



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 الارض والكون  
قسم العلوم الفلاحية  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers  
Département des Sciences Agronomiques



# Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

**Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie**  
**Filière : Sciences Agronomiques**  
**Spécialité : Amélioration des plantes**

## Thème

**Effet du stress salin sur les paramètres de croissance de  
quelques variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.)**

**Présenté par : Zaghdoudi Hala  
Bensaadi Hayat**

**Devant le jury :**

<b>Président :</b>	M <sup>r</sup> Naouri Mohamed	MAB (Univ. Bordj Bou Arréridj)
<b>Encadrant :</b>	M <sup>r</sup> Fellahi Zine El Abidine	MCB (Univ. Bordj Bou Arréridj)
<b>Examineur :</b>	M <sup>me</sup> Kelaleche Hizia	MAA (Univ. Bordj Bou Arréridj)

**Année universitaire : 2017/2018**



## *Remerciements*

*Nous remercions en premier lieu "Dieu"*

*Le tout puissant pour nous avoir donné la force, le courage*

*et la volonté d'accomplir ce travail.*

*Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude ainsi que nos vifs remerciements à notre encadreur Dr : **Fellahí Zine El Abidine** pour avoir dirigé ce travail, et pour la confiance et l'intérêt qu'il nous a témoigné tout au long de ce travail.*

*Nos remerciements s'adressent aussi aux **membres du jury**, pour nous avoir fait l'honneur d'accepter d'examiner notre travail.*

*A monsieur **Boutalbi Walid** et mademoiselle **Sara** et l'ensemble des cadres du **CNCC** de Sétif.*

*A monsieur **Hannachi Abderrahmane** et l'ensemble des cadres de l'**INRAA** de Sétif.*

*Nous remercions tous les enseignants qui ont participé le long de ces années à notre formation, et à notre promotion 2018.*





## *✿ Dédicace ✍*

*Je dédie ce modeste travail qui est le fruit de mes  
longues études*

*A mes chers parents " Ahmed ♥ Nora " qui m'ont  
toujours encouragé de faire mon mieux*

*A mes chères sœurs " Issmahane ♥ Mouna " et Mon  
unique frère " Houcin " qui m'ont toujours soutenue  
et encouragé pour avancer dans ma vie*

*A mes très chers neveux et nièces  
" Dhíyaa, Chíhab, Nada, Nidhal, Imran "*

*A tous mes copines surtout*

*" Hayat ♥ Fahima ♥ Asma "*

*A toute ma belle famille*

*Hala*





## *✿ Dédicace ✿*

*Je dédie ce modeste travail*

*À Mes chers parents pour leur amour et leur  
encouragement qu'ils trouvent le témoignage de ma  
profonde affection et gratitude «Abdallah » et «Yamina»*

*A mes belles sœurs «Taoues, Ahlem , Houda et Chaima»*

*A ma grande sœur «Dallel» et leur époux « Adel»*

*A mon frère «Moukhtar» et son épouse «Rahma»*

*A mon mari «Zebiri Abd El Moumen»*

*et ma 2<sup>ème</sup> famille*

*A mes très chère petites « Abd el kahar, Nouna , Ilyes,*

*Younna, Aymen, Fatima et Amina»*

*A mon grande père «Elhadj Mouhamed» et ma  
grande mère «Hadja Fatima »*

*A tout mes amies surtout : «Hala , Asma et Fahima»*

*A toute la famille Surtout «Aziza et Donia »*

*Hayet*



# Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures et photos

Liste des tableaux

**Introduction..... 01**

## **CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE**

I.1. Historique de blé tendre..... 03

I.2. Origine et génétique du blé tendre (*Triticum aestivum* L.)..... 03

I.3. Importance du blé tendre..... 05

I.4. Les variétés de blé tendre cultivées en Algérie..... 06

I.5. Les contraintes de la production du blé tendre et les mécanismes d'adaptation..... 06

I.5.1. Les contraintes hydrique et thermique..... 06

I.5.1.1. Le stress hydrique..... 07

I.5.1.2. Le stress thermique..... 07

I.5.1.2.1. Les hautes températures..... 07

I.5.1.2.2. Les basses températures..... 08

I.5.1.3. Le stress salin..... 08

I.5.1.3.1. Notion de salinité et salinisation..... 08

I.5.1.3.2. Les sols salés..... 09

I.5.1.4. Les effets de la salinité sur la physiologie des plantes..... 10

I.5.1.4.1. Sur la germination..... 10

I.5.1.4.2. Sur la croissance et le développement..... 11

I.5.1.4.3. Sur la biochimie de la plante..... 11

I.5.1.4.4. sur la nutrition minérale des végétaux..... 11

I.6. Les mécanismes d'adaptation au stress salin ..... 12

I.6.1. Homéostasie cellulaire ..... 12

I.6.2. Séquestration du sodium dans des vacuoles..... 12

I.6.3. Prélèvement du potassium ( $K^+$ )..... 13

I.6.4. Biosynthèse d'osmoprotectants ..... 13

I.6.5. Synthèse d'antioxydants ..... 13

## **CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES**

II.1. Matériel végétal et protocole expérimental adopté..... 14

II.1.1. Matériel végétal..... 14

II.1.2. Protocole expérimental..... 14

II.2. Paramètres étudiés.....	16
II.3. Analyse des données.....	17

### **CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION**

III.1. Analyse de la variance.....	19
III.2. Etude des valeurs moyennes.....	19
III.2.1. Pourcentage de germination.....	19
III.2.2. Cinétique de germination.....	21
III.2.3. Vitesse de germination.....	23
III.2.4. Paramètres de croissance.....	24
III.2.4.1. Effet moyen 'génotype'.....	24
III.2.4.2. Effet moyen 'dose de sel'.....	25
III.2.4.3. Effet de l'interaction 'variété x dose de sel'.....	27
III.3. Typologie variétale.....	31
III.4. Analyse des corrélations inter caractères.....	33
<b>Conclusion.....</b>	<b>36</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>37</b>

## Liste des figures et photos

<b>Figure 1.</b> Phylogénie des blés.....	04
<b>Figure 2.</b> Evolution de la production mondiale de blé tendre en millions de tonnes.....	05
<b>Figure 3.</b> Pourcentage de germination des variétés évaluées en absence du stress salin...	21
<b>Figure 4.</b> Cinétique de germination des graines de variétés de blé évaluées.....	22
<b>Figure 5.</b> Moyenne journalière de germination (MJG) des variétés évaluées.....	23
<b>Figure 6.</b> Ecart (%) des valeurs prises par les caractères mesurés relativement à la valeur maximale.....	26
<b>Figure 7.</b> Réponse de la longueur des racines (LR, cm) des différents génotypes à l'intensité du stress salin appliqué.....	27
<b>Figure 8.</b> Réponse du nombre de racines (NR) des différents génotypes à l'intensité du stress salin appliqué.....	28
<b>Figure 9.</b> Réponse de la longueur du coléoptile (LC, cm) des différents génotypes à l'intensité du stress salin appliqué.....	29
<b>Figure 10.</b> Réponse de la matière fraîche racinaire (MFR, mg) des différents génotypes à l'intensité du stress salin appliqué.....	30
<b>Figure 11.</b> Réponse de la matière fraîche aérienne (MFA, mg) des différents génotypes à l'intensité du stress salin appliqué.....	30
<b>Figure 12.</b> Groupes de variétés identifiés sur la base de l'indice de sensibilité relative au sel (ISRS).....	32
<b>Figure 13.</b> Valeurs relatives moyennes (% valeur maxi) prises par l'indice de sensibilité relative au sel (ISRS) chez les quatre groupes de variétés.....	33
<b>Figure 14.</b> distribution des fréquences et corrélations phénotypiques entre les caractères mesurés chez les variétés testées.....	34
<b>Photo 1.</b> Mise en place des graines de blé dans les boîtes de Pétri.....	15
<b>Photo 2.</b> Dénombrement des graines germées.....	15
<b>Photo 3.</b> Transfert des graines germées des boîtes de Pétri aux tubes à essai.....	16

## Liste des tableaux

<b>Tableau I</b> : Classification des sols salés.....	10
<b>Tableau II</b> : Liste des variétés de blé tendre étudiées.....	14
<b>Tableau III</b> : Carrés moyens de l'analyse de la variance des caractères mesurés.....	20
<b>Tableau IV</b> : Valeurs moyennes des caractères mesurés chez les variétés testées .....	24
<b>Tableau V</b> : Valeurs moyennes des caractères mesurés chez les variétés testées sous les quatre niveaux de stress salin.....	25
<b>Tableau VI</b> : Coefficients de corrélations phénotypiques (en dessous de la diagonale) et probabilités (en dessus de la diagonale) entre caractères mesurés.....	35



## Liste des abréviations

<b>CAT</b>	: Catalase.
<b>CM</b>	: Carré Moyen.
<b>CNCC</b>	: Centre Nationale de Contrôle et de Certification des semences et plants.
<b>Ddl</b>	: Degré de liberté.
<b>DRB</b>	: Déficit Relatif de Biomasse.
<b>FAO</b>	: Food and Agriculture Organisation.
<b>F-test</b>	: Valeur observée de <i>F-test</i> de <i>Fisher</i> .
<b>ha</b>	: Hectare.
<b>ISRS</b>	: Indice de Sensibilité Relative au Sel.
<b>ISTA</b>	: International Seed Testing Association
<b>LC</b>	: Longueur de la Coléoptile.
<b>LR</b>	: Longueur des Racines.
<b>MFA</b>	: Matière Fraîche Aérienne.
<b>MFR</b>	: Matière Fraîche Racinaire.
<b>MJG</b>	: Moyennes Journalières de Germination.
<b>NR</b>	: Nombre de Racines.
<b>Ppds</b>	: Plus Petite Différence Significative.
<b>ROS</b>	: Reactive Oxygen Species.
<b>SCE</b>	: Somme des Carrés des Ecart.
<b>SOD</b>	: Superoxyde dismutase.

# *Introducción*

## **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 tendre (*Triticum aestivum*) compte parmi les anciennes espèces et constitue une grande partie de l'alimentation de l'humanité. En plus de son intérêt comme une des principales céréales apportant l'énergie dans l'alimentation, le blé est aussi une source importante de protéines dans les pays en voie de développement.

En Algérie, les céréales sont les principales cultures, cultivées sur une superficie annuelle d'environ 3.3 millions d'hectares (INRAA, 2016). Parmi les céréales, le blé tendre occupe une place de choix dans l'alimentation des populations algériennes (Fellahi, 2013).

Les plantes sont toujours exposées aux différents types de contraintes (abiotiques et/ou biotiques). Le stress salin est l'une des principales contraintes abiotiques (Bartels et Sunkar, 2005 ; Chadli et Belkhodja, 2007). En Algérie, 3.2 millions d'hectares de terres agricoles sont menacés par la salinité (Szablocs, 1989 *in* Belkhodja et Bidai, 2004), notamment celles irriguées en zones arides (FAO, 2008). L'exploitation de ces terres est devenue inévitable pour répondre aux besoins croissants de la population en céréales.

