



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريريج
Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض والكون
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers
قسم العلوم الفلاحية
Département des Sciences Agronomiques

Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master
Domaine Des Sciences de la Nature et de la Vie
Filière: Sciences Agronomiques
Spécialité: Amélioration des plantes

Thème

**Effet de stress salin sur la germination et la
croissance des deux variétés de blé dur
(*Triticum durum* Desf.).**

Présenté par: - Gasmi Wissame
- Dehiri Amel

Devant le jury :

Président:	M ^{me} BOURAHLA A.	MAA	(Univ: Bordj Bou Arreridj)
Encadrant:	M ^{me} KELALECHE H.	MAA	(Univ: Bordj Bou Arreridj)
Examineur:	M ^c FELLAHI Z.	MCB	(Univ: Bordj Bou Arreridj)

Année universitaire : 2017/2018

REMERCIEMENT

Tout d'abord, louange à «ALLAH» qui nous a donné le courage, nous guidé sur le droit chemin tout au long de ce travail et nous a inspiré les bons pas et les justes réflexes. Sans sa miséricorde, ce travail n'aurait pas abouti.

Avant de présenter ce travail, nous tiens à remercier tous ceux qui, d'une manière ou d'une autre, ont contribué à sa réalisation.

Ont tiens aussi à exprimer notre plus grands respects et notre vifs remerciements à monsieur FELLAHI Zine El Abidine professeur à l'Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A. pour son acceptation de présider le jury.

Nos remerciements les plus profonds aux madame BOURAHLA Amel professeur Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A qui n'ont fait l'honneur d'examiner ce travail.

Nos remerciements de fond à Mem KLELECHE Haizia professeur à l'université de BBA pour avoir accepté de diriger ce travail. Qu'elle trouve ici, l'expression de nous profonde reconnaissance, nous immense gratitude et nous grand respect, pour tous ses efforts, son savoir, ses idées, sa grande disponibilité, sa confiance et ses encouragements.

Nos sincères remerciements vont à Monsieur FELLAHI Zine elAbidine professeur à l'Université de BBA, qui a fait preuve d'une grande patience et qui a été d'une grande aide dans la réalisation de ce travail.

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à ;

*Ma cher Maman ; qui par leur prière, leur
encouragement, et leur soutien*

*Toute ma famille surtout mes cousines Sabira, Dalel, et
Samia; Tous mes professeurs durant tous mes études La
promotion de master 2 amélioration des plantes de
l'année Universitaire 2017-2018 de Bordj Bouariridj; La
première promotion d'agronomie d'université
Mohamed El Bachir El Ibrahimy ; A mon amie
Wissame et son frère Abdelmalek.*

Amel

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A mes très chers parents:

*Affables, honorables, ils représentent pour moi le
symbole de la bonté par excellence, la source de
tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé
de m'encourager et de prier pour moi.*

A mes frères Abdelmaleke et Louay.

A ma sœur Amani et sa petite fille Iline.

Et à mes chères amies Amel, Loubna, Hala.

*Toute ma gratitude à mes collègues de promotion ainsi
qu'à d'autres étudiants.*

*A toutes les personnes que je connais et je n'ai pas
citées.*

Wissame

Sommaire

Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des annexes	
Introduction.....	01
Chapitre I : Revue Bibliographique	
I.1. Historique et origine.....	03
I.2. Classification Botanique.....	04
I.3. Morphologie et cycle biologique.....	04
I.4. Cycle de développement.....	05
I.5.Importance et production du blé dur.....	06
I.5.1. Dans le monde.....	08
I.5.2. En Algérie.....	09
I.6. Exigence pédoclimatiques de blé dur.....	9
I.6.1. Température.....	9
I.6.2. Eau.....	9
I.6.3. Lumière.....	9
I.6.4. Sol.....	9
II. Le stress.....	10
II.1. Définition de stress.....	10
II.2. Types de stress.....	10
II.2.1. Le stress abiotique.....	10
II.2.1.1. Le stress hydrique.....	10
II.2.1.2. Le stress thermique.....	10
II.2.1.3. Le stress salin.....	10
II.2.2. Le stress biotique.....	11

II.3. La salinité.....	11
II.3.1. Définition de la salinité.....	11
II.3.2. Importance de la salinité.....	11
II.4. Composantes de la salinité.....	12
II.4.1. Le stress osmotique.....	12
II.4.2. Le stress ionique.....	12
II.4.3. Le stress nutritionnel.....	13
II.4.4. Stress oxydatif.....	13
II.5. Effet de la salinité sur la plante.....	14
II.5.1. Effet de la salinité sur la germination et la levée.....	14
II.5.2. Effet de la salinité sur la morphologie de la plante.....	14
II.5.2.1. Effet de la salinité sur la L'architecture de la plante.....	14
II.5.2.2. Effet de la salinité sur la partie aérienne.....	15
II.5.2.3. Effet de la salinité sur la partie racinaire.....	15
II.5.3. Effet de la salinité sur la physiologie de la plante.....	15
II.5.3.1. Sur les échanges gazeux et la photosynthèse.....	15
II.5.3.2. Effet de la salinité sur la physiologie et la reproduction.....	16
II.5.4. Effet de la salinité sur le rendement agronomique.....	16
II.6.. Mécanisme de la tolérance des plantes à la salinité.....	17
II.6. 1. Exclusion des ions.....	17
II.6.2. Compartimentation.....	18
II.6.3. Ajustement osmotique.....	18
II.6.4.Régulation de la croissance.....	18
II.6.5. Le contrôle membranaire.....	19

Chapitre II: Matériel et Méthodes

I. Matériel végétal.....	20
--------------------------	----

II. Méthodologie du travail.....	21
II.1. Protocole expérimental.....	21
II.1.1. Conduit de l'essai.....	21
a. Désinfection des grains.....	21
b. Mise à germination.....	22
c. Préparation du sol.....	23
d. Application de stress.....	23
III. Principes des méthodes de mesure.....	24
III.1. Paramètres morphologique.....	24
a. Longueur des racines.....	24
b. Longueur de la partie aérienne.....	24
III.2. Paramètres physiologique.....	24
a. Taux de germination.....	24
b. La teneur relative en eau.....	25
c. L'intégrité cellulaire.....	25

Chapitre III : Résultats et discussions

I. L'effet de la salinité sur la germination des grains des deux génotypes étudiés.....	27
I.1. Taux de germination.....	28
I.2. Longueur et nombre des racines.....	30
I.3. Longueur des coléoptiles.....	31
II. L'effet de la salinité sur la germination des grains des deux génotypes étudiés (après l'apparition des radicules).....	33
II.1. Taux de germination.....	34
II.2. Longueur et nombre des racines.....	35
II.3. Longueur des coléoptiles.....	37
III. L'effet de la salinité sur le développement des deux génotypes étudiés.....	38
III.1. Longueur et nombre des racines.....	39

III.2. Longueur de la deuxième feuille.....	41
III.3. Teneur relative en eau.....	42
III.4. L'intégrité cellulaire.....	44
IV.Caractérisation des génotypes.....	46
Référence Bibliographique.....	49

Annexes

Résumé

LISTE DES FIGURES

Figure 01 : Morphologie des graminées (exemple du blé).....	05
Figure 02 : Le cycle de développement du blé	07
Figure 03 : Conséquences de stress sur la plante.....	17
Figure 04 : La sélection des meilleurs grains.....	21
Figure 05 : Placement des grains dans les boites pétries.....	22
Figure 06 : Mise en germination.....	22
Figure 07 : Plantation des plantules.....	23
Figure 08 : Longueur de la deuxième feuille.....	24
Figure 09 : Mesure de l'intégrité cellulaire.....	26
Figure 10 : Taux de germination des graines de Waha mises en germination sous différentes concentrations de NaCl.....	28
Figure 11 : Taux de germination des graines de Bousselem mises en germination sous différentes concentrations de NaCl.....	30
Figure 12 : Variation de la longueur de racine, des deux génotypes (Waha et Bousselem) de blé dur mises en germination sous différentes concentrations de NaCl.....	31
Figure 13 : Variation de nombre de ramification, des deux génotypes de blé dur mises en germination sous différentes concentrations de NaCl.....	33
Figure 14 : Variation de la longueur de coléoptile, de la variété Waha mises en germination sous différentes concentrations de NaCl.....	32
Figure 15 : Variation de la longueur de coléoptile de Bousselem mises en germination sous différentes concentrations de NaCl.....	32
Figure 16 : Taux de germination des graines de génotype Waha mises en germination sous différentes concentrations de NaCl.....	34
Figure 17 : Variation de la longueur des racines, des deux génotypes de blé dur mises en germination sous différentes concentrations de NaCl.....	34
Figure 18 : Variation de la longueur des racines, des deux génotypes de blé dur mises en germination sous différentes concentrations de NaCl.....	36
Figure 29 : Variation de nombre de ramification, des deux génotypes de blé dur, mises en germination sous différentes concentrations de NaCl.....	36
Figure 20 : Variation de la longueur de coléoptile, de genotype Waha de blé dur,	

mises en germination sous défférentes concentrations de NaCl.....	37
Figure 21: Variation de la longueur de coléoptile, de genotype Bousselem de blé dur, mises en germination sous défférentes concentrations de NaCl.....	39
Figure 22 : Variation de la longueur de racine, des deux génotypes de blé dur, mises en germination sous défférentes concentrations de NaCl.....	40
Figure 23 : Variation de nombre de ramification, des deux génotypes de blé dur, mises en germination sous défférentes concentrations de NaCl.....	40
Figure 24 : Variation de longueur de feuille, des deux génotypes de blé dur, mises en germination sous défférentes concentrations de NaCl.....	42
Figure 25 : variation de longueur de feuille, des deux génotypes de blé dur, mises en germination sous défférentes concentrations de NaCl.....	42
Figure 26 : Variation de teneur relatif en eau, des deux génotypes de blé dur, mises en germination sous différentes concentrations de NaCl.	43
Figure 27: Variation de l'intégrité cellulaire des feuilles, de deux génotype Waha de blé dur, mises en germination sous défférentes concentrations de NaCl.....	45
Figure 28: Variation de l'intégrité cellulaire des feuilles, de génotype Bousselem de blé dur, mises en germination sous défférentes concentrations de NaCl.....	45
Figure 29 : Valeurs moyennes, en pourcent de la valeur maximale, des paramètres mesurés chez deux variétés (Waha et Bousselem), sous stress de 7.5g/l	46
Figure 30: moyennes, en pourcent de la valeur maximale, des paramètres mesurés chez deux variétés (Waha et Bousselem), sous stress de 15g/l.....	46

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I: La production de blé et les principaux producteurs05.....	8
Tableau II: Bilan de blé dur en Algérie06	9
Tableau III: Nom et origine et caractéristiques du matériel végétal utilisé dans l'expérimentation.....	22
Tableau IV: les moyens des paramètres morphophysiologique (taux de germination(Tg), longueur des racines (Lr), nombre de ramification (Nbr de r), longueur de coléoptile (Lc)) au stress salin.....	29
Tableau V: Les moyens de l'analyse de la variance des caractères morphophysiologique des deux variétés sous différentes traitements de stress salin.	29
Tableau VI: les moyens des paramètres morphophysiologique (taux de germination(Tg), longueur des racines (Lr), nombre de ramification (Nbr de r), longueur de coléoptile (Lc)) au stress salin.....	35
Tableau VII: Les moyens de l'analyse de la variance des caractères morphophysiologique des deux variétés dans différentes traitement de stress salin...	35
Tableau VIII: Les moyens de l'analyse de la variance des caractères morphophysiologique des deux variétés sous différentes traitements de stress salin.	40
Tableau IX: Les moyens de l'analyse de la variance des caractères morphophysiologique des deux variétés dans différentes traitement de stress salin...	40

LISTE DES ABRIVIATIONS

S₁ : Stress de (7.5g/l) de NaCl.

S₂ : Stress de (15g/l) de NaCl.

IC: intégrité cellulaire

LF : Longueur de feuille

PF: Poids frais

PS: Poids sec

PT: Poids de turgescence

TRE: Teneur relative en eau

WH: Waha

FAO: Food and Agriculture Organization

J : Jours.

Mt : Million de tonne.

CE : Conductivité électrique

PH : Potentiel hydrique

ROS: Reactive oxygen speses

T : témoin

CV : coefficient de variation ;

NS : Non significatif

Lr : Longueur de racine

Lc : Longueur de coléoptile

Introduction

Les céréales constituent une part importante des ressources alimentaires de l'homme et de l'animal (Karakas et *al.*, 2011). Parmi ces céréales, le blé dur (*Triticum durum Desf*) 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 (Greenway et Munns, 1980 ; Bonjean et Picard, 1990).

Le blé dur représente environ 8% des superficies cultivées en blés dans le monde. De cette surface 70 % est localisée dans la région du bassin méditerranéen (Nachit, 1998).

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 754.1 Mt pour couvrir les besoins du marché national et alimenter les stocks pousse à faire un recours systématique aux importations (FAO, 2018).

Cette faiblesse de la production de blé en Algérie était souvent liée à des conditions environnementales défavorables qu'on peut dénommer « stress ». (Chaise et *al.*, 2005).

Le stress salin c'est une augmentation brutale de la concentration en sels qui conduit à un afflux plus élevé d'ion dans la cellule suite à la chute de la concentration du milieu externe, et à une perte d'eau par voie osmotique (Amane et *al.*, 1999). En fait le terme de stress salin s'applique surtout à un excès d'ions, on particulier, mais pas exclusivement, aux ions Na⁺ et Cl⁻ (Hopkins, 2003).

En région méditerranéenne, la salinité constitue une contrainte dans beaucoup de périmètres de grandes cultures où la qualité de l'eau joue un rôle majeur et où la recherche de plantes adaptées à des seuils élevés de salinité devient un impératif pour la production agricole. La sélection variétale, nécessite la connaissance des mécanismes responsables de la tolérance du végétal à la salinité. (Arbaoui et *al.*, 2000).

Les effets de la salinité se manifestent principalement par une diminution de la croissance de l'appareil végétatif, caractérisé par la faible ramification, le faible diamètre des organes, le nombre réduit des nœuds et les réductions du nombre de feuilles et de la longueur de la tige et par conséquent l'augmentation du rapport racine/tige. Une baisse des poids de matières fraîche et sèche est aussi démontrée (Rush et *al.*, 1981).

Introduction

D'une façon générale, la tolérance au sel n'est pas constante pour une même espèce ou génotypes. Elle peut changer en fonction de l'espèce, du génotype, de l'âge et de l'état physiologique de l'organe. A titre d'exemple, l'orge et le blé sont particulièrement résistants à la salinité après la germination (Elmekkaoui, 1990).

Dans cette perspective, notre travail consiste à étudier l'influence de la salinité sur la germination et la croissance de blé dur (*Triticum durum* desf).

En générale, cette recherche est divisée en trois parties distinguées :

- La première partie est consacrée à une synthèse bibliographique concernant le thème de travail, en l'occurrence la bibliographie de l'espèce étudiée et la salinité.
- La deuxième partie est réservée à une étude expérimentale comporte la présentation des différentes méthodes de travail utilisée pour étudier l'effet de la salinité sur la germination et la croissance de blé dur.
- La troisième partie présente les réponses de différents paramètres mopho-physiologique des deux variétés (Waha et Bousselam) vis-à-vis de la salinité et l'interprétation de ces résultats.

I. Revue Bibliographique

I.1. Historique et origine

Le blé est l'une des premières espèces cultivées par l'homme. Depuis plus de 7000 à 10000 ans le blé occupe le croissant fertile, zone couvrant la Palestine, la Syrie, l'Irak et une grande partie de l'Iran (Croston et Williams, 1981). Des vestiges de blés, diploïdes et tétraploïdes, remontant au VII^{ème} millénaire avant J.C ont été découverts sur des sites archéologiques au Proche Orient (Harlan, 1975).

Le blé dur espèce connue depuis la plus haute antiquité, appartient au groupe des tétraploïdes, du genre *Triticum* qui comprend de nombreuses espèces. Le blé (*Triticum*), le riz (*Oriza L.*) et le maïs (*Zea mays L.*) constituent la base alimentaire des populations du globe et semblent avoir une origine commune : issues d'une même espèce ancestrale qui aurait contenu tous les gènes dispersés chez les trois espèces actuelles (Yves et De Buyser, 2000).

Selon Mackey, (1968), l'origine génétique du blé dur remonte au croisement entre deux espèces ancestrales *Triticum monococcum* et une graminée sauvage du nom d'*Aegilops spelloïdes*. Le blé dur (*Triticum durum*) appelé ainsi en raison de la dureté de son grain, possède $2n=4x=28$ chromosomes. D'après Feillet (2000), le croisement naturel de *Triticum monococcum*(porteur du génome A) \times *Aegilops spelloïdes*(porteur du génome B) a permis l'apparition d'un blé dur sauvage de type AABB (*Triticum turgidum ssp.dicoccoïdes*) qui a ensuite progressivement évolué vers *Triticum turgidum ssp.dicoccum* puis vers *Triticum durum*(blé dur cultivé).

La culture de blé dur (*Triticum durum Desf.*) est loin d'être une plante nouvelle. En effet, l'origine du blé cultivé se confond avec l'origine de l'agriculture. Il a été rapporté que le blé dur est probablement apparu dès le Néolithique à partir de dicoccum, dès le 7^{ème} millénaire av. J.-C. à Can Hasan III (Turquie) et Tell Aswad (Syrie), puis en proportions croissantes à la fin du néolithique, et au 5^{ème} millénaire en Grèce et dans l'ouest de la Méditerranée. (Valdeyron, 1961) a mentionnée que l'origine géographique des blés est un des points les plus discutés ; à ce sujet plusieurs théorie et hypothèses ont été émises.

En effet selon Laumont et Erroux. (1961), les recherches effectuées depuis fort longtemps sur le centre d'origine des blés ; basées sur des arguments archéologiques et phylogénétiques, permettant d'admettre que les trois groupes d'espèces du genre *Triticum*

aurait trois centres d'origine distincts. Selon Vavilov (Cite par Auriou, 1967 et Moule, 1980) ces groupes sont repartis comme suit : le groupes des Diploïdes ; dont le centre d'origine est le foyer Syrien et le nord Palistinien. Le groupes des Tétraploïdes: ayant comme centre d'origine l'Abyssinie, et finalement le groupes des Hexaploïdes, dont le centre d'origine est le foyer Afghano-Indien. Cependant, (Grignac, 1978), a rapporté que le Moyen Orient ou coexistent, les deux espèces parentales et où l'on a retrouvé de nombreuses forme de blé dur, serait le centre géographique.

A partir de cette zone d'origine, l'espèce s'est différenciée dans trois centre : le bassin occidental, la méditerranée, le sud de l'ex URSS et le Proche Orient. L'Afrique du nord est considérée comme un centre secondaire de diversification de l'espèce (Bensemra, 1990).

I.2. Classification Botanique

Selon Feillet (2000) le blé appartient à:

- Embranchement : Spermaphytes.
- Sous-embranchement : Angiosperme.
- Classe : Monocotylédones.
- Ordre : Poales.
- Sous ordre : Comméliniflorale.
- Famille : Graminacéae ou Poacéae.
- Genre : *Triticum L.*
- Espèce: *Triticum durum* Desf.

