biotechnologie végétale de l'année universitaire 2018-2019 de M'sila.

SOUMIA

Liste des abréviations

INRA: Institut National de la Recherche Agronomique D'Algérie

LR : Longueur de racine

MF : matière fraîche

NR : Nombre de racines

TC% : Taux de contamination

IG : Le nombre des graines germées pendant les jours de l'essai

XT : Le nombre total de graines germées

N : Nombre total des graines mises à germer

SA : Solution d'arrosage.

G% : Le pourcentage définitif de germination

PF : Poids frais

PS : Poids sec

Liste des figures

N°	Titre	Page
01	Origines possibles du blé	17
02	Histologie du grain du blé	19
03	Stades repères du cycle de développement du blé	28
04	Préparation des graines de blé dur(source original)	30
05	Préparation des solution salines (source original)	31
06	Dispositif expérimentale de l'essai de germination (source original)	32
07	dispositif expérimentale, les graines misé à germées sur les boite pétri, après 12 jours de semis (source original)	32
08	dispositif expérimentale, les graines misé à germées sur les boite pétri, après 12 jours de semis (source original)	33
09	Quelques étapes durant la mesure de la longueur des racines	35
10	Taux de germination des graines des deux génotypes de blé dur mises à germer sur milieu témoin non salé, et sur milieu salin (2,9 et 5,8 et 8,7 g/l de NaCl)	36
11	Indice de germination des graines des deux génotypes de blé dur mises à germer sur milieu témoin non salé, et sur milieu salin (2,9 et 5,8 et 8,7 g/l de NaCl)	37
12	Variation de la longueur de racine, des deux génotypes de blé dur, en fonction de l'intensité du stress salin	39
13	Variation de la nombre de racine, des deux génotypes de blé dur, en fonction de l'intensité du stress salin	40
14	Variation de la longueur de feuille, chez les deux génotypes de blé dur, en fonction de l'intensité du stress salin	41
15	Variation de la surface foliaire, chez les deux génotypes de blé dur, en fonction de l'intensité du stress salin	42
16	Variation de la teneur moyenne en eau, chez les deux génotypes de blé dur, en fonction de l'intensité du stress salin	44

Liste des Tableaux

N°	Titre	Page
01	Classification du blé dur	18
02	Des poids des grain de blé dur de deux variété (Waha et GTA)	30
03	Mesure le PH de solution d'arrosage	31

SOMMAIRE

Remerciement	I
Dédicace	II
Dédicace	III
Liste des Figures	IV
Liste des Tableaux	VI
Liste des Annexe	VI
Listes des abréviations	VII
Introduction	01

Partie I : Synthèse Bibliographique

Chapitre I : Stress et la Salinité

I.1	Définitions du stress	05
I.2	Catégories de stress et conséquences	05
I.2.1	Biotique	05
I.2.2	Abiotique	05
I.3	La plante et le stress	05
I.4	Le stress salin	06
I.5	Conséquences d'un stress salin	08
I.6	Effet de la salinité sur la germination	09
I.6.1	Effet osmotique	09
I.6.2	Effet toxique	09
I.7	L'effet de la salinité sur la croissance	10
I.8	L'effet de la salinité sur l'eau dans la plante	11
I.9	Effet de la salinité sur les processus physiologiques de la plante	12

Chapitre II : Présentation de L'espèce étudiée

II.1	Généralités sur Les céréales	13
II.2	Le blé dur	14
II.2.1	L'appareil aérienne	14
II.2.2	L'appareil racinaire	14

II.2.3	L'appareil reproducteur	14
II.3	Importance et production du blé dans le monde et en Algérie	14
II.4	Origine génétique	16
II.5	Classification botanique	18
II.6	Biologie et cycle de développement du blé	19
II.6.1	Caractères morphologiques	19
II.6.1.1	Structure et composition du grain de blé	19
II.6.1.2	Les enveloppes et la couche d'aleurone	20
II.6.1.3	Le germe	22
II.6.1.4	L'albumen ou l'amande	22
II.6.2	La composition histologique et biochimique du grain du blé	23
II.6.2.1	Les enveloppes	23
II.6.2.2	L'endosperme (amande ou albumen)	24
II.6.2.3	Le germe(embryon)	24
II.7	Exigences du blé	25
II.7.1.1	La température	25
II.7.1.2	L'eau	26
II.7.1.3	Fertilisation	26
II.7.2.1	Germination	26
II.7.2.2	Levée	27
II.7.2.3	Tallage	27
II.7.2.4	Montaison	27
II.7.2.5	Epiaison	27
II.7.2.6	Maturation	28

Partie II: Etude Expérimentale

Chapitre III : Matériel et méthodes

III.1	Objectifs de l'expérimentation	29
III.2	Matériel végétal	29
III.3	Protocole expérimental	29
III.3.1	Expérimentation01	29
III.3.1.1	Préparation des graines	29
III.3.1.2	Préparation des solutions salines	30
III.3.2	Dispositif expérimental	31
III.4	Paramètres étudiées	33
III.4.1	Paramètres physiologiques	33
III.4.1.1	Taux de germination final (G %)	33
III.4.1.2	Indice de germination (IG)	34
III.4.1.3	Teneur moyenne en eau (TME %)	34
III. 4.2	Paramètres morphologiques	34
III. 4.2.1	Longueur de feuilles	34

III. 4.2.2	Longueur des racines	34
III. 4.2.3	Nombre des racines	34
III. 4.2.4	La surface foliaire (SF « cm ² »)	35

Chapitre IV : Résultats et Discussion

IV.1	Taux de germination final	36
IV.2	Indice de germination (IG)	37
IV.3	Variation des paramètres morphologiques	38
IV.3.1	Action du stress salin sur la Longueur des racines	38
IV.3.2	Action du stress salin sur le nombre des racines	39
IV.3.3	Action du stress salin sur la Longueur des feuilles	40
IV.3.5	Surface foliaire (SF)	42
IV.4.1	Variation des paramètres physiologiques	43
IV.4.2	Action du stress salin sur la teneur relative en eau (TME)	43
	Conclusion générale	46
	Références bibliographiques	48

Résumé

Introduction

Introduction

Les céréales constituent une importante ressource alimentaire pour l'homme et l'animal (**Karakas et al. 2011**). Les céréales occupent à l'échelle mondiale une place primordiale dans le système agricole (**Slama et al. 2005**). Parmi ces céréales, le blé dur (*Triticum durum* desf), le blé occupe la première place pour la production mondiale et la deuxième après le riz, il compte parmi les espèces les plus anciennes et constitue une grande partie de l'alimentation de l'humanité, d'où son importance économique. Le blé constitue presque la totalité de la nutrition de la population mondiale est fournie par les aliments en grains dont 95% sont produits par les principales cultures céréaliennes (**Greenwy et Munns. 1980 ; Bonjean et Picard. 1990**). Le blé dur représente environ 8% des superficies cultivées en blés dans le monde.

Les céréales sont des plantes, principalement de la famille des Graminées, Ces plantes ont en commun des hauts rendements, des principes énergétiques importants ainsi que des durées de conservation des graines très longues (**Feillet, 2000**) incluent le blé, le maïs et le riz aussi l'orge, l'avoine, le seigle et le mil.

Le blé est une céréale importante en termes de consommation intérieure dans de nombreux pays du monde. Il sert principalement à la fabrication de semoule, matière première des pâtes alimentaires (**Feillet, 2000**). Sur la scène mondiale, la superficie moyenne consacrée annuellement à la culture du blé dur s'étend sur environ 18 millions d'hectares, ce qui donne une production annuelle moyenne approximative de 30 millions de tonnes métriques (**Anonyme, 2002**).

L'Algérie avant les années 1830, exporte son blé au Monde entier. Actuellement .l'Algérie importe son blé et se trouve dépendante du marché

international (**Anonyme, 2006**). Par sa position de grand importateur de blé, l'Algérie achète annuellement plus de 5% de la production céréalière mondiale, cette situation risque de se prolonger à plusieurs années, faute de rendements insuffisants et des besoins de consommation sans cesse croissants devant une forte évolution démographique (**Chellali, 2007**). En effet une production très insuffisante de 2.7 Mt pour couvrir les besoins du marché national et alimenter les stocks pousse à faire un recours systématique aux importations (**FAO, 2007**). Cette faiblesse de la production de blé en Algérie est soumise à la variabilité climatique qui se traduit par des contraintes hydriques et thermiques erratiques, notamment dans l'étage bioclimatique semi -aride qui se caractérise par de larges fluctuations spatio-temporelles des quantités de pluies (200 à 600 mm/an) et des températures (**Benseddik et khelloufi, 2000**).

La tolérance des végétaux aux sels est un phénomène complexe qui implique des particularités morphologiques et développementales avec des mécanismes physiologiques et biochimiques variés.

Les caractéristiques climatiques des zones céréalières d'Algérie font que la culture du Blé se trouve en générale exposée aux différents stress environnementaux défavorables qu'on peut dénommer la salinisation. (**Chaise et al. 2005**).

La salinisation enregistrée dans les écosystèmes aride et semi-aride résulte de la forte évaporation d'eau à partir du sol et d'une irrégulière et insuffisante pluviométrie. La salinisation provient aussi de l'irrigation, le plus souvent mal contrôlée (**Belfakih et al. 2013**). L'effet négatif de la forte salinité peut être observé au niveau de la plante entière comme la mort de la plante et /ou la diminution de la productivité. Beaucoup de plantes développent des mécanismes adaptatifs soit pour exclusion du sel de leurs cellules ou pour la tolérance de sa présence dans les cellules (**Parida et Das, 2005**).

L'accumulation du sodium dans les organes de la plante à la suite d'une entrée massive de certains ions toxiques tel que le chlore commence à exercer une action toxique, qui se manifeste par des lésions sur les feuilles, dès que la teneur en cet élément atteint 0,05% dans les tissus, la sensibilité à cet élément est variable suivant les espèces. (**Gouny et Brachet, 1967 ; El Mekkaoui, 1990**).

La plupart des travaux effectués sur le blé dur dans le cadre de l'amélioration génétique de la tolérance au stress salin, se sont donnés pendant longtemps pour objectif primordial l'augmentation de la productivité, une approche basée sur les performances agronomiques. Actuellement, les programmes d'amélioration du blé s'intéressent de plus à l'amélioration génétique de la tolérance au stress hydrique. Cette amélioration exige d'étudier, d'identifier et de vérifier les caractères phénologiques, morpho physiologiques et biochimiques liés au rendement en condition de stress salin (**Pfeiffer et al. 2000**).

Pour répondre à cette préoccupation, Ce travail a pour objectif d'étudier les effets de stress salin chez quelques variétés de blé dur (***Triticum durum Desf.***), et de comparer entre les variétés étudiés vis-à-vis la tolérance aux stress, ceci par la mesure de certains caractères morphologiques et physiologiques sous différents conditions de stress salin.

Notre mémoire est présenté en trois parties:

La première partie (I), avec ces deux chapitres a été réservée à une étude bibliographique, pour cerner toutes les données de la problématique.

Le premier chapitre étudie les différents aspects de stress.

Introduction

Le deuxième chapitre a porté sur une présentation et description de l'espèce étudiée ainsi que son importance économique et leur distribution..

Dans la deuxième partie (II), nous verrons successivement la description du matériel végétal, des conditions de culture et les méthodes d'analyse utilisées dans ce travail.

La troisième partie(III), fait l'objet de la présentation des résultats obtenus dans ce travail et leur discussion.

Le mémoire est achevé, par une conclusion et des perspectives, suivies de la liste de références bibliographiques et des annexes.

PARTIE I

Synthèse

bibliographique

Chapitre I. Le stress
et la salinité

Chapitre I. Le stress et la salinité

I.1. Définitions du stress

Selon **Levitt (1980)**, le terme stress désigne un facteur de l'environnement induisant une contrainte potentiellement néfaste sur un organisme vivant. D'après **Dutuit et al. (1994)**, le stress est le dysfonctionnement (rupture d'un équilibre fonctionnel) produit dans un organisme ou dans un système vivant, par exemple par une carence. Le stress est donc, un ensemble de conditions qui provoquent des changements de processus physiologiques résultant éventuellement de dégâts, dommages, blessures, inhibition de croissance ou de développement.

Le stress est un ensemble de condition qui provoque des changements de processus physiologique résultant éventuellement en dégâts dommages, blessures, inhibition de croissance ou de développement (**Menacer, 2007**) (**Kherfi et Brahmi, 2011**). 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: espèce et génotype (**Hopkins, 2003**).

I.2. Catégories de stress et conséquences

On distingue deux grandes catégories de stress :

I.2.1. Biotique : imposé par les organismes (insectes, herbivores....etc.).

I.2.2. Abiotique : provoqué par un défaut ou excès de l'environnement physico-chimique comme la sécheresse, les températures extrêmes, la salinité.

I.3. La plante et le stress

Le quotidien des végétaux n'est pas de tout repos. En effet, la croissance est, à tout instant, affectée par une multitude de stress environnementaux. Les plantes ont mis en place des mécanismes qui leur sont propres pour percevoir et répondre à toute une série de stress environnementaux tels que la déshydratation, les basses températures, la chaleur, les stress mécaniques comme le toucher ou le vent, les blessures ou encore les infections provoquées par des espèces qui leur sont pathogènes. Tous ces stress environnementaux sont donc perçus par la plante comme des stimuli qui, par un phénomène de transduction du signal au sein de la cellule végétale, vont à leur tour induire tout un ensemble de réponses biochimiques,

moléculaires (expression ou répression de certains gènes) ou physiologiques (**Tafforeau, 2002**). Ainsi, depuis la vie embryonnaire, le développement des végétaux est fonction non seulement de l'information génétique que ceux-ci portent et qui est spécifique à chaque individu, mais aussi des caractéristiques de l'environnement. Les végétaux sont constamment soumis aux différentes variations environnementales et subissent divers stress biotiques et/ou abiotiques. Aussi, les plantes ont-elles développé des stratégies d'évitement et de tolérance vis-à-vis de ces variations, ce qui leur permet de s'adapter et de s'acclimater aux différentes modifications pour survivre (**Elmsehli, 2009**).

L'étude des plantes placées dans ces conditions, appelée physiologie des stress, est un aspect important de l'écophysiologie végétale pour trois raisons. D'abord, les plantes répondent souvent aux stress en modifiant leur physiologie et leurs métabolismes normaux; ensuite, l'étude de la physiologie des stress contribue à la compréhension des facteurs qui limitent la répartition des végétaux; enfin, en agriculture, la capacité des cultures

I.4. Le stress salin

La salinité représente une contrainte naturelle conditionne le développement de la production des végétaux dans des zones arides et semis arides (**Vieira et al. 1990**). L'aridité liée à une perte d'eau par évapotranspiration bien supérieure aux précipitations couvre en Algérie environ 95% des zones, (de 100 à 400 mm / an) (**Halitim, 1985**). Dans ces zones, l'apport d'eau par irrigation a entraîné une augmentation et une extension de la salinité des sols (**Daoud, 1993**) soumette les plantes à un stress permanent, baisse les rendements agricoles, limite la répartition des espèces cultivées voire même menacent d'extinction certaines modifier la fertilité et la stabilité structurale des sols (**Vlentin, 1994**). La réponse à la salinité se manifeste généralement chez la plupart des plantes cultivées par un effet dépressif sur la croissance et le développement (**Ykhlef, 1993 ; Munns et al. 1995 ; Chougui et al. 2004**). Cette réponse varie considérablement en fonction du genre, de l'espèce et même de l'écotype ou de la variété (**Epstein et al. 1980**). La diminution de la croissance 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 la tomate, 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 (**Sing et al. 1989**).