La réponse aux différents types de stress varie en fonction de l'espèce, de la variété (Flowers et Yeo, 1995 ; Niu *et al.*, 2010) et même du stade de développement de la plante (Flowers et Yeo, 1995). La sélection des cultivars pour la tolérance à la salinité peut être réalisée de manière directe dans le cas d'un nombre restreint de lignées. Par contre, lorsqu'elle est opérée sur un nombre important de lignées ou sur une population, l'approche la plus convenable reste l'utilisation de caractéristiques agronomiques fiables et faciles à mesurer (Adjel, 2017). Certains auteurs ont rapporté que, sous contrainte saline, les caractères susceptibles d'améliorer la tolérance au sel sont la vigueur et la stabilité du rendement des plantes (Quarrie et Mahmood, 1993). En effet, malgré ses limites, la sélection basée sur la vigueur des plantes est une approche agronomique efficace pour l'amélioration du rendement en conditions de stress salin (Conway, 1997).

L'identification précoce n'est possible que suite à des expérimentations conduites sous conditions contrôlées, vu que les essais à une échelle plus grande demandent plus de semences et un matériel végétal fixé (Hollington, 1998). De ce fait les essais de germination et le suivi de la croissance des plantules sont une étape importante dans le processus d'évaluation de la tolérance au stress salin.

C'est dans ce contexte que s'inscrit l'objectif de ce travail qui porte sur l'étude de l'effet du stress salin sur quelques paramètres de croissance d'une vingtaine de variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) en conditions contrôlées.

*Chapitre I :*

*Revue bibliographique*

## I. Revue bibliographique

### I.1. Historique de blé tendre

Le blé est l'une des principales ressources alimentaires de l'humanité (Ruel, 2006). La saga du blé accompagne celle de l'homme et de l'agriculture ; sa culture précède l'histoire et caractérise l'agriculture néolithique, née en Europe il y a 8000 ans (Feillet, 2000).

Le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) est apparu entre 5000 et 6000 ans avant Jésus-Christ dans le croissant fertile. Cette zone constitue un vaste territoire comprenant la Syrie, la Jordanie, la Palestine, l'Iraq, l'Iran et la Turquie (Lev-Yadun *et al.*, 2000). De son centre primaire, le blé tendre s'est dispersé à partir de la Grèce en Europe (Doussinault *et al.*, 1992). C'est à partir de cette zone que les blés ont été diffusés vers l'Afrique, l'Asie et l'Europe. La route la plus ancienne de diffusion des céréales vers les pays du Maghreb fut à partir de la péninsule italienne et de la Sicile (Boulal *et al.*, 2007).

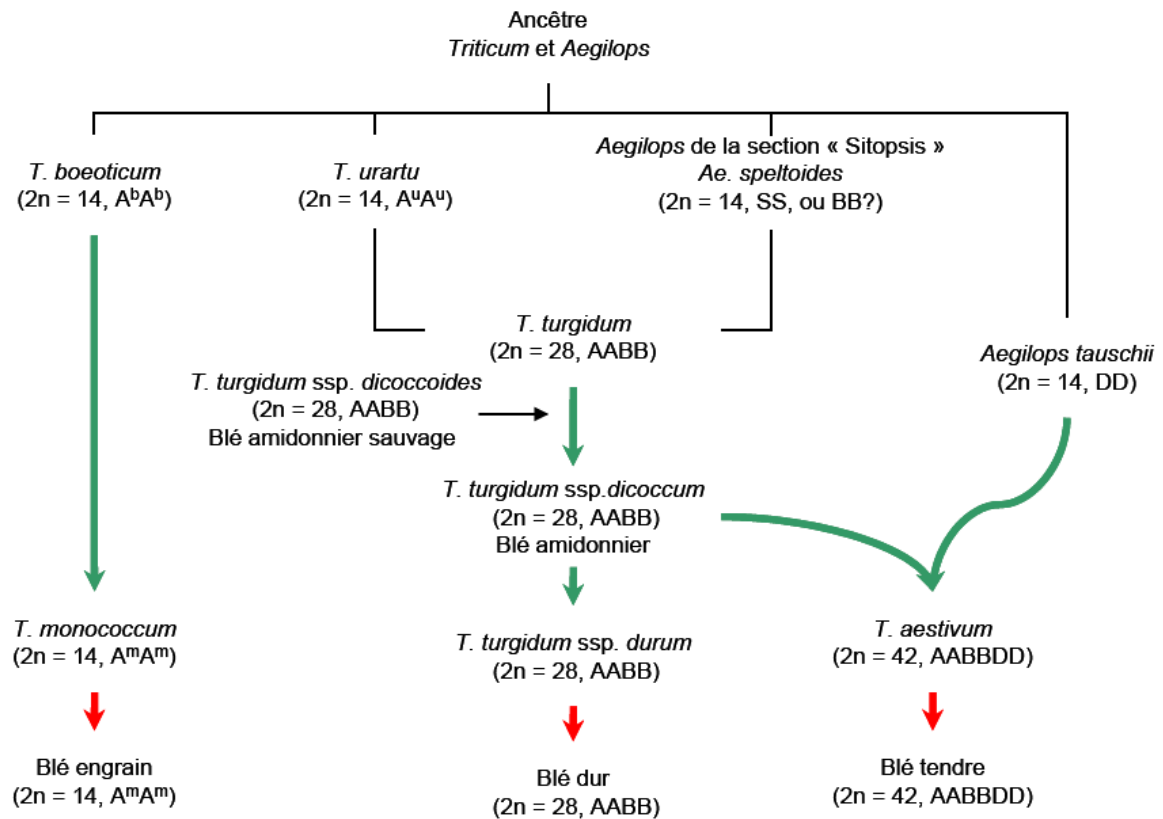
En Algérie, Léon Duceillier (1878-1937) en particulier, parcourant le blé, fit au début du siècle le recensement d'une flore mal connue. Il découvrit et analysa les nombreuses variétés, qui peuplaient les champs cultivés, recueillit les échantillons les plus caractérisés, les plus productifs, les plus résistants à la sécheresse ou à quelques maladies. Le blé tendre était inconnu en Afrique du Nord avant l'arrivée des français (Lery, 1982). Les blés ont d'abord évolué en dehors de l'intervention humaine, puis sous la pression de sélection qu'ont exercée les premiers agriculteurs (Henry et de Buyser, 2001).

Aujourd'hui, le blé tendre constitue une importante source alimentaire et économique mondiale (FAO, 2018).

### I.2. Origine et génétique du blé tendre (*Triticum aestivum* L.)

Le génome du blé tendre (*Triticum aestivum* L.) est constitué de trois sous-génomes A, B et D et résulte de l'hybridation successive de génomes diploïdes et tétraploïdes avec des génomes diploïdes. La première hybridation s'est faite entre *Triticum urartu* Thum. Ex. Gandil. (AuAu,  $2n = 14$ ) et *Aegilops spelta* de la section Sitopsis (BB,  $2n = 14$ ) (Dvorak *et al.*, 1998). Cette hybridation est à l'origine de l'apparition du blé tétraploïde, *Triticum turgidum* L. (AABB,  $2n = 28$ ), dont la diversification a donné naissance à plusieurs groupes variétaux distincts dont *Triticum turgidum* var. *durum* et *Triticum turgidum diccocoïdes*. Le

croisement naturel entre *Triticum turgidum diccocoïdes* (AABB) et l'espèce sauvage *Aegilops tauschii* (DD) donna naissance au blé tendre (Figure 1 ; Liao *et al.*, 2008).



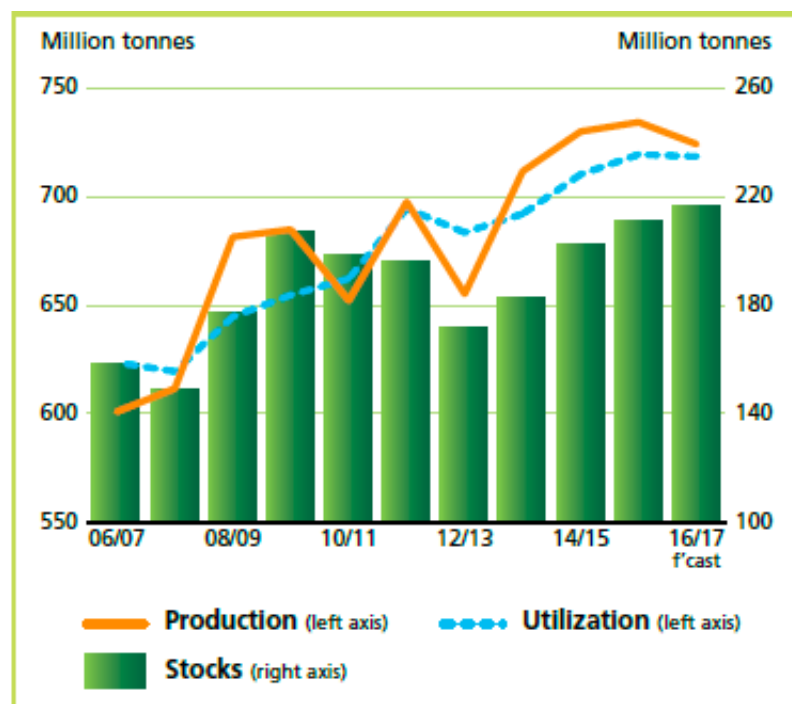
**Figure 1.** Phylogénie des blés (Liao *et al.*, 2008).

Le génome de *Triticum aestivum* a une taille de 16 milliards de paires de bases d'acide désoxyribonucléotide, organisé en trois séries de 7 chromosomes appartenant aux génomes A, B et D. Sears et Sears (1978) identifient et décrivent les différents chromosomes du blé tendre par monosomie, produisant un stock d'aneuploïdes de la variété Chinese spring, très utilisée pour la cartographie génique. Les principales espèces de céréales cultivées appartiennent à la famille des *Poaceae* : blé tendre, blé dur, maïs, riz, avoine, seigle, millet et sorgho (Molinié *et al.*, 2005). Les chromosomes des génomes A, B et D présentent une similitude génétique (synthénie) malgré leurs origines différentes.

Les 42 chromosomes du blé tendre sont classés en sept groupes de trois paires de chromosomes chacun (ABD). Les paires d'un même groupe sont homéologues, mais ne s'apparient pas entre eux à la méiose, seuls les chromosomes homologues s'apparient (AA vs BB vs DD). Ce phénomène est contrôlé génétiquement essentiellement par le gène *Ph1*, situé sur le bras long du chromosome 5B (Gill *et al.*, 1993). De ce fait le blé tendre se comporte, au moment de la méiose, comme un diploïde.

### I.3. Importance du blé tendre

Le blé tendre est l'une des premières plantes domestiquées par l'homme, il est largement cultivé dans le monde entier grâce à son adaptation à un large éventail de climats (Xiaojie *et al.*, 2012). Le blé tendre représente environ 21% de la production alimentaire mondiale et est principalement utilisé pour faire du pain, des nouilles, des biscuits et des gâteaux (Lopes *et al.*, 2012). La production mondiale de blé tendre a évolué, selon l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO, 2017), de 607 à 749 millions de tonnes, au cours de la période allant de 2007/08 à 2015/16 (Figure 2). Ce niveau de production couvre largement les besoins de la population mondiale avec des stocks en hausses (IGC, 2013). L'Union Européenne, la Chine, l'Inde, la Russie et les Etats-Unis sont les plus grands producteurs de blé, respectivement (IGC, 2016). Quant aux superficies, le blé tendre couvre 221.7 millions ha, avec un rendement moyen de 3 t ha<sup>-1</sup> (FAO, 2018).