I.3. Morphologie et cycle biologique

La culture de blé dur est une graminée annuelle de hauteur moyenne caractérisée par un limbe des feuilles de forme aplati. L'inflorescence en épi terminal est composée de fleurs parfaites. Selon (Soltner, 1998), le système racinaire comprend des racines séminales produites par la plantule durant la levée, ainsi que des racines adventives qui constituent le système racinaire permanent (figure 1), (Bozzini, 1988). Le blé dur est caractérisé par une tige cylindrique, creuse et subdivisée en entrenœuds. Le chaume (talles) se forme à partir de bourgeons axillaires aux nœuds à la base de la tige principale (Bozzini, 1988). Les feuilles de blé dur sont composées 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 (oreillettes) (Bozzini, 1988).

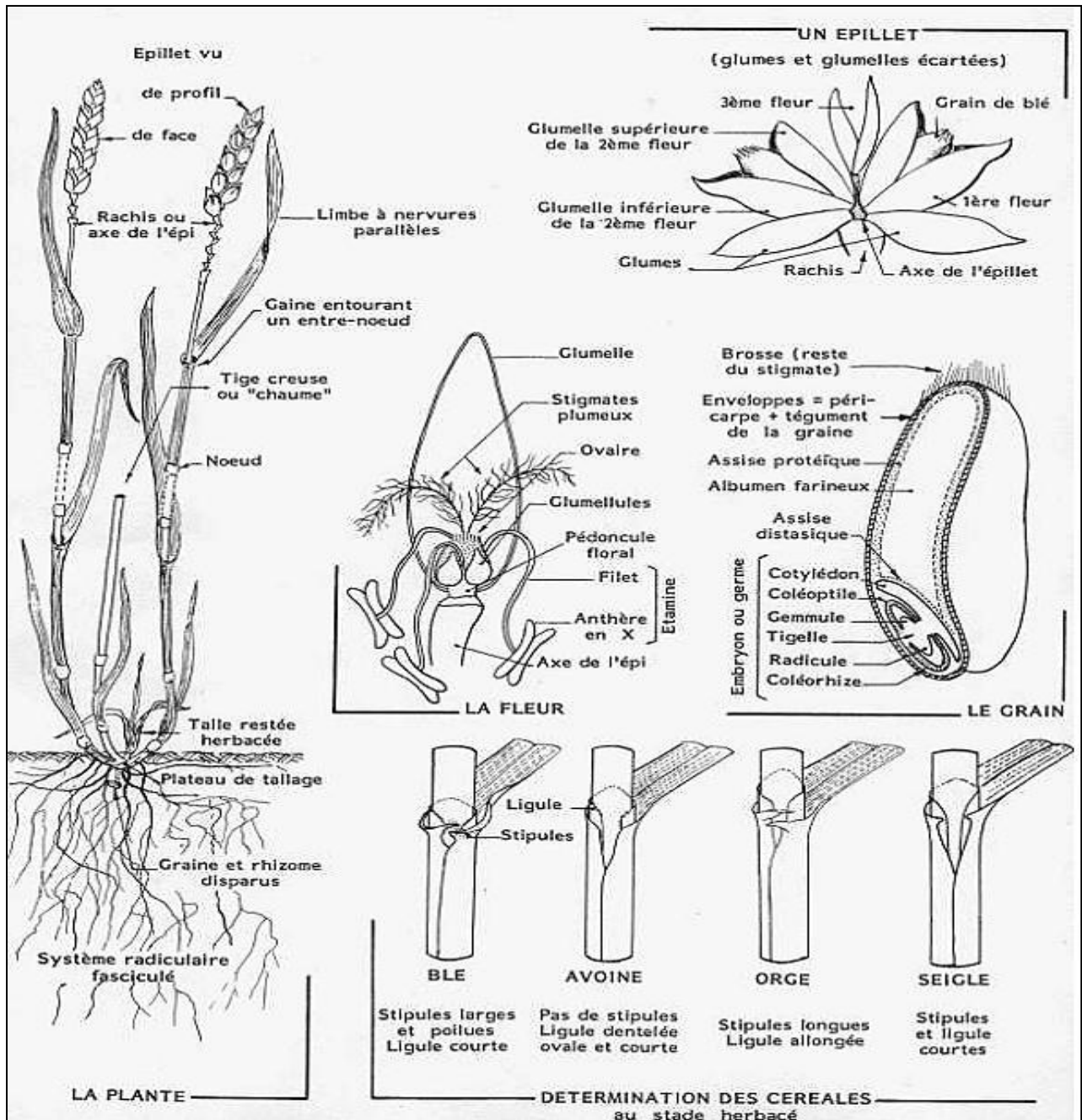


Figure 01 : Morphologie des graminées (exemple du blé) (Soltner, 1998).

L'inflorescence du blé dur est un épi muni d'un rachis portant des épillets séparés par de courts entrenœuds (Soltner, 1998). Chaque épillet compte deux glumes (bractées) renfermant de deux à cinq fleurs distiques sur une rachéole. Chaque fleur parfaite est renfermée dans des structures semblables à des bractées, soit la glumelle inférieure (lemma ou lemme) et la glumelle supérieure (paléa). Chacune compte trois étamines à anthères biloculaires, ainsi qu'un pistil à deux styles à stigmates plumeux. À maturité, le grain de pollen fusiforme contient habituellement trois noyaux. Chaque fleur peut produire un fruit à une seule graine,

soit le caryopse (Bozzini, 1988). Chaque graine contient un large endosperme et un embryon aplati situé à l'apex de la graine et à proximité de la base de la fleur (Soltner, 1998).

I.4. Cycle de développement

Selon Robert (1993), le cycle des céréales comporte les stades suivants (figure 2)

a. Semis-levée

- ❖ Cette période correspond à la mise en place du nombre de pieds/m². La plante forme des ébauches des futures feuilles.
- ❖ Levée : apparition de la première feuille qui traversent la coléoptile (qui est une gaine enveloppant la première feuille)
- ❖ 2-3 feuilles : ce stade est caractérisé par le nombre de feuilles de la plantule.

b. Le tallage

- ❖ Stade début tallage: lorsque la plante possède quatre feuilles, une nouvelle tige (la talle primaire) apparaît à l'aisselle de la feuille la plus âgée. C'est le stade appelé également <<double ride>> dans lequel le bourgeon végétatif évolue en bourgeon floral. Aussi les ébauches des futurs épillets apparaissent à l'aisselle des ébauches de feuilles constituant une succession verticale en double ride.
- ❖ Stade plein tallage: les talles apparaissent successivement; talles primaires des deuxièmes et troisièmes feuilles et puis talles secondaires à l'aisselle des feuilles des talles primaires. Des ébauches d'épillets se forment pendant le tallage, alors que les ébauches de feuilles régressent.

c. La montaison

- ❖ Stade épi 1cm: c'est la fin du tallage herbacé, marqué par l'élongation des entrenœuds la tige principale. Au niveau des futurs épillets, on peut observer la formation des ébauches de glumes.
- ❖ Stade 1 à 2 nœuds: le premier, puis le second entre - nœud de la tige principale s'allonge. Au cours de cette période, se succèdent deux stades au niveau de l'épi.
- ❖ Le premier stade, correspondant à la formation des glumelles et le deuxième correspondant à la différenciation de l'épillet terminal. Ce dernier indique que le nombre d'épillets est définitif, et alors s'initie la phase de formation des fleurs.
- ❖ Stade méiose mâle: à ce stade, l'épi gonfle et la gaine de la dernière feuille ainsi que les grains de pollen se différencient dans les anthères. C'est une période particulièrement importante dans l'élaboration du nombre de grains.

d. L'épiaison

Ce stade recouvre la période des épis, depuis l'apparition on des premiers épis jusqu'à la sortie complète de tous les épis hors de la gaine de la dernière feuille.

e. La floraison

C'est l'apparition des étamines hors des épillets. A ce stade, la croissance des tiges est terminée, la fécondation a déjà eu lieu et le nombre de grains maximum est donc fixé.

f. Le remplissage du grain

- ❖ Stade grain laiteux: les enveloppes du grain sont formées. La taille potentielle du grain est déterminée.
- ❖ Stade grain pâteux: le poids de 1000 grains est acquis par suite du remplissage des enveloppes.
- ❖ Grain mûr: Obtenu après la dessiccation du grain entre stade laiteux et pâteux. La quantité d'eau continue dans le grain est stable.

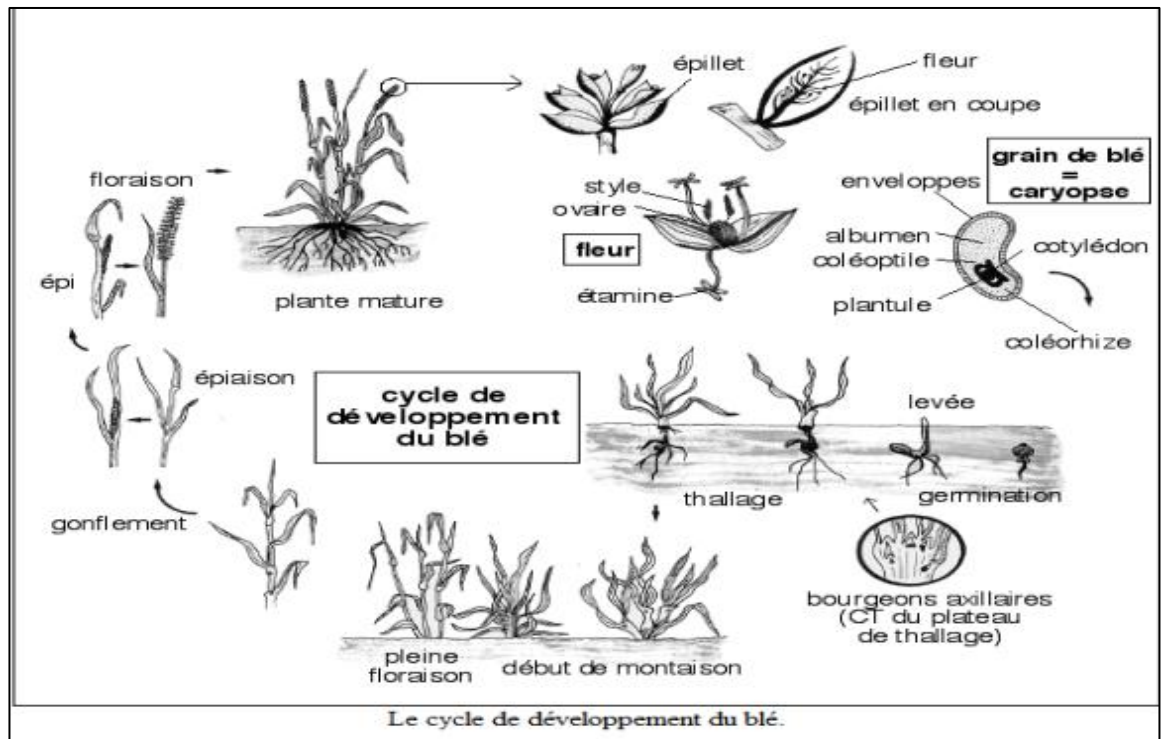


Figure 02: Le cycle de développement du blé (Soltner, 2005).

I.5. Importance et production du blé dur

I.5.1 Dans le monde

La culture des blés est pratiquée par tous les peuples du monde. Les rendements moyens de céréales sont ainsi passés de 1,3 à 3,5t/ha au niveau mondial entre 1969 et 2009. Les rendements du blé peuvent aujourd'hui atteindre jusqu'à 10 tonnes à l'hectare pour l'agriculture intensive (moyenne mondiale: 3 t/ha) (Destrait et Defense., 2011). Leur production mondiale a atteint 695,7Mt en 2011-2012 (source USDA).

Cinq pays où régions assurent les deux tiers de la production mondiale. L'Union européenne, la Chine, l'Inde, les Etats-Unis et la Russie ont ainsi produit en moyenne 397 millions de tonnes de blé au cours de la période 2003-2007. Aux côtés de ces grands producteurs on trouve une série de 8 pays dont la production se situe généralement entre 10 et 30 millions de tonnes et qui ne représentent ensemble pas loin du quart (23%) de la production mondiale de blé chaque année: le Canada, le Pakistan, l'Australie, la Turquie, l'Argentine, l'Iran, l'Ukraine et le Kazakhstan. Ces deux groupes de pays fournissent ensemble environ 93% de la production mondiale de blé.

Si l'offre de blé sur le marché mondial se concentre sur un nombre relativement faible de pays exportateurs, la demande émane d'un nombre de pays beaucoup plus large. On distingue néanmoins une quinzaine de pays important chacun au moins 2 millions de tonnes par an et représentant environ la moitié des importations mondiales de blé. Parmi eux on distingue 6 importateurs majeurs dont les volumes d'importation dépassent les 5 millions de tonnes annuels: l'Egypte, l'Union européenne, le Brésil, le Japon l'Algérie et l'Indonésie..

I.5.2 En Algérie

En Algérie, la culture de blé dur (*Triticum durum*, Desf.) est une activité ancestrale. Elle se pratique sur une large étendue qui va du subhumide à l'aride supérieur et occupe presque, de moitié les emblavures annuelles en céréales. Pour l'année 2012, les emblavements, en blé dur ont atteint 1,34 million d'hectares pour une production moyenne de 24 million de quintaux soit un rendement moyen de 18 q/h, et qui reste très inférieur au rendement moyen de l'Union Européenne qui est de 29 q/h pour la même année (Madr, 2012).

I.6. Exigences pédoclimatiques du blé dur

I.6.1. Température

A chaque phase du cycle végétatif du blé, la température reste un facteur qui conditionne la physiologie du blé, à une température de zéro 0°C la germination est bloquée et la phase de croissance nécessite 15 à 25°C. L'aptitude à la montaison est aussi déterminée par les températures et la durée du jour (Zane, 1993 in Bebba, 2011).

Les exigences globale, en température sont assez importantes et varient entre 1800 et 2400°C selon les variétés. De même la température agit sur la vitesse de croissance, elle ne modifie pas les potentialités génétiques de croissance, c'est la somme de température qui agit dans l'expression de ces potentialités. Chaque stade de développement du blé nécessite des températures particulières (Balaid, 1986 in Bebba, 2011).

I.6.2. Eau

Le blé exige une humidité permanente durant tout le cycle de développement, l'eau est demandée en quantité variable. Les besoins en eau sont estimés à environ 800 mm. (Soltner, 1988 in Bebba, 2011).

En zone aride, les besoins sont plus importants au vu des conditions climatiques défavorables. C'est de la phase épi 1cm à la floraison que les besoins en eau sont le plus important. La période critique en eau se situe 20 J avant l'épiaison jusqu'à 30 à 35 J après la floraison (Loue, 1982 in Bebba, 2011).

I.6.3. Lumière

La lumière est le facteur qui agit directement sur le bon fonctionnement de la photosynthèse et le comportement de blé. Un bon tallage est garanti, si le blé est placé dans les conditions optimale d'éclairements (Bebba, 2011).

I.6.4. Sol

Le blé dur apprécie les sols limoneux, argileux calcaires ou les sols argileux siliceux profonds, il a besoin d'un sol sain, se ressuyant bien en hiver et à bon pouvoir absorbant. En terre peu profond, il y a risque de sécheresse en période critique (phase de palier hydrique).

Du point de vue caractéristique chimique, le blé dur est sensible à la salinité, un PH de 6,5 à 7,5 semble indiqué puisqu'il favorise l'assimilation ce qui entrave la croissance et en particulier celle des racines (Maachi, 2005).

II. Le stress

II.1. Définition du stress

Un stress est l'ensemble des perturbations biologiques provoquées par une agression quelconque sur un organisme. Selon Levitt (1980), c'est un facteur de l'environnement induisant une contrainte potentiellement néfaste sur un organisme vivant.

La notion du stress biologique est le changement plus ou moins brusque par rapport aux conditions normales de la plante ou de l'animal, et la réaction sensible de l'individu dans les différents aspects de sa physiologie laquelle change sensiblement avec l'adaptation à la nouvelle situation à la limite de dégradation menant à une issue fatale (Leclerc, 1999)

Les dommages causés par le stress salin à long terme est surtout le déséquilibre ionique et la toxicité provoqués par le Na⁺ plutôt que l'effet du sel sur le potentiel hydrique réduisant la disponibilité en eau (Munns, 2002 in Belkheiri, 2007).

II.2. Types de stress

On peut distinguer deux types du stress dans la nature :

II.2.1. Le stress abiotique

il est dû principalement à des facteurs environnementaux comme la sécheresse, les températures extrêmes, l'excès d'eau (asphyxie racinaire), la salinité...

On peut citer quelques types des stress abiotiques qui peuvent affecter les végétaux :

II.2.1.1. Le stress hydrique

Provoqué par un déficit en eau constituant un menace permanent pour la survie des plantes, néanmoins, beaucoup d'entre elles produisent des modifications morphologiques et physiologiques qui leurs permettent de survivre dans les régions de faible pluviosité et dont la teneur en eau des sols est peu élevée (Hopkins, 2003).

II.2.1.2. Le stress thermique

Provoqué par la température, c'est l'un des facteurs les plus limitant et qui conditionne la production et la croissance des plantes.

II.2.1.3. Le stress salin

Le stress salin est défini comme une concentration excessive en sel. Le terme stress salin s'applique surtout à un excès des ions, en particulier Na⁺ et Cl⁻ (Hopkins, 2003).

II.2.2. Le stress biotique

Il est dû à une agression par un autre organisme : insectes, animal, ... Etc.

II.3. La salinité

II.3.1. Définition de la salinité

La salinité est définie selon plusieurs chercheurs comme la présence d'une concentration excessive de sels solubles dans le sol ou dans l'eau d'irrigation (Baiz, 2000 et Maatougui, 2001). C'est un facteur environnemental très important qui limite la croissance et la productivité (Allakhverdiev et *al.*, 2000 in Bouzid, 2010).

La salinité élevée des sols due essentiellement au chlorure de sodium affecte le tiers des terres irriguées à l'échelle mondiale et constitue un facteur limitant prépondérant de la production végétale dans les zones arides (Hasegawa et *al.*, 1986 in: Ndeye Thioro, 2000).

II.3.2. Importance de la salinité

La teneur en sels est seul plus important critère pour évaluer la qualité de l'eau d'irrigation. Cette teneur peut être exprimée en termes de conductivité électrique ou en ppm ou meq/l. La concentration totale est plus importante car la plupart des cultures répondent à la concentration ionique totale du milieu de croissance (effet osmotique) plutôt qu'à un ion spécifique. Généralement, une augmentation de la teneur en sels dans l'eau d'irrigation résultera dans une augmentation de la salinité de la solution du sol (Kherfiw et Brahim I; 2011).

La vitesse et le degré de cette augmentation dépendront de: Lessivage c'est-dire la quantité d'eau apportée par irrigation ou par des pluies en des besoins de la culture et l'efficacité du lessivage.

La composition ionique l'eau d'irrigation et la tendance de quelques ion ; tels que à précipitations après l'extraction de l'eau du sol. Propriété physiques du sol tels que l'infiltration; les caractéristiques hydriques et le drainage. (Antipolis, 2003). La salinité peut, suivant le dose à la quelle, elle avoir effet stimulateur distincts sur la croissance et le développement de la plante, cette effet stimulateur a été montré par Rudolfs in Bidai (2005). La salinité à des effets bénéfiques sur la germination et la croissance de quelques espèces à des niveaux très faible (bien que non quantifiés par les auteurs) de NaSo₄, Na Cl, MgSo₄ et NaCo₃ (Menacer, 2007) in (Beddiar S, Ben Kachrouda R ; 2013).