Les végétaux sont capables de supporter le déficit hydrique engendré par le stress salin, en ajustant plus ou moins rapidement 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, 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**). La réduction de la croissance chez les glycophytes, soumises à un 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**) notent que les cellules de tabac adaptées au 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 (**Irakiet et al. 1989**).

La diminution de l'expansion foliaire est soumise à un double contrôle, comprenant les équilibres hydriques et les signaux hormonaux provenant des racines.

I.5. Conséquences d'un stress salin

La salinité est l'un des facteurs limitant à résister aux stress est l'un des facteurs limitant pour la croissance des plantes. L'effet de la salinité est : L'arrêt de la croissance, le dépérissement des tissus sous forme de nécroses marginales, suivi par une perte de turgescence, par une chute des feuilles et finalement par la mort de la plante (**Zid, 1982**). Notez que les effets de la salinité varient suivant le stade du développement, la tolérance à celle-ci augmente de puis la germination jusqu'à la fructification. (**Lemée, 1978**).

Dans le même contexte (**Mass in Askri et al. 2007 ; Mass et Grattan, 1999 in Askri et al. 2007**) signalant que la plus part des plants sont plus tolérantes au sel à la germination qu'à l'émergence et qu'aux premiers stades de croissance. La croissance foliaire est généralement plus affectée par le sel que la croissance racinaire : c'est le cas de l'orge (**Elmekkaoui, 1990**) du sorgho (**Welmberg et al. 1984**) et du blé (**Ould Bannana, 1999**) in (**Beddiar et Benkachrouda , 2013**).

La diminution de la croissance des organes aériens par le sel se manifeste par une réduction de la surface foliaire contrôlée par le nombre et la taille des cellules (**Ould Bannana, 1999**) in (**Beddaiar et Benkachrouda , 2013**).

La salinité provoque le plus souvent un retard dans le développement (**Gillk, 1979;Elmeekkaoui, 1990 et Boukachabia in 1993**) et d'une manière générale, la hauteur, le importante avec l'augmentation de la salinité : c'est le cas de riz (**KHAN et al. 1997**) et de la pomme de terre (**Bouaziz, 1980**). D'une façon générale, la tolérance au sel n'est pas constante pour une même espèce ou variété. Elle peut changer en fonction de l'espèce, du génotype, l'âge, de l'état physiologique de l'organe ; par exemple l'orge et le blé sont particulièrement résistants à la salinité après la germination (**Elmekkaoui, 1990 in Bennabi, 2005**).

I.6. Effet de la salinité sur la germination

La germination des plantes qu'elles que soient halophytes ou glycophytes est affectée par la salinité. Selon l'espèce, l'effet dépressif peut être de nature osmotique ou toxique (**Ismail, 1990**).

I.6.1. Effet osmotique

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

I.6.2. Effet toxique

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

des graines et une émergence sous le stress salin est un critère valable pour garantir l'établissement adéquate dans les sols affectés par le sel. Cependant, **Ben Ahmed (1996)** rapporte que la corrélation entre la tolérance au stade de germination des semences et la tolérance des plantes pendant les autres périodes de croissance n'est pas obligatoire.

I.7. L'effet de la salinité sur la croissance

La réponse immédiate du stress salin est la réduction de la vitesse de l'expansion de la surface foliaire ce qui conduit à l'arrêt de l'expansion si la concentration du sel augmente (**Wang et Nil, 2000**). Les seuils élevés de la salinité sont accompagnés par une réduction significative de la biomasse racinaire, la hauteur de la plante, le nombre de feuilles par plante, la longueur des racines et la surface racinaire chez la tomate (**Mohammad et al. 1998**). L'excès de NaCl se manifeste par une croissance dans la biomasse souterraine (racines) et la biomasse aérienne (tiges et feuilles) et une augmentation du ratio partie racinaire/partie aérienne chez le coton (**Meloni et al. 2001**).

Plusieurs études, révèlent que, les glycophytes répondent à la salinité du milieu de manière aussi variées que complexes. Les espèces les plus sensibles subissent des réductions de croissance souvent très sévères à des salinités réduites (**Fathalli et Bizid, 1986**). Ces mêmes auteurs signalent que chez les variétés sensibles de soja (*Glycine max L.*), une réduction de croissance de 40% a été observée après 14 jours de culture à 10mM de NaCl. Selon **Slama (1986)**, le NaCl à la concentration de 3g/l agit rapidement au bout de 5 à 10 jours et diminue de 20% la croissance des plantes sensibles telle que: l'haricot, la courge et la courgette blanche non creuse.

La croissance foliaire est généralement plus affectée par le sel que la croissance racinaire chez plusieurs espèces de plantes cultivées comme l'orge (**Gouia et Ghorbal, 1986**) et le blé (**Xu, 1990**).

Munns et Termaat (1986), signalent que le stress salin a pour effet immédiat de limiter la croissance en inhibant la croissance foliaire par des messages hormonaux partant des racines en directions des feuilles. L'hormone impliquée est probablement l'acide abscissique (**Kefu et al. 1991**). La salinité provoque le plus souvent un retard dans le développement, D'une manière générale ; la croissance en longueur, le diamètre des tiges et la grosseur des fruits diminuent d'une façon importante avec l'augmentation de la salinité (**Boukachabia, 1993**).

En revanche, il faut signaler que les effets de salinité sur la croissance et la productivité végétale ne sont pas toujours négatifs. De faibles concentrations dans le milieu peuvent stimuler la croissance (**Colmer et al. 1995**). Cet effet de stimulation de la croissance par le sel (NaCl) est particulièrement visible sur le cotonnier (*Gossypium hirsutum L.*) où l'on observe, en présence d'une teneur de 6g/l de NaCl,

une augmentation de croissance pondérale et un allongement excessif des racines (**Boutelier et Hubac, 1986**). Ainsi, **Bizid et Zid (1986)**, ont constaté que chez les variétés de Triticale, la croissance des racines n'est pas affectée par le NaCl ; elle est même stimulée chez les variétés tolérantes. Cette stimulation s'observe également chez le blé cultivé en présence de NaCl (**Hamza, 1967**). Cependant, les processus impliqués dans cette stimulation sont encore mal compris.

I.8. L'effet de la salinité sur l'eau dans la plante

Une forte concentration saline dans le sol est tout d'abord perçue par la plante comme une forte diminution de la disponibilité en eau. Cela nécessite un ajustement osmotique adapté, afin que le potentiel hydrique cellulaire demeure inférieur à celui du milieu extracellulaire et à celui du sol. Ce phénomène assure d'une part, la poursuite de l'absorption de l'eau du sol, et d'autre part, la rétention de l'eau intracellulaire et le maintien de la turgescence.

Lorsque l'ajustement osmotique est insuffisant, l'eau a tendance à quitter les cellules, ce qui provoque un déficit hydrique et la perte de la turgescence. (**Niu et al. 1995 ; Bohnert et Shen, 1999 ; Hasegawa et al. 2000**).

I.9. Effet de la salinité sur les processus physiologiques de la plante

Un excès de sel dans le protoplasme conduit à des modifications dans la balance ionique entraîne une faible production d'énergie par les réactions de phosphorylation et photorespiration.

L'assimilation de l'azote et de nombreuses voies métaboliques sont perturbés. Si la concentration en sel excède le niveau de tolérance de la plante, des perturbations fonctionnelles apparaissent au niveau de la photosynthèse, par effet du sel dans le stroma des chloroplastes qui perturbe le transport des électrons. La glycolyse et le cycle de Krebs sont aussi affectés. L'acquisition de substances minérales, comme le potassium, les nitrates ou le calcium sont également réduites. La plante montre alors des signes de stress par la production d'anthocyanes ou la destruction de la chlorophylle. Si chez certaines halophytes, la croissance est stimulée par un apport modéré de sel, ce phénomène reste limité par un niveau de tolérance. Des stress extrêmes conduisent au nanisme et à l'inhibition de la croissance.

Les feuilles deviennent sclérosées avant même d'avoir terminées leur croissance et développement, et l'organisme tout entier risque de dépérir assez vite (**Ben-Hayyim et al. 1989 ; Speer et Kaiser, 1991**).

Chapitre II.

Présentation de l'Espèce Etudiée

Chapitre II. Présentation de l'Espèce Etudiée

Est une synthèse bibliographique sur le blé dur, le stress salin et les mécanismes morpho physiologiques, biochimiques de la tolérance des plantes au stress salin.

II.1. Généralités sur Les céréales:

Les céréales sont des espèces cultivées généralement pour leurs grains. La plupart des céréales appartiennent à la famille des graminées (Poacées). Ce sont : le blé, l'orge, le seigle, le maïs, le riz, le millet, le sorgho (**Mouille, 1971**). Près d'un milliard de tonnes des céréales sont produits, annuellement dans le monde dont le blé et le riz en sont les plus importants. (**Aboudaou, 2011**). Selon **Faostat (2005)**. Selon **Chaib et al. (2015)**. L'Algérie se classe huitième comme pays importateur au monde.

II.2. Le blé dur

Le blé est plante herbacée annuelle, appartient à la classe des monocotylédones de la famille des poacées, appartient au groupe des grandes espèces du genre TRITICUM (**Parts et al. 1971**). Et est une plante que s'adapte à des sols et à des climats variés. En termes de production commerciale et d'alimentation humaine, cette espèce est la deuxième plus importante du genre triticum après le blé tendre. Leur famille comprend 600 genres et le plus de 500 espèces (**Feillet, 2000**). Les principaux caractères des espèces de blé que l'homme a cherché à sélectionner sont : la robustesse de l'axe de l'épi qui ne doit pas casser lors de la récolte, la grande taille des grains (**Babi, 2005 et Halilat, 1993**). La plante du blé est une graminée de hauteur moyenne pouvant atteindre jusqu'à 1.5 m selon les variétés (**Bozzini, 1988**). L'appareil végétatif comprend l'appareil aérien et l'appareil racinaire (**Gate et Giban, 2003**).

II.2.1. L'appareil aérien

Le système aérien est formé d'un certain nombre d'unités biologiques, Les tiges, les feuilles et les gaines. La tige est formée d'une tige feuillée ou chaume portant à son extrémité une inflorescence (**Clarke et al. 2002**). Les feuilles se composent d'une base (gaine) entourant la tige, d'une partie terminale qui s'aligne avec les nervures parallèles et d'une extrémité pointue.

Au point d'attache de la gaine de la feuille se trouve une membrane mince et transparente (ligule) comportant deux petits appendices latéraux, les oreillettes (**Bozzini, 1988**).

II.2.1. L'appareil racinaire

Le système racinaire comprend des racines séminales produites par la plantule durant la levée, ainsi que des racines adventives (latérales) qui se forment plus tard à partir des nœuds à la base de la plante et constituent le système racinaire permanent (**Bozzini, 1988**).

II.2.3. L'appareil reproducteur

L'inflorescence du blé est un épi. Ce dernier est constitué d'unité 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 (**Anonyme, 2003**).

II.3. Importance et production du blé dans le monde et en Algérie :

En botanique le blé dur est une des céréales la plus employée dans l'alimentation de l'homme et des animaux (**Cheftel et Chefte, 1992**). 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 (la galette)(**Feillet, 2000**). Dans le monde, l'Union européenne (principalement l'Italie, l'Espagne et la Grèce)est le plus grand producteur de blé dur, avec une récolte annuelle moyenne de huit millions de tonnes métriques. Le Canada arrive au deuxième rang avec 4,6millions de tonnes métriques par année, suivi de la Turquie et des États-Unis ,avec 4et 3,5 millions de tonnes métriques respectivement (**Anonyme, 2002**). La campagne 2005/2006 est caractérisée par une consommation de 616 millions de tonnes alors que la production est estimée à 600 millions de tonnes, il en résulte une nouvelle baisse des stocks mondiaux qui passent à 136 millions de tonnes (**Anonyme, 2006**). Au cours des 10 dernières années la production mondiale de céréales(hors riz) a été inférieure à la demande à 8 reprises (**Anonyme, 2006**).

En Algérie, le blé dur (*Triticum durum Desf*), est la première céréale cultivée dans le pays. Elle occupe annuellement plus d'un million d'hectares. La production nationale en blé dur est encore faible, elle ne couvre que 20 à 25 % des besoins du pays, le reste étant importé (**Anonyme, 2008**). La cause principale de la faiblesse de la production du blé dur en Algérie est le faible niveau de productivité (rendement) obtenu, soit 9 à 11 quintaux/hectare (**Chellali, 2007**). Cette faible productivité est elle-même due à des contraintes abiotiques (pluviométrie surtout), biotiques (adventices, sur tout) et humaines (itinéraires techniques appliqués etc...) (**Chellali, 2007**).

II.4. Origine génétique

La détermination de l'origine de chacun des génomes du blé est difficile du fait de l'évolution des espèces. Les connaissances actuelles concernant l'origine des génomes du blé ont été acquises grâce à des études cytologiques. Mais le développement

des outils moléculaires a permis d'affiner et de compléter ces connaissances (**Rayburn et Grill, 1985 ; Picard, 1988 et Lecore et Bernard, 1995**).

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* (espèce apparentée au blé).

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:

- *Triticum aestivum*: 42 chromosomes hexaploïdes.
- *Triticum turgidum*: 28 chromosomes tétraploïdes ($2n=4x=28$) génome AABB.
- *Triticum monococcum*: 14 chromosomes diploïdes (**Cauderon, 1979**).

Feldman (1976), affirme que le blé tire son origine d'une forme sauvage de l'espèce diploïde (*Triticum monococcum*) *sensu lato* dans une région délimitée par l'Iran la Syrie et la Turquie.

La première espèce tétraploïde, le *Triticum turgidum* est le résultat d'une hybridation entre le *Triticum monococcum* et une herbe apparentée au blé nommée

Aegilops speltoides (Graminée). La première espèce a fourni le génome A et la seconde, le génome B, la domestication de ce blé tétraploïde(AABB) a donné l'amidonner, qui est à l'origine des cultivars de blé dur. Chaque génome A, B et D provient d'une espèce diploïde ancestrale différente. Ces trois espèces seraient elles-mêmes issues d'un ancêtre diploïde commun.