**Figure 2.** Evolution de la production mondiale de blé tendre en millions de tonnes (FAO, 2017).

La production Algérienne en blé tendre reste faible, quoiqu'elle ait connu des augmentations significatives depuis les années 1960, affleurant les 1.02 millions de tonnes en 2012 (Fellahi, 2017). Du point de vue productivité par unité de surface, le rendement moyen de blé tendre était 1.26 t ha<sup>-1</sup> au cours de la campagne 2014/15 contre 1.80 t ha<sup>-1</sup> en 2013/14 (INRAA, 2016). Du point de vue superficie, 623.3 milles d'hectares sont occupés par le blé



tendre, soit 22.9% de la sole réservée aux céréales, moyenne de la période 2000/12 (Benbelkacem, 2013). Les superficies réservées à cette espèce sont localisées sur les plaines intérieures et les hauts plateaux (Fellahi, 2018).

La production nationale est loin de couvrir les besoins d'une population sans cesse croissante. Cette situation oblige le pays au recours constant aux importations avec de grosses quantités. A titre d'exemple, le total des importations de blé tendre a atteint 6.4 millions de tonnes en 2016, soit une facture estimée à 1240 millions de dollars (Fellahi *et al.*, 2018).

#### **I.4. Les variétés de blé tendre cultivées en Algérie**

Selon le Centre National de Contrôle et de Certification des semences et plants, 34 variétés de blé tendre sont inscrites au catalogue officiel des céréales autogames et autorisées à la multiplication en Algérie (CNCC, 2015). D'après les résultats d'une enquête faite par Ghalem-Djender *et al.* (2016), sept variétés sont adoptées par les agriculteurs dont trois sont dominantes. La variété Arz est dominante, au niveau de la zone des plaines intérieures, suivie de la variété Hidhab. Au niveau des autres zones, la variété Hidhab qui est en 1<sup>ère</sup> position, suivie de la variété Anza, au niveau du littoral et des Hauts-Plateaux, et de la variété Arz au niveau du sublittoral. Il faut noter que les variétés Honda et Salama sont cultivées seulement au niveau des plaines intérieures, elles représentent, respectivement, 6% et 1% de la superficie de blé tendre (Ghalem-Djender *et al.*, 2016). Ain Abid et El Wifak représentent 9% et 6%, respectivement.

#### **I.5. Les contraintes de la production du blé tendre et les mécanismes d'adaptation**

##### **I.5.1. Les contraintes hydrique et thermique**

Un stress ou contrainte 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).

### **I.5.1.1. Le stress hydrique**

L'eau joue un rôle essentiel dans la croissance et le développement des plantes. Le manque d'eau ou déficit hydrique représente le stress abiotique le plus sévère auquel la culture du blé tendre fait face dans les conditions de productions des zones arides et semiarides (Chennafi *et al.*, 2006). Il se traduit chez la plante par une série de modifications qui touchent les caractères morpho-physiologiques, biochimiques, génétiques et même les niveaux d'expression des gènes associés à la sécheresse (Mefti *et al.*, 2000).

Chez le blé, le stress hydrique peut intervenir à n'importe quel stade du cycle de la culture (El-Haffid *et al.*, 1998). Un manque d'eau précoce affecte principalement la croissance des racines, le développement des feuilles et des organes reproducteurs (Debaeke *et al.*, 1996). L'organe qui est touché en premier lieu est le limbe de la feuille. Le stress cesse sa croissance, s'enroule et après le stade anthèse, accélère sa sénescence en cas de stress prolongé. Il se produit alors une réduction de la taille et de la surface des feuilles. En réduisant la taille des feuilles et la surface verte, le stress hydrique diminue l'indice foliaire et sa durée de vie et par conséquent de la capacité de photosynthèse du couvert végétal (Richards *et al.*, 1997 ; Shao *et al.*, 2005). Le stress hydrique est la contrainte environnementale la plus présente qui touche environ 32% des 99 millions d'hectares de blé dans les pays en développement et au moins 60 millions d'hectares de culture du blé dans les pays développés (Rajaram, 2000). Il induit des pertes de rendement variant entre 17 et 70 % (Chennafi *et al.*, 2006).

### **I.5.1.2. Le stress thermique**

#### **I.5.1.2.1. Les hautes températures**

Dans les zones arides et semi-arides d'altitude, le stress thermique peut intervenir même en début du cycle. Karou *et al.* (1998) observent une forte réduction du nombre de plantes levées par unité de surface, suite aux effets des hautes températures automnales. Ces effets s'amenuisent à mesure que le semis est fait tardivement (Fischer, 1985).

L'effet des hautes températures au semis se manifeste par une réduction de la longueur du coléoptile (Hazmoune, 2000). Rawson (1988) réussit à montrer que l'effet pénalisant de l'élévation de la température est surtout dû au fait que la plante n'arrive pas à absorber les éléments nutritifs et l'eau et les utiliser au rythme imposé par le stress thermique. Hauchinal *et al.* (1993) remarquent une réduction du rendement des semis tardifs, liée à une diminution du nombre d'épi et du poids moyen du grain, causée par les effets des hautes températures. Ils

notent aussi que l'effet pénalisant du stress thermique se matérialise par une accélération du développement et une réduction des dimensions des organes constitutifs de la plante. La résultante est un effet négatif sur la productivité globale de la plante.

Wardlaw *et al.* (1989) montrent que la baisse du rendement due au stress terminal, est corrélée positivement à la réduction du poids moyen du grain et à la variation du nombre de grain/m<sup>2</sup>. L'élévation de la température, tard au cours du cycle de développement de la plante, et particulièrement après anthèse, est une contrainte à l'augmentation des rendements en zone semi-aride (Bouzerzour et Benmahammed, 1994). L'effet des hautes températures se manifeste par une accélération de la sénescence foliaire et l'arrêt de la croissance du grain (Dakheel *et al.*, 1993). Wardlaw *et al.* (1989) montrent que la température optimale pour le développement et le remplissage du grain, varie de 12 à 15 °C pour de nombreux génotypes de céréale à paille. Ils observent une diminution de 3 à 5% du poids du grain pour chaque degré d'augmentation de la température à partir de la base des 12 à 15 °C. Dans l'écart des moyennes de températures de 12 à 15 °C, une réduction de la durée de remplissage est compensée par une augmentation du taux de remplissage, avec pour effet peu de variation du poids moyen du grain (Wardlaw *et al.*, 1989).

#### **I.5.1.2.2. Les basses températures**

L'altitude et un climat de type méditerranéen imposent un hiver très froid et pluvieux, le froid hivernal limite la croissance au moment où l'eau est disponible et allonge le cycle de la plante pour l'exposer à la sécheresse du début de l'été (Chenaffi *et al.*, 2006). Les dégâts de gel tardif sont très fréquents sur céréales, rendant l'adoption des variétés précoces trop risquée (Bouzerzour et Benmahammed, 1994). L'adoption de la stratégie de l'esquive comme moyen pour échapper au stress thermique de fin de cycle, est peu opérante dans le cas où les génotypes précoces sélectionnés ne sont pas génétiquement résistants au froid (Mekhlouf *et al.*, 2006).

#### **I.5.1.3. Le stress salin**

##### **I.5.1.3.1. Notion de salinité et salinisation**

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 ; Maatougui, 2001 *in* Hadjadj, 2009). 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 est due essentiellement au chlorure de sodium qui 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 Diaw, 2000).

La salinisation est un processus d'enrichissement du sol en sels solubles qui aboutit à la formation d'un sol salin (Keren, 2000 ; Levy, 2000 ; Brady et Weil, 2002 ; Essington, 2004). D'après Mermoud (2006), la salinisation des sols est le processus d'accumulation des sels à la surface du sol et plus particulièrement dans la zone racinaire, elle se solde par des effets nocifs sur les végétaux et le sol.

Le stress salin est un excès d'ions en particulier, mais pas exclusivement, aux ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  (Hopkins, 2003). Il est dû à la présence de quantités importantes de sels potentiels hydriques. Il réduit fortement la disponibilité de l'eau pour les plantes, on parle alors de milieu "physiologiquement sec" (Tremblin, 2000). Les dommages causés par le stress salin à long terme est surtout le déséquilibre ionique et la toxicité provoqués par le  $\text{Na}^+$  plutôt que l'effet du sel sur le potentiel hydrique réduisant la disponibilité en eau (Munns, 2002 in Belkheiri, 2007).

La quantité de sels dans le sol que les plantes peuvent supporter sans grand dommage pour leur culture, varie avec les familles, les genres et les espèces (Levigneron *et al.*, 1995). Les conséquences d'un stress salin peuvent résulter de trois types d'effets que le sel provoque chez les plantes :

*\*Le stress hydrique* : une forte concentration saline dans le sol est tout d'abord perçue par la plante comme une forte diminution de la disponibilité en eau. Cela nécessite un ajustement osmotique.

*\*Le stress ionique* : en dépit d'un ajustement osmotique correct, la toxicité ionique survient lorsque l'accumulation de sels dans les tissus perturbe l'activité métabolique.

*\*Le stress nutritionnel* : des concentrations salines trop fortes dans le milieu provoquent une altération de la nutrition minérale. En particulier, vis-à-vis des transporteurs ioniques cellulaires, le sodium entre en compétition avec le potassium et le calcium, les chlorures avec le nitrate, le phosphate et le sulfate (Levigneron *et al.*, 1995).

#### **I.5.1.3.2. Les sols salés**

Les sols salins sont naturellement présents sous tous les climats et sur tous les continents. Ils sont là où l'évaporation excède les précipitations pluviales de façon permanente ou temporaire, ils sont étroitement liés à une source de salinité d'ordre géologique

(évaporites), hydrogéologique (eaux souterraines) ou hydrologique (eaux marines) (Girard *et al.*, 2005).

Les sols salés sont ceux dont l'évolution est dominée par la présence de fortes quantités de sels solubles, ou par la richesse de leur complexe absorbant en ions, provenant de ces sels et susceptibles de dégrader leurs caractéristiques et propriétés physiques, en particulier leur structure. On parle en général de sol salé lorsque la concentration des solutions dépasse 0.5 g/l (Robert, 1996). Selon Calvet (2003), un sol est dit salé quand la conductivité électrique est supérieure à 4 ds/m. La classification des sols salés est donnée au tableau 1 (Maillard, 2001)

Génétiquement, les sols sont constitués par deux unités très différentes, les salisols, dans lesquels les sels sont formés de sodium, de calcium ou de magnésium sont sous la forme de sels solubles simples ou complexes. Les sodisols à complexe sodique dans lesquels les cations, essentiellement le sodium sont sous la forme échangeable, les sels solubles étant très peu abondants (Bouteyre et Loyer, 1992).