II.4. Composantes de la salinité : Les composantes de la salinité sont : les stress osmotique, ionique, nutritionnel et oxydatif.

II.4.1. Le stress osmotique

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

II.4.2. Stress ionique

Il est lié à la composition en éléments du sol (carences ou toxicité en certains ions) : un déficit en N, P, MO, Cu, Zn, Fe, B,... peut avoir des conséquences importantes sur le développement des plantes. Un excès de minéraux AL, Na, Cl,... peut avoir des effets toxiques (Monneveux et This, 1997).

Par titre des concentrations excessives de Cl^- d'ions dans la solution du sol peuvent causer peuvent provoquer une brûlure des extrémités des feuilles et un jaunissement prématuré de celles-ci. Cependant, les symptômes de toxicités typiques aux ions sodium Na^{2+} sont des brûlures de feuilles, le dessèchement et la mort des tissus sur les bords externes des feuilles, contrairement aux symptômes causés par des ions Cl^- qui apparaissent normalement à l'extrême pointe des feuilles (Maillard, 2001).

Selon Chinnusamy et *al.*, (2004) l'accumulation des ions toxiques Na^+ et Cl^- au niveau du mésophylle des feuilles, affecte la croissance et le métabolisme de la plante où le sel endommage les structures lipidiques et protéiques des membranes plasmiques. Ainsi la présence de ces ions perturbent l'activité enzymatique cellulaire principalement dans les tissus photosynthétiques Hasegawa et *al.*, (2000).

Chinnusamy et *al.*, (2004) voient que la toxicité ionique peut être le résultat du remplacement de K^+ par Na^+ au niveau des sites actifs de protéines induisant aussi un changement des structure protéiques et enzymatiques.

II.4.3. Stress nutritionnel

Selon (Snoussi et Halitim 1998), certains sels peuvent affecter la balance nutritionnelle chez les plantes s'ils sont présents en concentration excessive ou en proportion anormale. La présence excessive d'ions sodique, chlorique et borique peut provoquer une augmentation du pH du sol, ce qui a un effet indirect sur l'impossibilité d'absorption des ions ferreux, phosphate, zinc et manganèse indispensable pour la croissance des plantes (Maillard, 2001).

Des concentrations salines trop fortes dans le milieu provoquent une altération de la nutrition minérale des plantes (Levigneron et *al.*, 1995 in Haouala et *al.*, 2007). D'après Haouala et *al.*, (2007) l'accumulation des ions Na^+ dans la plante limite l'absorption des cations indispensables tels que K^+ et Ca^{2+} . Il y aurait une compétition entre Na^+ et Ca^{2+} pour les mêmes sites de fixation apoplasmique. Ainsi ; l'augmentation de la concentration en Na^+ s'accompagne d'une réduction de la concentration en Mg, K, N, P et Ça dans la plante. Ce déséquilibre nutritionnel est une cause possible des réductions de croissance en présence de sels lorsque des ions essentiels comme K^+ , Ca^{2+} ou NO^{3-} deviennent limitant (Haouala et *al.*, 2007).

Selon Tester et Davenport(2003)in Jabnoue, (2008) les effets osmotiques du stress salin peuvent également limiter la croissance des racines, ce qui limite les possibilités d'absorption des éléments nutritifs du sol.

II.4.4. Stress oxydatif

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

II.5. Effet de la salinité sur la plante

La salinité constitue un facteur limitant non négligeable pour l'agriculture mondiale (Hillel, 2000). L'effet de la salinité se manifeste généralement chez la plupart des plantes cultivées par une réduction de la croissance et le développement (Munns et *al.*, 1983). Cet effet néfaste se traduit par des changements morphologiques, physiologiques, biochimiques et moléculaires qui affecte négativement la croissance et la productivité végétale (Ashraf et Harris, 2004).

II.5.1. Effet de la salinité sur la germination et la levée

La germination est régulée par des caractéristiques génotypiques mais aussi par les conditions environnementales et, en particulier, par la disponibilité de l'eau dans le sol (Sharma, 1973, Gutterman, 1993 in Ndour et Danthu, 2000). Selon Maillard (2001), et (Abdelly, 2006), la plupart des plantes sont plus sensibles à la salinité durant leurs phases de germination et de levée dont l'effet nocif est de nature osmotique ou bien toxique.

Selon Karmous (2007), elle agit également sur la germination en ralentissant sa vitesse, ce qui expose plus les semences aux risques. il a été démontré que la salinité inhibe la germination par son effet osmotique où elle affecte tous les processus de germination suite à la baisse du potentiel hydrique autour des graines, ce qui rend l'eau inaccessible à cette dernière pour la réhydratation et la reprise de la vie active de l'embryon (Maas et Poss, 1989).

La réduction du potentiel osmotique de la solution du sol empêche l'imbibition de la graine suite à une diminution des activités enzymatiques et une forte absorption de Na⁺ par rapport à K⁺, ce qui conduit à une toxicité embryonnaire et un retard dans les processus métaboliques (Hsiao et *al.*, 1976 ; Oertli, 1976 in Adel et Bader, 2002).

II.5.2. Effet de la salinité sur la morphologie de la plante

Il existe 3 effets de la salinité sur la morphologie de la plante.

II.5.2.1. Effet de la salinité sur l'architecture de la plante

L'architecture de la plante est profondément modifiée sous un stress osmotique, même très modéré et ne présentant pas de symptômes flagrants. Par exemple, chez des dicotylédones comme le pois ou la vigne, le nombre de ramifications et le nombre d'organes élémentaires (phytomères) de la tige sont drastiquement réduits. Il en va de même chez les graminées, où le nombre de talles est réduit en cas d'un stress osmotique.

II.5.2.2. Effet de la salinité sur la partie aérienne

D'après Munns et Rawson (1999), Maas et Poss (1989), l'effet de la salinité se traduit généralement par une réduction de la croissance végétative (réduction de la hauteur, nombre de talles et de feuilles) qui est en fonction de la division et l'élongation cellulaire. Elle retarde la croissance des pousses qui sont plus sensibles aux sels que les racines mais elle pousse prématurément la plante vers la maturité.

II.5.2.3. Effet de la salinité sur la partie racinaire

La salinité affecte en particulier la croissance des racines des plantes Läubli et Epstein, (1990), Bayuelo et *al.*, (2002) ont montré qu'elle augmente le rapport PR/PA. En effet, les plantes maintiennent une croissance racinaire relativement importante sous forte contrainte saline, l'augmentation du rapport PR/PA qui s'ensuit semble être associée à une augmentation de leur tolérance au sel. Kafkai (1991), suggère que sous contrainte saline, la plante dépense plus d'énergie photosynthétique pour maintenir un statut hydrique élevé et pour la production de racines en vue de la recherche d'eau et/ou la réduction de la perte d'eau. Dans ces conditions, il semble que l'arrêt de la croissance foliaire soit déclenché par des signaux hormonaux (Munns, 2002) et qu'une part importante des photosynthétats soit alors réallouée à la croissance racinaire. C'est l'une des réponses anatomiques clés aux stress osmotiques chez de nombreuses espèces, dont le caractère adaptatif apparaît évident puisqu'une augmentation du ratio masse des racines/masse de la canopée maximise la surface d'absorption de l'eau en diminuant la surface d'évaporation (Munns, 2002).

II.5.3. Effet de la salinité sur la physiologie de la plante

L'effet de la salinité sur la physiologie de la plante se fait sur deux paramètres : sur les échanges gazeux et la photosynthèse, et sur la reproduction.

II.5.3.1. Sur les échanges gazeux et la photosynthèse

D'après Alem et *al.*, (2002) la salinité affecte l'activité physiologique de la feuille, et plus particulièrement la photosynthèse, qui présente la cause principale de la réduction de la productivité végétale. Selon Munns (2008), la réduction de la photosynthèse est liée à la diminution du potentiel hydrique foliaire, qui est à l'origine de la fermeture des stomates (Price et Hendry, 1991 ; Allen, 1995), qui cause la réduction de la conductance stomatique (Orcutt et Nilsen, 2000). La diffusion du CO₂ à l'intérieur des stomates devient alors limitée et sa fixation au niveau des chloroplastes diminue par conséquent la régénération du RuBP (Ribulose Biphosphate) devient limitée.

II.5.3.2. Effet de la salinité sur la physiologie de la reproduction

Selon (Hu et *al.*, 2005) la salinité réduit le taux de croissance de la plante et ses organes reproducteurs. Ils ont étudié l'effet de la salinité sur la physiologie de la reproduction, ils ont constaté que le nombre du pollen dans deux différents types de cultivars de l'orge a été réduit de 24 à 37%. Des études réalisées par (Munns et Rawson 1999), sur l'effet de l'accumulation du sel dans le méristème de l'orge sur la reproduction et le développement, montrent que les courtes périodes de stress salin pendant l'organogenèse peuvent avoir des conséquences irréversibles sur la fertilité de l'épi, elle provoque l'avortement des ovaires.

II.5.4. Effet de la salinité sur le rendement agronomique

Les composantes du rendement tels que le nombre de talles par plante, les nombres d'épis, le nombre d'épillets par épi et le poids du grain, sont élaborés de façon séquentielle dans le temps. Munns et Rawson (1999) ont montré que tous les paramètres de rendement subissent une réduction sous l'action de la salinité et que, plus la salinité est élevée plus le rendement est réduit.

Lorsque l'orge est soumis à un stress salin au cours de l'épiaison ou la différenciation de l'épi, le nombre d'épillets par épi est réduit ainsi que le nombre des grains. ainsi ils ont montré que la salinité a un effet néfaste sur la remobilisation des réserves au cours de la phase de remplissage des grains. La salinité diminue le rendement plus souvent en réduisant le nombre de pointes portant les épillets, le poids de l'épi et le poids de 1000 graines (Munns et Rawson, 1999).

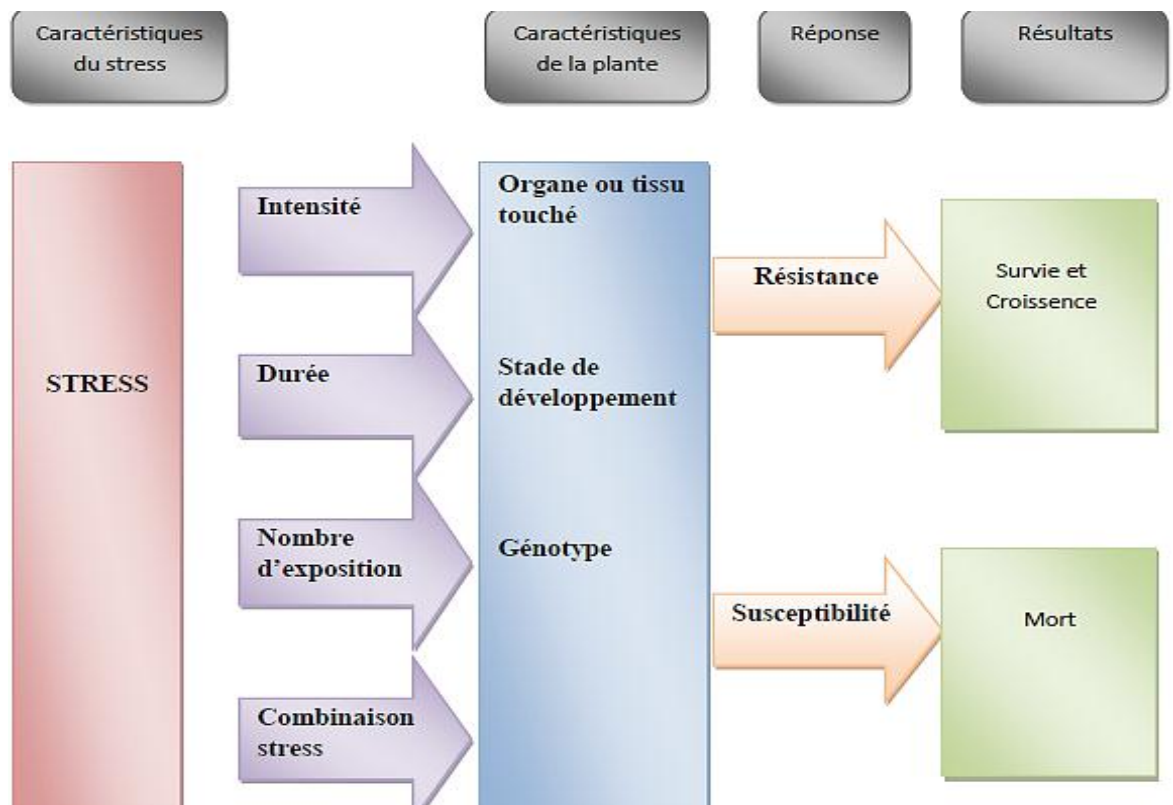


Figure 03: Conséquence de stress sur la plante , modifier de (Nilsen, 1996).

II.6. Mécanismes de la tolérance des plantes à la salinité

II.6.1. Exclusion des ions

Selon (Sentenac et Berthomieu 2003), la plante empêche le sel de remonter jusqu'aux feuilles. Une première barrière existe au niveau de l'endoderme, couche interne de cellules de la racine. Cependant, cette barrière peut être interrompue, en particulier lors de l'émergence des ramifications de la racine. D'autres mécanismes limitent le passage de sel des racines vers les feuilles mais les gènes qui les gouvernent sont encore largement inconnus. IL est aussi indiqué que la capacité d'exclusion de (Na⁺) et / ou (Cl⁻) des tiges est bien corrélée au degré de tolérance au sel. Le maintien d'une faible concentration de (Na⁺) dans les feuilles peut être dû à un mécanisme d'exclusion qui provoque une accumulation de (Na⁺) dans les racines, évitant une translocation excessive aux tiges; mais, il peut être aussi lié à une mobilité élevée de cet élément dans le phloème. Cependant, certaines mesures physiologiques concordent pour suggérer l'existence d'une expulsion active du sodium cytoplasmique vers l'apoplasme ou vers la vacuole, protégeant ainsi les équipements enzymatiques du cytoplasme dans les organes aériens (Greenway et Munns, 1980).

II.6.2. Compartimentation

Un organisme peut difficilement exclure totalement le Na⁺ de ses tissus. Chez les plantes, une des stratégies de tolérance à la salinité les plus connues est la compartimentation des ions (Na⁺, Cl⁻) en excès dans les tissus. Cette redistribution contrôlée se fait essentiellement dans les vacuoles (Niu et *al.*, 1995) et éventuellement à l'échelle de la plante entière, dans les organes les plus vieux ou les moins sensibles (Cheeman, 1988 Munns, 1993). Pour être contrôlé, le déplacement des ions au travers des membranes implique un transport actif, consommateur d'énergie, qui utilise différents transporteurs (en densité variable) à la surface des membranes cellulaires (Orcutt et Nelen, 2000 ; Tyrman *et al.*, Skerret, 1999). Une fois vacuolisé, le Na⁺ en excès contribue à l'ajustement osmotique sans altérer les processus métabolique (Levitt, 1980 ; Yeo, 1983, 1998).

II.6.3. Ajustement osmotique

Selon (El Midaoui et *al.*, 2007) l'un des principaux caractères physiologiques de tolérance aux contraintes du milieu est l'ajustement osmotique. Celui-ci est réalisé grâce à une accumulation de composés osmorégulateurs qui peuvent être des ions tels que les K⁺, Na⁺ et Cl⁻ ou des composés organiques tels les sucres solubles (fructose, glucose, tréhalose, raffinose, fructanes) et certains amino-acides (proline, glycine bêtaïne, β-alaninebêtaïne, prolinebêtaïne) conduisant à une réduction du potentiel osmotique permettant ainsi le maintien du potentiel de turgescence. L'accumulation de ces composés a été mise en évidence chez plusieurs espèces végétales soumises à la contrainte saline. Elle varie dans de larges proportions suivant l'espèce, le stade de développement et le degré de la salinité. Les différences d'accumulation des solutés (Acides aminés libres, proline et sucres solubles totaux) entre les plantes témoins et les plantes soumises au stress salin sont très importantes. Ce phénomène permet le maintien de nombreuses fonctions physiologique (photosynthèse, transpiration, croissance...) et peut intervenir à tous les stades du développement du végétal. Il permet une protection des membranes et des systèmes enzymatiques surtout dans les organes jeunes, la proline semblant jouer un rôle dans le maintien des pressions cytosolvacuole et de régulation du pH (Hassani et *al.*, 2008).

II.6.4. Régulation de la croissance

Ils ont été démontré que les réponses physiologiques à divers stress tels que la sécheresse ou la salinité, ont des caractéristiques similaires. Ils provoquent toute une augmentation de la concentration en ABA dans la partie aérienne ou une réduction de concentrations en cytokinine (Itai, 1999). D'après (Zhu 2001), la réduction de la croissance est une capacité

adaptative nécessaire à la survie d'une plante exposée à un stress abiotique. En effet ce retard de développement permet à la plante d'accumuler de l'énergie et des ressources pour limiter les effets du stress avant que le déséquilibre entre l'intérieur et l'extérieur de l'organisme n'augmente jusqu'à un seuil où les dommages sont irréversibles. Pour illustrer cette tendance, dans la nature, la croissance est inversement corrélée à la résistance au stress salin d'une espèce ou variété (Zhu, 2001). En plus du contrôle de la croissance par les signaux hormonaux, la réduction de la croissance résulte de la dépense de ressources dans les stratégies d'adaptation.

II.6.5. Le contrôle membranaire

L'adaptation au stress salin se met en place également au niveau des membranes cellulaires (membrane plasmique, tonoplaste). La modification qualitative et quantitative des aquaporines (protéines trans-membranaires) est par exemple un processus capable de modifier la conductivité hydrique de la plante et de favoriser de restreindre les mouvements d'eau (Yeo, 1998). En termes de transport ionique, la stratégie de résistance à la salinité est qualitative et quantitative. La sélectivité des ions à l'entrée constitue la composante qualitative qui se définit à partir des différents transporteurs membranaires récents (antiports Na^+/H^+). Dans la diffusion facilitée comme dans le transport actif, les protéines membranaires peuvent être très spécifiques de certains solutés. Néanmoins, plusieurs solutés peuvent entrer en compétition pour une même protéine de transport (Na^+ et K^+). D'un point de vue quantitative, la perméabilité membranaire au Na^+ ainsi que l'activité, la quantité, la sensibilité des antiports Na^+/H^+ membranaire évoluent pour s'adapter à un stress sodique à long terme (Niu *et al.*, 1995 ; Terman et Skerrett, 1999).

Matériels et méthodes

I. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans notre étude est constitué d'une collection qui comporte deux variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) qui sont : Waha, Bousselem.

Tableau III: Nom et origine et caractéristiques du matériel végétal utilisé dans l'expérimentation.

Géotype	Nom	Origine	Caractéristiques
1	Waha	ICARDA/CIMMYT	Précoce, sensible au gel tardif, très productive avec un rendement stable et élevée, tolérante a la sécheresse.
2	Bousselem	ICARDA/CIMMYT	Moyenne paille, résistante aux maladies cryptogamiques, résistante au froid, à la verse, à la sécheresse.

Source : (Ait Kaki, 2008)

II- Méthodologie du travail

Pour réaliser notre travail, nous avons adopté la méthodologie suivante :

II.1. Protocole expérimental

II.1.1. Conduite de l'essai

a. Désinfection des grains

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. Nous avons compté 10 graines par génotype et par répétition qui sont désinfectés à l'eau de javel 5% pendant 5 minutes, puis rincés 3 fois avec l'eau distillée.