Cette origine lui a sans doute conféré cette souplesse d'adaptation d'où sa culture dans de très nombreuses régions dans le monde (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

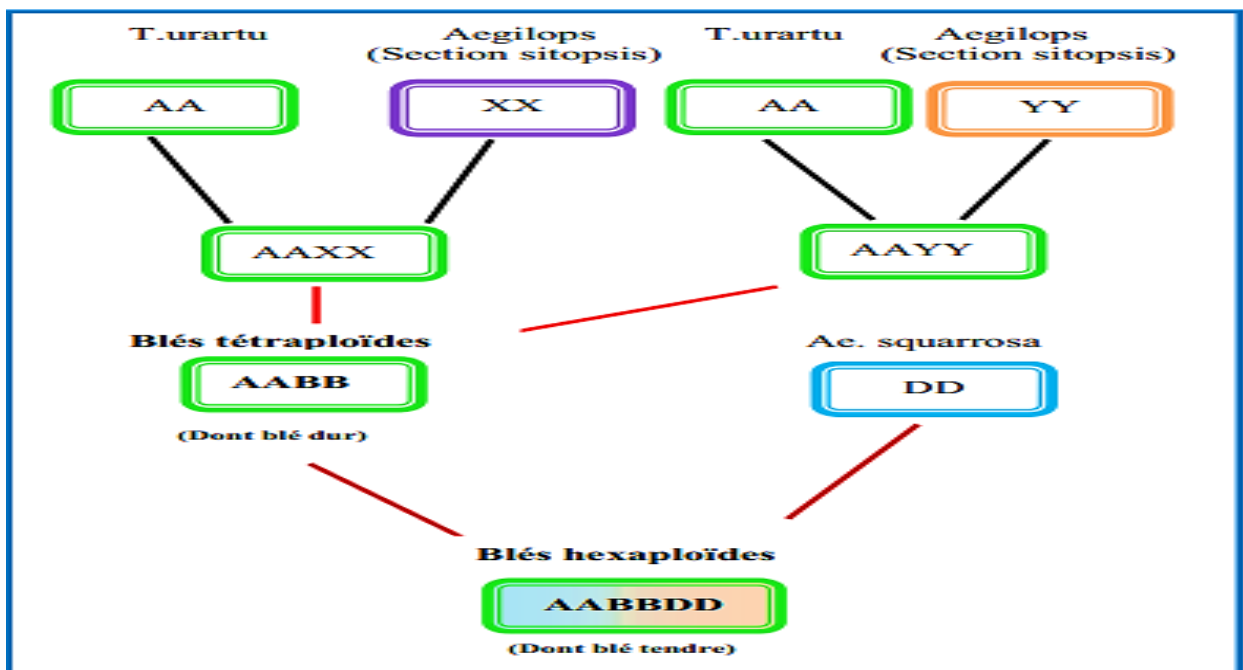


Figure01 . Origines possibles du blé d'après Sears (1954) et Okamoto (1962) in Auriou et al, (1992).

II.5. Classification botanique

Le blé dur est une plante herbacée, monocotylédone appelé aussi céréale à paille appartient à la famille des Graminées, genre *Triticum*. Cette famille comprend 600 genres et plus de 5000 espèces. Une classification détaillée est donnée ci- dessous (Feillet, 2000) :

Tableau 01 : Classification du blé dur d'après 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	<i>Triticum durum</i> Desf.

Ce type de classification a eu le mérite d'orienter la recherche de gènes susceptibles d'intéresser le sélectionneur sur le plan des caractéristiques agronomiques tels que la résistance aux basses températures, la précocité et les grains gros et vitreux. (Monneveux, 1989).

II.6. Biologie et cycle de développement du blé

II.6.1. Caractères morphologiques

II.6.1.1. Structure et composition du grain de blé

Le grain de blé est constitué de 3 grandes parties : le germe, l'albumen et les enveloppes. Il est constitué majoritairement d'amidon qui représente environ 70% de la matière sèche du grain et qui est situé dans l'albumen. Les protéines représentent entre 10 et 15% de la matière sèche et se retrouvent dans tous les tissus du grain de blé avec une concentration plus importante dans le germe et la couche d'aleurone (Pomeranz, 1988). Les pentosanes (polysaccharides non amylicés) représentent quant à eux entre 2 et 3% de la matière sèche et sont les principaux constituants des parois cellulaires de l'albumen (70 à 80%).

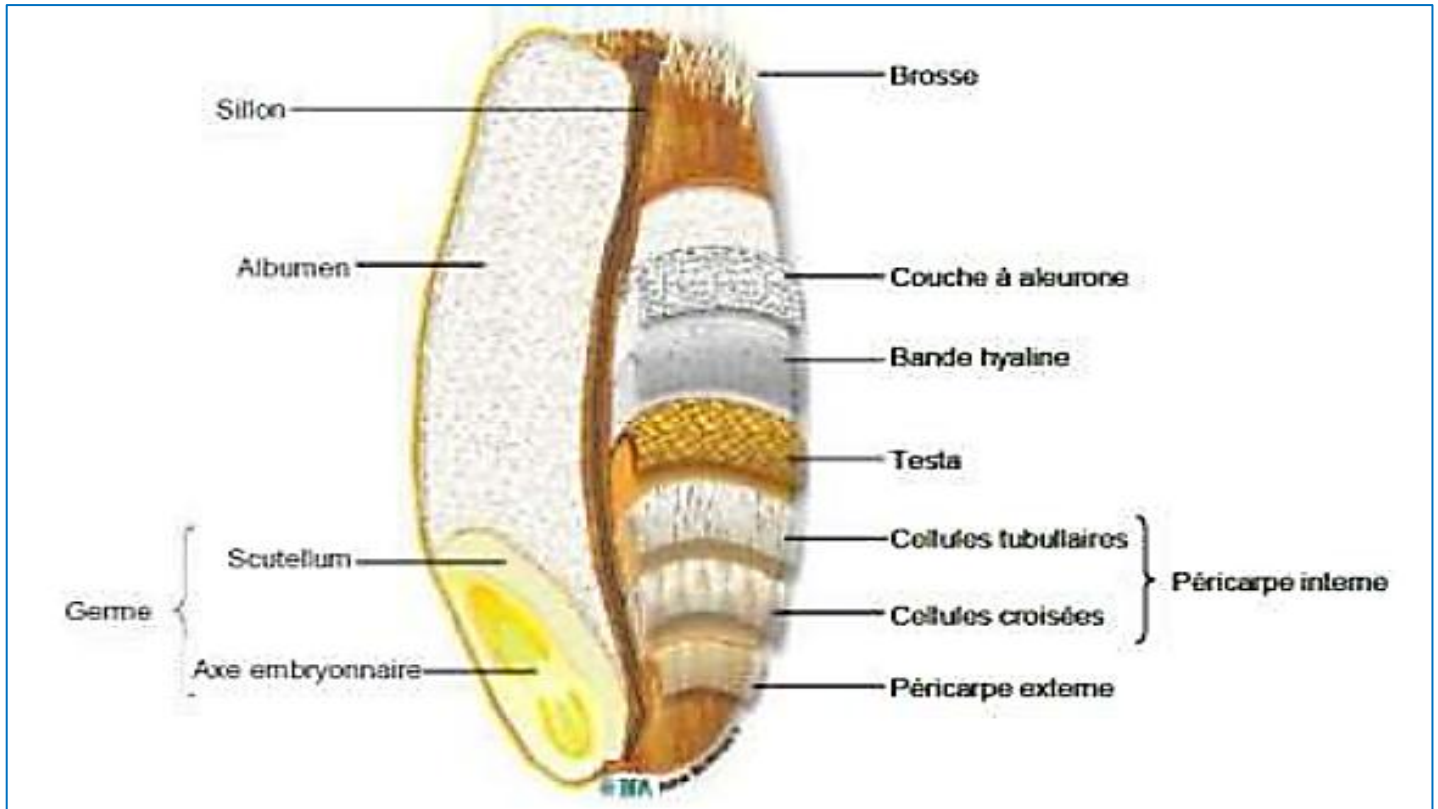


Figure02 . Histologie du grain du blé(Surget et Barron, 2005).

II.6.1.2. Les enveloppes et la couche d'aleurone

Les enveloppes sont constituées de quatre tissus : le péricarpe externe, le péricarpe interne, la testa et la couche nucellaire ou bande hyaline (qui correspond à l'épiderme du nucelle). Ces enveloppes et la couche à aleurone sont composées principalement de polysaccharides (arabinoxylanes, xyloglucanes et cellulose) mais aussi d'acides phénoliques, lignine et de protéines (principalement albumines globulines localisées dans la couche à aleurone).

Le péricarpe externe d'une épaisseur de 15-30 μ m correspond à l'épiderme et est constitué de deux tissus composés de cellules mortes: l'épiderme et l'hypoderme. L'épiderme est constitué de cellules allongées mesurant 80 à 300 μ m (Bradbury, 1956) et disposées selon l'axe embryonnaire. L'hypoderme possède la même structure que l'épiderme et lui est fortement adhérent. Le péricarpe externe est constitué de 45% d'arabinoxylanes, 25% de glucose, 10% de lignine et 6-7% de protéines (Pomeranz, 1988 ; Surget et Barron, 2005).

Le péricarpe interne correspond à l'endocarpe et au mésocarpe, respectivement constitués de cellules tubulaires et de cellules croisées.

Les cellules croisées sont perpendiculaires à l'axe longitudinal du grain tandis que les cellules tubulaires lui sont parallèles. Les cellules croisées sont de tailles variables mesurant en moyenne 150µm de longueur sur 20µm de largeur.

Chez le blé, la continuité entre les cellules croisées et le péricarpe externe est interrompue au niveau de l'arête dorsale du grain du fait de l'autolyse des cellules parenchymateuses lors de la maturation. Le péricarpe permet d'éviter les pertes d'eau durant le développement du grain mais n'empêche pas sa pénétration (**Evers et al, 1999**).

Les cellules mortes du péricarpe sont capables de retenir l'eau et d'augmenter le poids du grain de 4-5% après seulement quelques minutes d'imbibition (**Hinton, 1955**).

La testa correspond au spermoderme. Sa face interne repose sur la cuticule de la couche hyaline. Elle est constituée de deux cuticules compressées riches en lipides et composées de cellules allongées mesurant entre 120 et 190µm de longueur et 20µm de largeur (**Bradbury et al. 1956**) qui fusionnent avec un film pigmentaire. Les axes des cellules de ces deux couches sont perpendiculaires ; l'un parallèle au sillon, l'autre perpendiculaire à celui-ci (**Evers et Bechtel, 1988**). La testa est décrite comme très hydrophobe. La couche nucellaire ou bande hyaline correspond au périsperme. Son épaisseur est d'environ 20µm. Elle est constituée d'une assise cellulaire tassée due au remplissage de l'albumen amylicé et au développement de l'embryon (**Fulcher et Wong, 1980**). Elle est composée de cellules de taille comprise entre 30 et 200µm de longueur et 15 à 40µm de largeur. Cette couche est tapissée d'une fine cuticule qui la relie à la couche à aleurone aussi appelée couche du lysat nucellaire. Cette bande hyaline est très hydrophobe et semble avoir un rôle important dans la circulation de l'eau entre l'intérieur et l'extérieur de la graine.

Une seule couche à aleurone entoure l'albumen amylicé chez le blé. Elle est, avec le germe, la seule partie du grain constituée de cellules vivantes. Les cellules de la couche à aleurone sont de forme polygonale et mesurent approximativement 65µm. Elles possèdent de gros noyaux, des parois épaisses (jusqu'à 8µm) et sont riches en vitamines (B1, B2, B3, B6, B9 et E) et en minéraux (P, K, Mg, Mn et Fe) (**Pomeranz, 1988 ; Antoine et al. 2002 ; McKevith, 2004**). La couche à aleurone par sa richesse en métabolites a un rôle nourricier et par sa structure un rôle de protection.

II.6.1.3. Le germe

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 (**Evers et Millar, 2002 ; Surget et Barron, 2005**). Le germe est la partie du grain où le taux d'humidité et la concentration en lipides sont les plus importantes (**Pomeranz, 1988**). Les protéines dans le germe sont des albumines et globulines et représentent environ 35% de la matière sèche.

II.6.1.4. L'albumen ou l'amande

L'albumen constitue le plus important compartiment du grain et représente environ 80% de son poids (**Pomeranz, 1988**). Il correspond au tissu de réserve. L'albumen amylicé est essentiellement constitué des granules d'amidon enchâssés dans une matrice protéique composée en grande partie de prolamines (gliadines, gluténines de hauts et faibles poids moléculaires) mais aussi d'albumines et de globulines. Ces deux familles protéiques, gluténines et gliadines, sont hydrolysées lors de la germination et du développement de la plantule par les enzymes produites dans l'embryon et la couche à aleurone. Elles constituent la source d'acides aminés nécessaires à la germination de la graine.

Les cellules de l'albumen amylicé possèdent des parois fines et peuvent être classées en trois

grands groupes (**Evers et Millar, 2002**) :

- Les cellules périphériques situées sous la couche à aleurone et mesurant 60µm
- Les cellules prismatiques situées sous les cellules périphériques qui mesurent entre 128-200µm de long et 40-60µm de large
- Les cellules situées dans la partie centrale de l'albumen qui sont de forme arrondie ou polygonale mesurant entre 72-144µm de long et 69-120µm de large.

L'albumen est la partie du grain qui présente le plus d'intérêt du point de vue de l'utilisation. En effet, les protéines de réserve qui le constituent ont la capacité de former en présence d'eau des liaisons covalentes, hydrogènes et des interactions notamment de type hydrophobe aboutissant sous l'action du pétrissage à un réseau glutineux qui possède des propriétés viscoélastiques aux multiples usages.

II.6.2. La composition histologique et biochimique du grain du blé

Les graines de blé sont des fruits appelées caryopses. Elles ont une forme ovoïde, possèdent sur l'une de leur faces une cavité longitudinale (le sillon) et à l'extrémité opposée de l'embryon des touffes de poils (la brosse). Le grain de blé se compose de trois parties principales:

II.6.2.1. Les enveloppes

Les enveloppes sont de nature cellulosique qui protège le grain et représentent 14-16% de la masse du grain. Elles renferment une teneur importante en protéines, en matières minérales et en vitamine du complexe B; elles contiennent en outre les pigments qui donnent la couleur des grains . Les enveloppes ont une épaisseur variable et sont formées de trois groupes de téguments soudés:

- le péricarpe ou tégument du fruit constitué de trois assises cellulaires :
 - épicarpe, protégé par la cuticule et les poils.
 - mésocarpe, formé de cellules transversales
 - endocarpe, constitué par des cellules tubulaires.

Il est riche en celluloses, hémicelluloses et pentosanes ainsi qu'en éléments minéraux (**Godon et William, 1991**).

II.6.2.2. L'endosperme (amande ou albumen)

Constitue presque tout l'intérieur du grain et se compose principalement de minuscules grains d'amidon. On y trouve l'essentiel des réserves énergétiques qui nourrissent la plantule au moment de la germination. Il forme environ 80% du poids d'un grain et est constitué de granules d'amidon enchâssés dans le réseau protéique (gluten).