**Tableau I.** Classification des sols salés (Maillard, 2001)

Classe	Conductivité de l'extrait de sol saturé (dS/m)
Non salins	0 – 2
Légèrement salins	2 – 4
Modérément salins	4 – 8
Fortement salins	8 – 16
Très fortement salins	> 16

#### **I.5.1.4. Les effets de la salinité sur la physiologie des plantes**

##### **I.5.1.4.1. Sur la germination**

La plupart des plantes sont plus sensibles à la salinité durant leurs phases de germination et de levée (Maillard, 2001). Parmi les causes de l'inhibition de la germination en présence de sel, la variation de l'équilibre hormonal a été évoquée (Ungar, 1978 et Kabar, 1986 *in* Bouchoukh, 2010). Bien que les halophytes possèdent une teneur très élevée en sel dans leurs tissus au stade adulte, leurs graines ne sont pas aussi tolérantes au sel au stade germination (Belkhodja et Bidai, 2004). Le stade germination est souvent limité par la salinité du sol et se montre le plus sensible que les autres stades (Bouda et Haddioui, 2011)

#### I.5.1.4.2. Sur la croissance et le développement

La salinité est une contrainte majeure qui affecte la croissance et le développement des plantes (Bouaouina *et al.*, 2000). La salinité affecterait de plusieurs manières la croissance de la plante :

- ✓ La concentration élevée de NaCl diminue également l'absorption de  $\text{Ca}^{2+}$  qui est relativement tolérante au sel, l'augmentation de la concentration en  $\text{Na}^+$  s'accompagne d'une réduction de la concentration en  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ , N, P et  $\text{Ca}^{2+}$  dans la plante (Levitt, 1980). Ce déséquilibre nutritionnel est une cause possible des réductions de croissance en présence de sel lorsque des ions essentiels comme  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  ou  $\text{NO}_3^-$  deviennent limitant (Soltani, 1988 *in* Haouala *et al.*, 2004).
- ✓ 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 (Jabnour, 2008).

#### I.5.1.4.3. Sur la biochimie de la plante

La salinité réduit la vitesse de la photosynthèse suite à une diminution de la conduction stomatique de  $\text{CO}_2$  (Santiago *et al.*, 2000). La diminution de la vitesse photosynthétique est due à plusieurs facteurs comme la déshydratation des membranes cellulaires ce qui réduit leur perméabilité au  $\text{CO}_2$ , la toxicité du sel, la réduction de l'approvisionnement en  $\text{CO}_2$  à cause de la fermeture des stomates, la sénescence accrue induite par la salinité et le changement dans l'activité des enzymes causé par le changement dans la structure cytoplasmique (Iyengar et Reddy, 1996 *in* Parida et Das, 2005).

Chez diverses espèces plus ou moins résistantes, un taux élevé des sucres totaux résultant du blocage de la glycolyse ou du saccharose provenant d'une grande hydrolyse de l'amidon (Asloun, 1990).

#### I.5.1.4.4. sur la nutrition minérale des végétaux

Les effets nutritionnels de la salinité incluent les deux actions primaires du sel sur les plantes : la toxicité directe due à l'accumulation excessive des ions dans les tissus et un déséquilibre nutritionnel provoqué par l'excès de certains ions. 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.*, 2004).

L'accumulation des ions  $\text{Na}^+$  dans la plante limite l'absorption des cations indispensables tels que  $\text{K}^+$  et  $\text{Ca}^{2+}$ . Il y aurait une compétition entre  $\text{Na}^+$  et  $\text{Ca}^{2+}$  pour les mêmes sites de fixation apoplasmique.

## I.6. Les mécanismes d'adaptation au stress salin

Généralement, sous les conditions salines, une voie de transduction d'un signal de stress commence par la perception de ce signal au niveau de la membrane de la plante (par un senseur ou non), suivie par la production de seconds messagers et des facteurs de transcription. Ces facteurs de transcription contrôlent l'expression des gènes impliqués dans la réponse au stress incluant des changements morphologiques, biochimiques et physiologiques.

Selon Levitt (1980), on distingue deux types d'adaptation :

- Adaptation élastique (ou capacité d'adaptation) : concerne un organisme adapté qui peut vivre, croître et réaliser son cycle de vie en présence du stress ;
- Adaptation plastique (ou résistance à l'adaptation) : inhibe la croissance et ainsi tous les dommages éventuels sont irréversibles jusqu'à la disparition partielle ou complète de l'agent stressant.

### I.6.1. Homéostasie cellulaire

L'homéostasie ionique au niveau des cellules est atteinte sous stress salin par la stratégie suivante :

- a) Exclusion des ions ( $\text{Na}^+$ ) des cellules par les canaux ioniques : anti port  $\text{Na}^+/\text{H}^+$ , ou bien par la limitation d'entrée des ions ( $\text{Na}^+$ ) ;
- b) Compartimentation de ( $\text{Na}^+$ ) dans des vacuoles intracellulaires pour un ajustement osmotique ;
- c) Sécrétion de ( $\text{Na}^+$ ), ainsi que la régulation du transport ionique qui joue un rôle fondamental dans la tolérance au sel chez les plantes (Zhu, 2002).

### I.6.2. Séquestration du sodium dans les vacuoles

La compartimentation de ( $\text{Na}^+$ ) dans des vacuoles est une stratégie très importante chez les plantes permettant de maintenir ces ions à une faible concentration dans le cytoplasme et conserver un faible potentiel osmotique cellulaire. L'exclusion de l'excès de sodium du cytoplasme nécessite la synthèse d'osmolytes compatibles avec la réduction du potentiel osmotique; ce dernier est essentiel pour pouvoir prélever de l'eau dans des

conditions hyperosmotiques de stress salin. Ce processus est coûteux en énergie pour les végétaux. (Zhang et Blumwald, 2001 ; Zhang *et al.*, 2001).

### I.6.3. Prélèvement du potassium ( $K^+$ )

Dans les conditions optimales, les plantes maintiennent un haut ratio cytosolique  $K^+/Na^+$ . Le stress salin entraîne la diminution de ce ratio, du fait que les ions ( $Na^+$ ) sont en concurrence avec les ions ( $K^+$ ), ce qui est défavorable pour les processus biochimiques cellulaires. De même, une forte concentration de potassium augmente le potentiel osmotique qui entraîne une entrée d'eau à partir du milieu extérieur (Claussen *et al.*, 1997). Le prélèvement du ( $K^+$ ) est essentiel pour la turgescence cellulaire et le déroulement des processus biochimiques sous contrainte saline. Le niveau de transcription des gènes codant pour les transporteurs de ( $K^+$ ) reflète probablement une différence de capacité de la plante à prélever le  $K^+$  sous stress salin (Pilot *et al.*, 2003).

### I.6.4. Biosynthèse d'osmoprotectants

Les gènes impliqués dans la synthèse d'osmoprotectants sont surexprimés en conditions de stress salin (Zhu, 2002). Les osmoprotectants compatibles pour différents solutés, protègent les plantes par ajustement osmotique ce qui maintient la turgescence cellulaire, par détoxification des espèces réactives à l'oxygène ROS (*Reactive Oxygen Species*), et par stabilisation de la structure (quaternaire) des protéines. Chez des plantes transgéniques, il a été prouvé que l'accumulation de mannitol (Shen *et al.*, 1997), glycine-bétaïne (Prasad *et al.*, 2000), et proline (Zhu *et al.*, 1998) améliorent leur tolérance au stress salin.

### I.6.5. Synthèse d'antioxydants

Les plantes produisent des espèces réactives à l'oxygène, nommés ROS (radicaux superoxyde,  $O_2^{\cdot-}$ ), peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ ), et radicaux hydroxyle (OH) en réponse à un stress salin. Les ROS causent d'importants dommages dans des lipides membranaires, des protéines et acides nucléiques. La détoxification des ROS constitue un élément clé de défense des plantes contre les stress abiotiques dont le stress salin. Les enzymes responsables de cette détoxification nommées antioxydants incluent le superoxyde dismutase (SOD), la catalase (CAT), et des enzymes du cycle ascorbate-glutathion (Hernandez *et al.*, 2001).



*Chapitre II :*  
*Matériel et méthodes*

## II. Matériel et méthodes

### II.1. Matériel végétal et protocole expérimental adopté

#### II.1.1. Matériel végétal

L'étude a porté sur 20 variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) fournies par le Centre National de Contrôle et de Certification des semences et plants (CNCC). Le tableau 2 montre le nom et l'origine de chaque variété testée.

**Tableau II.** Liste des variétés de blé tendre étudiées.

N°	Variété	Origine
V1	Mezghana	Serasem-France
V2	Anza	Cimmyt-Mexique
V3	Arz	Cimmyt-Mexique
V4	Djanet	Acsad-Syrie
V5	El Wifak	Cimmyt-Mexique
V6	Mahon Démias	Iles Baléares-Espagne
V7	Anapo	Italie
V8	Almirante	Serasem-France
V9	Djemila	Acsad-Syrie
V10	Hidhab	Cimmyt-Mexique
V11	Boumerzoug	Cimmyt-Mexique
V12	Rmada	Acsad-Syrie
V13	Hodna	Acsad-Syrie
V14	Bonpain	France
V15	Buffalo	Serasem-France
V16	Tidis	Cimmyt-Mexique
V17	Salama	France
V18	Sensas	Serasem-France
V19	Florence Aurore	Locale
V20	Pinzon	Espagne

#### II.1.2. Protocole expérimental

Dans le but de déterminer les effets néfastes de NaCl sur la germination des graines de blé, un essai de germination a été effectué au niveau du laboratoire de Centre National de Contrôle et de Certification des Semences et Plants (CNCC) à Sétif, sous différentes concentrations de chlorure de sodium. Au départ, les graines ont été soumises à la germination, en l'absence de stress, dans des boîtes de pétri de dix centimètres de diamètre sur trois couches du papier filtre, celui-ci est humidifié avec 10 à 15 ml d'eau. Le semis a été réalisé au mois de mars 2018. L'unité expérimentale est matérialisée par la boîte de pétri,

portant 100 graines par variété et par boîte (Photo 1). Les boîtes sont ensuite placées dans une chambre de culture (germoir automatique) à une température de 22 °C, une photopériode de 16 heures de lumière et 8 heures d'obscurité et une humidité relative de l'air variant entre 78 à 93%. L'essai est répété quatre fois (4 boîtes/variétés), trois boîtes (3 répétitions) sont réservées à l'essai de germination et la 4<sup>ème</sup> boîte est destinée à l'étude de la croissance.



**Photo 1.** Mise en place des graines de blé dans les boîtes de Pétri (Originale).

Pour la germination (les 3 premières boîtes), un suivi quotidien durant les sept jours et un dénombrement des graines germées sont effectués. La germination est repérée par la sortie de la radicule hors des téguments de la graine. On considère que la germination a lieu lorsque la radicule atteint 1 à 2 mm (Photo 2) (Sayat *et al.*, 2010).



**Photo 2.** Dénombrement des graines germées (Originale).

Pour la croissance, les graines germées de la 4<sup>ème</sup> boîte de pétri sont transférée après 48 heures dans des tubes à essai contenant 25 ml d'eau à quatre intensités de stress salin : 0 ; 50 ; 100 et 150 mM, soit 0 ; 3 ; 6 et 9 g/l de NaCl. Les différentes concentrations utilisées ont été choisies en se référant aux données bibliographiques (Benderradji *et al.*, 2010 ; Adjel *et al.*, 2013 ; Alaoui *et al.*, 2013 ; Abdi *et al.*, 2016). L'unité expérimentale est matérialisée par le tube à essai, à raison d'une graine par tube. Des flacons de coton sont utilisées comme un

support des graines dans les tubes à essai. Les différents traitements sont répétés dix fois (Photo 3).