Photo 04 : La sélection des meilleurs grains (original).

b. Mise à germination

Les grains désinfectés sont placés sur deux couches de papier filtre dans les boîtes de pétri. Les boîtes témoin sont imbibées avec 10 ml de solution nutritive et les autres boîtes ont été imbibées avec 10 ml de solution à différentes concentrations de NaCl.

L'expérimentation se déroule dans les conditions de laboratoire, le nombre de graines germées a été noté après 24 heures jusqu'à 8ème jour.



Photo 05 : Placement des grains dans les boîtes pétri (original).

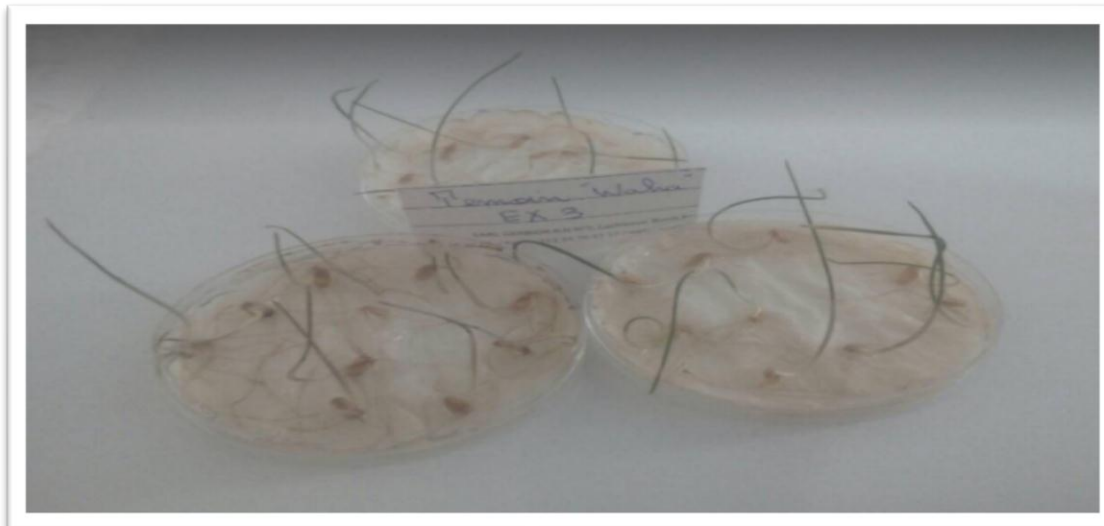


Photo 06 : Mis en germination (original).

c. Préparation du sol

Les échantillons du sol ont été prélevés à partir d'un champ de culture au niveau de la région de bordj bouarriridj (Medjana).

Chaque pot contient un mélange sable, terreau et terre avec les proportions (1v/1v/1v).



Photo 07 : Plantation des plantules (original).

d. Application de stress

Deux solutions salines à base NaCl sont préparées de 7.5 g/l à 15 g/l NaCl avec le témoin (sans sel). Nous avons ajouté 10 ml d'eau distillé pour les témoins et 10 ml de solution saline pour chaque concentration. Dans la première expérience en applique le stress dès le début de germination, pour la deuxième expérience le stress est commencé après l'apparition des racines. En fin les boites pétries sont déposées à une température ambiante, et dans la troisième expérience le stress est appliqué après l'apparition de la deuxième feuille (dans les pots)

Différent paramètres sont mesurés quotidiennement durant tout le stade germination (le nombre de grains germée par jour, longueur des racines et de coléoptile, nombres de ramifications, le taux de grains germés (en%), moyenne journalière de germination).

II.1.2 Principes des méthodes de mesure

a. Paramètres morphologique

La longueur de la plantule (cm) est mesurée par un papier millimètre chaque jour durant la période de l'expérimentation.

1. Longueur de racines (cm)

La longueur maximale des racines est la longueur de la racine la plus longue, la mesure de la longueur de racine a été réalisée avec un papier millimètre.

2. Longueur de la partie aérienne (cm)

La longueur de la partie aérienne a été mesurées à l'aide d'un papier millimètre, et ce pour évaluer la croissance de la plante vis-à-vis du stress (photo 8).



Photo 08 : Longueur de deuxième feuille (original).

III.2. Paramètres physiologiques

1. Le taux de germination

Ce paramètre constitue le meilleur moyen d'identification de la concentration des concentration de NaCl qui présente la limite physiologique de germination des graines de blé dur. Il est exprimé par le rapport nombre de graines germées sur nombre total de graines.

Sur l'essai de germination ont été déterminé le pourcentage définitif de germination (G%) selon la formule suivante (Doran et Gunn, 1986).

$$\text{Taux de germination\%} = \frac{\text{Nombre de grain germé}}{\text{Nombre total des grains}} \times 100$$

2. La teneur relative en eau (TRE %)

La teneur relative en eau est déterminée par le pourcentage d'eau présenté dans les feuilles excisées avec la mesure de leur poids avant (poids frais) et après trempage dans l'eau distillée pendant 24 heures à l'obscurité (poids de turgescence), de même elles seront pesées après les avoir mises dans une étuve (85°C) pendant une durée de 24 heures (poids sec). La TRE est ainsi calculée par la formule suivante :

$$\text{TRE} = \{(\text{PF-PS}) / (\text{PT-PS})\} \times 100 \quad \text{Selon (Ladigues 1975)}$$

TRE = Teneur relative en eau

PF = Poids frais

PS = Poids sec

PT = Poids de turgescence

3. L'intégrité cellulaire (IC %)

Le test de l'intégrité cellulaire (IC) est effectué sur les deux dernières feuilles entièrement développées, prises au hasard par génotype et traitement. Ces échantillons sont lavés à l'eau courante. Les feuilles sont découpées en segments de 1 cm de long. Un échantillon de 10 segments du limbe foliaire est mis dans un tube à essai et lavé par trois avec de l'eau distillée pour enlever les poussières adhérentes qui influent sur les résultats du test.

A chaque tube on ajoute 10 ml d'eau distillée déminéralisée. Les tubes, ainsi traités, sont périodiquement agités manuellement et laissés à la température ambiante du laboratoire.

Une première lecture est faite (EC1) avec le conductimètre 24 heures après. Les tubes sont ensuite mis au bain marie, dont la température est portée à 100°C, pendant 60 minutes. Une deuxième lecture de la conductivité est faite 24 heures après le passage des échantillons dans le bain marie (EC2). Le pourcentage de cellules endommagées par le stress thermique est estimée, selon la procédure décrite par (Bajji et al., 2001), comme suit :

$$\% \text{ IC} = 100 (\text{CE1} / \text{CE2})$$

Où % IC est le % de cellules endommagées par le déficit hydrique, CE1, et CE2 sont Respectivement les conductivités du traitement avant et après passage au bain marie (figure 10).



Photo 09 : Mesure de l'intégrité cellulaire (original).

Chapitre III : Résultat et discussion

I. L'effet de la salinité sur la germination des grains de deux géotypes étudiés

Tableau IV: Carré moyens de l'analyse de la variance des caractères morpho-physiologique des deux variétés sous différents traitements de stress salin.

Source de variations	DF	T g	L r	Nr	L c
Variété	1	0 ^{ns}	5.55 ^{ns}	0 ^{ns}	0.02 ^{ns}
Traitement	2	1172.22***	9.40***	10.88***	5.10***
V x T	2	116.66 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.66 ^{ns}	0.18**
Erreur	12	77.77	0.02	0.33	0.015
Total	17				

Cv (%) : coefficient of variation, Tg : taux de germination, Lr : longueur des racines, Nr: nombre des racines, Lc: longueur des coléoptiles, ns, **,*** = effet non significatif et significatif au seuil de 1 et 0.1%, respectivement.

L'analyse des résultats (Tableau IV) montre que l'addition de l'NaCl dans le milieu avec des concentrations différentes affecte significativement les paramètres morphologique et physiologique de deux géotypes de blé dur étudié à savoir Waha et Bousselam.

Tableau V: les valeurs moyens des paramètres morphophysiologique au stress salin .

conditions	Tg	L r	Nr	Lc
T	96.66 (a)	2.9 (a)	5.66 (a)	2.46 (a)
S ₁	95 (a)	1.08 (b)	4 (b)	1.73 (b)
S ₂	71.66 (b)	0.5 (c)	3 (c)	0.63 (c)
LSD 5%	11.09	0.21	0.72	0.15

Tg: taux de germination, Lr: longueur des racines, Nr: nombre des racines, Lc: longueur des coléoptiles, S₁: stress 1, S₂: stress 2, T: témoin.

Les résultats de l'analyse de la variance affichés dans le tableau dégagent une différence longueur des racines et le nombre de ramification. Cependant, le traitement des données par les moyens d'ANOVA expose une différence hautement significatif sur la longueur des coléoptiles. Par contre, une différence très hautement significative ($p \leq 0.001$) des traitements sur le taux de germination, la différence non significative a été constatée entre les deux géotypes (Waha et Bousselam) pour tous les paramètres mesurés.

I.1 Taux de germination:

Le taux de germination (Tg), en conditions de stress salin, expose toujours une tendance plus ou moins précise du comportement des géotypes étudiés.

Les taux de germination des grains de la variété waha soumis aux différents niveaux de stress salin ont été relativement réduits en comparaison avec les témoins non exposés au stress.

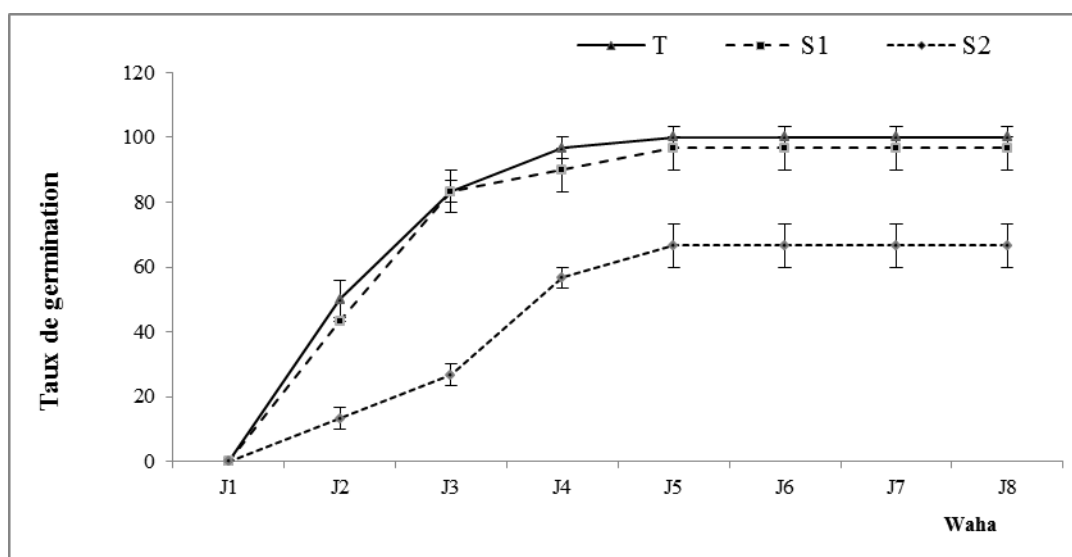


Figure 10: Taux de germination des graines de Waha mises en germination sous différentes concentrations de NaCl.

L'analyse des résultats de la variété Waha affichés dans la (Figure 11) expose un pouvoir germinatif très important des grains des témoins non traités (T) et des graines exposées au stress S_1 (7.5g/l). Le Tg a été constatée élevé chez les graines de T et S_1 qui atteignent son niveau maximal (100%) le quatrième jour après la mise en germination. Par contre, le Traitement S_2 a diminué significativement le Tg, où nous avons constaté des valeurs environ 66.66% le cinquième jour après la mise en place de l'essai. Ces résultats indiquent que le T et S_1 (7.5 g/l) ont montré un effet comparable. En revanche, la concentration de 15 g/l influe significativement négativement le Tg.

L'analyse des résultats exposés dans la Figure montre que la variété Bousselam (Figure 12) a suivie la même tendance en comparaison avec la variété Waha. L'amendement de milieu par la concentration 7.5g/l à indiquer un Tg très remarquable et proche de témoins non traité. A cet effet, les Tg enregistrés le quatrième jour après la mise en germination chez le T

Chapitre III : Résultat et discussion

et le S_1 sont de l'ordre de 93.33% et 93.33, respectivement. Par contre, le traitement S_2 qui correspond à la concentration 15g/l a montré une diminution de pouvoir germinatif avec une fréquence environ 76.66% le cinquième jour après la mise en germination.

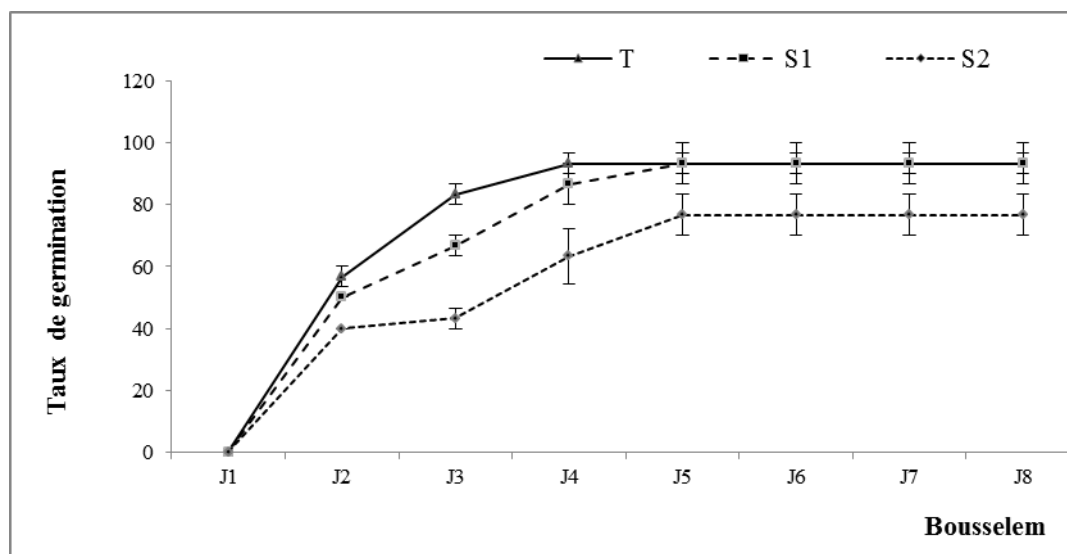


Figure11: Taux de germination des graines de Bouselaem mises en germination sous différentes concentrations de NaCl.

Ces résultats confirment l'effet de la salinité sur le taux de germination des deux variétés comme ils indiquent aussi la différence de sensibilité des deux génotypes vis-à-vis du stress salin. Waha se montre la plus sensible à mesure que l'intensité de la salinité devient importante, tandis que Bouselam réagit relativement moins. Cependant, le taux de germination diminue avec l'augmentation de concentration de NaCl. A l'égard des données enregistrées, on conclut que les deux variétés peuvent supporter le stress salin à la concentration de 7.5g/l.

Ces résultats peuvent être expliqués par la diminution du taux de germination des graines soumises à un stress salin serait due à un processus de dormance osmotique développé sous ces conditions de stress, représentant ainsi une stratégie d'adaptation à l'égard des contraintes environnementales Prado et al., (2000). Cette réduction pourrait être due à l'altération des enzymes et des hormones responsables de la germination qui se trouvent dans la graine. Certaines études ont montré que l'augmentation de la concentration des sels retarde la germination Askri et al., (2007). Selon Johanna et al. (2006) plusieurs auteurs ont utilisé ce paramètre comme critère de sélection pour la résistance au stress abiotique tels que le stress salin puisque la variété tolérante donne un taux raisonnable de germination dans les

concentrations élevées. À l'étape finale de germination, l'inaptitude des graines à germer semblent signifier qu'avec l'augmentation de la concentration en sel, l'effet de toxicité domine, suite à l'accumulation du Na^+ .

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 plasmalemmes 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 Groome et *al.*, (1991).

I.2 Longueur et nombre des racines

Sur le plan élancement et nombre des racines, les résultats sont illustrés par les figures 13 et 14. L'analyse des résultats montre que la concentration de NaCl dans le milieu influe d'une façon très hautement significative la croissance en longueur de racine des deux génotypes étudiés (Waha et Bousselem) (tableau IV). Nos résultats montrent qu'un stress salin de l'ordre de 7.5 g/l de NaCl diminue la longueur et le nombre de racines des génotypes testés dont les valeurs enregistrées sont de l'ordre de (1.77 et 0.93 cm) et (3.67 et 4) pour Waha et Bousselem, respectivement. Cependant, le témoin non traité a montré des valeurs de (2.23 ; 2.63) et () de longueur et de nombre de racine pour les deux variétés respectivement. Toutefois, un stress modérée 15g/l de NaCl, la longueur et nombre de racine des génotypes est sérieusement affectée (0.5 et 0.4 cm), (3 et 3) en comparaison avec le témoin non traité.

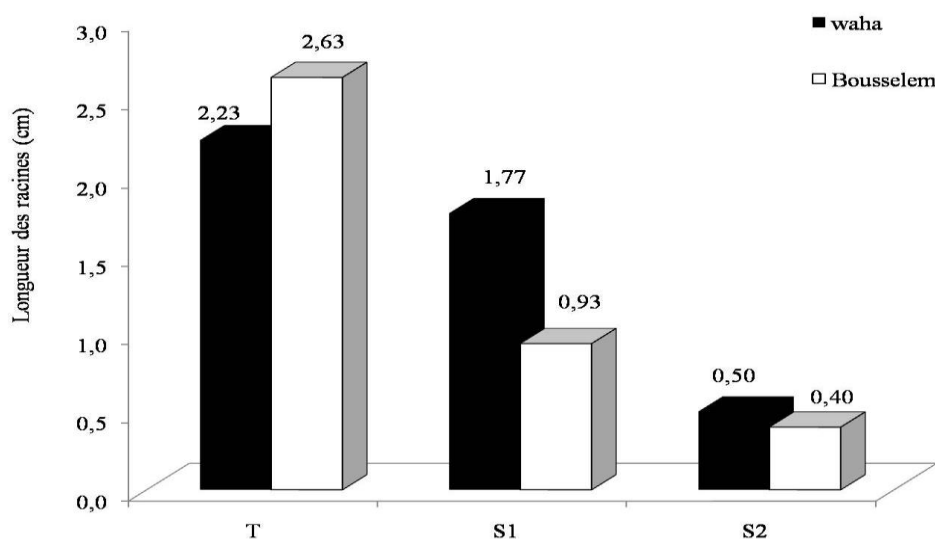


Figure 12: Variation de la longueur de racine, des deux génotypes (Waha et Bousselem) de blé dur mises en germination sous différentes concentrations de NaCl.