II.6.2.3. Le germe (embryon)

Il constitue un organe de réserve, riche en protéines et en lipides pour la jeune plantule et forme environ 2,5% à 3% du grain de blé. Le germe comprend deux parties: la plantule (future plante) et le cotylédon (réserve de nourriture très facilement assimilable, destinée à la plantule) qui contient l'essentiel des matières grasses du grain. Enfin, le germe est riche en vitamine B1, B6 (**Surget et Barron, 2005**).

Le grain de blé est principalement constitué d'amidon (environ 70%), de protéines (10 à 15% selon les variétés et les conditions de culture) et de pentosanes (8 à 10%).

Les autres constituants, pondéralement sont mineurs (quelques % seulement), sont les lipides, la cellulose, les sucres libres, les minéraux et les vitamines (**Feillet, 2000**).

Ces constituants se répartissent de manière inégale au sein des différentes fractions histologiques du grain. L'amidon se retrouve en totalité dans l'albumen amylicé, les teneurs en protéines du germe et de la couche à aleurone sont particulièrement élevées; les matières minérales abondent dans la couche à aleurone. Les pentosanes sont les constituants dominants de cette dernière et du péricarpe. La cellulose représente près de la moitié de celui-ci, les lipides voisinent ou dépassent les 10% dans le germe et dans la couche à aleurone.

II.7. Exigences du blé

Le blé nécessite un sol bien préparé et ameubli sur une profondeur de 12 à 15cm pour les terres battantes (limoneuses en générale) ou 20 à 25cm pour les autres terres. La date de semis est un facteur limitant vis à vis du rendement, la date propre à chaque région doit être respectée sérieusement pour éviter les accidents climatiques. Il peut commencer dès la fin d'Octobre avec un écartement entre les lignes de 15 à 25cm et une profondeur de semis de 2,5 à 3cm. La dose de semis est variée entre 200 à 225Kg/ha en fonction des paramètres climatiques, la grosseur des grains, la faculté germinative et la fertilité du sol. Selon **Clément et Parts (1970)**, les facteurs climatiques ont une action prépondérante sur les différentes périodes de la vie du blé.

II.7.1.1. La température

La température à partir de laquelle un blé germe et pousse est de 0°C; cependant l'optimum se situe entre 20 et 22 °C. Une température élevée est favorable au développement et à la croissance (**Simon et al. 1989**). **Baldy, (1992)**, ajoute que les fortes températures provoquent une levée trop rapide et parfois un déséquilibre entre la partie aérienne et la partie souterraine. Les températures entre 25 et 32°C défavorisent l'allongement racinaire et l'optimum se situe entre 5 et 12°C. **Mekhlouf et al. (2001)**, situent les exigences en température pour les différents stades de développement du blé de la manière suivante:

- stade levée: la somme des températures = 120 °C.
- stade tallage: la somme des températures = 450 °C.
- stade plein tallage: la somme des températures = 500 °C.

-stade épi 1 cm: la somme des températures = 600 °C.

II.7.1.2. L'eau

Jusqu'à la fin du tallage les besoins en eau sont relativement faibles. De plus, l'humidité excessive du sol est néfaste à l'installation du système racinaire en profondeur. Par contre, au cours de la phase de montaison et jusqu'à la floraison les besoins en eau de la culture sont considérables et peuvent s'évaluer à 180mm (entre Mars et Mai). Après la floraison, le blé devient très résistant à la sécheresse (comme aux fortes températures) (**Grignac, 1965**).

II.7.1.3. Fertilisation

En particulière, dans les zones arides, l'amélioration de la fertilité et de la structure du sol peut être intégrée à travers des pratiques adéquates de la rotation des cultures. (**Morot-Gaudry, 1997**).

II.7.2. Cycle de développement du blé dur

Le cycle du blé comporte deux grandes périodes : une période végétative et une période reproductrice. La période végétative comporte les phases germination . pré tallage et tallage . Cependant la période reproductrice comporte les phases montaison, épiaison, floraison et maturation (**Hucl, P et Baker, R.J., 1998, Davidson et Chevalier., 1990**).

II.7.2.1. Germination :

La germination est l'ensemble des phénomènes par lesquels la plantule, en vie ralentie dans la graine mure, commence une vie active et se développe grâce aux réserves contenues dans cette dernière (**Mazoyer, 2002**). Elle se débute lorsque la graine 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**)

II.7.2.2. Levée :

La levée est notée quand 50% de plantules sont sortie de sol (**Karou et al. 1998**). et que la première feuille pointe au grand jour son limbe. Deux autres feuilles suivent. (**Hucl P et Baker R.J., 1998, Davidson et Chevalier., 1990**). . Pendant cette phase, les jeunes plantes sont sensibles au manque d'eau qui provoque une diminution de nombre (**Karou et al. 1998**).

II.7.2.3. Tallage :

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, 1990**). Le fin tallage est celle de la fin de la période végétative.

II.7.2.4. Montaison

Elle se manifeste, à partir du stade épi à 1cm, par l'élongation du premier entre nœud. Ce stade est repérable une fois l'ébauche de l'épi du brin-maître atteint 1cm de hauteur à partir de la couronne ou plateau de tallage (**Gate, 1995**).

II.7.2.5. Epiaison

L'épiaison se détermine par l'apparition de l'épi hors de la gaine de la dernière feuille. Les épis dégainés fleurissent généralement entre 4 à 8 jours après l'épiaison (**Bahlouli et al. 2005**).

II.7.2.6. Maturation

La maturation durant laquelle, le grain se développe en deux stades. Le stade laiteux, où le grain vert clair, au contenu laiteux, atteint sa dimension définitive. Le stade pâteux où le grain d'un vert jaune s'écrase facilement. Les glumes et les glumelles sont jaunes striées de vert, les feuilles sèches et les nœuds de la tige encore verts. Puis le grain mûrit. Il prend une couleur jaune. Il est brillant et durci. Les nœuds de la tige deviennent jaunes striées de vert. A maturité complète, le grain prend la couleur typique de la variété et la plante est complètement sèche. À sur-maturité, le grain est mat et tombe tout seul de l'épi. (**Houot et al. 1990**).

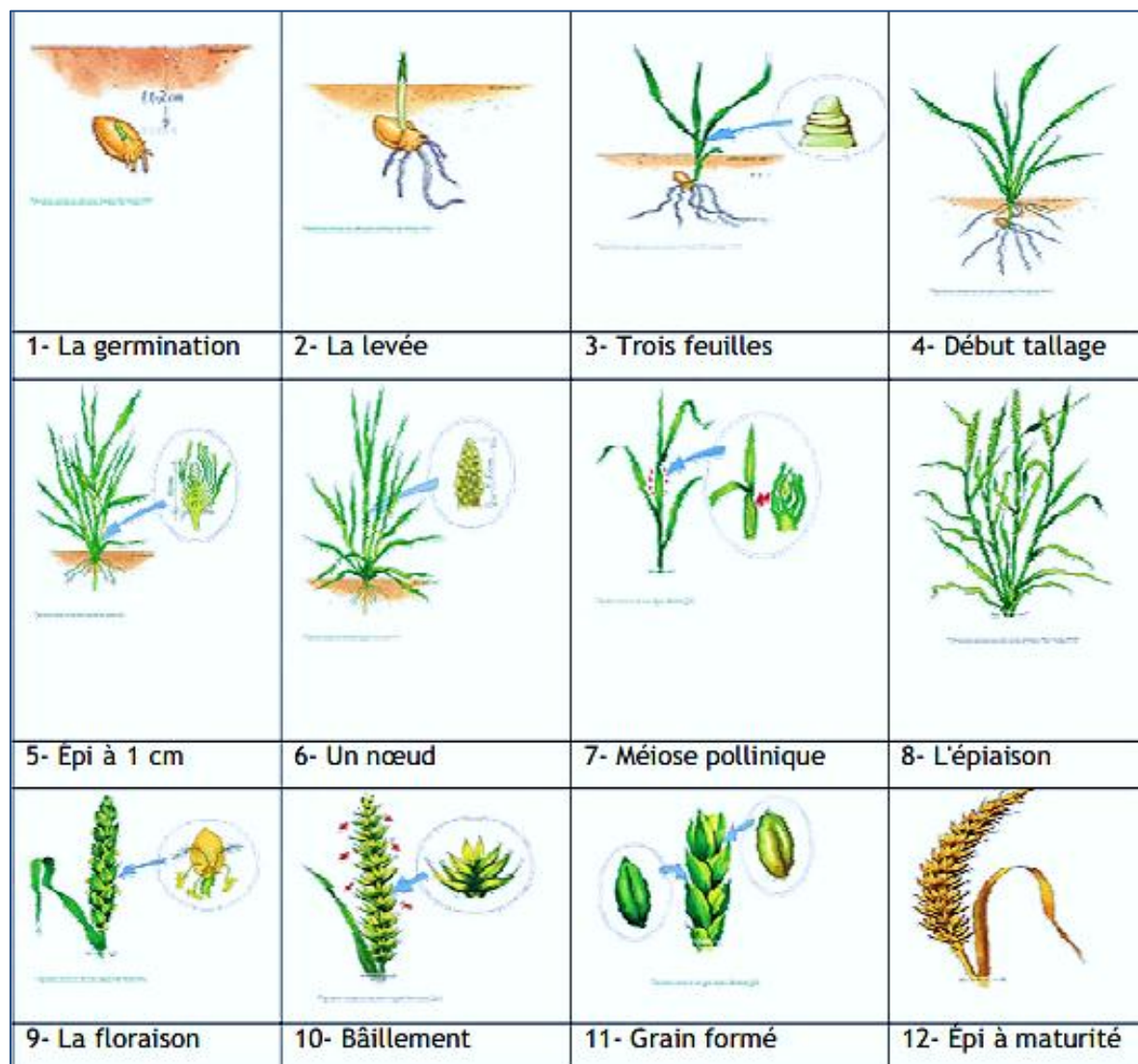


Figure 03. Stades repères du cycle de développement du blé

Source : blé hybride HYNO (onglet « le blé en générale »).

PARTIE II
Etude Expérimental

Chapitre III :

Matériel et

méthodes

Chapitre III : Matériels et Méthodes**III.1. Objectifs de l'expérimentation**

Notre essai consiste à étudier les caractères d'adaptation biologique à la salinité chez deux variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.). Les paramètres retenus sont d'ordres morphologique et physiologique. Nous avons réalisé expérimentations au laboratoire.

III.2. Matériel végétal

L'essai a été réalisé au niveau de laboratoire de Biotechnologie végétale du département science de la nature et la vie de l'université de Mohamed Boudiaf, M'sila. Le matériel végétal utilisé dans cette étude est des graines de deux variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.). Waha et GTA ont été utilisées dans ce travail. Celles-ci ont été fournies par l'Institut National de la recherche Agronomique D'Algérie (INRAA) Sétif . Algérie, Leurs principales caractéristiques sont:

La variété Waha(Wa) Mexique provient de sélection ICARDA-EL Khroub, introduite en 1979 génotype à paille et durée du cycle, relativement plus courtes. Précoce, résistante aux maladies, mieux adapté à la région aride et semi- aride, présente une bonne productivité.

La variété Gta(Gt) dur est d'origine Mexique et qui a été sélectionnée en Algérie par l'ITGC depuis l'année 2000. Le grain est de forme allongée, la paille est moyenne avec une section peu épaisse. L'épi est de couleur blanche. Cette variété présente de bonnes caractéristiques technologiques.

III.3. Protocole expérimental**III.3.1. Expérimentation 01**

III.3.1.1. Préparation des graines Les graines choisies doivent être saine, et ont été sélectionnées selon leur taille, leur forme et leur couleur. choisie 240 graine pour chaque génotype. Les graines des deux génotypes ont été stérilisées à l'eau de javel à 2 % pendant 5 min puis rincée trois fois par l'eau distillée.

Tableau02 :Des poids des grain de blé dur de deux variété (Wa et Gt)

Génotype	WAHA	GTA
Nombre des graines	240	240
Le poids de grain en(g)	12.74	13.38



A-Lavage et séchage des grain de blé dur

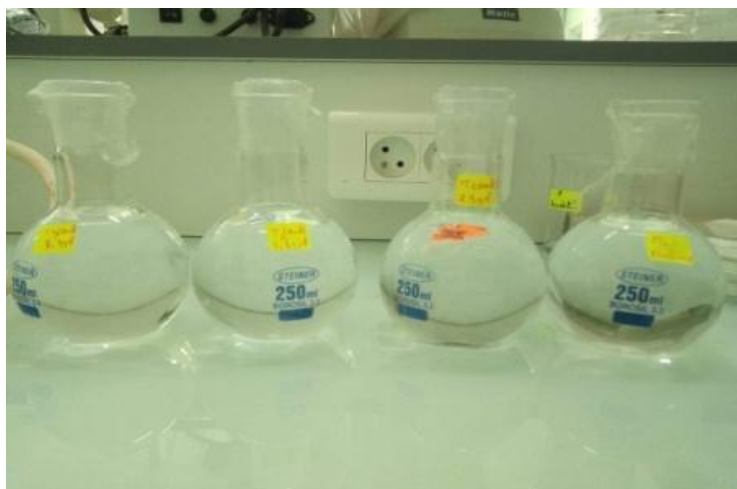


B- prise de mesure de poids des grain de blé dur à l'aide d'une balance de précision

Figure 04: préparation des grain de blé dur (Source original).

III.3.1.2. Préparation des solutions salines

Au cour de semi l'arrosage se fait par les solution suivants :-L'eau distillé (témoin) 0 g/l de NaCl = (0 Mm) T0 → Solution d'arrosage contenant 6 g/l de NaCl ≈ (100Mm) T1 → Solution d'arrosage contenant 9 g/l de NaCl ≈ (150Mm) T2 → Solution d'arrosage contenant 12 g/l de NaCl ≈ (200Mm) T3



A- Les solution d'arrosage de solution



B- Appareil de mesure le PH

Figure05 : Préparation des solutions salines (source original)

Tableau 03: Mesure le PH de solution d'arrosage

Solution	T0	T1	T2	T3
PH	7	6.45	6.29	5.89

III.3.2. Dispositif expérimental

Au laboratoire, nous avons testé la tolérance de blé dur à la salinité ; l'effet de différentes concentrations de chlorure de sodium (NaCl) sur les paramètres physiologique, morphologique de blé dur (WAHA et GTA), nous avons compté 20 graines qui sont placées sur deux couches de papier filtre dans les boites de pétri et couvres par sachet en plastique transparente.