**Photo 3.** Transfert des graines germées des boîtes de Pétri aux tubes à essai (Originale).

## II.2. Paramètres étudiés

Le suivi du comportement des vingt génotypes du blé tendre vis-à-vis du stress salin a été basé sur plusieurs paramètres physiologiques et morphologiques :

✓ **Taux de germination final** : le pourcentage de germination est déterminé selon Shiferaw et Baker (1996), il est exprimé par le rapport du nombre de graines germées sur le nombre total de graines semées :

$$\%G = 100 (NTGG/NTGS)$$

Avec :  $G(\%)$  est le pourcentage de germination,  $NTGG$  est le nombre total de graines qui ont germé, et  $NTGS$  est le nombre total de graines soumises à la germination dans des boîtes de pétri.

✓ **Cinétique de germination** : pour mieux appréhender la signification physiologique du comportement germinatif des variétés étudiés ainsi que l'ensemble des événements qui commencent par l'étape d'absorption de l'eau par la graine et se terminent par l'élongation de l'axe embryonnaire et l'émergence de la radicule. Le nombre de graines germées ont été compté quotidiennement jusqu'au 7<sup>ème</sup> jour de l'expérience (Hajlaoui *et al.*, 2007).

✓ **Vitesse de germination** : elle permet d'exprimer l'énergie de germination responsable de l'épuisement des réserves de la graine. La vitesse de germination est estimée par le temps moyen ( $t_{50}$ ) qui correspond à la germination de 50% du lot de graines (Lang, 1965).

- ✓ **Longueur des racines** : la longueur maximale des racines séminales a été déterminée, après 10 jours de la plantation, comme la longueur en cm de la racine la plus longue.
- ✓ **Le nombre de racines** : le nombre moyen de racines a été déterminé, à la fin de l'expérience (10 jours), pour chaque graine et traitement par comptage des racines séminales.
- ✓ **Longueur du coléoptile** : la longueur du coléoptile est mesurée pour chaque graine et traitement à l'aide d'une règle graduée.
- ✓ **Matière fraîche racinaire et aérienne** : le poids frais en mg des racines (MFR) et des feuilles (MFA) ont été déterminés à la fin de l'expérience à l'aide d'une balance à précision.
- ✓ **Indice de sensibilité relative au sel** : la réponse des cultivars à la salinité a été évaluée à l'aide de leur indice de sensibilité relative au sel (*ISRS*) qui traduit le rapport de la sensibilité d'un cultivar donné, exprimée par le déficit relatif de biomasse dû au sel (*DRB*) à la sensibilité moyenne de l'ensemble des cultivars ou indice d'intensité de la salinité (*IIS*) (Fisher et Maurer, 1978) :

$$ISRS = DRB/IIS$$

Où :

$$DRB = (BT_t - BT_s)/BT_t$$

Avec : BT est la biomasse totale moyenne d'un cultivar donné en l'absence de sel (*t*) ou sous contrainte saline (*s*).

Et :

$$IIS = (Mt - Ms)/Mt$$

Avec : M est la biomasse totale moyenne de tous les cultivars en l'absence de sel (*t*) ou sous contrainte saline (*s*).

Dans le cas de la présente étude la biomasse totale est représentée par la somme de la matière fraîche racinaire (MFR) et aérienne (MFA). L'indice de sensibilité relative au sel (*ISRS*) est calculé en utilisant les données relatives aux concentrations salines 0 et 150 mM.

### II.3. Analyse des données

L'effet traitement (génotype) est soumis à une analyse de la variance selon un dispositif complètement aléatoire, avec trois répétitions. Les traitements représentés par la combinaison des deux facteurs (génotype et NaCl) sont arrangés selon un dispositif factoriel complètement aléatoire, avec dix répétitions. Les données obtenues sont traitées par l'analyse de la variance à deux critères de classifications pour comparer les différents niveaux du stress

salin ainsi que le comportement des variétés évaluées vis à vis de ce stress. La comparaison des moyennes est faite par le test de la plus petite différence significative ( $P_{pds5\%}$ ) au seuil de 5%. Les relations entre variables sont étudiées par l'analyse des corrélations et des régressions. Les valeurs moyennes de l'indice de sensibilité relative au sel (ISRS) ont été soumises à l'analyse de la classification hiérarchique univariée pour déterminer les grands groupes de géotypes. Les analyses statistiques sont faites à l'aide du programme statistique Statistica 8.

*Chapitre III:*  
*Résultats et discussion*

### III. Résultats et discussion

#### III.1. Analyse de la variance

Les résultats de l'analyse de la variance montrent qu'il existe des effets 'variété', 'dose' et interaction 'variété x dose' très hautement significatifs ( $p < 0.001$ ) pour l'ensemble des caractères mesurés et soumis à l'analyse (Tableau III). Un effet variété significatif suggère la présence de la variabilité génétique pour l'ensemble des caractères mesurés. Un effet dose de stress salin significatif montre que les différentes concentrations de NaCl dans le milieu ont des réactions différentes sur les paramètres de la croissance. Un effet d'interaction variété x dose significatif suggère que la réponse des variétés testées vis-à-vis du stress salin elle-même variable d'une variété à une autre. L'effet dose explique la majeure partie de la variation totale, suivi de l'effet génotype en deuxième position et de l'interaction 'génotype x dose' en dernier (Tableau III). Des résultats similaires sont obtenus par Hilal *et al.* (1998).

#### III.2. Etude des valeurs moyennes

##### III.2.1. Pourcentage de germination

La moyenne générale de l'essai, prise par la variable pourcentage de germination est de 90.8%. Cette valeur indique surtout l'effet de la qualité de la semence utilisée. Selon les normes de l'ISTA, une semence dont le pourcentage de germination est inférieur à 85% est de mauvaise qualité (Nijenstein *et al.*, 2008). La qualité de la semence est affectée par la durée entre la récolte et le semis, et aussi par les conditions de récolte et de stockage, dont notamment la variation de la température et de l'humidité relative (Elis *et al.*, 1990).

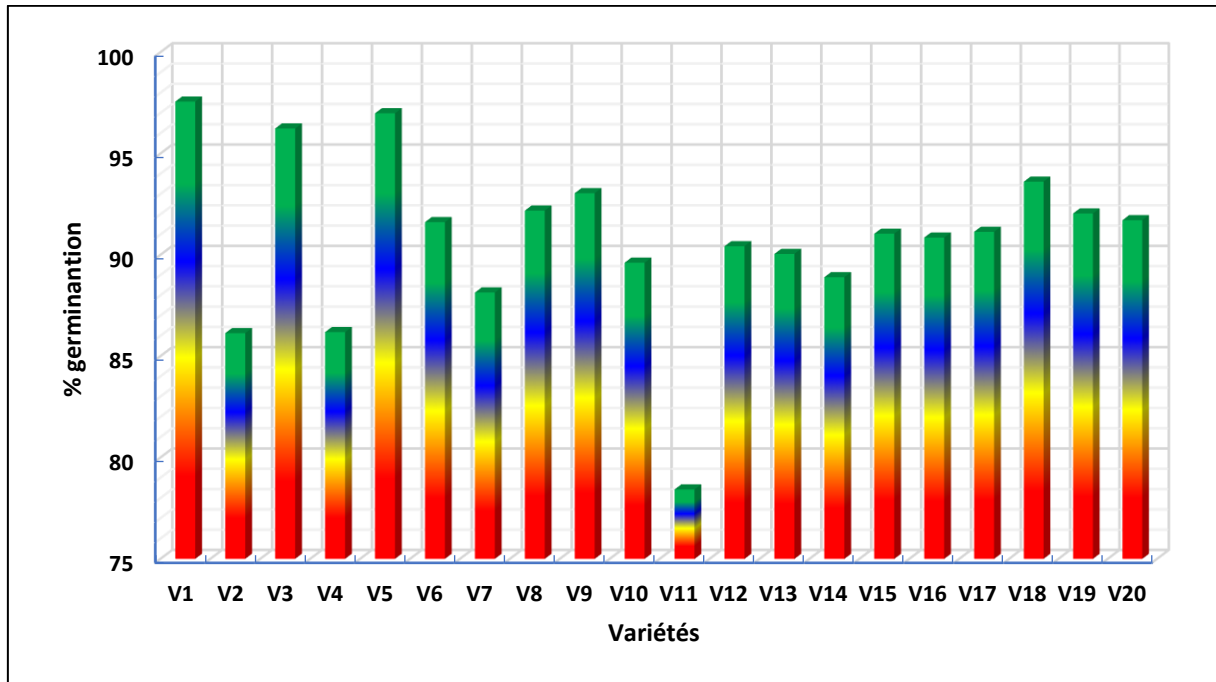
Le pourcentage final de germination des variétés évaluées est indiqué par la figure 3. D'après cette figure, seule la variété Boumerzoug (V11) présente un pourcentage de germination inférieur au seuil de 85%. Les autres génotypes ont des % de germination moyen qui varie de 86.19% pour Djanet (V4) à 97.57% pour Mezghana (V1). Arz (V3) et El Wifak (V5) avec Mezghana (V1) présentent les pourcentages de germination les plus élevés qui dépassent 95%, les autres variétés sont intermédiaires.



**Tableau III :** Table d'analyse de la variance des caractères mesurés chez les variétés de blé tendre évaluées.

SV	ddl	SCE	CM	<i>F-test</i>	<i>p</i>
<b>% germination</b>					
Variété	19	1022.1	53.8	10.15	0.000000
Rép	2	10.2	5.1	0.96	0.391367
Erreur	38	201.3	5.3		
Total	59	1233.7			
<b>LR</b>					
Variété	19	5157.68	271.46	40.27	0.000000
Dose	3	1812.64	604.21	89.63	0.000000
Variété x Dose	57	1291.28	22.65	3.36	0.000000
Erreur	720	4853.91	6.74		
Total	799	13115.51			
<b>NR</b>					
Variété	19	95.495	5.026	6.263	0.000000
Dose	3	142.055	47.352	59.005	0.000000
Variété x Dose	57	157.245	2.759	3.438	0.000000
Erreur	720	577.800	0.803		
Total	799	972.595			
<b>LC</b>					
Variété	19	283.650	14.929	26.918	0.000000
Dose	3	121.829	40.610	73.223	0.000000
Variété x Dose	57	118.212	2.074	1.797	0.000000
Erreur	720	399.313	0.555		
Total	799	923.005			
<b>MFR</b>					
Variété	19	84122.1	4427.5	23.149	0.000000
Dose	3	26747.2	8915.7	46.617	0.000000
Variété x Dose	57	58215.9	1021.3	5.340	0.000000
Erreur	720	137704.5	191.3		
Total	799	306789.7			
<b>MFA</b>					
Variété	19	314359	16545	12.581	0.000000
Dose	3	243375	81125	61.687	0.000000
Variété x Dose	57	134703	2363	1.797	0.000437
Erreur	720	946874	1315		
Total	799	1639310			

ddl = Degré de liberté, SCE = Somme des carrés des écarts, CM = Carré moyen de l'analyse de la variance, *F-test* = Valeur observée de *F-test* de Fisher, *P* = Probabilité, LR = Longueur des racines, NR= Nombre de racines, MFR = Matière fraîche racinaire, LC = Longueur du coléoptile, MFA = Matière fraîche aérienne.