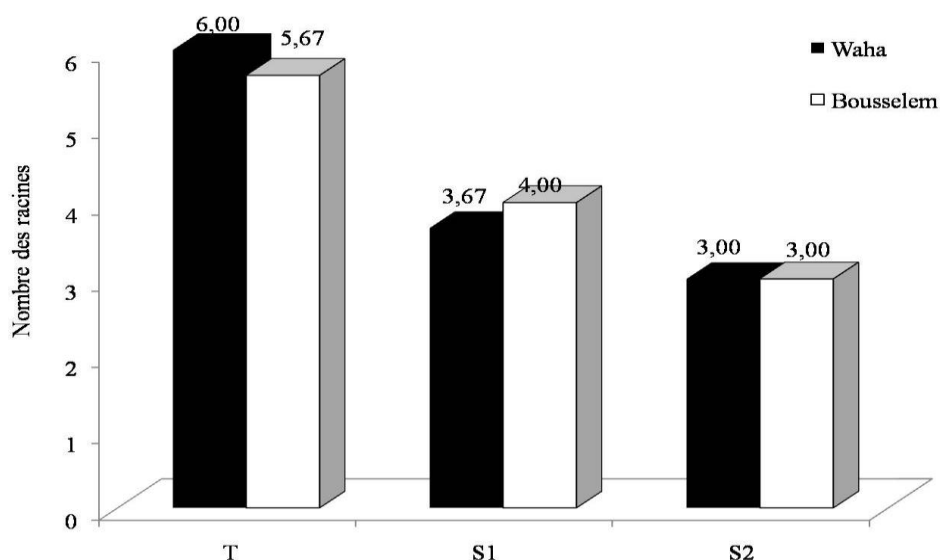


Figure13: Variation de nombre de ramification, des deux génotypes de blé dur mises en germination sous différentes concentrations de NaCl.

Selon Leps (2000), les déficits hydriques se traduisent par des changements progressifs dans la structure de la plante qui visent à réduire sa surface transpirante, mais qui induisent également une baisse de sa production. Au début du cycle végétatif, la plante ajuste sa taille à l'eau disponible dans le milieu. Ainsi ses besoins en eau sont plus faibles et sa biomasse réduite. Le résultat de la croissance indique que la salinité a affectée négativement la croissance de l'appareil végétatif du blé comparativement à celle des racines. Cette diminution de la croissance est le résultat au niveau cellulaire d'une baisse du nombre de divisions cellulaires lors des stress abiotiques.

I.4. Longueur de coléoptiles:

L'analyse des résultats représentés dans la figure 15 et 16 indique que la longueur de coléoptile a été significativement affectée par le stress salin. L'analyse des résultats montre que la concentration de NaCl dans le milieu influe d'une façon très hautement significative la croissance en longueur de coléoptile des deux génotypes étudiés (Tableau IV).

La comparaison des coléoptiles des deux variétés exposées à des différentes concentrations de stress a été significativement diminuée comparée aux témoins non traités. Après 9 jours de traitement le témoin a enregistré des longueurs environ 2.17 et 3.40 cm chez les variétés Waha et Bousselem, respectivement. Par contre, dans le (S₁ et S₂) nous avons constaté des valeurs de longueur de coléoptile environ 1.17 et 0.70 cm dans le 7^{ème} et 8^{ème} jour

Chapitre III : Résultat et discussion

chez la variété Waha et 1.50 et 0.53 cm dans le 6^{ème} et 9^{ème} jour chez la variété Bousselam, respectivement.

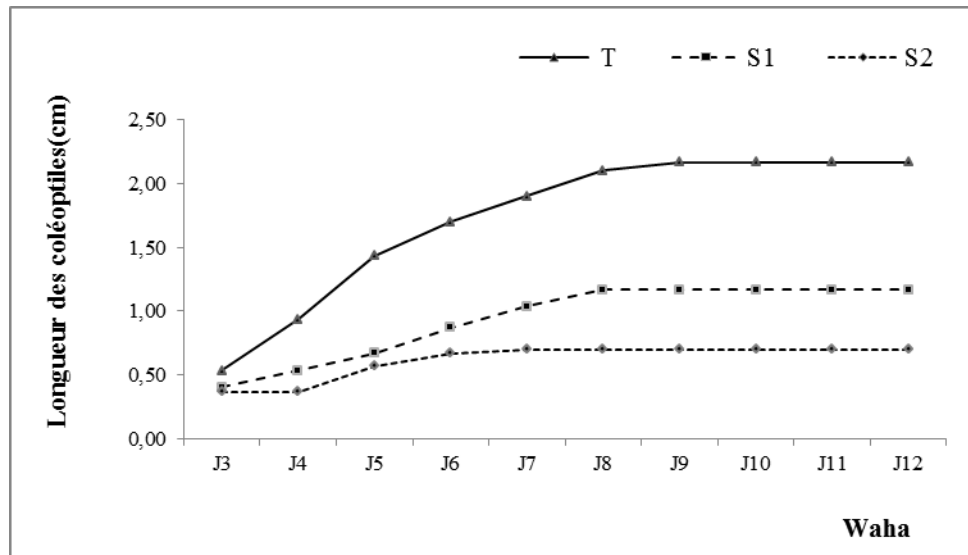


Figure 14: Variation de la longueur de coléoptile, de la variété Waha mises en germination sous différentes concentrations de NaCl.

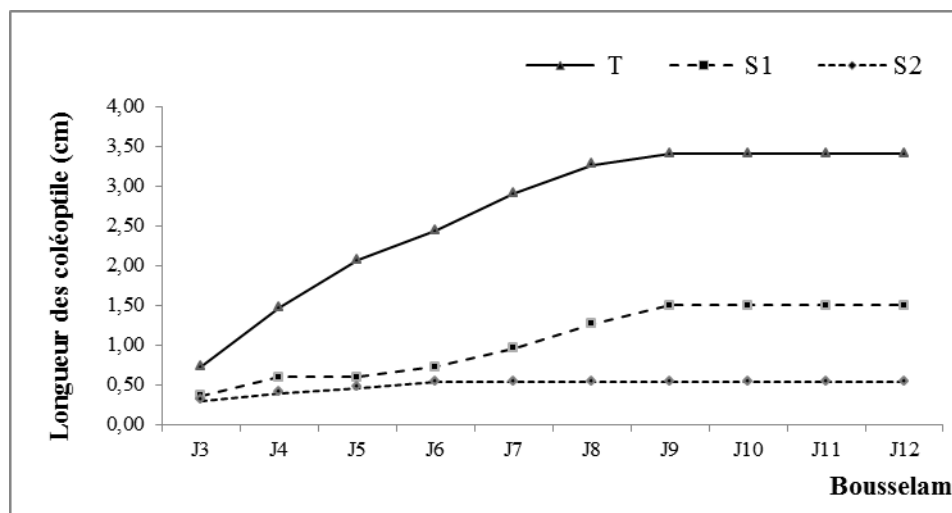


Figure 15: Variation de la longueur de coléoptile de Bousselam mises en germination sous différentes concentrations de NaCl.

Selon Moud et Maghsoudi (2008) un faible taux de croissance de la coléoptile est associé à une faible aptitude à l'osmorégulation. De même qu'un stress sévère peut aussi entraîner un arrêt total du développement foliaire.

L'émergence de la racicule 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., 1993).

Chapitre III : Résultat et discussion

II. L'effet de la salinité sur la croissance des grains de deux génotypes étudiés

Tableau VI: Carrée moyens de l'analyse de la variance des caractères morpho-physiologique des deux variétés sous différentes traitements de stress salin.

Variations	DF	T g	L r	Nr	L c
Variété	1	5.55 ^{ns}	1.38 ^{***}	0.5 ^{ns}	0.72 ^{***}
Traitement	2	172.22 ^{**}	3.22 ^{***}	10.5 ^{***}	1.61 ^{***}
V x T	2	5.55 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.5 ^{ns}	0.02 ^{ns}
Erreur	12	22.22	0.02	0.33	0.01
Total	17				

ns, **,*** = effet non significatif et significatif au seuil de 5 et 1%, respectivement. Cv(%) : coefficient of variation, Tg : taux de germination, Lr : longueur des racines, Nr: nombre des racines, Lc: longueur des coléoptiles.

L'analyse des résultats (Tableau VI) montre que la concentration de NaCl dans le milieu influe sur les paramètres morphologique et physiologique des deux génotypes de blé dur étudié (Waha et Bousselam).

L'analyse de la variance ANOVA montre que le traitement a un effet très hautement significative ($p \geq 0.001$) sur le Tg, la longueur des racines et de coléoptile. Cependant, le génotype expose un effet très hautement significatif sur la longueur de coléoptile et non significatif sur la germination des graines.

Tableau VII: les valeurs moyens des paramètres morpho-physiologique au stress salin.

conditions	Tg	L r	Nr	Lc
Témoin	100 (a)	2.35 (a)	6.66 (a)	2.56 (a)
S ₁	98.33 (a)	1.31 (b)	4.66 (b)	2.13 (b)
S ₂	90 (b)	0.93 (c)	4.16 (b)	1.53 (c)
LSD 5%	5.92	0.20	0.72	0.17

Tg: taux de germination, Lr: longueur des racines, Nr: nombre des racines, Lc: longueur des coléoptiles, S₁: stress 1, S₂: stress 2, T: témoin.

II.1 Taux de germination:

Le taux de germination, en conditions de stress salin, expose toujours une tendance plus ou moins précise du comportement des génotypes étudiés. Nos résultats illustrés par les (figure 17, 18) montrent que les trois traitements (T, S1, S2) un accroissement rapide, égale et uniforme de taux de germination avant l'application de stress (J_1 - J_3).

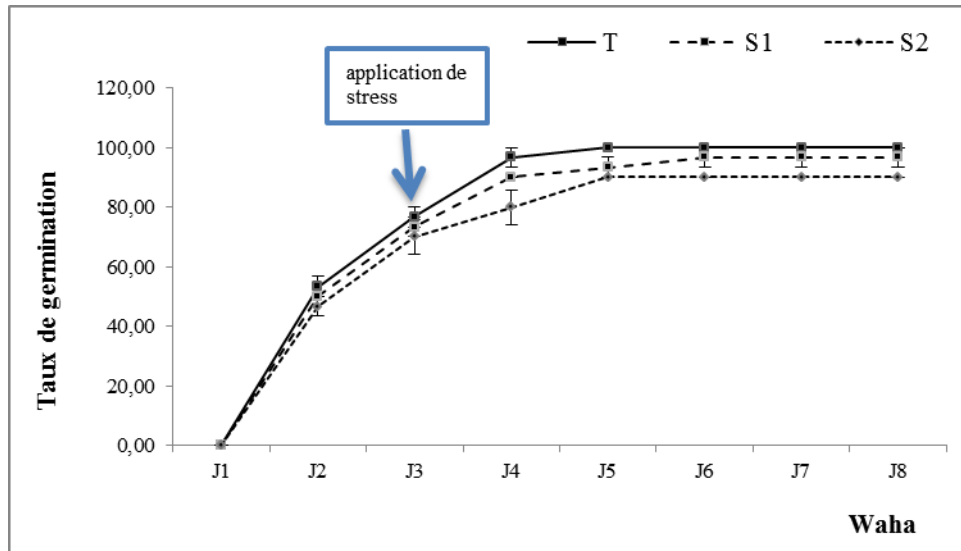


Figure 16: Taux de germination des graines de génotype Waha mises en germination sous différentes concentrations de NaCl.

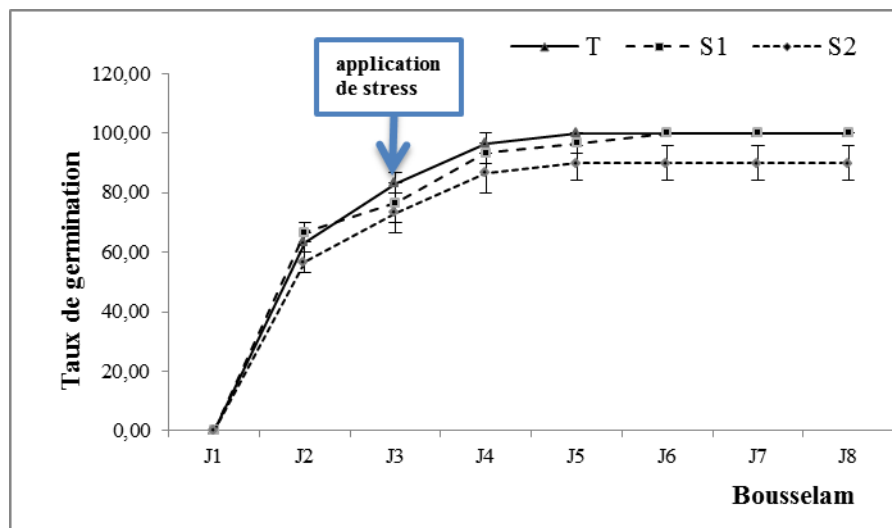


Figure 17: Taux de germination des graines de génotype Bouselam mises en germination sous différentes concentrations de NaCl.

Chapitre III : Résultat et discussion

Nous avons constaté une diminution significative de taux de germination après le troisième jour de l'application de stress qui se stabilise en cinquième jour pour le (T) avec un taux de germination (100%) chez les deux variétés (Waha et Bousselem). En outre, le traitement (S₁) le taux de germination se stabilise le sixième jour avec un taux de germination (96.67, 100 %) chez Waha et Bousselem, respectivement. Par contre, pour le troisième traitement (S₂) le taux de germination se fixe en cinquième jour avec un taux de germination (90%).

Selon les résultats obtenus les deux variétés Waha et Bousselem supportent les milieux qui ont reçues des concentrations moins de 7.5 g/l. La capacité 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 Groome et *al.*, (1991).

L'augmentation de la concentration de NaCl dans un milieu de culture a provoqué chez les graines, un allongement de la période de germination Miled et *al.*, (1986). Il pourrait s'agir également d'une difficulté d'hydratation des graines suite à un potentiel osmotique élevé entraînant une certaine inhibition des mécanismes aboutissant à la sortie de la radicule hors des téguments et par conséquent un retard de germination des graines (Gill et *al.*, 2003).

II.2. Longueur et nombre des racines :

Concernant, l'élongation et le nombre des racines illustrés par la figure 19, 20. L'analyse des résultats montre que la concentration de NaCl dans le milieu influe d'une façon très hautement significative (selon le tableau VII) la croissance en longueur de racine des deux génotypes étudiés.

Nos résultats montrent qu'un stress salin de l'ordre de 7.5 g/l de NaCl affecte la longueur et nombre de racines des génotypes testées avec (0.97 et 1.13 cm) et (4.67 et 4.67) pour Waha et Bousselem dans cet ordre. Autrement, pour un stress modéré avec une dose environ 15g/l de NaCl, la longueur et le nombre de racine des génotypes est sérieusement affectée avec des fréquences de (0.80 et 0.90 cm) et (3.67 et 3.33) enregistrées, respectivement.

Selon Bakhtet *al.* (2011) des concentrations élevées de salinité avaient pour effet de réduire de la longueur de feuille et de racine. En effet, le stress salin inhibe l'absorption des éléments nutritifs essentiels comme le P et K ce qui affecte la croissance et le développement de la plante Zhu et *al.*, (2004).

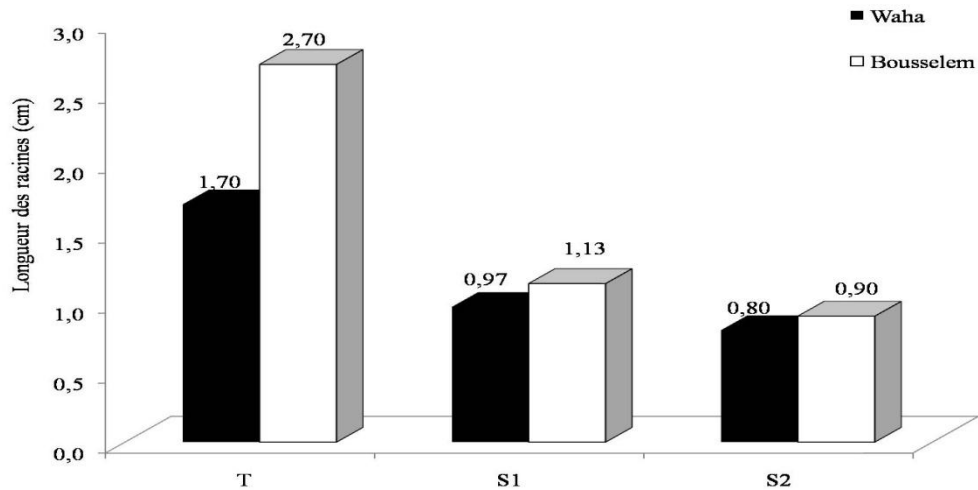


Figure 18: Variation de la longueur des racines, des deux génotypes de blé dur mises en germination sous différentes concentrations de NaCl.

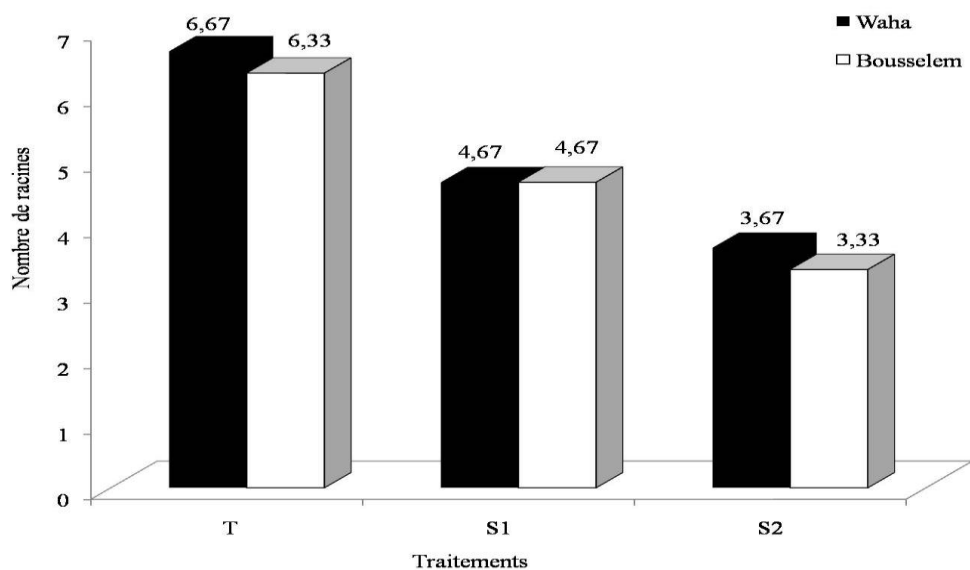


Figure 19: Variation de nombre de ramification, des deux génotypes de blé dur mises en germination sous différentes concentrations de NaCl.

II.4. Longueur de coléoptiles:

L'analyse des résultats montre que la concentration de NaCl dans le milieu affecte d'une façon très hautement significative selon le (Tableau VII) la croissance en longueur de coléoptile des deux génotypes étudiés. L'analyse des résultats (figure 21, 22) expose que l'augmentation de longueur de coléoptile est très important en fonction des jours dans le (T) qui atteint (2.17, 3.40 cm) dans le 9ème jour chez (Waha et Bousselem), respectivement. Par contre, les traitements S1 et S2 ont montré une augmentation de la longueur de coléoptile

Chapitre III : Résultat et discussion

faible comparativement au témoin, dont les valeurs notées sont de l'ordre de 1.17 et 0.70 cm dans le 7^{ème} et 8^{ème} jour chez la variété (Waha), respectivement. Cependant, ces valeurs sont de l'ordre de 1.50 et 0.53 cm dans le 9^{ème} et 6^{ème} jour chez la variété Bousselam.

La réduction de la croissance aérienne observée au niveau des plantules peut aussi s'expliquer par des augmentations des taux de certains régulateurs de croissance, notamment l'acide abscissique et les cytokinines induites par le sel Benmahiou et *al.*, (2009 ; Kuiper et *al.*, 1990).