Les boites témoin sont imbibés avec 4 ml l'eau distillé et les autres boites été imbibées avec 4 ml de solution à différentes concentrations de NaCl. Notre dispositif se répartie en deux blocs, chaque bloc contienne 4 traitements et chaque traitement est répété 3 fois. Protocole expérimental contient trois répétitions ; chaque répétitions comprend 4 concentration : [0, 2.9, 5.8, 8.7g/l de NaCl] soit [0, 50, 100, 150mM]. L'expérimentation se déroule dans les conditions de laboratoire de l'essai sont de 17°C de température et 30% d'humidité relative, le nombre de graines germées a été

noté après 24 heure jusqu'à 12ème jour. Le semés a été réalisé le 23/04/2019. (Figure 06)



La variété Wa



La variété Gt

Figure06 : protocole expérimentale de l'essai de germination (source original)

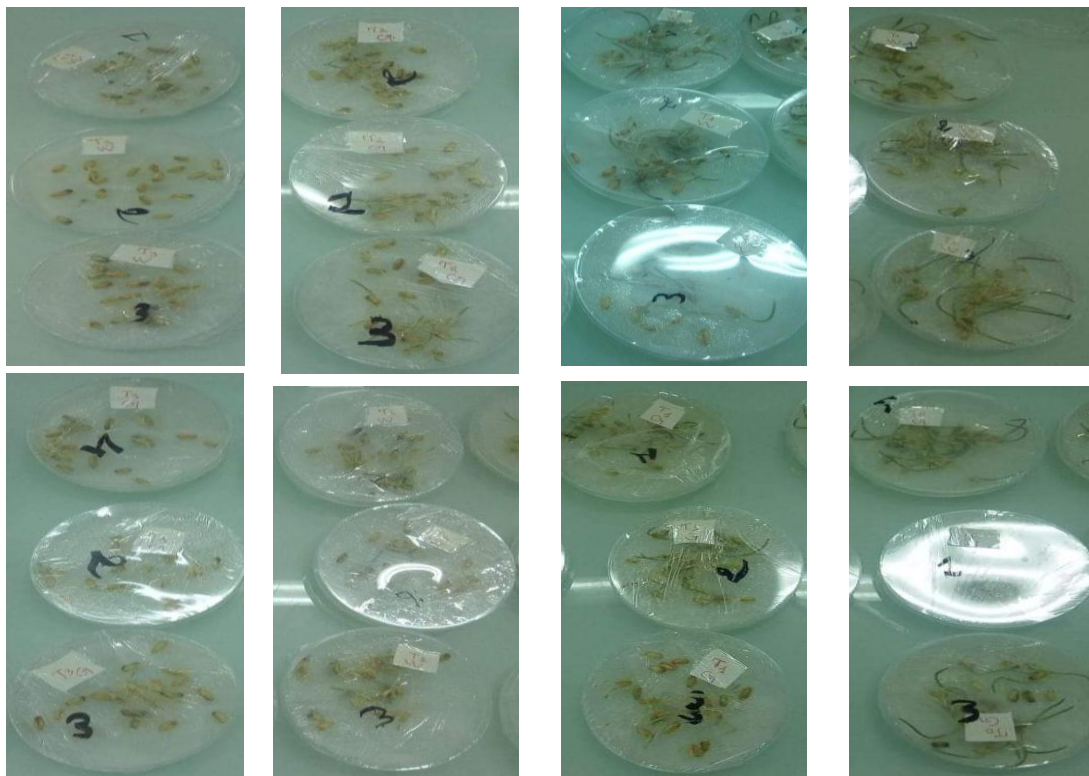


Figure07 :: Protocole expérimentale, les graines misé à germées sur les boîte pétri, après 06 jours de semis (source original).

III.4. Paramètres étudiées

Il est difficile de suivre le comportement d'une plante à partir d'un seul paramètre, en effet le suivi du comportement des plantes vis-à-vis du stress salin a été basé sur plusieurs paramètres physiologiques et morphologiques.

III.4.1. Paramètres physiologiques

III.4.1.1. Taux de germination final (G %) Ce paramètre constitue le meilleur moyen d'identification de la concentration saline qui présente la limite physiologique de germination des graines de blé dur. La germination est notée après le 12 jour, il est exprimé par le rapport :

Nombre de graine germée dans le dernier jour sur le nombre total de graine. Le taux de germination a été déterminé selon la formule suivante : $G (\%) = 100(NGG/NTG)$.



Figure08 : Protocole expérimentale, les graines misé à germées sur les boîte pétri, après 12 jours de semis (source original).

III.4.1.2. Indice de germination (IG) Elle permet d'exprimer l'énergie de germination responsable de l'épuisement des réserves de la graine. La vitesse de germination définie par (IG) (graines germées/jour)

$IG = (N_1) \times 1 + 1/2 \times (N_2 - N_1) + 1/3 \times (N_3 - N_2) + \dots + 1/n \times (N_n - N_{n-1})$ N1, (N1- N2)An. (Haddad, 2001).

IG: c'est le nombre des graines germées pendant les jours de l'essai 1.2.3.....n-1, n.

III.4.1.3. Teneur moyenne en eau (TME %)

Les teneurs moyennes en eau des plantules sont déterminées par le calcul de poids frais (PF) de chaque échantillon avant de mettre à sécher dans l'étuve à 80°C pendant 48 heures. Le poids sec est ensuite déterminé (PS) et la teneur en eau est calculée par

la formule de (Monneveux, 1991). $TME = \frac{(PF - PS)}{PF} \times 100$

III. 4.2. Paramètres morphologiques

III.4.2.1. Longueur de feuilles

La longueur de feuille mesurée à l'aide du papier millimètre nous renseigne sur l'effet du stress sur la longueur de feuilles stressées comparativement au témoin.

III.4.2.2. Longueur des racines

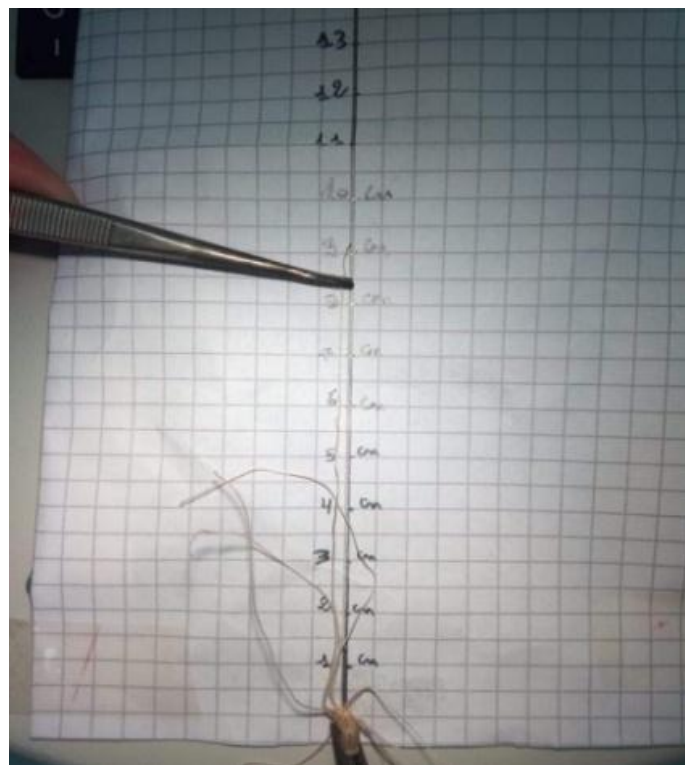
A l'aide d'une règle ou papier millimètre, les mesures de la longueur des racines ont été prises en tenant compte de la moyenne de trois racines de chaque plantule et par la suite ces trois moyens font l'objet d'une seule répétition.

III.4.2.3. Nombre des racines

Le nombre de racine est effectué selon la même procédure précédente appliquée quand à la longueur des racines.



A- Mesure de la longueur de racine de génotype Gt



B- Mesure de la longueur der de génotype Wa

Figure09 : Quelques étapes durant la mesure de la longueur des racines.

III.4.2.4. La surface foliaire (SF « cm² »)

La surface foliaire est estimée à partir d'un échantillon de 5 feuilles, on mesure la longueur et la largeur de chaque feuille puis la moyenne des cinq mesures.

La surface foliaire est déduite par la formule : $SF (cm^2) = 0.606 (L \times l)$, où L = longueur de feuilles, l = largeur des feuilles et 0.606 = coefficient constant. (Mefti et al. 2008).

Chapitre IV

Résultats et

Discussion

IV. Résultats et Discussions

IV.1. Taux de germination final

Le taux de germination des deux génotypes est rapporté sur la figure 10. Les résultats montrent que, quelle que soit le génotype (Wa et Gt), le taux de germination des graines stressées sont réduit comparativement au témoin et ceci pour les trois concentrations utilisées (0,50,100,150 Mm g/l). On distingue que 'il y à une diminution du taux de germination parallèle à l'augmentation du stress. En revanche, les génotypes montrent une sensibilité au sel, particulièrement le génotype Gt dont le taux de germination est plus affecté que Wa le taux de germination, en conditions de stress salin, donne toujours une tendance plus ou moins précise du comportement des génotypes étudiés.

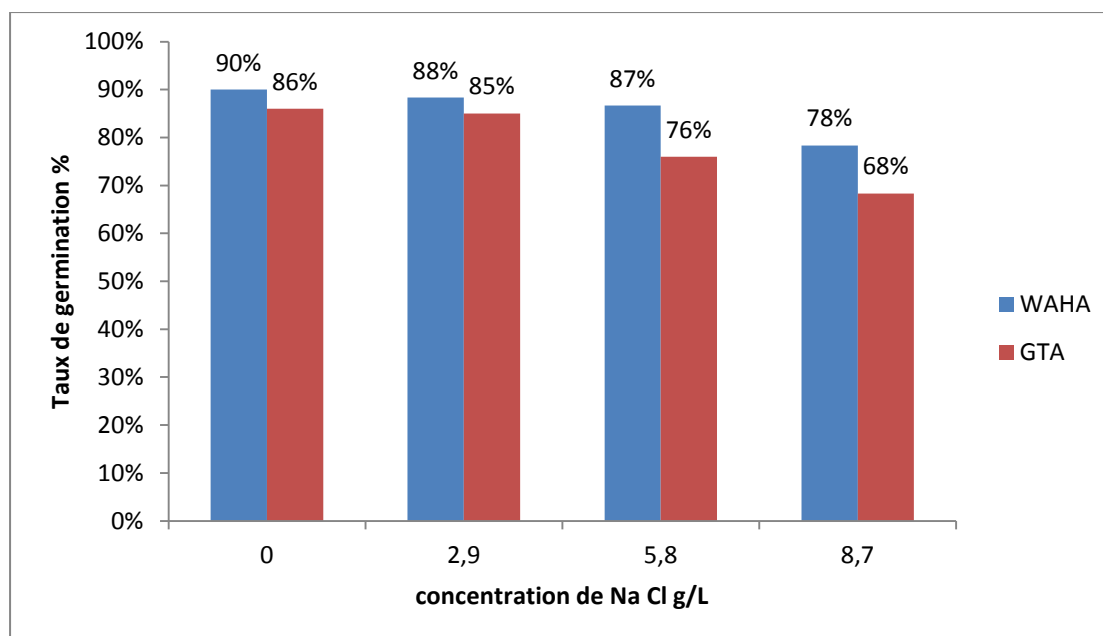


Figure 10: Taux de germination des graines des deux génotypes de blé dur mises à germer sur milieu témoin non salé, et sur milieu salin (2,9 et 5,8 et 8,7 g/l de NaCl).

L'étude des effets de différentes concentrations de chlorure de sodium sur la germination des graines de deux génotypes a montré que la capacité germinative est affectée par l'augmentation de la concentration en sel. L'influence de la salinité sur le pouvoir germinatif des deux génotypes de blé dur s'est manifestée par une réduction de l'indice de germination par rapport aux témoins, réduction d'autant plus importante que la concentration en sel est élevée.

La tolérance au sel au cours de la germination est une réponse directe de l'embryon à ses conditions nutritionnelles. Elle est directement liée à une sélectivité efficace du plasmalemme à l'égard de l'ion sodium. Cette sélection au stade embryonnaire est associée à une accumulation de calcium par la graine lors de la phase de maturation.

IV.2. Indice de germination IG

L'indice de germination est évalué par le nombre des graines germées pendant les jours de l'essai. Il est rapporté à la figure 11, les résultats obtenus montrent que quelle que soit le génotype (Wa et Gt) l'effet de NaCl se traduit par une diminution de IG. Lorsque la concentration en NaCl augmente (2,9 et 5,8 et 8,7 g/l de NaCl), et le comportement les deux génotypes (Wa et Gt) se traduit par une diminution de l'indice de germination des graines parallèle à l'augmentation des concentrations en sel.

L'indice de germination, en conditions de stress salin, donne toujours une tendance plus ou moins précise du comportement des génotypes étudiés.

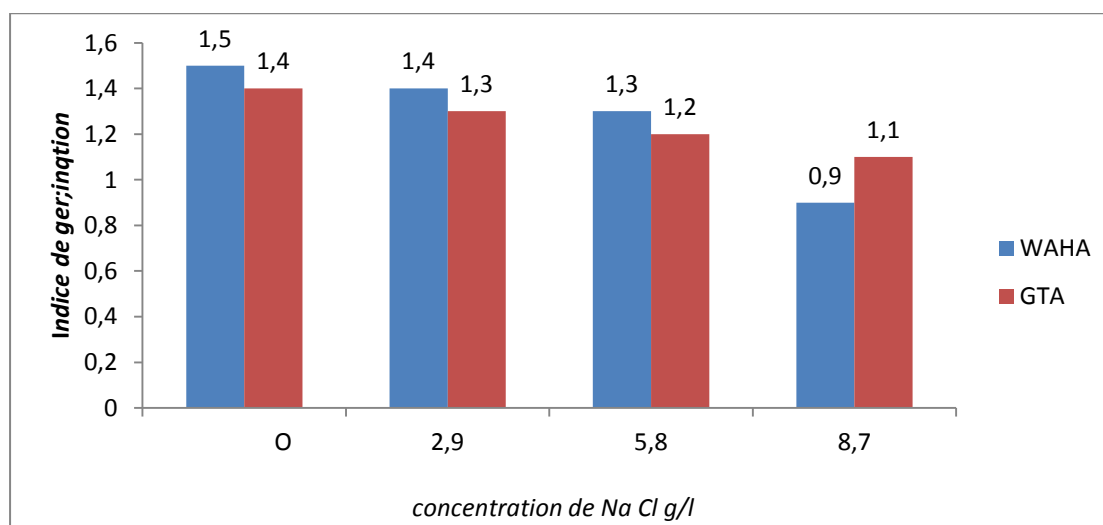


Figure11: Indice de germination des graines des deux génotypes de blé dur mises à germer sur milieu témoin non salé, et sur milieu salin (0,50,100,150Mmde NaCl).

La diminution de l'indice de germination correspond soit à une augmentation de la pression osmotique externe, ce qui affecte l'absorption de l'eau par les graines et/ou bien à une accumulation des ions Na⁺ et Cl⁻ dans l'embryon. Cet

effet toxique peut conduire à l'altération des processus métaboliques de la germination et dans le cas extrême à la mort de l'embryon par excès d'ions. Le retard de la germination des graines ainsi que la diminution de la moyenne de germination journalière de deux génotypes avec l'augmentation de la concentration saline est expliqué par le temps nécessaire à la graine de mettre en place des mécanismes lui permettant d'ajuster sa pression osmotique interne. (Bliss *et al.* 1986).