**Figure 3.** Pourcentage de germination des variétés évaluées en absence du stress salin.

### III.2.2. Cinétique de germination

La figure 4 montre l'évolution de la vitesse de germination des graines de blé exprimée en pourcentage durant les 7 jours de l'essai. Les courbes montrent que la cinétique de germination varie d'une variété à une autre. Elles permettent de distinguer 3 phases : une phase de latence [0 – 48 heures], nécessaire à l'apparition des premières germinations, au cours de laquelle le taux de germination reste relativement faible, une phase sensiblement linéaire [48 – 72 heures], correspondant à une augmentation rapide du taux de germination qui évolue proportionnellement au temps, et une troisième phase [72 – 576 heures] correspondant à un palier représentant le pourcentage final de germination et traduisant la capacité germinative de chaque variété.

Les processus physiologiques qui se déroulent pendant ces phases sont très complexes. Cependant, l'activité peut se mesurer par le biais de plusieurs facteurs, principalement : imbibition et respiration.

On remarque que les variétés Anapo (V7), Almirante (V8), Sensas (V18), Florence Aurore (V19) et Painzon (V20), quoiqu'elles présentent des taux de germinations faibles après 24 heures de mise en culture (< 55%), elles avaient une vitesse rapide et atteignaient un % de germination maximum après 48 heures.

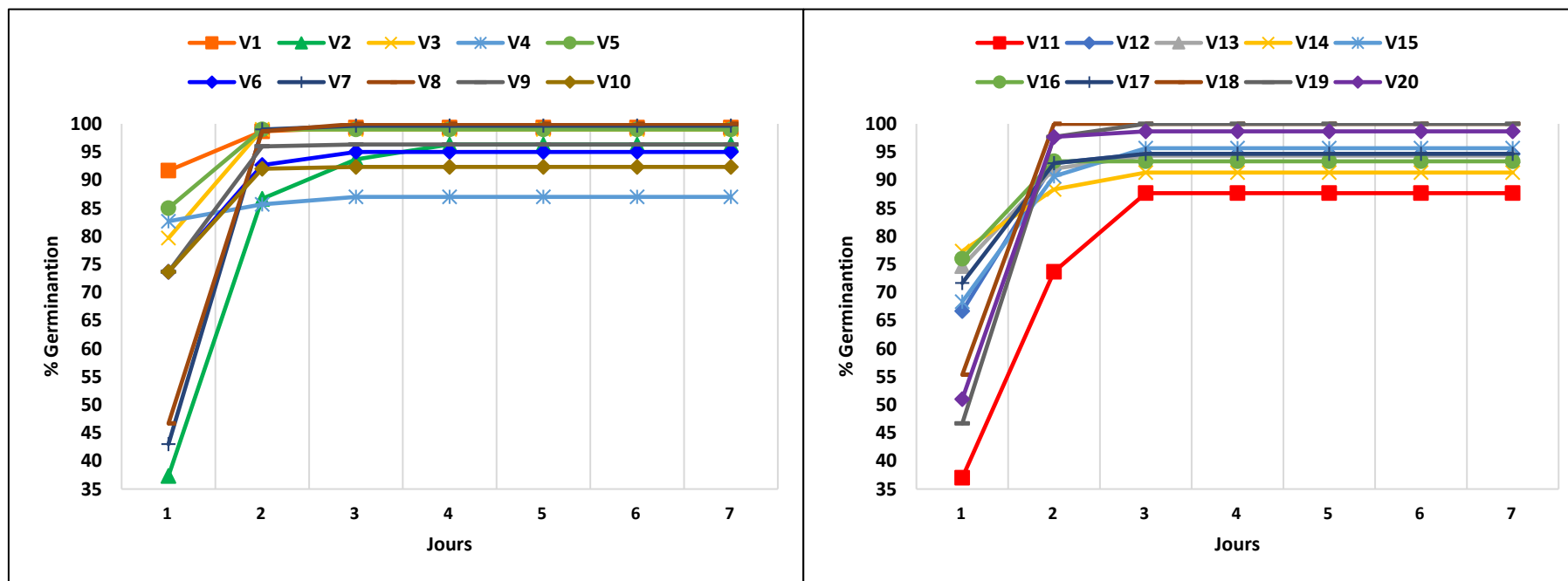


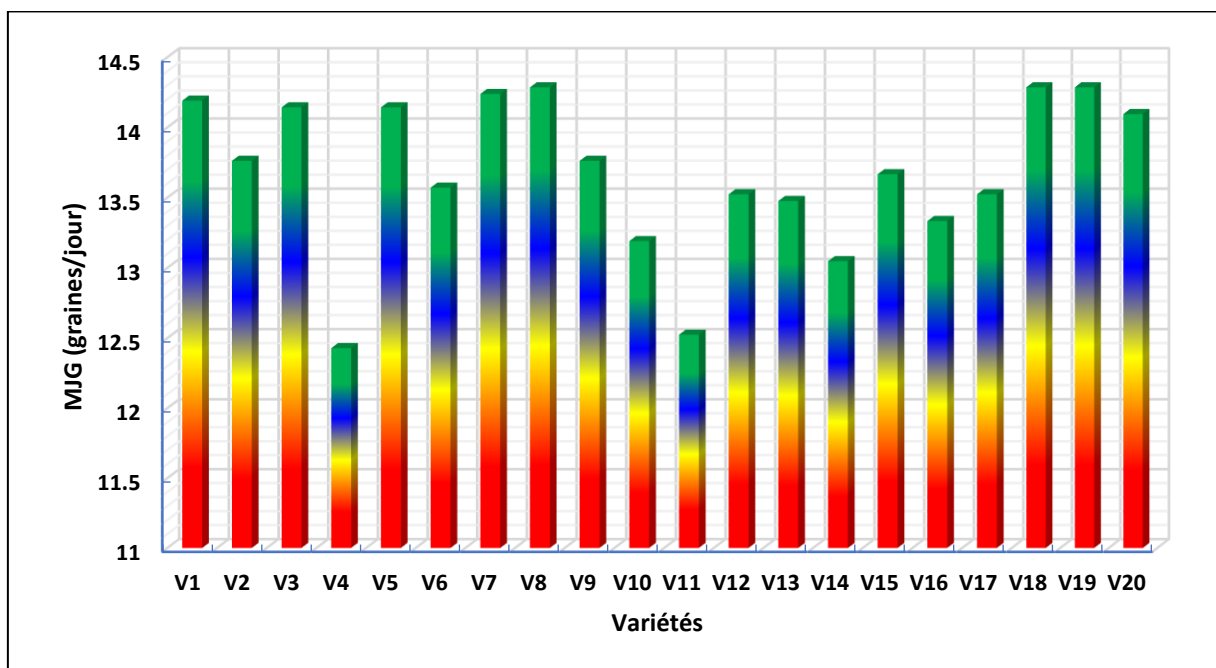
Figure 4. Cinétique de germination des graines de variétés de blé évaluées.

Anza (V2) et Boumerzoug (V11) présentent également des taux de germinations très faibles après 24 heures de mise en culture ( $< 37\%$ ), mais aussi une deuxième phase relativement lente par rapport aux variétés précédentes pour atteindre le pourcentage de germination le plus élevé après 72 et 86 heures respectivement pour Boumerzoug (V11) et Anza (V2).

Les autres variétés restantes Mezghana (V1), Arz (V3), Djanet (V4), El Wifak (V5), Mahon Démias (V6), Djemila (V9), Hidhab (V10), Rmada (V12), Hodna (V13), Bonpain (V14), Buffalo (V15), Tidis (V16) et Salama (V17) démarrent leur germination par des taux plus ou moins élevés après 24 heures de mise en culture ( $> 68\%$ ) et atteignent le pourcentage final de germination au plus tard 48 jours après suivant la variété.

### III.2.3. Vitesse de germination

Les valeurs moyennes journalières de germination (MJG) indiquées dans la figure 5. Les vitesses de germination, les plus élevées, sont observées chez les génotypes Mezghana (V1), Arz (V3), El Wifak (V5), Anapo (V7), Almirante (V8), Sensas (V18), Florence Aurore (V19) et Painzon (V20) avec des MJG supérieures à 14 graines/jour. Les plus faibles vitesses sont observées chez les variété Djanet (V4) et Boumerzoug (V11) avec des MJG inférieures à 12.5 graines/jour. Le reste des variétés présentent des vitesses de germination moyennes, variant de 12.5 à 14 graines/jour (Figure 5).



**Figure 5.** Moyenne journalière de germination (MJG) des variétés évaluées.

### III.2.4. Paramètres de croissance

Les valeurs moyennes extrêmes minimales et maximales des caractères mesurés sont variables d'un caractère à un autre, d'une variété à une autre et d'un niveau de stress à un autre.

#### III.2.4.1. Effet moyen 'génotype'

L'analyse du tableau IV indique que les moyennes prises par les paramètres de croissance mesurés après 10 jours de la mise en culture varient en fonction du caractère et de la variété. El Wifak (V5) présente les racines et les coléoptiles les plus courts, avec des valeurs moyennes de 4.82 et 1.43 cm, respectivement. Cette variété affiche aussi le nombre de racines le plus réduit (2.51 racines/graine) et les matières fraîches racinaires (13.25 mg) et aériennes (29.98 mg) les plus faibles.

**Tableau IV :** Valeurs moyennes de l'effet principal génotype des caractères mesurés chez les variétés évaluées.

Variété	LR (cm)	NR	MFR (mg)	LC (cm)	MFA (mg)
V1	13.42	3.05	34.28	2.75	73.95
V2	9.97	3.08	34.03	2.70	63.20
V3	6.45	2.25	18.73	1.82	45.80
V4	5.60	2.68	17.08	1.89	39.50
V5	4.82	2.15	13.25	1.43	29.98
V6	6.92	2.68	18.85	2.46	49.03
V7	9.86	3.20	25.33	2.11	61.43
V8	9.39	3.25	24.13	2.43	66.68
V9	9.17	2.88	31.43	2.10	52.48
V10	8.40	2.58	19.98	1.81	40.25
V11	7.52	2.58	19.03	2.49	45.85
V12	9.87	2.73	23.43	2.17	48.15
V13	6.82	2.48	16.93	1.87	47.33
V14	7.11	2.63	17.75	2.03	51.35
V15	7.86	2.90	21.03	2.13	43.23
V16	12.81	3.10	13.53	2.36	62.15
V17	11.30	3.08	20.95	2.53	61.25
V18	11.22	3.08	23.65	3.11	85.09
V19	12.91	3.53	48.50	4.20	102.70
V20	12.95	3.20	51.80	3.12	107.20
<i>Moyenne</i>	9.22	2.85	24.68	2.37	58.83
<i>Ppds<sub>5%</sub></i>	1.140	0.393	6.071	0.327	15.920

LR = Longueur des racines, NR = Nombre de racines, MFR = Matière fraîche racinaire, LC = Longueur du coléoptile, MFA = Matière fraîche aérienne.

D'autre part, la variété Florence Aurore (V19) se distingue par le nombre de racine (3.53 racines/graine) et la longueur du coléoptile (4.20 cm) les plus élevés. Painzon (V20) est la variété qui produit plus de matières fraîches racinaires (51.80 mg) et aériennes (107.20 mg). Les racines les plus longues (13.42 cm) sont présentes chez Mezghana (V1).