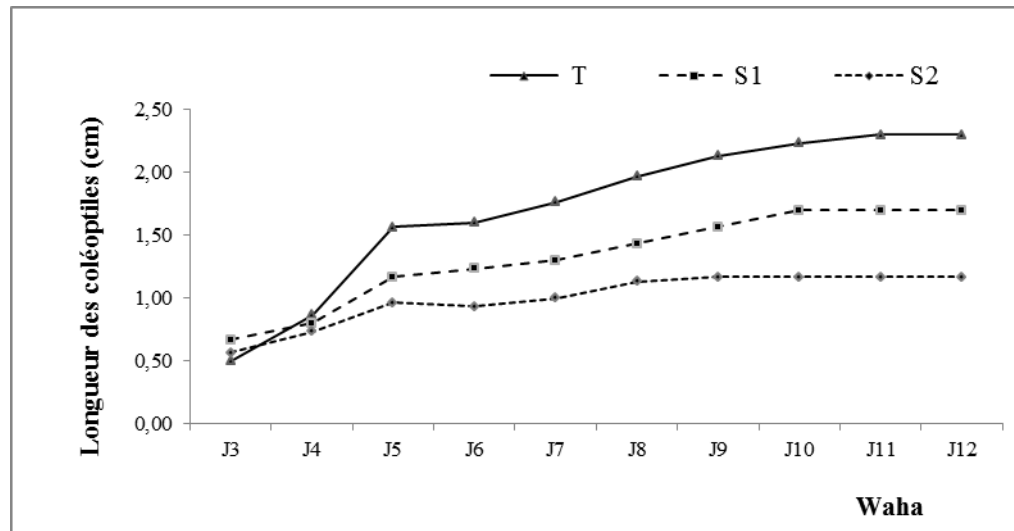


Figure 20 : Variation de la longueur de coléoptile, de la variété Waha mises en germination sous différentes concentrations de NaCl.

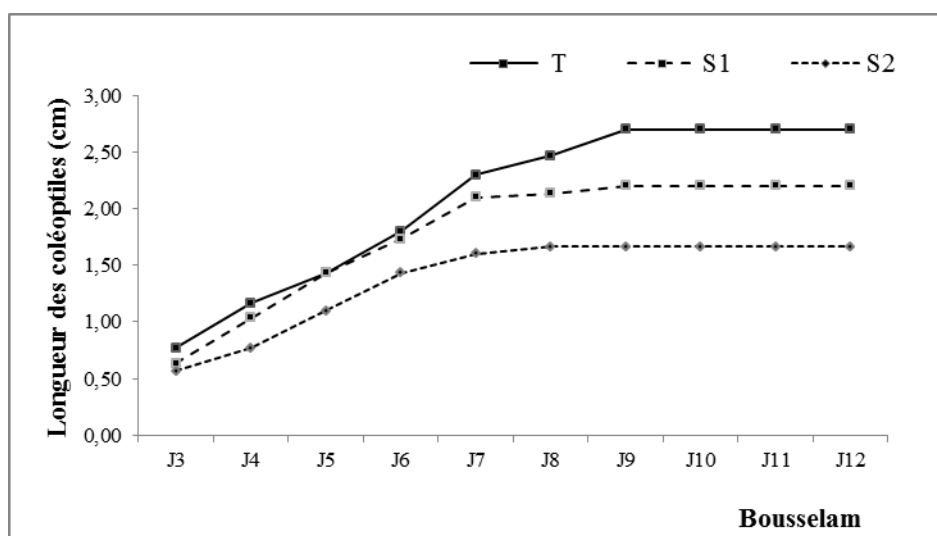


Figure 21. Cinétique de la longueur de coléoptile, de Bousselam mises en germination sous différentes concentrations de NaCl.

Chapitre III : Résultat et discussion

II. Effet de la salinité sur le développement des deux géotypes étudiés

Tableau IX: Carrée moyens de l'analyse de la variance des caractères morpho-physiologique des deux variétés sous différents traitements de stress salin.

Variations	DF	TRE (f)	IC (f)	IC (r)	L r	Nr	Lf
Variété	1	0.02 ^{ns}	10.62 ^{ns}	27.88 ^{ns}	3.20 ^{ns}	0.22 ^{ns}	0.26 ^{ns}
Traitement	2	11.52 ^{ns}	277.49 ^{ns}	68.76 ^{ns}	24.02 ^{***}	1.05 ^{ns}	21.86 ^{**}
V x T	2	5.52 ^{ns}	40.41 ^{ns}	32.15 ^{ns}	4.42 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.54 ^{ns}
Erreur	12	6.001	95.96	62.16	1.76	0.33	2.49
Total	17						
CV (%)		2.59	22.15	9.98	6.22	10.60	7.87

ns, **,*** = effet non significatif et significatif au seuil de 5 et 1%, respectivement. Cv(%) : coefficient of variation, TRE (f): teneur relatif en eau des feuilles, IC(f) : Intégrité cellulaire des feuilles , IC(r) : Intégrité cellulaire des racines , Lr : longueur des racines, Nr: nombre des racines.

L'analyse des résultats (Tableau VIII) montre que la concentration de NaCl dans le milieu influence les paramètres morphologique et physiologique des deux géotypes de blé dur étudié (Waha et Bousselam).

L'analyse de la variance à montré une différence non significative ($p \geq 0.05$) de traitement, de géotype et l'effet conjugué géotype x traitement sur la teneur relative en eau, l'intégrité cellulaire (feuilles et racines), et le nombre de ramification. Tandis que, le traitement affecte d'une façon hautement significative la longueur des racines, ainsi que longueur des deuxièmes feuilles.

Tableau VIII: les valeurs moyennes des paramètres morpho physiologique au stress salin.

conditions	TRE (f)	IC (f)	IC (r)	L r	Nr	L f
Témoin	95.47(a)	51.39(a)	81.77(a)	23.48(a)	5.83(a)	22.23(a)
S ₁	94.85(a)	43.38 (ab)	79.97(a)	20.95(b)	5.5 (ab)	19.33(b)
S ₂	92.82(a)	37.87 (a)	75.22(a)	19.53(b)	5(b)	18.63(b)
LSD 5%	3.08	12.32	9.91	1.67	0.72	1.98

TRE (f): teneur relatif en eau des feuilles, IC(f) : Intégrité cellulaire des feuilles , IC(r) : Intégrité cellulaire des racines , Lr : longueur des racines, Nr: nombre des racines.

III.1 Longueur des racines:

Les résultats obtenus concernant l'élongation et le nombre des racines sont illustrés par les figures 23 et 24. Le traitement de donné indique qu'un stress salin de l'ordre de 7.5 g/l de NaCl diminue significativement la longueur et le nombre des racines des génotypes testées comparé avec les témoins non traités. A cet effet, des fréquences environ (20.57 et 21.33 cm), (5.33 et 5.67) pour Waha et Bousselam a été observé, respectivement. Alors, que ces valeurs sont de l'ordre de 5.67 et 6 cm pour les témoins non traités, respectivement. Autrement, pour un stress sévère environ 15g/l de NaCl, la longueur et nombre de racine des génotypes est sérieusement affectée où nous avons constaté avec des fréquences environ (18.23 et 20.83 cm), (5 et 5) pour Waha et Bousselam, respectivement.

Les caractères morphologiques et physiologiques indicateurs de la tolérance de des plantes aux stress salin sont très divers Munns et al., (2012). La réaction des plantes à la salinité produit généralement des modifications morphologiques et physiologiques, alors que l'étude de la tolérance des variétés à la salinité, nécessité d'analyser la variation des caractéristiques discriminantes pour la tolérance Benderradji, (2013).

Dans ce contexte, une diminution de la longueur et nombre des racines en parallèle à l'augmentation du stress. Selon Bakhtet *al.* (2011) des concentrations élevées de salinité avaient pour effet de réduire de la longueur de feuille et de racine.

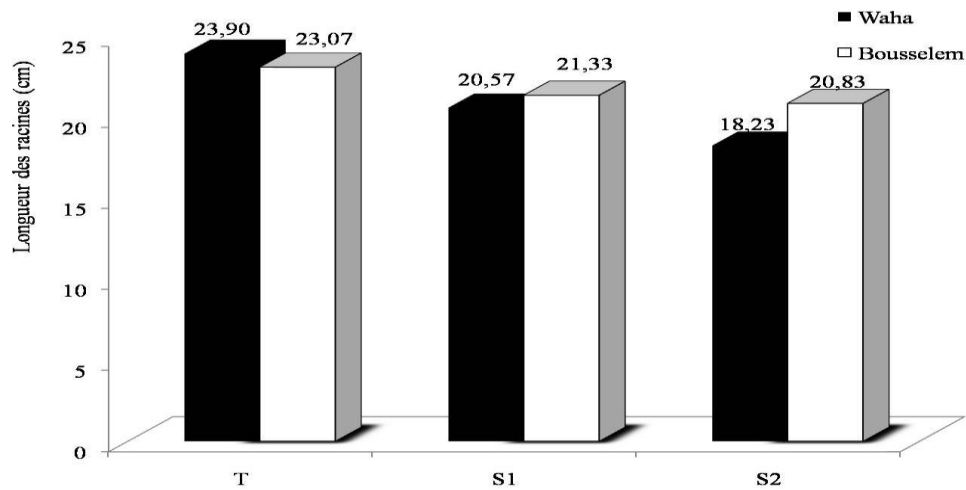


Figure 22: Variation de la longueur de racine, des deux génotypes de blé dur mises en germination sous différentes concentrations de NaCl.

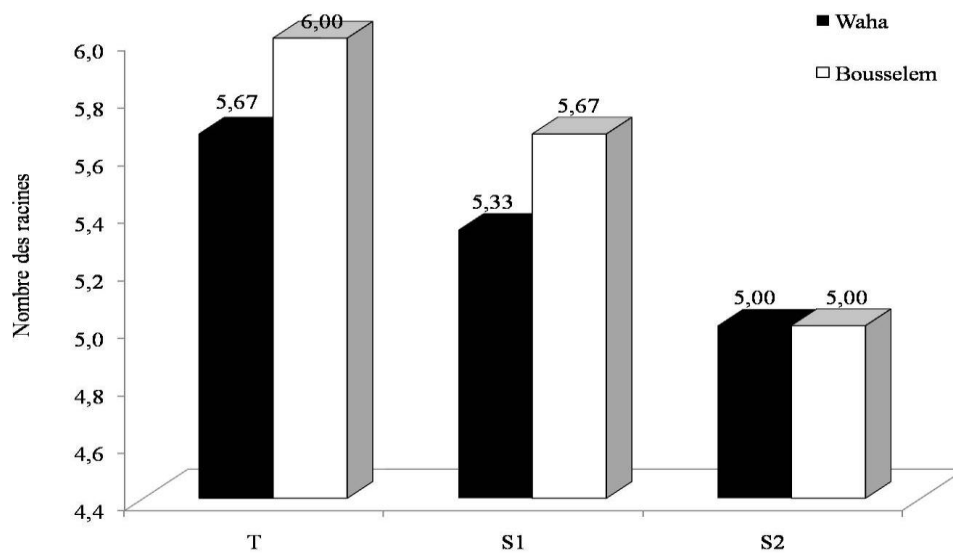


Figure 23: Variation de nombre de ramification, des deux génotypes de blé dur mises en germination sous différentes concentrations de NaCl.

III.4. Longueur de deuxième feuille:

L'analyse des résultats (figure 25 et 26) montre que l'augmentation de longueur de deuxième feuille est rapide en fonction des jours dans le (T) qui atteint (22.60, 22.23 cm) dans 19ème et 18ème jour chez (Waha et Bousselem) respectivement. par contre dans le (S1 et S2) nous avons trouvés que l'augmentation de longueur de deuxième feuille est faible comparativement au (T) qui arrive a (18.37, 18.33 cm) dans le 18ème jour respectivement

Chapitre III : Résultat et discussion

chez la variété (Waha) et (19.83, 18.73 cm) dans le 19^{ème} et 17^{ème} jour respectivement chez la variété (Bousselam).

L'analyse des résultats montre que la concentration de NaCl dans le milieu influe d'une façon hautement significative selon le (Tableau VIV) sur la croissance en longueur de coléoptile des deux génotypes étudiés (Waha et Bousselam).

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, (2000).

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 (Itai ,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).

La diminution de la croissance de la partie aérienne peut s'accompagner d'une réduction au niveau de la production des feuilles (Tazi *et al.*, 2003).

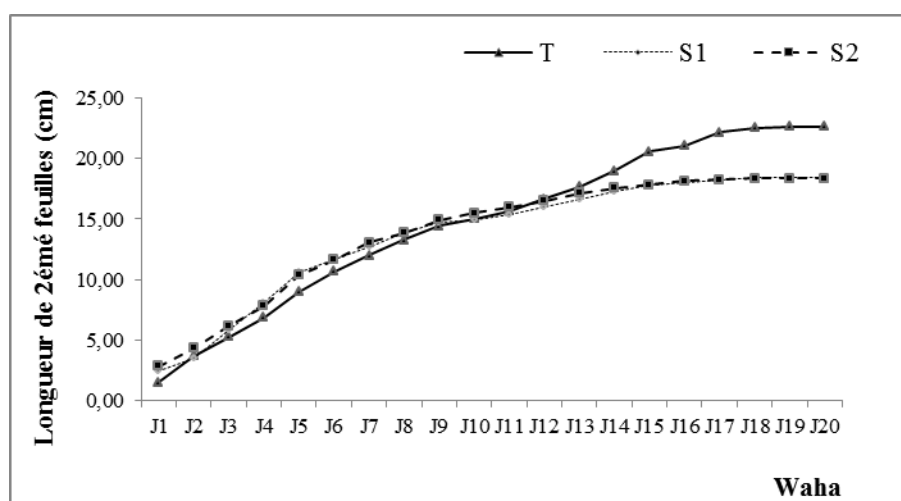


Figure 24: Cinétique de longueur de feuille, de Waha, mises en germination sous différentes concentrations de NaCl.

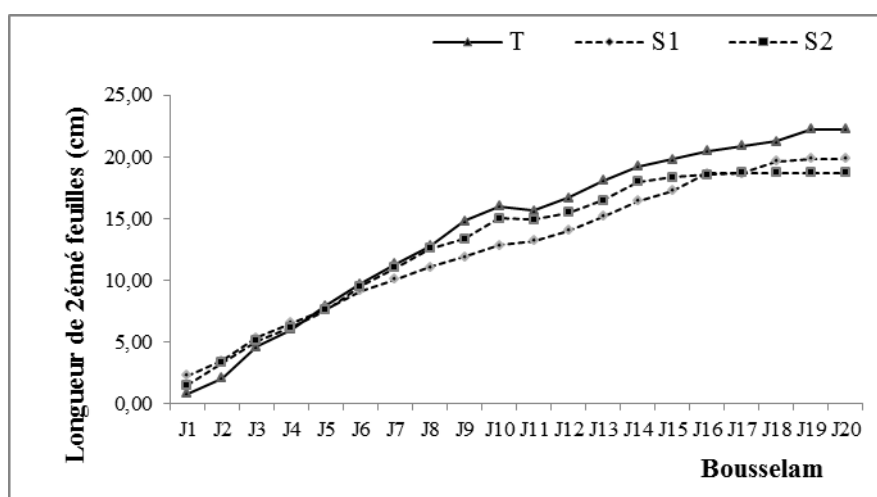


Figure 25: Cinétique de longueur de feuille de Bousselam, mises en germination sous différentes concentrations de NaCl.

III.5. Teneur relative en eau:

La teneur en eau des feuilles les plus élevées sont notées chez les témoins et les traitements de (7.5g/l), avec une valeur maximale de (95.62% et 94.01%) chez les variétés (Waha et Bousselam), respectivement. Cependant, l'augmentation de niveau de stress appliquée (15g/l), expose en parallèle une diminution de teneur en eau avec des fréquences notées environ 91.79% et 93.85% chez les variétés Waha et Bousselam, respectivement (figure 27).

La teneur relative en eau constitue un indicateur clé du degré d'hydratation des cellules et des tissus, ce qui est cruciale pour un bon fonctionnement physiologique et une croissance optimum Silva et *al.*, (2007). Autrement, la teneur en eau est considérée comme l'un des indexes de tolérance à la déshydratation le plus utilisé et le plus significatif Anjum et *al.*, (2011) ; Melloul et *al.*, (2014).

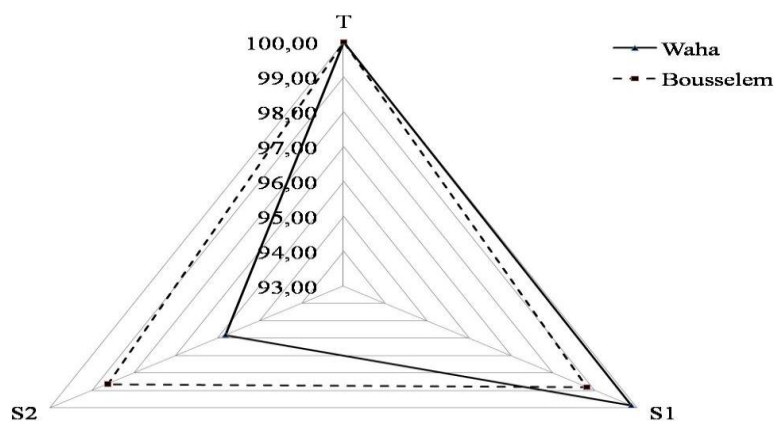


Figure 26: Variation de teneur relatif en eau, des deux génotypes de blé dur, mises en germination sous différentes concentrations de NaCl.

La salinité diminue le potentiel osmotique de la solution du sol, ce qui a pour effet de limiter l'absorption de l'eau par les racines. La turgescence cellulaire baisse suite au phénomène de plasmolyse. Les variétés tolérantes régulent la pression osmotique interne par la synthèse d'osmoprotecteurs, principalement des sucres solubles et des acides aminés comme la proline et la glycinebétaine (Hakim et al. 2010 ; Hamrouni et al., 2011).

III.6.L'intégrité cellulaire :

La valeur moyenne du dommage cellulaire des racines la plus élevée est notée chez le traitement (S2) de la variété (Waha) avec un taux de 84.13%, Bousselem est la variété le moins affecté dans le traitement (S2) sous l'effet du stress salin enregistrant d'une valeur de dommage cellulaire qui est 79.42 %.

Dans le cas du dommage cellulaire des feuilles, la variété Waha apparaît moins sensible au dommage cellulaire avec un taux de (49.62%) que la variété Bousselem (53.17%), cette différence a été non significative (selon le tableau IX).

Finalement on constate que dans le dommage cellulaire des racines la variété la plus sensible est (Waha), alors que dans le dommage cellulaire des feuilles la variété la plus sensible est (Bousselem).

D'autres mécanismes encore peuvent intervenir dans le maintien de la turgescence cellulaire, comme l'élasticité membranaire, la réduction de la taille des cellules (Tyree et Jarvis, 1982) et la résistance protoplasmique. Cette dernière dépend de la capacité des cellules

Chapitre III : Résultat et discussion

à résister à un dommage mécanique et à la dénaturation des protéines au niveau membranaire ou cytoplasmique (Gaff, 1980).