IV.3. Variation des paramètres morphologiques

Pour rendre compte l'effet des différents degrés du stress salin sur les paramètres morphologiques des deux génotypes testés nous avons étudiée les paramètres suivants : le nombre et longueur des racines et la surface foliaire SF.

IV.3.1. Action du stress salin sur la Longueur des racines

En moyenne, une diminution de la longueur des racines est enregistré ; Les résultats sont illustrées aux figures 12 Sur le plan élancement des racines, nos résultats montrent qu'un stress salin de l'ordre de 2,9g/l NaCl affecte la longueur de racine des génotypes testées avec (4,27 et 3,43 cm) pour dans Wa et Gt cet ordre.

Pour un stress modérée (5,8g/l NaCl) la longueur de racine des génotypes est sérieusement affectée (3,35 et 3,39 cm) .La longueur de racine des génotypes pour un stress plus sévère (8,7g/l NaC) varier entre (2,49 et 2,60 cm).

L'analyse des résultats montre que la concentration de NaCl dans le milieu influe sur la croissance en longueur de racine des deux génotypes de blé dur étudié (Wa et Gt).

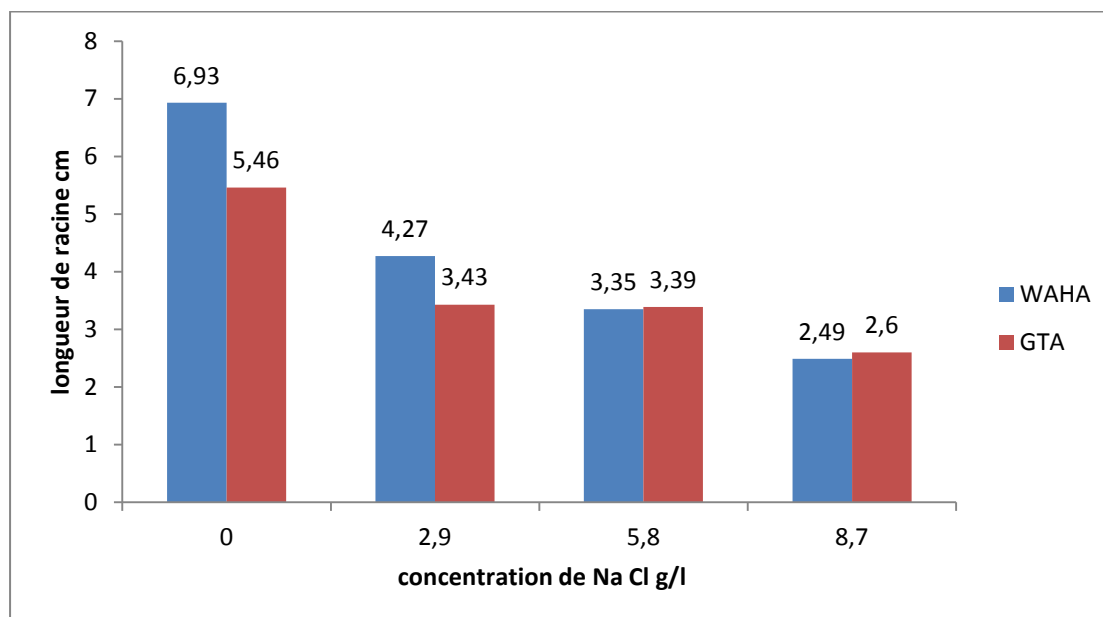


Figure12: Variation de la longueur de racine, des deux géotypes de blé dur, en fonction de l'intensité du stress salin

IV.3.2. Action du stress salin sur le nombre des racines

Les résultats sont illustrés aux figures 13 Sur le plan nombre de racine, Généralement, on note une diminution importante de nombre de racines chez les plantes stressées comparativement au témoin des géotypes étudiés. Le stress salin de l'ordre de 2,9 g/l de NaCl affecte le nombre de racine(5) Pour un stress modérée (5,8g/l NaCl) le nombre de racine des géotypes est sérieusement affectée(4) .le nombre de racine des géotypes pour un stress plus sévère (8,7g/l NaC) et(3) racine pour chaque géotypes de blé dur étudié (Wa et Gt).

L'analyse des résultats montre que la concentration de NaCl dans le milieu influe sur le nombre de racine des deux géotypes de blé dur étudié (Wa et Gt).

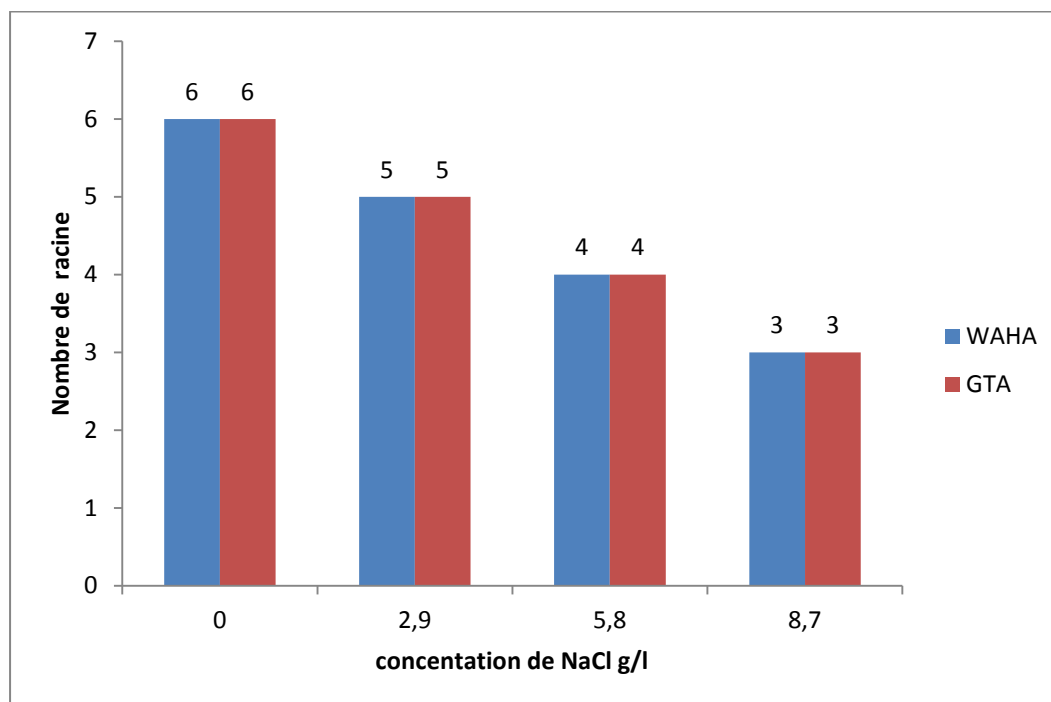


Figure13: Variation de lanombre de racine, des deux génotypes de blé dur, en fonction de l'intensité du stress salin

IV.3.3. Action du stress salin sur la Longueur des feuilles

Les résultats montrent une diminution importante de la surface foliaire des différentes génotypes étudiés en fonction du degré du stress salin appliqué.

L'effet des différents degrés du stress salin sur la longueur des feuilles des deux génotypes de blé dur testés est bien présenté dans la figure14.

Sur le plan éloration de la feuilles, nos résultats montrent qu'un stress salin de l'ordre de 2,9g/l NaCl affecte la longueur de feuille des génotypes testées, elle est varié entre (7.46 et 8.8 cm). A la dose de 5,8g/l NaCl la longueur de feuille des génotypes est variée entre (1.96 et 2.63cm). A la concentration 8,7g/l NaCl la longueur de feuille des génotypes est varié entre (0.5 et 1.03 cm). L'analyse des résultats montre que la concentration de NaCl dans le milieu influe sur la croissance en longueur de feuille des deux génotypes de blé dur étudié (Wa et Gt).

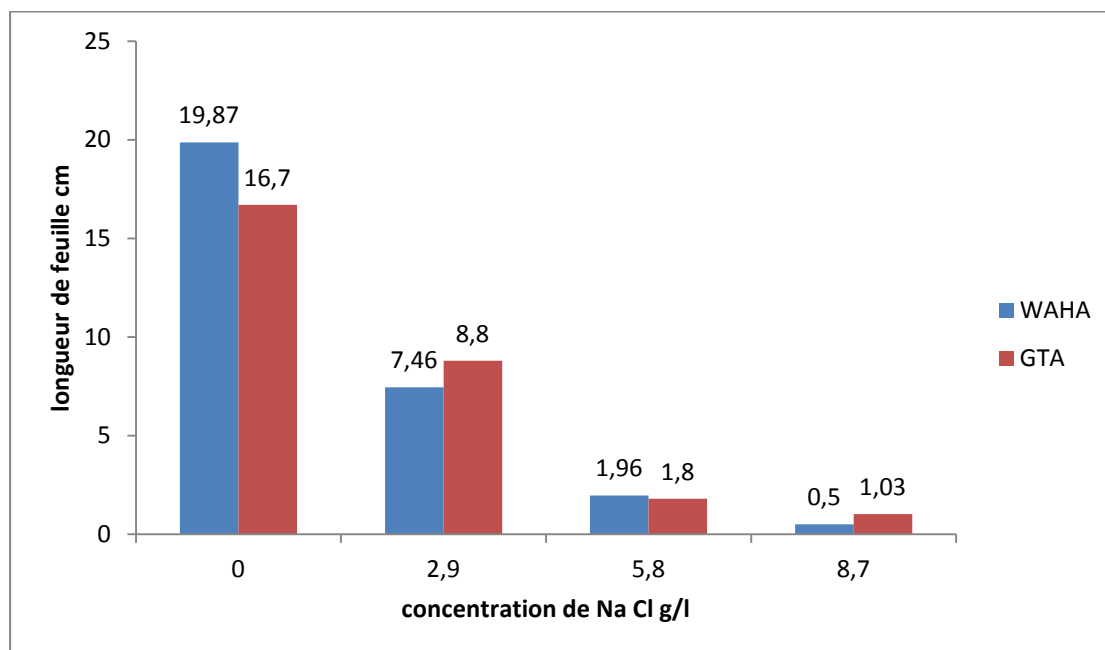


Figure 14: Variation de la longueur de feuille, chez les deux génotypes de blé dur, en fonction de l'intensité du stress salin.

Sur le plan élancement de la racine et feuille, le stress salin affecté sérieusement les deux génotypes de blé dur testés. D'après nos données, il n'y a une différence non significative entre les deux génotypes pour les deux paramètres de la croissance évalués pendant la germination. Nos résultats font ressortir que, la croissance racinaire en longueur et en volume semble indifférente à la contrainte saline et ne présente pas de différence significative vis-à-vis du niveau de salinité, bien que les racines constituent le premier site de contact entre la plante et la forte concentration en sel du milieu externe.

L'émergence de la radicule pendant la germination serait contrôlée par l'osmolarité du milieu alors que la croissance ultérieure de la plantule serait limitée par la mobilisation et le transport des réserves vers l'axe embryonnaire. (**GOMES et al. 1983**).

La longueur des racines est un critère important d'adaptation pour la tolérance à la sécheresse et même au stress salin, l'intensité du stress impose a provoqué une réduction, cette réduction est due probablement à un arrêt de la division et de l'élongation cellulaire au niveau de la racine ces résultats indiquent que le nombre des racines.

IV.3.5. Surface foliaire (SF)

Les mesures de la surface foliaire présentent aussi des variations notables qui sont illustrées à la figure 15.

Elles montrent une diminution importante de la taille des feuilles des différents génotypes étudiés en fonction des degrés du stress salin appliqué. Les valeurs enregistrées de la SF chez les témoins s'étalent de (1 et 0,92 cm²). Nous avons observé une diminution de la surface foliaire chez les différents génotypes, le premier traitement les valeurs obtenues s'étalent entre (0,40 et 0,38 cm²), le deuxième traitement étale moins (0,30 et 0,27 cm²), dans le dernier traitement la surface foliaire est nul.

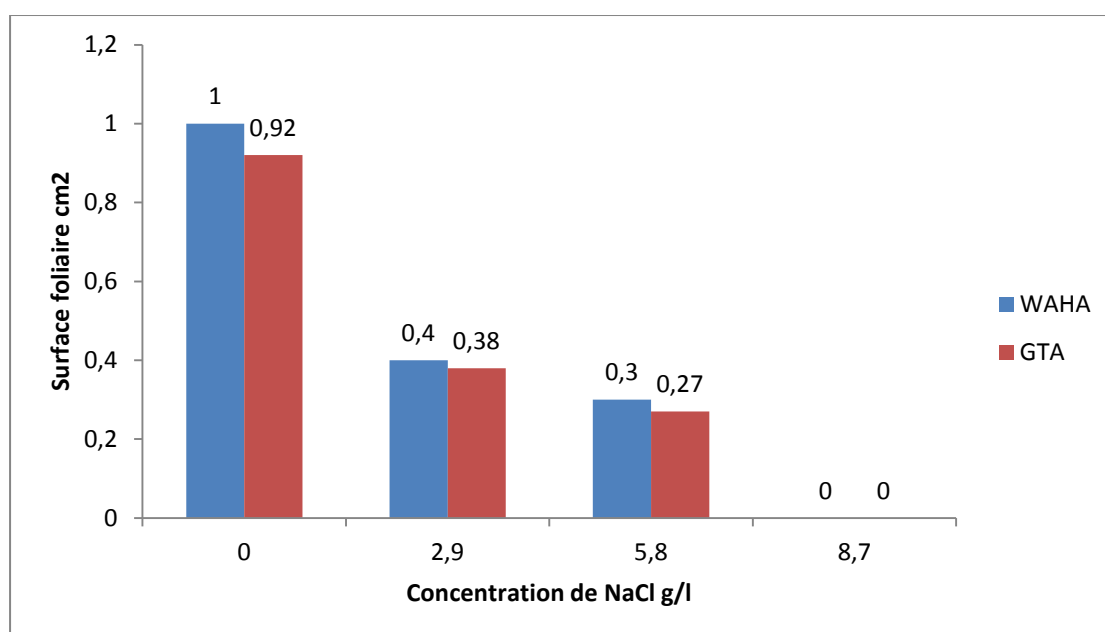


Figure 15: Variation de la surface foliaire, chez les deux génotypes de blé dur, en fonction de l'intensité du stress salin.

Le stress salin se traduit par une réduction de la surface foliaire chez les plantes, cette diminution se présente connue étant la principale stratégie développée par le blé dur et le blé tendre pour atténuer les effets de la limitation de la disponibilité de l'eau en conditions salines (Laribi et al. 2016).

Mekliche et al., (2003) rapportent que la réduction de surface foliaire tend à minimiser les pertes en eau en réduisant la transpiration mais peut aussi diminuer le rendement à cause de la réduction de la capacité photosynthétique. Ces résultats

corroborent ceux de **(Cheikh M'Hamed et al. 2008)** qui mentionnent que les effets de la salinité se manifestent principalement par une diminution de la croissance de l'appareil végétatif, particulièrement par une baisse des parties aériennes et racinaires.