#### III.2.4.2. Effet moyen 'dose de sel'

L'analyse du tableau V montre que les valeurs moyennes extrêmes minimales et maximales des caractères mesurés sont variables en fonction de la dose du stress salin appliqué. Les résultats obtenus montrent que les différentes concentrations de NaCl utilisées agissent négativement sur la croissance des caractères mesurés chez les variétés testées au stade germination. L'effet moyen salinité montre que les valeurs de tous les caractères sont réduites à mesure que le degré de stress salin augmente en intensité. La longueur des racines passe de 10.71 cm en l'absence de stress à 6.95 cm en présence de 150 mM de NaCl au tour d'une moyenne générale de 9.22 cm et une plus petite différence significative (Ppds<sub>5%</sub>) de 0.510 cm. On note aussi le même effet sur le nombre de racines, dont la moyenne diminue de 3.31, en absence de sel, à 2.27 racines/graine en présence de 150 mM de NaCl avec une moyenne générale de 2.85 racine/graine et une Ppds<sub>5%</sub> de 1.176 racines/graine. La longueur du coléoptile passe de 2.73 cm à 1.87 cm autour d'une moyenne générale de 2.37 cm et une Ppds<sub>5%</sub> de 0.146 cm et les matières fraîches racinaires et aériennes diminuent, quant à elles, de 33.24 mg et 78.81 à 17.32 et 34.75 mg, respectivement, pour les mêmes traitements (Tableau V).

**Tableau V :** Valeurs moyennes de l'effet principal salinité des caractères mesurés chez les variétés évaluées.

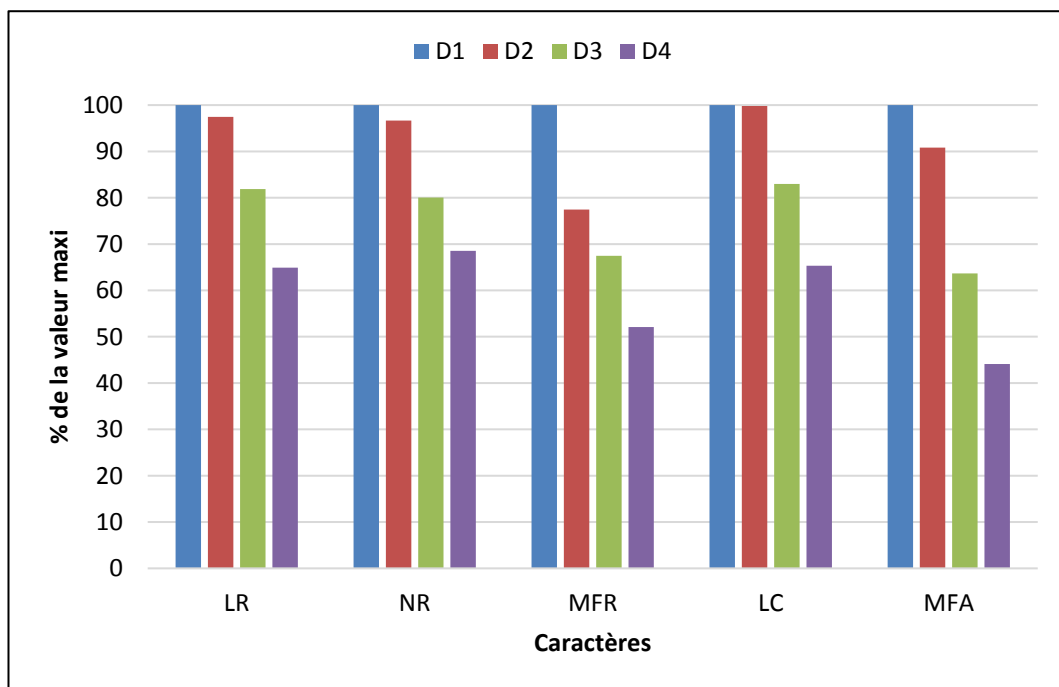
Dose	LR (cm)	NR	MFR (mg)	LC (cm)	MFA (mg)
<b>D1</b>	10.71	3.31	33.24	2.73	78.81
<b>D2</b>	10.44	3.20	25.75	2.72	71.59
<b>D3</b>	8.77	2.65	22.43	2.26	50.17
<b>D4</b>	6.95	2.27	17.32	1.78	34.75
<b>Moyenne</b>	9.22	2.85	24.68	2.37	58.83
<b>Ppds<sub>5%</sub></b>	0.510	0.176	2.715	0.146	7.120

LR = Longueur des racines, NR = Nombre de racines, MFR = Matière fraîche racinaire, LC = Longueur du coléoptile, MFA = Matière fraîche aérienne.

Ces résultats corroborent avec ceux obtenus par Ben Naceur *et al.* (2001) et Benderradji *et al.* (2011) sur des variétés de blé dur et tendre. Nibau *et al.* (2008) et Adjel *et al.* (2013) signalent que le stress salin diminue considérablement le nombre des racines. Munns et Tester (2008), signalent que la présence des sels à l'extérieur des racines a un

impact immédiat sur la croissance cellulaire et sur tous les métabolismes associés. Zaman-Allah *et al.* (2009) ajoutent que les espèces qui maintiennent une croissance racinaire relativement importante sous forte contrainte saline, sont plus tolérantes. Ines *et al.* (2014) rapportent une diminution notable de la longueur du coléoptile au fur et à mesure la concentration de du chlorure de sodium augmente. Selon Kadri *et al.* (2009), une irrigation avec une eau salée provoque une réduction de la matière sèche/fraîche aérienne.

L'écart (%) des valeurs prises par les caractères mesurés relativement à la valeur maximale prise par le témoin sans sel (D1) indique que l'effet de la salinité sur le nombre et la longueur des racines, le poids des matières fraîches racinaires et aériennes ainsi que longueur du coléoptile est très remarquable pour toutes les doses (Figures 6). La figure 6 montre que le stress salin modéré n'affecte pas sérieusement les variables mesurées chez les génotypes testés. Cependant, un stress sévère (D4) réduit considérablement les valeurs prises par ces variables LR, NR, MFR, LC et MFA, relativement au témoin (D1) avec des écarts estimés à 35.10, 31.47, 47.91, 34.66 et 55.91 %, respectivement. Nos résultats montrent l'effet dépressif du sel sur les différents paramètres de croissance. L'effet du stress salin se manifeste nettement à partir de la concentration 100 mM NaCl. Ces résultats concordent avec ceux de Zaman-Allah *et al.* (2009) qui a montré lui aussi que la croissance est significativement diminuée quand la salinité dépasse 4 g/l.

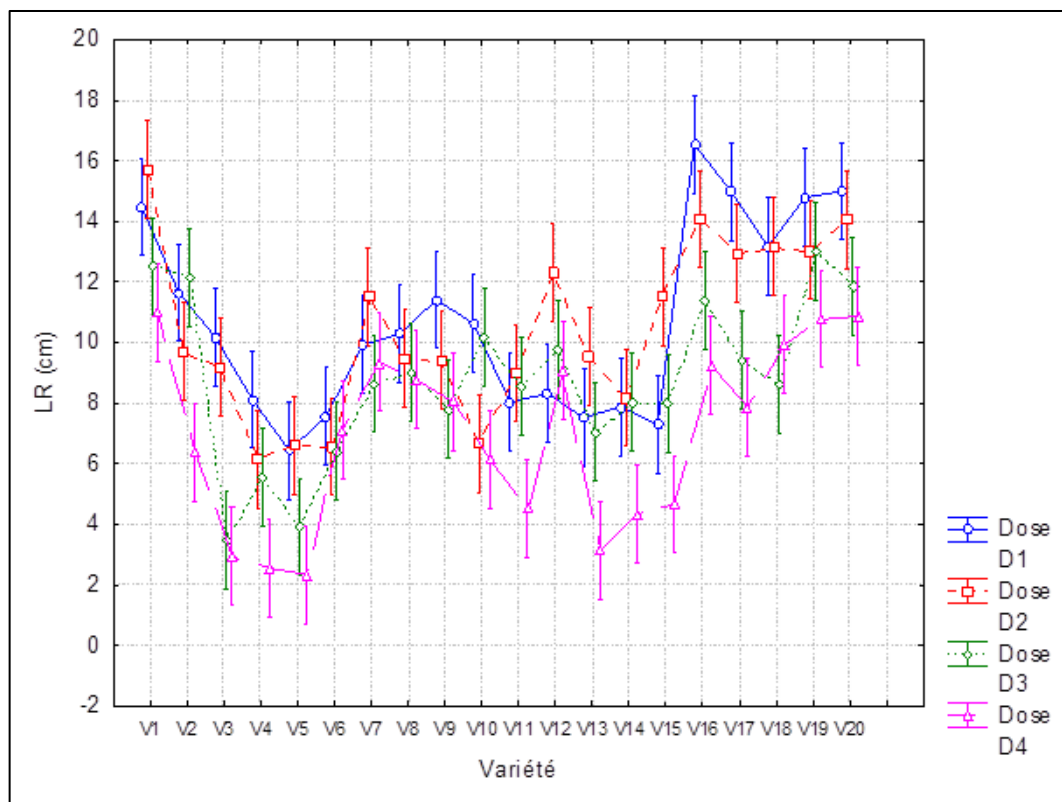


**Figure 6.** Ecart (%) des valeurs prises par les caractères mesurés relativement à la valeur maximale.

### III.2.4.3. Effet de l'interaction 'variété x dose de sel'

L'étude de l'interaction significative pour les caractères mesurés est jugée par l'écart observé entre les valeurs moyennes prises par ces caractères aux dose D1 (0 mM NaCl) et D4 (150 mM NaCl). Plus l'écart est important, plus le caractère est affecté et moins la variété est tolérante. Ces écarts sont appréciés relativement à la valeur de la plus petite différence significative ( $Ppds_{5\%}$ ).

Pour la longueur des racines, les résultats montrent que Mahon Démiás (V6), Anapo (V7), Rmada (V12) et à moindre degré la variété Almirante (V8), présentent des écarts très réduits (inférieurs à 1.5 cm) indicateurs d'une meilleure capacité d'élongation racinaire en l'absence de stress salin, capacité qu'elles gardent en présence de stress. En effet les différences entre doses deviennent plus apparentes pour les autres génotypes tel est le cas de Arz (V3), Tidis (V16) et Salama (V17) qui réduisent fortement la longueur de leur système racinaire sous forte salinité avec des écarts par rapport au témoin supérieurs à 7 cm (Figure 3).