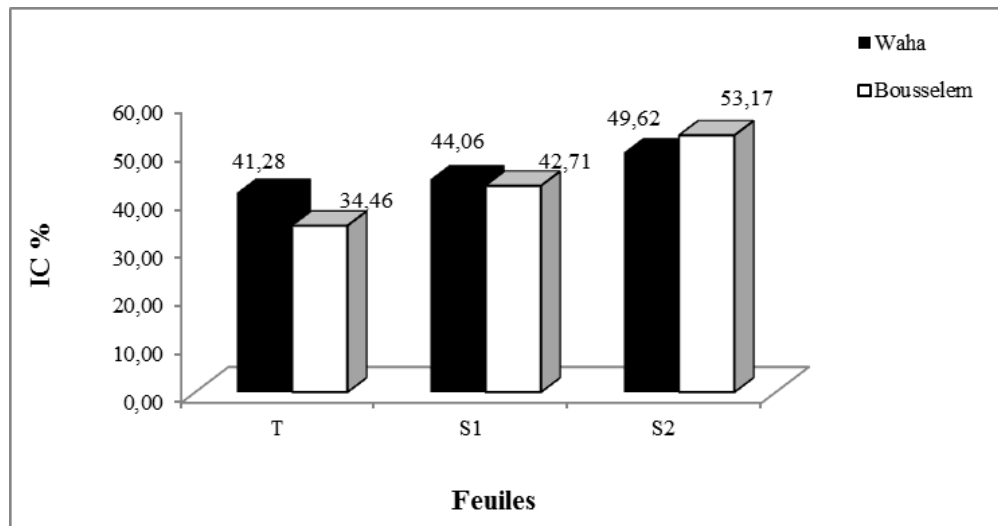


Figure 27: Variation de l'intégrité cellulaire des feuilles, des deux génotypes de blé dur, sous différentes concentrations de NaCl.

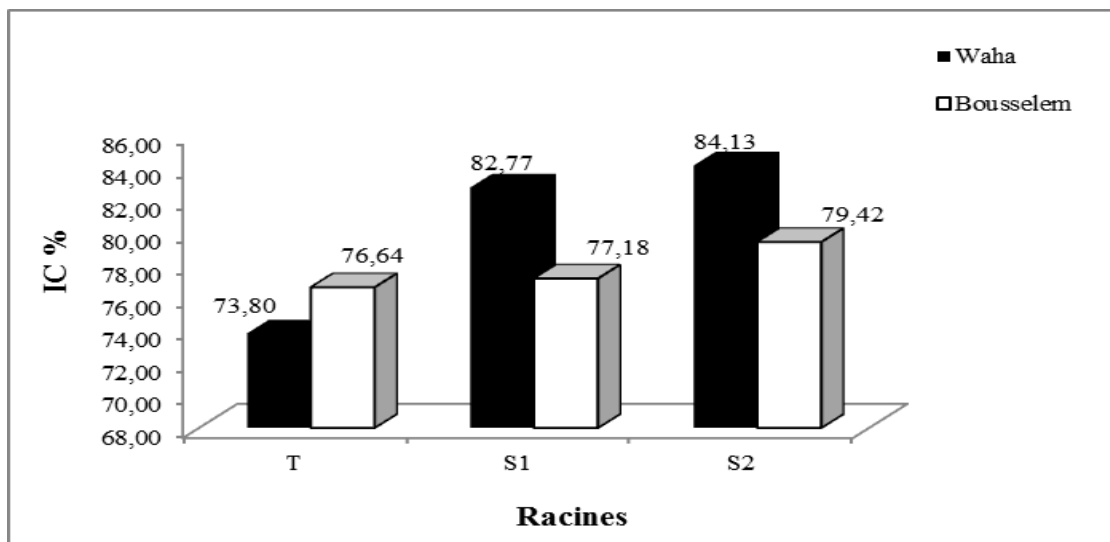


Figure 28: Variation de l'intégrité cellulaire des racines, des deux génotypes de blé dur, sous différentes concentrations de NaCl

Ces différents résultats montrent bien qu'une appréciation de l'intégrité des membranes en condition de stress constitue une approche indispensable pour l'évaluation de la capacité de tolérance à la sécheresse d'un matériel donné (Annerose, 1990).

La prise en compte des résultats obtenus à la fois aux niveaux cellulaire et de la plante entière apparaît nécessaire pour une meilleure compréhension de la complexité des

mécanismes permettant à la plante de résister au stress et constitue à nos yeux une stratégie essentielle dans ce type d'étude Bajji et *al.*, (2000).

IV. Caractérisation des génotypes

L'étude des valeurs moyennes, en pourcent de la valeur maximale (figure 30 et 31) nous a permis de faire une caractérisation des deux génotypes étudiés. Ces résultats montrent que la variété la plus résistante dans le traitement (7.5g/l) est Waha que Bousselem chez toutes les paramètres (longueur des racines, nombre des ramifications, longueur des coléoptiles, l'intégrité cellulaire).

Concernant le traitement (15g/l), la sélection de la variété la plus résistante est difficile car les deux variétés ont montré une résistance par des paramètres différents. Pour la variété Waha, elle a montré une résistance au stress salin par les facteurs suivant ; taux de germination, longueur des racines au stade de germination, nombre de ramifications longueur des coléoptiles, l'intégrité cellulaire des racines. Par contre, la variété Bousselem est dénudée une résistance au stress salin via taux de germination et longueur des racines au stade de croissance.

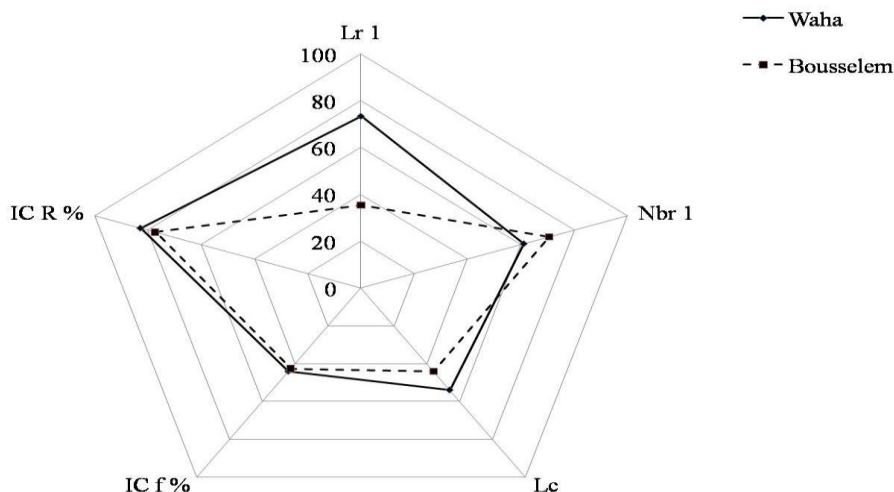


Figure 29: Valeurs moyennes, en pourcent de la valeur maximale, des paramètres mesurés chez deux variétés (Waha et Bousselem), au stress salin de 7.5g/l.

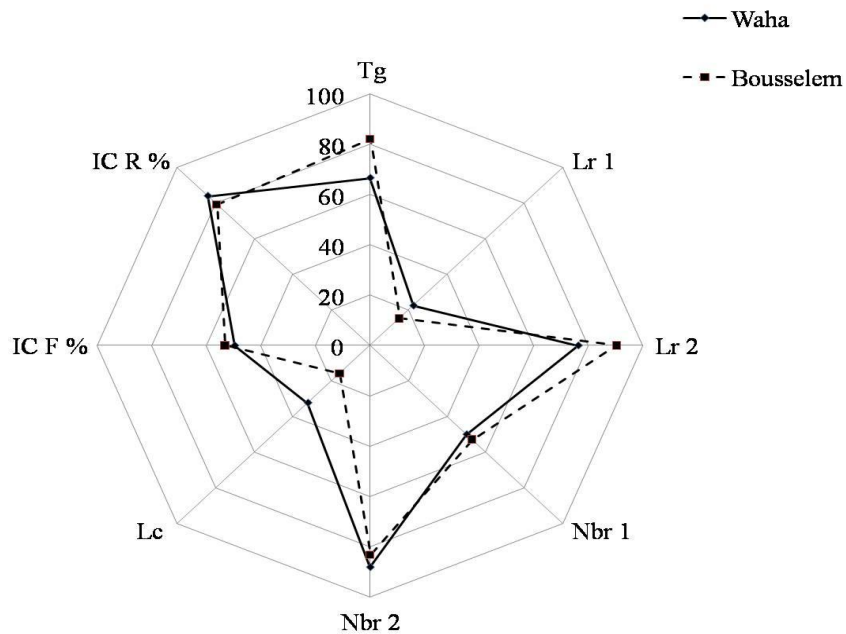


Figure 30: Valeurs moyennes, en pourcent de la valeur maximale, des paramètres mesurés chez deux variétés (Waha et Bousselem), au stress salin de 15g/l.

Il est clairement avéré par nos travaux de recherche que la salinité se traduit par une réduction de croissance des plantes. Cet effet est essentiellement lié à une réduction de la capacité photosynthétique due à l'effet osmotique de la salinité (Hakim et al., 2010). D'après Munns et James (2003), une perte de turgescence serait responsable d'une diminution de la capacité photosynthétique et, par conséquent, de la croissance. Ainsi on peut conclure que l'effet inhibiteur de NaCl sur leur croissance passe par une perturbation de l'alimentation en eau et la nutrition minérale (Benderradji, 2013).

Selon Munns et al., (2006), la diminution de la croissance végétative représente généralement la première réponse des glycophytes exposées au stress. Une forme d'adaptation à la salinité, où la diminution de la surface foliaire tend à minimiser les pertes d'eau par transpiration, ce qui a pour effet aussi d'engendrer une réduction de la capacité photosynthétique (Benderradji, 2013).

Conclusion

Le blé dur (*Triticum durum* Desf) compte parmi les espèces les plus anciennes et constitue une grande partie de l'alimentation de l'humanité, d'où son importance économique. 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 salinité.

La salinité constitue un problème majeur en Algérie. De ce fait, le développement de variétés tolérantes à des seuils élevés de salinité constitue une solution durable pour l'extension de la céréaliculture, et plus particulièrement dans les régions à climats semi-aride.

L'étude des paramètres morphologiques et physiologiques de deux variétés de blé dur, tel que la longueur des racines et des coléoptiles, nombres des ramifications, la longueur de la deuxième feuille, le taux de germination, la teneur relative en eau et l'intégrité cellulaire, ont été évalués pour caractériser le niveau de tolérance vis-à-vis du stress salin.

L'analyse des résultats montre que l'addition de l'NaCl dans le milieu avec des concentrations différentes, affecte significativement les paramètres morphologique et physiologique de deux génotypes de blé dur étudié à savoir Waha et Bousselem.

La sélection de la variété la plus résistante est difficile car les deux variétés ont montré une résistance par des paramètres différents. Pour la variété Waha, elle a montré une résistance au stress salin par les facteurs suivant ; taux de germination, longueur des racines au stade de germination, nombre de ramifications, longueur des coléoptiles, l'intégrité cellulaire des racines. Par contre, la variété Bousselem est montrée une résistance au stress salin via taux de germination et longueur des racines au stade de croissance.

Référence bibliographique :

- **Abdelly C., 2006** : Caractérisation des halophytes pour le dessalement des sols salins et le traitement des eaux salines. Rapport d'activités 2007. Centre de biotechnologie à la technopole de Borj-Cedria, Tunisie, pp. 28- 31.
- **Adel J et Bader J., 2002**: Studies of some traits related to salinity tolerance in bread wheat(*Triticumaestivum*L.). Proceeding of the International Symposium on optimum resourcesutilization in salt-affected Ecosystems in arid and semi-arid regions, Cairo, Egypt, p.102.
- **Ait Kaki S., 2008** : Contribution à l'aide de l'interaction génotype x milieu, pour la qualité technologique chez le blé dur en Algérie. *Thèse doctorat*, Université de Annaba, 174p.
Alem C et Atalay A, Lars J, Niels L, Robert K, Gunnar K, 2002 : Adaptations hydrique et photosynthétique du blé dur et du blé tendre au stress salin. *C. R. Biologies*, Vol. **325**:pp1097-1109.
- **Allen R.D., 1995**: Dissection of oxidative stress tolerance using transgenic plants. *Plant Physiol.* pp 1049-1054.
- **Amane M. I. V., Vieira C., Novais R. F., Araujo G., 1999**: Nitrogen and molybdenum fertilization of the common bean crop in the zona da mata region, Minas Gerais state, Brazil. *Revista brasileira de ciência do solo*. Vol. **23**, no3, pp. 643-650. and yield stability in durum wheat. *Options méditerranéennes* .**40**: 83-93p.
- **Anjum, S. A., Xie, X. Y., Wang, L. C., Saleem, M. F., Man, C., et Lei, W., 2011** : Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *African Journal of Agricultural Research*, 6(9), 2026-2032.
- **Annerose, D. J. M. 1990** : Recherches sur les mécanismes physiologiques d'adaptation à la sécheresse. Application au cas de l'arachide (*Arachis hypogea L.*) cultivée au Sénégal. Thèse de doctorat es Sciences Naturelles, Université Paris VII, 282p.
- **Anonyme, 2006**: Les marchés mondiaux du blé. *USDA*. [http://www.agpb.com/fr/dossier/eco/marchesmondiaux 2006.pdf](http://www.agpb.com/fr/dossier/eco/marchesmondiaux%202006.pdf). (25.05.2008/11:37).
- **Anti Polis S, 2003**: Les cahiers du pleur bleu 2. Pp44-48.

- **Arbaoui M, Benkhelifa M., Belkhodja M, 2000:** Réponses physiologiques de quelques variétés de blé dur à la salinité au stade juvénile. Option méditerranéenne. Pp.267-270.
- **Ashraf M et Harris., 2004:** Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Sci.*, 166: 3-6.
- **Askri, Ben Salah, Jemni, Ben Nasrallah., 2009 :** Optimization of hydrogen storage in metal hydride tanks, *Inf. J. Hydrogen Energys* 34, 897.
- **Asloum H, 1990:** Elaboration d'un système de production maraîchère (Tomate).
- **Asloum H., 1990 :** Elaboration d'un système de production maraîchère (Tomate, *Lycopersicum esculentum* L.) en culture hors sol pour les régions sahariennes. Utilisation des substrats sableux et d'eaux saumâtres. Thèse de doctorat, développement et amélioration des végétaux, Université de Nice Sophia- Antipolis : 24- 32.
- **Auriau. P, 1967 :** Amélioration de blé dur. *Annales de l'INA de Tunisie.* n° 40. V. 5. 344 p.
- **Baize D., 2000:** Guide des analyses en pédologie. 2^{ème} édition. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris : 206-207.
- **Bajji M., Lutts S. & Kinet J-M. 2001:** Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in arid conditions. *Plant Sci.* **160** : 669 -681p.
- **Bajji, M., Lutts, S., & Kinet, J. M. (2000) :** La résistance au stress hydrique chez le blé dur : Comparaison des comportements au niveau cellulaire et au niveau de la plante entière. Zaragoza : ciheam. Options Méditerranéennes : série A. séminaires méditerranéens, **40** : 227- 231.
- **Bakht, J., M. Shafi, Y. Jamal, H. She. 2011:** Response of maize (*Zea mays* L.) to seed priming with NaCl and salinity stress. *Spanish Journal of Agricultural Research* **9**: 252-261.
- **Bayuelo J et al., 2002:** Salinity tolerance of *Phaseolus* species during germination and early seedling growth. *Crop Sci.*, pp2184-2192.
- **Bebba S., 2011 :** Essai de comportement de deux variétés de blé dur (*Triticum durum* L. var. Carioca et Vitron) conduite sous palmier dattier au niveau de la région d'Ouargla. Diplôme d'Ingénieur d'état en Agronomie Saharienne. Univ. Kasdi Merbah, Ouargla. 5p.

- **Belkheiri O., 2008** : Adaptabilité des espèces du genre *Atriplex* aux conductions de salinité et d'aridité, Tesi di Dottorato in agrometeorologia ed ecophysiological dei sistemi Agrari e Forestali, Università di Sassari p 42.
- **Belkhodja M., Bidai Y., 2004** : Réponse des graines d'*Atriplex halimus* L. à la salinité au stade de la germination .Sécheresse, Vol.15 N°4 :331-335.
- **Ben Semra N., (1990)**: Effet de la fertilisation azotée et de la densité du semis sur le rendement de la variété de blé dur « Waha » cultivée en zone sub humide.
- **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.
- **Benmahioul B, Daguin F, kaid HarcheM. 2009** : Effet du stress salin sur la germination et la croissance in vitro du Pistachier (*Pistacia vera* L.) *CR, Biologies*, N°332 :752-758.
- **Binzel M.L., P.M. Hasegawa, A.K. Handa et Bressan R.A, 1985**: Adaptation of tobacco cells to NaCl. *Plan Physiology*, **79**,118-125.).
- **Bonjean A., Picard E, 1990** : Les céréales à paille origine, historique, économie et sélection. Eds Nathan, 235 pages.
- **Bouaouina, S., Zid, E. ET Hajji, M. 2000** : Tolérance à la salinité, transports ioniques et fluorescence chlorophyllienne chez le blé dur (*Triticum turgidum* L.) CIHEAM –Options Méditerranéennes. pp.-2.
- **Bouaziz E. 1980** : Tolérance à la salure de la pomme de terre. *Physiol. Vég.* **18**, p.11–17.
- **Bouchoukh I., 2010** : Comportement écophysiological de deux Chénopodiacées des genres *Atriplex* et *Spinacia* soumises au stress salin .p 16- 29- 6 -35.
- **Bouda S., Haddioui A** : Effet du stress salin sur la germination de quelques espèces du genre *Atriplex*. Revue « nature & technologie ». N° 05/juin 2011. P 72 à 79.
- **Boukachabia E, 1993**: Contribution à l'étude de quelques mécanismes d'adaptation (*Triticum durum* Dest). Mémoire de Magister en production et physio vég. Annaba, 108 P.
- **Bouzid S., 2010** : Etude de l'effet de la salinité et de la présence du molybdène sur le comportement écophysiological de deux variétés de plantes de l'espèce *phaseolousvulgaris*L Thèse magister, Univ Mentouri Constantine. P6-9-4.

- **Bozzini A. 1988** : Origin, distribution, and production of durum wheat in the world. in
- **Braam J., Sistrunk M., Polisensky D. H., Xu W., Purugganan M. M., Antosiewicz D. M., Campbell P. et Johnson K. A. 1997** : Plant responses to environmental stress: regulation and functions of the Arabidopsis TCH genes. *Planta*. **203** : 35 - 41p.
- **Chaise L., Ferla A. J., Honore A. et Moukhli R, 2005** : L'impact du changement climatique sur l'agriculture en Afrique. Atelier Changement Climatique. ENPC.
- **Chartzoulakis, Klapaki 2000** : NAGREF, Subtropical Plants and Olive Tree Institute, 73100 Chania, Crete, Greece.
- **Cheeseman J.M., 1988**: Mechanisms of salinity tolerance in plants. *Plant Physiology* **87**: 547- chloride and sodium sulphate. *Physiologia Plantarum* pp 482-490.
- **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).
- **Chinnusamy., Schumaker., Zhu. K. 2004** : Molecular genetic perspectives on cross-talk and specificity in abiotic stress signalling in plants. *J. Exp. Bot.* **55** 225–23610.1093/jxb/erh005.
- **Croston R. P. et Williams J.T. 1981** : A world survey of wheat genetic resources. *IBRGR. Bulletin / 80/59*, 37p.
- **Curtis B.C., 2002** : Wheat in the world. In Curtis, B.C., Rajaram, S., Macpherson, H.G. eds, Bread wheat improvement and Production. 567 p. dans les zones semi-arides du Maroc. Dans : Actes de la Conférence sur les Acquis.
- *Ecotoxicology and Environmental Safety*. Vol.60, pp. 324.
- **El Midaoui M., 1999**: Response of sunflower (*Helianthus annuus L.*) to nitrogen and potassium deficiency. *Helia*. Vol. **22**, n°30, pp. 139-148.
- **El-Mekkaoui M, 1990**: Etude des mécanismes de tolérance à la salinité chez le blé et amélioration des végétaux, Université de Nice Sophia- Antipolis: 24- 32.
- **El-Mekkaoui M., 1990**: Etude des mécanismes de tolérance à la salinité chez le blé et amélioration des végétaux, Université de Nice Sophia- Antipolis: 24- 32.
- **El-Mekkaoui M., 1990**: Etude des mécanismes de tolérance à la salinité chez le blé dur (*T. durum* des f) et l'orge (*H. vulgare*) : recherches de tests précoces de sélection. Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques, Montpellier. p 191.
- **Feillet P. (2000)** : Le grain du blé. Composition et utilisation. Ed. INRA, Paris, pp : 17-18.