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)**.

IV.4.Variation des paramètres physiologiques

IV.4.1.Action du stress salin sur la teneur relative en eau (TME)

Une comparaison entre l'évolution de la teneur en eau des deux variétés de blé étudiées a montré que la teneur relative en eau diminue au fur et à mesure que le stress salin s'accroît (figure 16)

Les teneurs en eau les plus élevées sont notées chez les témoins, avec une valeur maximale de (52%), l'augmentation de niveau de stress appliquée (2,9 et 5,8 et 8,7 g/l), accompagne d'une diminution de teneur en eau avec (45 et 43%), (32 et 31%), (31 et 30%) respectivement chez Wa et Gt.

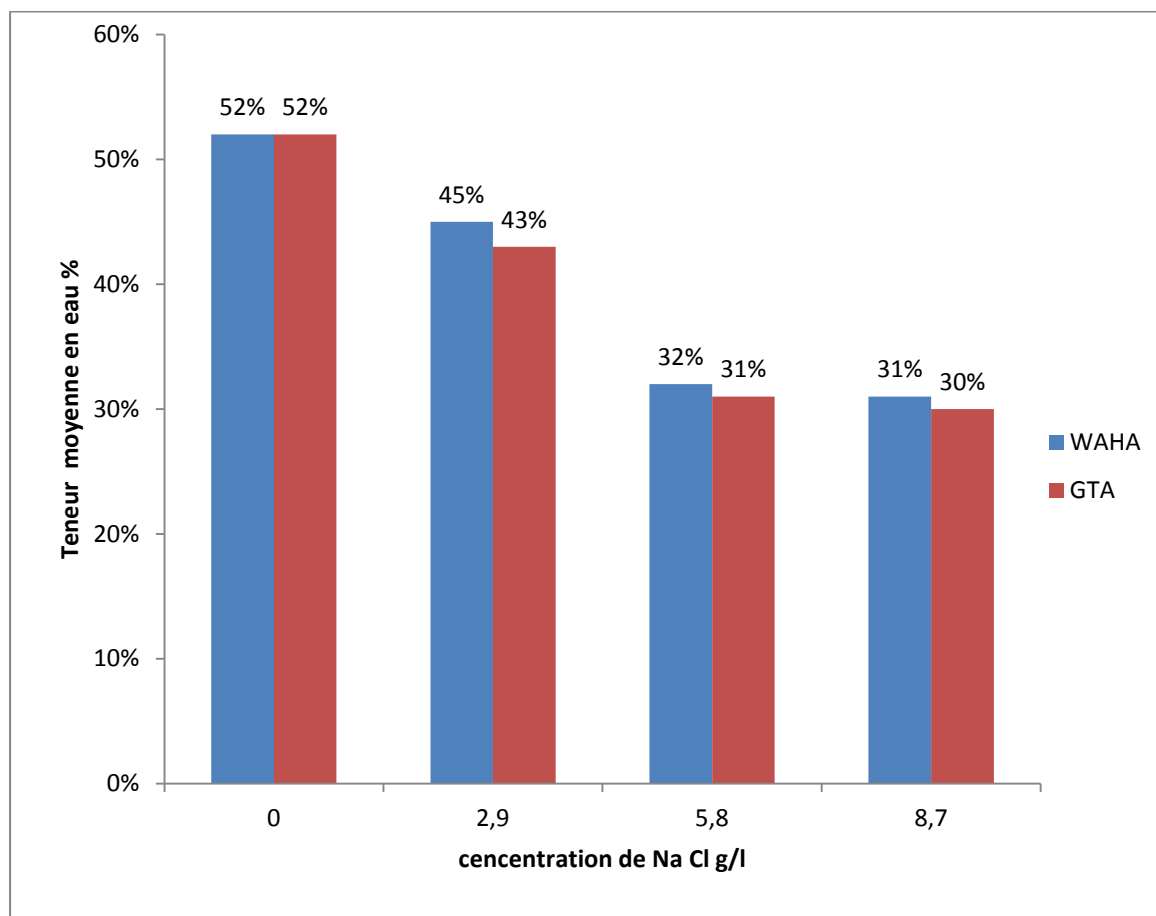


Figure 16: Variation de la teneur moyenne en eau, chez les deux génotypes de blé dur, en fonction de l'intensité du stress salin.

L'augmentation de la teneur en NaCl dans les solutions d'arrosage provoque la réduction de la hauteur de la plantule, de la surface foliaire et des biomasses des variétés étudiées. Cet effet, fréquent chez les glycophytes, a précédemment été observé chez d'autres génotypes (**Chartzoulakis et Klapaki , 2000**). La diminution de la croissance de l'appareil végétatif observée chez les plantules de blé peut être expliquée par le fait que le NaCl agit par augmentation de la pression osmotique du milieu, ce qui empêche l'absorption de l'eau par le système racinaire. Ceci entraîne, par conséquent, une réduction de la croissance qui est le résultat, au niveau cellulaire, d'une baisse du nombre de divisions cellulaires (**Benamar et al. 2009**). La réduction de la croissance peut résulter de l'augmentation de la concentration en acide abscissique dans la partie aérienne ou d'une réduction des concentrations en

cytokinine (**Itaii, 1999**). En plus du contrôle de la croissance par les signaux hormonaux, la réduction de croissance résulte de la dépense de ressources dans les stratégies d'adaptation (**Binzel et al. 1985**). La réponse immédiate du stress salin est la réduction de la vitesse de l'expansion de la surface foliaire ce qui conduit à l'arrêt de l'expansion si la concentration du sel augmente (**Wang et Nil, 2000**). Céréale présente les caractéristiques des espèces incluses qui exportent et accumulent Na^+ et Cl^- dans leurs feuilles. Elle présente aussi sur sel une bonne hydratation de ses tissus. Le statut hydrique de la feuille montre que la turgescence augmente avec NaCl , en raison d'une baisse importante du potentiel osmotique par rapport au potentiel hydrique. Cet abaissement est surtout associé à l'accumulation de Na^+ et de Cl^- . Un test de compartimentation, sur la mise en relation de l'hydratation des feuilles et leur teneur en Na^+ (**Flowers et al. 1991**).

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

La salinisation des terres est un problème majeur à l'échelle mondiale. Selon la FAO, elle affecte déjà au moins 400 millions d'ha et en menace gravement une surface équivalente. On distingue en général la salinisation primaire, liée à la présence naturelle relativement concentrée de sels (proximité de mers ou d'océans, présence de dépôts de sels...), et la salinisation secondaire, dont le développement apparaît étroitement lié à l'irrigation. Cette dernière est le processus de dégradation de la qualité des sols le plus rapide dans les périmètres irrigués et particulièrement dans les zones arides et semi arides.

Globalement, notre étude a montré que le blé est une plante sensible aux contraintes abiotiques qui limitent la productivité céréalière. Pour déterminer la sensibilité de cette plante, on a choisi deux variétés de blé dur cultivées en Algérie (Waha, Gta), dans le but de déterminer l'effet du stress salin en ce qui concerne les caractères morpho-physiologiques le taux de germination, la longueur et le nombre des racines, la surface foliaire, la teneur relative en eau, et de mettre en évidence les réponses, morpho-physiologiques, et les différents mécanismes de tolérance et d'adaptation morpho-physiologiques qui déclenchent ces stress.

Les résultats obtenus nous amènent à distinguer que les graines de blé dur ne peuvent pas supporter les contraintes abiotiques, à savoir, des concentrations salines en NaCl. La réponse de ces 2 variétés et par analyse comparative de quelques paramètres morphologiques, physiologiques, on a pu remarquer une forte diminution dans les caractères morpho-physiologiques d'une part et d'autre part, La sensibilité de blé envers ces contraintes abiotiques, se manifeste par des comportements morphologiques et physiologiques pour tous les génotypes étudiés.

CONCLUSION GENERALE

La diversité de stratégies morphologiques et physiologiques de tolérance et d'adaptation doit donc inciter le sélectionneur à mieux définir ses objectifs et les critères de sélection et à améliorer la réponse au stress salin par des combinaisons judicieuses entre les critères.

Aboudaou, M. (2011) . Essai d'incorporation du germe du blé tendre dans une farine à tendance biscuitière. École nationale supérieures agronomiques .El Harrach, Alger, Thèse magister : 15p.

Anonyme, (2002). Conseil international des céréales. International Grains Council. *World Grains Statistics*: 13-17 p Anonyme a. 2006. Re: Avant 1830 l'algerie exportait son blé au monde entier mais 132 ans de colonialisme et apres l'algerie importe du blé, á qui la faute ? C'est clair.

[http://newsgroups.derkeiler.com/pdf/Archive/Soc/soc.culture.algeria/2006-02/msg00013.pdf.\(31/05/2008/14:00\).](http://newsgroups.derkeiler.com/pdf/Archive/Soc/soc.culture.algeria/2006-02/msg00013.pdf.(31/05/2008/14:00).)

Anonyme, (2006). Les marchés mondiaux du blé.

USDA.http://www.agpb.com/fr/dossier/eco/marchesmondiaux_2006.pdf. (25.05.2008/11:37).

Anonyme, (2008). L'Algérie couvre seulement 25 % de ses besoins en céréales.<http://www.liberte>

[algerie.com/edit.php?id=102098&titre=L'Algérie%20couvre%20selement%2025%%de%20ses%20en%20céréales\(29.10.2008\)](http://www.libertealgerie.com/edit.php?id=102098&titre=L%20Algérie%20couvre%20selement%2025%%de%20ses%20en%20céréales(29.10.2008)) .

Babi, (2005). contribution à l'étude de la fertilisation azotée et potassique sur blé dur (*triticum durum* L. Var-SIMITO) sous pivot à Hassi ben abdallah (Ouargla) mémoire d'Ingénieure INA. pp4-10.

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

Belfaki et al, G. Appl. Biosci. (2013). effet de la salinité sur la parameters morpho-physiologiques de deux variétés de bananier. *Journal of applied biosciences* 70 :5651-5662 ISSN 1997- 5902.

Ben Ahmed H., Zid E., EL Gazzah C., Grignon C. (1996). Croissance et accumulation ionique chez *Atriplex halimus* L. *Cahiers d'Agricultures*, 5: 367- 372.

Benamar B., Daguin F. et Kaid-Harche M. (2009). Effet du stress sal la germination et la croissance *in vitro* du pistachier (*Pistacia vera* L.). *Comptes Rendus Biologies*, 332, 752-758. 62: 89-93 p.

Bendarradji L, Bouzerzour H, Kellou K, Ykhlef N, Brini F, Masmoudi K, Djekoun A. (2010) . Étude des mécanismes de tolérance a la salinité chez deux variétés de blé tendre (*Triticum aestivum*) soumises à un stress salin. *Science et Technologie C*, N°32 :23-30 .

Ben-Hayyim G., Vaadia Y., William B. (1989). Proteins associated with salt adaptation in citrus and tomato cells: Involvement of 26 KD polypeptides. *Plant Physiology*, 7: 332-340.

Benseddik, B., Khelloufi, B. (2000). Impact du risqué climatique sur le rendement du blé dur (*Triticum durum Desf.*) en zone semi-aride : approche éco-physiologique. *Science et changements planétaires / sécheresse*, 11 (1) :45-51.

Binzel , M.L., P.M. Hasegawa, A.K. Handa et Bressan R.A. (1985). Adaptation of tobacco cells to NaCl. *Plant Physiology*, 79,118-125.

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.

Boukachabia, E. (1993) . Contribution à l'étude de quelques mécanismes morphologiques et biochimiques de tolérance à la salinité chez cinq génotypes de blé dur (*Triticum durum* Dest). Mémoire de Magister en production et physiologie végétale. Université Badji Mokhtar, Annaba, 108p.

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

Boutelier et Hubac, (1986). Ainsi, Bizid et Zid (1986), Bizid E., Zid E. et Grignon C., (1988). Tolérance au NaCl et sélectivité K⁺/Na⁺ chez les Triticales *Agronomie*, 8, 1: 23-27.

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

Bliss, R.D., Platt-Aloria K.A. et Thomson W.W. (1986) . Osmotic sensitivity in relation to sensitivity in germination barley seeds. *Plant Cell and Env.* 9,721-725.

Bressan, R.A., N.K. Singh, A.K. Handa, A. Konowicz, P.M Hasegawa. (1985). Stable and unstable tolerance to NaCl in cultured tobacco cells, in: M. Freeling (Ed.), *UCLA Symposium on plant genetics, A.R. Liss, New York,1985*, pp. 755–779.

Chaise L., Ferla A. J., Honore A. & Moukhli R. (2005). L'impact du changement climatique sur l'agriculture en Afrique. Atelier Changement Climatique. ENPC.

Chartzoulakis, K. et Klapaki ,G. (2000). Response of two greenhouse . Clément, G., Prats J. (1970). Les céréales. Collection d'enseignement agricole. 2^{ème} Ed.351 P.

Cauderon, Y. (1979). Use of Agropyron species for wheat improvement.

- In :Proceedinge 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.
- Cheftel, J.C. et Cheftel, H. (1992).** Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments.V1. *Tec & Doc*. Paris .Lavoisier : 381 p.
- Cheikh M'hamed, H., Abdeallaoui, R., Kadri, K., Ben naceur. M., Bel Hadj. S. (2008).** Évaluation de la tolérance au stress salin de quelque accessions d'orge (*Hordum vulgare* L.) cultivées en Tunisie : approche physiologique. *Science et Technologie C*, N°28 :30-37.
- Chellali, B. (2007).** Marché mondial des céréales : L'Algérie assure sa sécurité alimentaire. <http://www.lemaghreb.dz.com/admin/folder01/une.pdf>. (31.05.2008).
- Colmer, T.D., Epstein, E., and Dvorak, J. (1995).** Differential solute regulation in leaf blad of various age in salt sensitive wheat and a salt tolerant wheat x *Lophopyrum elongatum* (Host) A. Löve amphiploid. *Plant Physiol*, 108: 1715-1724.
- 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.
- Daoud, Y. (1993).** Contribution a l'étude des sols des plaines du chelif. Le phenomene de salinisation, consequence sur les proprietes physique des sols argileux. *Thèse Doct, Es, Sci ,Ina Alger*. Dutuit P., Pourrat Y., Dutuit J.M. (1994). La notion de stress de la cellule à l'écosystème. *Sècheresse*, 5. 1: 23-31.
- Dvorak, H. F. (1992).** Vascular Permeability factor/vascular endothelial growth factor, microvascular hyperpermeability , and angiogenesis . *Am . J .Pathol*. 145(5) .
- El-Mekkaoui, M. (1990).** Etude des mécanismes de tolérance à la salinité chez le blé dur (*I. durum* des f) et l'orge (*H. vulgare*): recherches de tests précoces de sélection. Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques, Montpellier. 191p.
- El-Mekkaoui, M. (1990).** Etude des mécanismes de tolérance à la salinité chez le blé et amélioration des végétaux, Université de Nice Sophia- Antipolis.
- Elmsehli, S. (2009).** Les plantes et la perception des changements environnementaux. Compte rendu de la session 4 : Biotic and abiotic stresses. 8ème Colloque National de la SFBV, Strasbourg, France, pp. 20-25.
- Epstein, E. J.D., Norlyn, D.W. Ruch, R.W. Kinsbury, A.F. Cunningham,A.F. Wrona .(1980).** Saline culture of crops: a genetic approach, *Science* (2310) p 399–404.