- **Gaff, D. F. 1980** : Protoplasmic tolerance of extreme water stress. In : Turner N. C., & Kramer P. J eds. *Adaptation of plants to water and high temperature stress*. Wiley, NY, 207-230.
- **George, S., Jatoi, S. A., et Siddiqui, S. U. 2013** : Genotypic differences against PEG simulated drought stress in tomato. *Pak. J. Bot*, 45(5), 1551-1556.
- **Gili., 1997** : The National science Agenda as a Ritual of Modern Nation- Statehood. PhD dissertation. Department of sociology, Stanford University.
- **Gill K S., 1979**: Effects of soil salinity on grain filling and grain development.
- **Gill P.K., Sharma A.D., Singh P., Bhullar S.S., 2003** : “Changes in germination, growth and soluble sugar contents of *Sorghum bicolor* L. Moench seeds under various abiotic stresses”, *Plant Growth r Regulation* **40** (2), pp. 157-162.
- **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*.
- **Greenway, H. et Munns, R. (1980)**: Mechanism of salt tolerance in non halophytes. *Annu. Rev. Plant Physiol.*, **31** : 149-190.
- **Groome, T.H. Sharing 1991**: A comprehensive approach to religious education and pastoral ministry.. San Francisco: Harper.
- **Grignac P., 1978** : Mise en évidence de relation applicable en sélection entre l'électrophorègramme des gliadines et les propriétés viscoélastique du gluten de *Triticum durum* Desf. C.R. Acad. Sc. Paris, 287, Série D, 710-704.
- **Guerrier G., 1984** : Relations entre la tolérance ou la sensibilité à la salinité lors de la germination des semences et les composantes de la nutrition en sodium. *Biologia Plantarum (PRAHA)* Vol. **26**, n°1, pp. 22-28.
- **Hakim, Juraimi, Begum, Hanafi, Ismail, Selamat 2010** : Effect of salt stress on germination and early seedling growth of rice (*Oryza sativa* L.). *Afr. J. Biotechnol.* 9: 1911–1918.
- **Haouala F et Ferjani H, Ben El Hadj S 2007** : Effet de la salinité sur la répartition des cations (Na⁺, K⁺ et Ca²⁺) et du chlore (Cl⁻) dans les parties aériennes et les racines du ray-grass anglais et du chiendent. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* Vol. **11**, n°3, pp. 235-244.
- **Harlan J.R. 1975** : Our vanishing genetics resources. *Science*, **188**: 618-621.

- **Hamrouni, Hanana, Abdely, Ghorbel 2011** : Exclusion du chlorure et inclusion du sodium: deux mecanismes concomittants de tolerance a la salinite chez la vigne sauvage *Vitis vinifera* subsp. *Sylvestris* (var. ‘Sejnene’). *Biotechnol Agron Soc* 15: 387–400 (in French).
- **Heller R., Esnault R., Lance C., 1998** : *Physiologie végétale*. Tome1. Nutrition. 6ème édition, DUNOD, Paris: 134- 135.
- **Hillel D., 2000**: *Salinity Management for Sustainable Irrigation*. The World Bank, Washington, D.C.
- **Hopkin W.G., 2003** : *Physiologie végétale – traduction de la 2ed.américane* par serge rambour révision scientifique de Charles-Marie Evradr Boeck univ. Bruxelles. P 445-460.
- **Hopkins W.G., 2003** : *Physiologie végétale, traduction de la 2ed.américane*. Par sergo rambour revision scientifique de Charles – maric Evradr boeck univ. Bruxelles.p61-464.
- **Hu Y et Tung, Liu 2005**: Salinity and the growth of non-halophytic grass leaves: the role of mineral nutriment distribution. *Plant Biol*. pp973- 985.
- **Itai C., 1999**: Role of phytohormones in plant responses to stresses.
- **Jabnoue M., 2008** : *Adaptation des plantes à l’environnement : Stress salin*. Présentation Power Point.
- **Jabnoue M., 2008** : *Adaptation des plantes au stress Salin : caractérisation de la transporteur de sodium et potassium de la famille HKT chez le riz* .Thèse doctorat, univ Montpellier II.
- **Johanna, Smit 2006** : Department of Geography, University of Guelph, Guelph, Ont., Canada N1G 2W1Received 28 November 2005; received in revised form 1 March 2006; accepted 8 March 2006.
- **Kafkai U., 1991**: Root growth under stress. *Plant roots: the hidden half*. New York, USA: Marcel Dekker, pp375-391.
- **Karakas A., 2011** : Motivational Attitudes of ELT Students towards UsingComputers for Writing and Communication. *The Journal of Teaching English withTechnology*, 11(3), 37-53. (2011).
- **Karmous C., 2007** : Contribution à l’étude des mécanismes de tolérance à la salinité au stade juvénile chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.) : aspects

- physiologique, biochimique et moléculaire. Thèse de doctorat en agronomie et science de la production végétale. INAT, Tunis: 211p.
- **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.
 - **Ladigues, V., 1975 :** Some aspect of tissue water relations in three populations of *Eucalyptus Viminalis labill* . *New. Phytol.*, 75, 53-62.
 - **Lauchli et Esptein; 1990:** Saline culture of crops: à genetic approach, *Science* (2310) 399-404.
 - **Laumont P. et Erroux J., 1961 :** Inventaire des blés durs rencontrés et cultivés en Algérie. Mémoires de la société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord. Imprimerie «La typa-Litho » e t J u l e s. Carbonel, 5-15.
 - **Leclerc J.C., 1999 :**Ecophysiologie végétale-publications univ. Saint Etienne p 188-235.
 - **Lemee G., 1978 :**Précis d'écologie végétale. Masson, Paris : 131- 132.
 - **Lepš, Bello, Lavorel, Moretti 2000 :** Laboratoire d'Ecologie Alpine, CNRS UMR 5553, Université Joseph Fourier, F-38041, Grenoble, France Department of Botany, Faculty of Science, University of South Bohemia, and Institute of EntomologyCzech Academy of Sciences, CZ-37005, Èeské Budijovice, Czech RepublicSwiss Federal Research Institute WSL, Ecosystem Boundaries Research Unit, Insubric Ecosystems Group,CH-6500 Bellinzona, Switzerland.
 - **Levitt J., 1980:** Responses of Plants to Environmental Stresses: Water, Radiation, Salt, and other stresses, Academic Press, New York, pp. 365-488.
 - **Luttge U., Kluge M., Bauer G., 2002 :** Botanique. 3ème édition, Tec et Doc-Lavoisier, Paris: 439- 450.
 - **Maachi L., 2005:** Etude de comportement d'une céréale à grains sous centre pivot dans la région de Ouargla : Evaluation de l'efficience de l'irrigation et de la fertilisation azotée, Thèse., Ing, agro, Sah. *ITAS*, Ouargla, 91p.
 - **Maas E. V et Poss J.A., 1989:** Salt sensitivity of wheat at different growth stages. *Irrig. Sci.* pp29-40.
 - **Mackey J. 1968:** Species relations in *Triticum*. Proc. 2nd International Wheat Genetic Symposium, *Hereditas*, 2: 237-276.

Référence bibliographique

- **Madr., 2012** : Annuaire statistiques du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. Série B.
- **Maillard J., 2001** : Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone sahélienne. Risques et recommandations. Handicap International. Novembre 2001, 34p.
- **Maillard, J. (2001)** : Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone sahélienne.
- **Melloul, M., Iraqi, D., Udupa, S. M., Erba, G., El Alaoui, M. A., Ibriz, M., & El Fahime, E. (2014)** : Analysis of mRNA Levels of Ten Genes Under Water Stress in *Triticum turgidum* subsp. *durum*. *Journal of Plant Studies*, **3(1)**, p65.
- **Menecer 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, Pp99.
- **Monneveux P. et This D., 1997** : La génétique face au problème de tolérance des plantes à la sécheresse : espoirs et difficultés. *Sécheresse* n° 1 vol. 8 pp. 29 – 37.
- **Moule C., 1980** : Céréales. Phytotechnie spéciale : bases scientifiques et techniques de la production des principales espèces de grande culture en France.
- **Munns R et Rawson H.M., 1999**: Effect of salinity on salt accumulation and reproductive development in the apical meristem of wheat and barley. *Aust. J. Plant Physiol.* pp459-464.
- **Munns R., 2002**: Comparative physiology of salt and water stress; *Plant, Cell and Environment* pp239-250.
- **Munns R., 2008**: Sodium excluding genes from durum wheat and sea barleygrass improves sodium exclusion of bread wheat. 2nd International Salinity Forum Salinity, water and society-global issues, local action.
- **Munns R et Husain S, Rita Rivelli A, Richard A, Lindsay P, Evans S, Daniel P, 1983** : Halotolerante ukaryotes. In *Physiological Plant Ecology. III. Responses to the Chemical and Biological Environment. Encycl. Plant Physiol.*, pp. 59-135 New Series, Vol. **12C**. Springer, Berlin.
- **Munns R et James R, Läuchli A, 2006**: Approaches to increasing the salt tolerance of wheatand other cereals. *Journal of Experimental.*
- **Nachit N., 1998** : *Durum* wheat improvement. In VARMA Ed.,Cereal improvement program 1986,ICARDA PUBL. 112EN, Allepo, pages,78-101.
- **Ndeye Thioro D., 2000** – Evaluation au champ et en, condutions de salinité des performances agromorphologiques et physiologique de lignées de riz *Oryza saltiva* L.

- cultivar 1 Kong Pao (IKP) sélectionnées in vitro en présence de sel. Thèse de doctorat de 3^e cycle, Univ cheikh anta diop de dakar. P2.
- **Ndour P et Danthu P., 2000** : Effet des contraintes hydrique et saline sur la germination de quelques acacias africain. Projet National de Semences Forestières du Sénégal. 11 p.
 - **Nilsen, 1996 (Beddiar S, Ben Kachrouda R, 2013)**: étude de caractères d’adaptation-physiologique et biochimique de plantules du blé dur à la salinité.
 - **Niu Orcutt M. et Nilsene T., 2000**: Physiology of plants under stress. John Wiley & Sons Inc., New York, NY, USA.
 - **Parent, Caccone., 2008** : Department of Biological Sciences, Simon Fraser University, 8888 University Drive, Burnaby, Canada BC V5A 1S6 Department of Ecology and Evolutionary Biology, and 3Yale Institute of Biospheric Studies, Yale University, Department of Biological Sciences, University of Cincinnati, Cincinnati, OH 45221-0006, USA.
 - **Parida A.K., DAS A.B. (2005)**: Salt tolerance and salinity effect on plants: review Ecotoxicology and Environmental Safety. **Vol.60**, pp. 324.
 - **Peña, R.G., 2002**: Wheat for bread and other food *In BC Curtis, S Rajaram, HG Macpherson*, eds, Bread wheat improvement and Production, vol <http://www.fao.org/>. 567 p. Perspectives de la Recherche Agronomique dans les Zones Arides et Semi-arides du Maroc, El Gharous, M., Karrou, M. et El Mourid, M. (éd), Rabat, 24-27 mai 1994.
 - **Prado F.E., Boero C., Gallardo M., Gonzalez J.A., 2000**: “Effect of NaCl on germination, growth and soluble sugar content in *Chenopodium quinoa* Willd. Seeds”, Botanical Bulletin of Academia Sinica **41**, pp. 27-34.
 - **Price A.H. et Hendry G.A.F., 1991**: Iron-catalysed oxygen radical formation and its possible contribution to drought damage in nine native grasses and three cereals. Plant Cell Environ. **14**:477-484.
 - **Rahnama H et Ebrahimzadeh H., 2005**: The effect of NaCl on antioxidant enzyme activities in potato seedling. Biol Plant. pp93-97.
 - **Reddy, Boucher, Bellouin, Schulz, Balkanski, Dufresne, Pham 2004** : Received 11 March 2004; revised 29 September 2004; accepted 22 December 2004; published 21 April 2005.
 - **Robert, A. 1993** : Système éducatif et réformes.

Référence bibliographique

- **Rush D.W., et Epstein E., 1981:** Breeding and selection for salt-tolerance by incorporation of wild germplasm into a domestic tomato. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* (106): 699-704. sélection. Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques, Montpellier. p 191.
- **Santiago L.S., Laut.S., Melcher P.J., Steeleo.C.,And Goldestein G., 2000 :** Morphological and physiological responses of hawiiian *Hibiscus tiliaceus* populations to light and salinity, *Int.J. Plant Sci.* 161: 99-106.
- **Sentenac H et Berthomieu P., 2003 :** Découverte d'un nouveau mécanisme de tolérance des plantes au sel. UMR Biochimie et physiologie moléculaire des plantes (Unité mixte Ecolenationale supérieure agronomique de Montpellier, Service Presse INRA, 34 p.
- **Silva, M. D. A., Jifon, J. L., Da Silva, J. A., et Sharma, V. 2007 :** Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19(3), 193-201.
- **Skerrett, A., 1999 :** Birds of Cosmoledo. *Birdwatch* 29: 4–6.
- **Snoussi S.A et Halitim A., 1998 :** Valorisation des eaux salines pour la nutrition minérale des plantes cultivées. Etude et gestion des sols, pp289- 298.
- **Soltner D., 1998:** Les grandes productions végétales céréalières, plantes sarclées- prairies 16^e:r,e Ed, collection sciences techniques agricoles.463 p.
- **Soltner D., 2005.** Les grandes productions végétales : céréales, plantes sarclées, prairies. Sainte-Gemme-sur Loire, Sciences et Techniques Agricoles.
- **Song, Ma^ortensson, Eriksson, Zheng, Rasmussen :** Biotechnology Center, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou, Fujian 350003, PR China Department of Botany, Stockholm University, SE-10691 Stockholm, Sweden Bergius Foundation, Royal Swedish Academy of Sciences, Box 50017, SE-10405 Stockholm, Sweden Received 20 October 2004; received in revised form 9 March 2005; accepted 16 March 2005.
- **Tazi, Berrichi, Haloui., 2003 :** Université Mohamed Premier, Faculté des Sciences, Laboratoire d'Ecologie végétale et d'Aridoculture, UFR Sciences de l'environnement en milieu aride et semi-aride, B.P. 524, Oujda, Maroc.
- **Tyree, M. T., et Jarvis, P. G. (1982).** Water in tissues and cells. In : Lange OL, Nobel PS, Osmond CB, Ziegler H, eds. *Encyclopedia of plant physiology*. New Series,

- Vol. 12B Physiological plant ecology II., Water relations and carbon assimilation. Springer-Verlag, Berlin : 36-77.
- **Valdeyron G., (1961) :** Génétique et amélioration des plantes, Baillière, Paris, 374p.
 - **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.
 - **Weimberg R., Lerner HR. Et Poliakoff., 1984 :** Change in growth and water soluble solute concentration in *Sorghum bicolor* stressed with Na and K salts. *Physio. Plantarum*, 62, pp 472-480.
 - **Yeo A., 1998:** Molecular biology of salt tolerance in the context of whole plant physiology. *Journal of Experimental Botany*.pp915-929.
 - **Yves H. et De Buyser J. (2000).** L'origine des blés. *Pour la science*, 26: 60-62.
 - **Zhu J. K., 2004:** Regulation of ion homeostasis under salt stress. *Curr. Opin. Plant Biol.* 6, 41–45.
 - **Zhu J.K., 2001:** Plant salt tolerance. *Trends in Plant Sci.*pp 66-71.
 - **Zid E., 1982 :** Relation hydriques dans la feuille de *Citrus aurantium* : effets de l'âge et de la salinité. *Rev. FAC. Sc. Tunis*, 2, pp 195-205.

Résumé

Cette étude a pour objectif d'évaluer l'effet du stress salin à deux concentrations 7.5 et 15g/l sur les caractères morfo-physiologique, de deux génotypes de blé dur à savoir Waha et Bousselem. Les résultats obtenus indiquent que tous les paramètres étudiés sont significativement affectés par le stress salin. Les paramètres physiologiques représentés par le taux de germination, l'intégrité cellulaire et la teneur relative en eau et les paramètres morphologiques indiqués par la longueur des racines, le nombre des ramifications, longueur des coléoptiles et la longueur de la deuxième feuille ont été largement diminués sous un stress salin avec les deux concentrations. Cependant, cette diminution a été dose dépendent, où les résultats obtenus montrent que les paramètres étudiés sont diminués avec l'augmentation de stress salin. Les résultats de notre étude, montrent que les deux génotypes se répondent de la même manière contre le stress salin, mais l'intensité de réponse varie d'un génotype à l'autre.

Mots clés : Stress salin, génotype, germination, caractère morphologique, caractère physiologique.

Abstract

The aim of this investigation is to study the effect of tow concentrations of salt stress 7.5 and 15mg/ml on tow durum wheat (*Triticum durum* L.) varieties Waha and Bousselem. The results showed a negative effect of salinity on the physiological parameters indicated by seed germination, cell integrity and relative water content, also at the morphological parameters such as root length, number of ramifications, coleoptiles length and second leaves length. The results showed a large decrease of these parameters under both concentrations. However, this effect varies depending on the intensity of stress and the varieties. Our results have shown that Waha was the more tolerant to salt stress.

Key words: salt Stress, genotype; wheat, morphological characters, physiological characters.

ملخص

هذه الدراسة هدفها دراسة تأثير الاجهاد الملحي على الخصائص المورفوفيزيولوجية لصنفين من القمح الصلب (واحة و بوسلام) ،حيث تسمح باظهارتأثير مختلف تراكيز الاجهاد الملحي (7.5 و 15غ/ل) من NaCl على المؤشرات الفيزيولوجية (معدل الانتاش، درجة الخرابة الخلوية، المحتوى النسبي للماء). و المؤشرات المورفولوجية (استطالة الجذور، عدد التفرعات، استطالة السويقة، استطالة الورقة الثانية). النتائج المتحصل عليها تبين ان المؤشرات المدروسة تنخفض بزيادة الاجهاد الملحي من 7.5 غ/ل الى 15 غ/ل، وعليه فان نتائج دراستنا تثبت ان الصنفين المدروسين يتجاوبان بنفس الطريقة مع الاجهاد الملحي ولكن شدة و مدى الاستجابة يتغير من صنف لآخر.

الكلمات المفتاحية: الاجهاد الملحي، صنف،انتاش، ميزة فيزيولوجية، ميزة مورفولوجية.