- FAO, (2007).** Perspective alimentaires. Analyse des marches mondiales. <http://www.fao.org/010/ah864f/ah864f00.htm>. (31.5.2008/13:28).
- Fathalli, N., Bizid, E. (1986).** Effect of sodium chloride on the growth and the content in glucides in medicago ciliaris. *In: colloquium about plants in arid environment, faculty of sciences, Tunis*, pp: 416-429.
- 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. Issan:0094_8276. Flozwes T.J, (2004). Improving crop salt tolerance. J. Exp. Bot., 55, 307-19.*
- Jeanet, R., Croguennec, T., Schuck, P. & Brulé, G. (2006).** Science des aliments : BiochimieMicrobiologie- Procédés- Produits. V2. Technologie des produits alimentaires. (éd).TEC & DOC. Paris.
- Halitim, A. (1985).** Contribution a l'étude des soles sales des zones arides (hautes plaines steppique de l'Algerie), morphologie, distribution et role des sels dans la genese et le comportement des sols , *Thèse doctorat Es. Sci Univ Renne P 384.*
- Hamza, M. (1967).** Influence de diverses concentrations de chlorure de sodium sur la croissance de jeunes plantes de *Triticum sativum*. *C. R. Acad. Sci. Paris, 176: 1997-2000.*
- Hopkins, W. G. (2003).** Physiologie végétale. 2éme édition. De Boeck, Bruxelles: 61- 476.
- Houot, S., Mordelet, P., Tardieu, F., Molina, J. (1990).** Effet de tassement du sol sur la biomasse microbienne et la libération d'azote . Symp . INRA-Paris Grignon, France, pp : 201-207.
- Hucl, P., Baker, R.J. (1998).** Tillering Patterns of spring wheat genotype grown in a semi arid environment .*Can J Plant Sci 1989 , 69 ;71, 9.*
- Ismail, A.M.A. (1990).** Germination ecophysiology in population of *Zygophyllum qatarenses* Hadidi from contrasting habitats. *J. Arid. Environ, 18: 185-194.*
- 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.
- Itai, C. (1999) .** Role of phytohormones in plant responses to stresses.
- Gate, P. (1995).** Ecophysologie du blé, Edit. Lavoisier, Paris, Technique et documentation, 429, p.
- Gate, P., Giban, M. (2003).** Stade du blé, Ed. Paris, ITCF .68p

- Gillk, S. (1979).** Effects of soil salinity on grain filling and grain development.
- Gomes, F.E., Prisco, J.T., Campos, F.A.P. et Filho, E.J. (1983).** Effects of NaCl salinity in vivo and in vitro ribonuclease activity of *Vigna unguiculata* graminées halophytes spontanées de la Tunisie méridionale. Options Méditerranéennes.
- Gouny, P., Brachet, J. (1967).** La qualité des eaux d'irrigation B.T.I: 224.
- Greenway, H. et Munns, R. (1980).** Mechanism of salt tolerance in non halophytes. *Annu. Rev. Plant Physiol.*, 31 : 149-190.
- Grignac, P. (1965).** Contribution de l'étude de (*Triticum durum* Desf.) Thèse, Fac. Sci. Toulouse : 152 P.
- Gouia, A. (1986).** Effet de chlorure de sodium sur la nutrition nitrique et ammoniacale chez l'orge (*Hordeum Vulgare* L. Varmartin , Tunis .133P.
- Karakas, A. (2011).** Motivational Attitudes of ELT Students towards Using Computers for Writing and Communication. *The Journal of Teaching English with Technology*, 11(3), 37-53.(2011).
- 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.
- Kefu ,Z. Munns, R. King ,R.W. (1991).** abscisic acid leirels in nacltreated barley, cotton, and saltbush. *Aust. J. Plant physiol*, 18: 17-24.
- Khan, M. A., Hamid, A., Salahuddin, A. B. M., Quasem, A., Karim, M. A. (1997)** . Effect of sodium chloride on growth, photosynthesis and mineral ions accumulation of different types of rice (*Ovsya sativa*). *J. Agronomy and science*: 149- 161.
- Kihara, H. (1924).** Cytologische und Genetische studien bei wichtigen gatridearrten mit besondersushsicht anf das verhalten der chromosomen und die sterilidat in den bastarden . *Mem Coll.Sci, Kyoto .Imp. P 200.*
- Laribi, B., Gharbi, A., Kouki, K, M'hamdi, M., et Bettaieb, T. (2016).** Étude de la tolérance à la salinité chez une plante condimentaire : le carvi (*Caruma carvi* L.), volume IABC (17). *Published January, N°31* :1321-13 .
- Lemée, G. (1978).** précis d'écologie végétale , Paris, Masson, 285 P., 114.
- Levitt, J. (1980).** Responses of plants to environmental stresses. Water radiation, salt and others stresses. Academic Press, New York, 2: 365- 406.
- Mass, J., Askri, F., Jemni, A., Ben Nasrallah, S. (2007).** Study of two-dimensional and dynamic heat and mass transfer in a metal hydrogen reactor .*Int. J. Hydrogen Energy* 28: 537-57.

- Mazoyer, M. (2002).** La rousse agricole. Ed. PP: 320_321; 673.
- Mefti, M. H., Bouzerzour, A., Abdelguerfi & H. Nouar. (2008).** Morphological and growth characteristics of perennial grass cultivars grown under semi-arid conditions of the Algerian high plateaus. *Journal of Agronomy* 7:138-147.
- Mekhlouf, A., Bouzerzour, H., Dehbi, F., Hannachi, A. (2001).** Rythme de développement et variabilité de réponses du blé dur (*Triticum durum* Desf.) . aux basses températures. Tentatives de sélection pour la tolérance au gel. In Proceeding Séminaire sur la valorisation des milieux semi arides. Université, Oum El Bouaghi.
- Mekliche, A., Boukecha, D., Et Hanifi-Mekliche, L. (2003) .** Etude de la tolérance a la sècheresse de quelque variétés de blé dur (*Triticum durum* desf) effet de l'irrigation de complément sur les caractères phénologiques, morphologiques et physiologique. *Annals de l'institut national Agronomique*, El Harrach, vol 24, N°1 et 2 :97-110.
- Meloni, D.A., Oliva, M.A., Ruiz, H.A., Martinez, C.A. (2001) .** Contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress. *J. Plant Nutr*, 24: 599-612.
- Menaer, F. (2007).** Contribution à l'étude de l'effet de la salinité sur un marqueur biochimique, cas de la proline chez *Atriplex halimus* L . et *A triplex conescens* (Purch) Nntt, PP 99.
- Mohammad, M., Shibli, R., Ajouni, M., Nimri ,L. (1998).** Tomato root and shoot responses to salt stress under different levels of phosphorus nutrition. *J. Plant Nutr*, 21: 1667–1680.
- Monneveux, P. (1989).** Quelles stratégies pour l'amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique des céréales d'hiver. Journées Scientifique de l'AUPELF : " Amélioration des plantes pour l'adaptation au milieu aride ". Tunis, 4-9 Décembre.
- 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.
- Moulle, C. (1971).** Les céréales Tome 2. La maison rustique, paris :1-12-13-14-15-16-17- 18-21-22-23-45-46-47 p.
- Nachit, N. (1998) .** Durum wheat improvement. In VARMA Ed.,Cereal improvement program 1986,ICARDA PUBL. 112EN, Aleppo, pages,78-101.

- Niu, G., Rodriguez, D.S. & Starman, T. (2010).** Response of bedding plants to saline water irrigation. *Hort Science*, 45(4), 628-636.
- Ould Bannana, MB. (1999).** Utilisation de quelque marqueure physiologiques, biochimiques et chimiques (équilibre ionique) dans l'étude de la tolérance à la salinité chez le blé dur (*Triticum durum* Desf). Thèse majestér. Univ., ANNABA, pp 104.
- Parida, A., Das, A. (2005).** Salt tolerance and salinity effect on plants. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60: 324-349.
- Partas et Clemental-Grancourtm. (1971).** les céréales. EdJ.B. Baillière et fils.
- Pfeiffer,W.H., Sayer,K.D., Reynolds., M.P. (2000).** Enhancing genetic grain yield potentiel and yield stability in durum wheat. *Options méditerranéennes*.40: 83-93.
- Picard ,E. (1988). Sélection du blé . l'intégration des biotechnologies : 48_58.
- Pomeranz, Y. (1988).** Chemilcal composition of kernel structures. *Wheat chemistry and technology*, 1:97-158.
- Rayburn, A.L., Gill, B.S. (1985).** Molecular evidence for the origin and evolution of chromosome 4A in polyploidy wheats . *Can . J. Genet . Cytol.* 27 : 246-250.
- Rejili, M., Vadel, M.A., Neffat, P.M. (2006).** Comportements germinatifs de deux populations de *Lotus creticus* (L.) en présence du NaCl. *Revue des Régions Arides*, 17.1 : 65- 78.
- Sakamura, T. (1918).** Kurze Mitteilung uber die chromosomenzahlen und die verwandtschaftsverhaltnisse der *Triticum*_Arten. *Bot. Mag.*, 32:151_154.
- 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. Institut national de la recherche agronomique de Tunisie (Inrat). Univ. Elmanar. Tunisie. (http://www.john-libbeyeuotext.fr/fr/revues/agro_biotech/sec/e-docs /00/04/11/2E/telecharger.md).
- Slama, F. (1986).** Effet du nitrate d'ammonium sur le degré de tolérance à une forte dose de NaCl de dix variétés de blé. Colloque sur les végétaux en milieu aride, Jerba (Tunisie), 8-10 septembre 1986. Tunis: Agence de coopération culturelle et technique, pp. 460–473.
- Simon, H., Codaccioni, P., Lequeur, X . (1989).** Produire des céréales à paille Coll. Agriculture d'aujourd'hui. Science, Technique, Application, PP 63-296.
- 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.
- Soltner, D. (1990).** Les grandes productions végétales. 17^{ème} Edition . Science et technique agricoles. France, 21-25.
- Surget, A., Barron, C. (2005).** Histologie du grain de blé ,Industrie des céréales, 145: 4-7.
- Tafforeau, M. (2002).** Etude des phases précoces de la transduction des signaux environnementaux chez le lin : une approche protéomique. Thèse de doctorat en Biochimie végétale. Université de Rouen. France. 255p.
- Vieira, D., Silva, J., Pham .,THI and Zuily Fodil, Y. (1990).** Workshop Européen sur la physiologie, la Biochimie et la genetique de la resistance a la secheresse chez les plantes. *Colloque.Sci. Bot. Fr*, P 147.
- Vlentin, C . (1994).** Secheresse et erosion au sahel *Rev. Sècheresse* , 5, 191-198.
- 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.
- Xu, F.S. (1990).** New genus and species of Polyplacophora (Mollusca) from the East China Sea. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 8.4: 375-377.
- Ykhlef, N. (1993).** Effet de l’addition de l’azote et du potassium sur la tolerance du poivron doux a l’eau d’irigation sale. Seminaire Maghrebin sur la protection de la nature, Novemebre 1993, ISN Annaba Algerie.
- 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.
- Zid, E. (1983).** Mécanismes de la nutrition minérale de la feuille de citrus et son agression par le sodium. Thèse de Doctorat ès-Sciences Naturelles. Faculté des sciences. Université de Tunis. 419p.

Résumé

Le stress salin est un problème largement répandu qui influence sérieusement la production et la qualité du blé dans le monde. C'est l'un des principaux stress abiotiques limitant la productivité du blé dur (*Triticum durum Desf.*) en Algérie. Ce travail est consacré à l'étude de l'effet de stress salin et la variabilité de la réponse et la tolérance chez deux génotype de blé dur (*Triticum Durum Desf.*) WAHA,GTA .D'après l'étude des différents caractères morphologique et physiologique , sous quatre niveaux de stress (0 ; 2,9 ; 5,8 ; 8,7 g/L de NaCl) , les résultats obtenus montre que le stress salin a entraîné une réduction des caractères morphologique , De même une diminution des caractères physiologique , En conclusion , l'étude a montré que le stress salin provoque les même mécanismes de la réponse chez les génotype étudiées mais à des degrés différents .

Mots clés : Stress salin. Blé dur.(*Triticum durum desf*). Caractère physiologique et morphologique.

Abstract :

salt stress is a wide-spread problem seriously influencing wheat production and quality worldwide. It is one of the major abiotic stresses limiting the productivity of durum wheat (*Triticum durum Desf.*) In Algeria. This work is devoted to the study of the salt stress effect and the variability of the response and tolerance in two durum wheat genotype (*Triticum Durum Desf.*) WAHA, GTA .After studying the different morphological characters and physiological, under four levels of stress (0, 2.9, 5.8, 8.7 g / L NaCl), the results show that salt stress has led to a reduction in morphological characters. In conclusion, the study showed that salt stress causes the same mechanisms of response in the genotypes studied but to different degrees.

Key words: Salt stress. Hard wheat (*Triticum durum desf*). Physiological and morphological character.

المخلص

يمثل اجهاد الفيزيائي مشكلة واسعة الانتشار تؤثر بشكل كبير على إنتاج القمح ونوعيته في جميع أنحاء العالم و هو أحد أهم الضغوط اللاأحيائي التي تقلل من إنتاجية القمح الصلب (*Triticum durum Desf*) في الجزائر. هذا العمل مبرمج لدراسة تأثير إجهاد الملح وتقلب الاستجابة وتحمل من التركيب الوراثي للقمح الصلب (*Triticum Durum Desf.*) WAHA.GTA. بعد دراسة المعايير المورفولوجية المختلفة والفيزيولوجية ، تحت أربعة مستويات من الإجهاد (0 ، 2.9 ، 5.8 ، 8.7 غرام / لتر كلوريد الصوديوم) ، أظهرت النتائج أن الإجهاد الملحي أدى إلى انخفاض في المعايير المورفولوجية. في الختام ، أظهرت الدراسة أن الإجهاد الملح يسبب نفس آليات الاستجابة في الأنماط الوراثية التي تمت دراستها ولكن بدرجات مختلفة.

الكلمات المفتاحية الإجهاد الملحي. القمح الصلب (*Triticum durum desf*). خصائص الفيزيولوجية والمورفولوجية.

Introduction

PARTIE I

Synthèse

bibliographique

Chapitre I. Le stress
et la salinité

Chapitre II.

Présentation de l'Espèce Etudiée

PARTIE II
Etude Expérimental

Chapitre III :

Matériel et

méthodes

Chapitre IV

Résultats et

Discussion

Conclusion générale

*Références
bibliographiques*