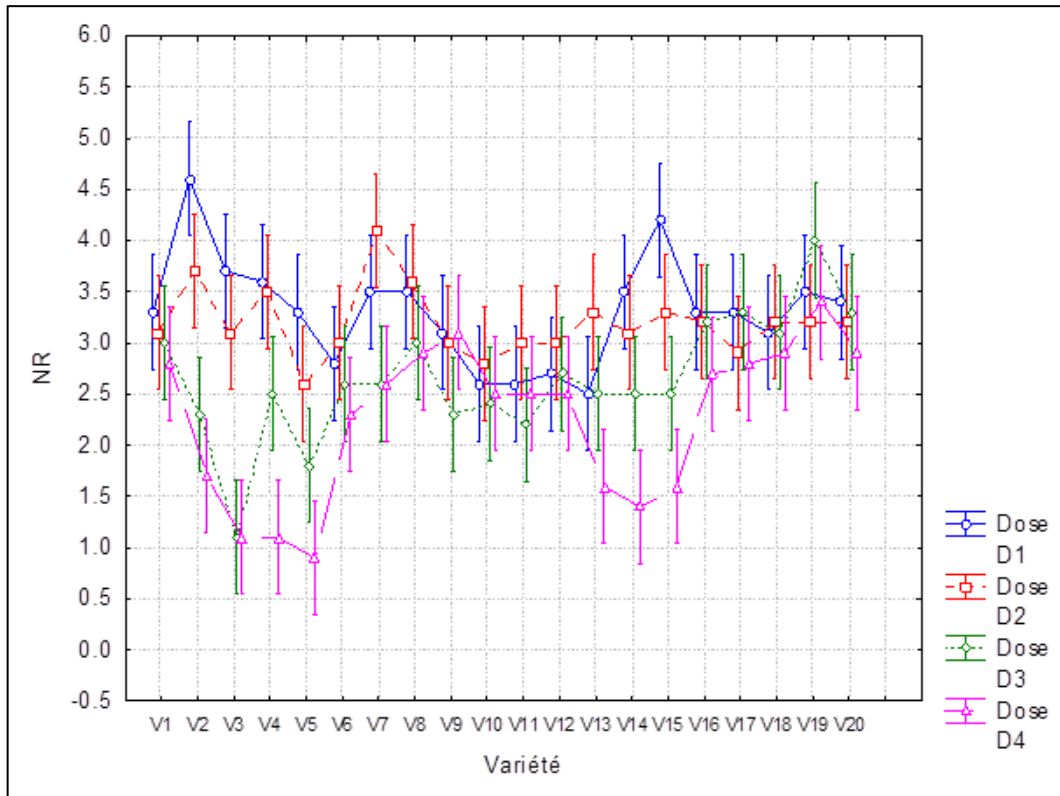


**Figure 7.** Réponse de la longueur des racines (LR, cm) des différents génotypes à l'intensité du stress salin appliqué.

D'après la figure 8, la contrainte saline sévère ne semble pas avoir une grande influence sur le nombre de racines observées chez les variétés Djemila (V9), Hidhab (V10), Boumerzoug (V11), Rmada (V12), Sensas (V18) et Florence Aurore (V19). Cependant, les



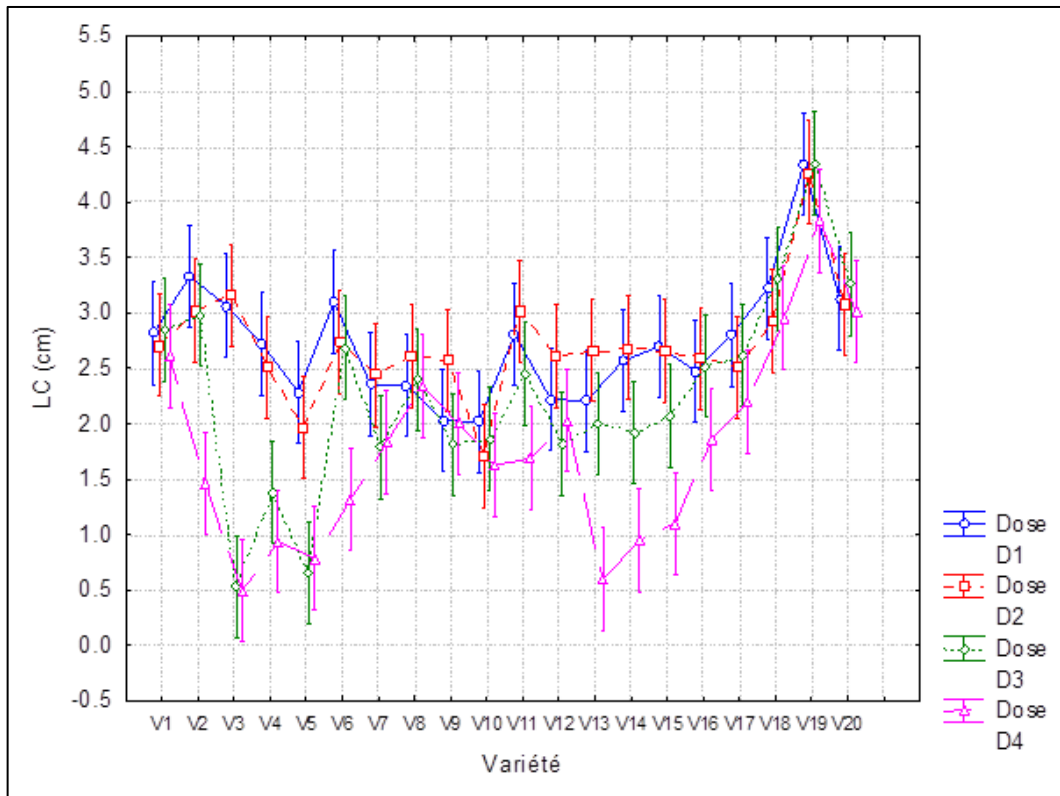
variétés Anza (V2), Arz (V3), Djanet (V4), El Wifak (V5), Bonpain (V14) et Buffalo (V15) sont les plus sensibles. Les premières exhibent des écarts inférieurs à 0.20 racines alors que les dernières affichent des différences supérieures à 2 racines pour une  $P_{pds5\%}$  égale 0.393 racines.



**Figure 8.** Réponse du nombre de racines (NR) des différents génotypes à l'intensité du stress salin appliqué.

Pour la longueur du coléoptile, les variétés Mezghana (V1), Almirantre (V8), Djemila (V9), Rmada (V12), Sensas (V18) et Painzon (V20) sont les moins affectées par le stress salin dont la longueur moyenne du caractère considéré n'a pas diminué de plus de 0.32 cm, la valeur prise par la plus petite différence significative ( $P_{pds5\%}$ ). Par contre, Anza (V2), Arz (V3), Djanet (V4), El Wifak (V5), Mahon Démiás (V6), Hodna (V13), Bonpain (V14) et Buffalo (V15) se montrent sensibles au stress sévère, où ils enregistrent de fortes réductions de la LC, variant de 1.5 à 2.57 cm (Figure 9).

L'analyse de la figure 10 montre que la différence de la matière fraîche racinaire accumulée permet de qualifier plusieurs variétés comme tolérantes du stress salin telles que Almirantre (V8), Boumerzoug (V11), Rmada (V12), Buffalo (V15), Tidis (V16), Sensas (V18) et Painzon (V20). Celles qui sont les plus sensibles sont Mezghana (V1), Anza (V2), Arz (V3), Djanet (V4), El Wifak (V5), Djemila (V9), Hidhab (V10) et Bonpain (V14).



**Figure 9.** Réponse de la longueur du coléoptile (LC, mg) des différents génotypes à l'intensité du stress salin appliqué.

Quant à la matière fraîche aérienne, Almirante (V8), Hidhab (V10), Rmada (V12) et Buffalo (V15) demeurent les plus tolérantes avec des écarts [D1 – D4] réduits (< 20 mg) ; Anza (V2), Arz (V3), Bonpain (V14) et Painzon (V20) et semblent les plus sensibles avec des écarts appréciables (> 64 mg) (Figure 11). En tenant compte des deux variables qui représentent la biomasse globale, les résultats indiquent que les génotypes Almirante (V8), Rmada (V12) et Buffalo (V15) sont doublement tolérants alors que Anza (V2), Arz (V3) et Bonpain (V14) montrent une réduction énorme de la biomasse accumulée, sous stress sévère.

La croissance chez les plantes est largement dépendante de l'activité photosynthétique et de la durée de vie de la feuille. De ce fait la réduction de la croissance de la plante induite par le stress salin est due en partie à la réduction de l'activité photosynthétique qui fait suite à la sénescence foliaire. Selon Zhu *et al.* (2001), sous stress salin, la sénescence foliaire est indicatrice du désassemblage de l'appareil photosynthétique conduisant à une réduction des activités photochimiques des centres réactionnels PSI et PSII. Le rapport BIO Racine/BIO Aérienne est toujours inférieur à 1, ce qui montre que la masse de matière sèche des feuilles est plus élevée que celle des racines. Ce paramètre augmente avec la salinité. Cela veut dire, qu'en présence de sel, la croissance pondérale des racines devient supérieure à celle des feuilles.

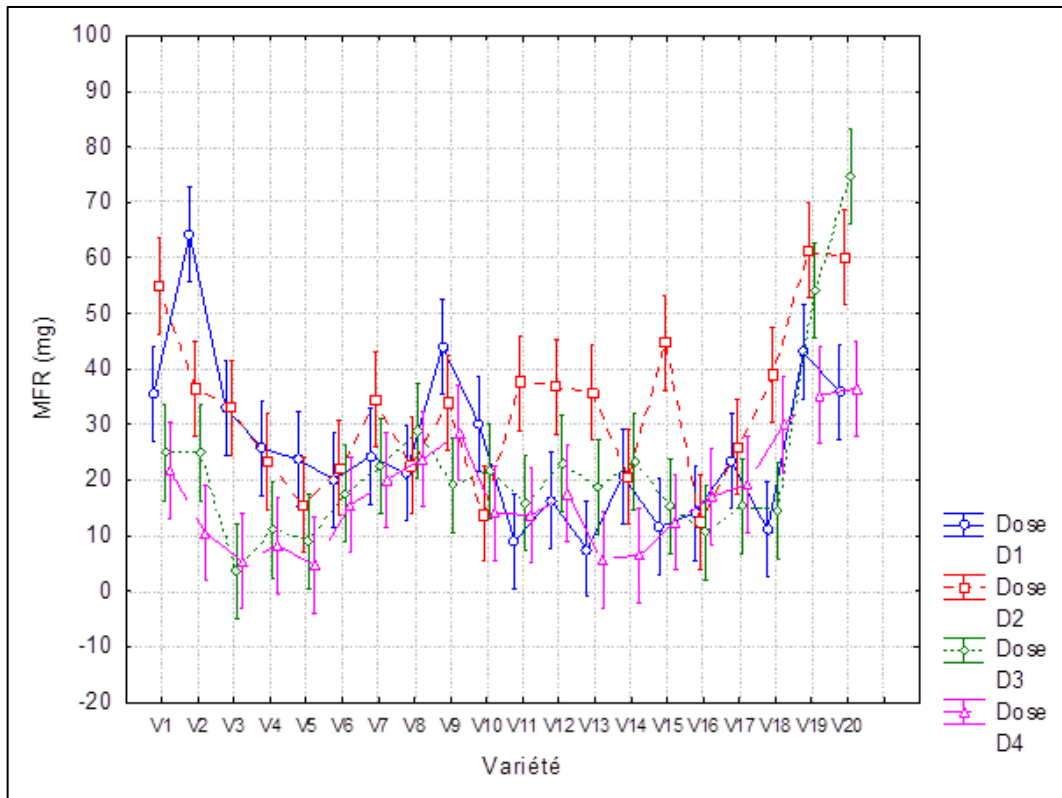


Figure 10. Réponse de la matière fraîche racinaire (MFR, mg) des différents génotypes à l'intensité du stress salin appliqué.

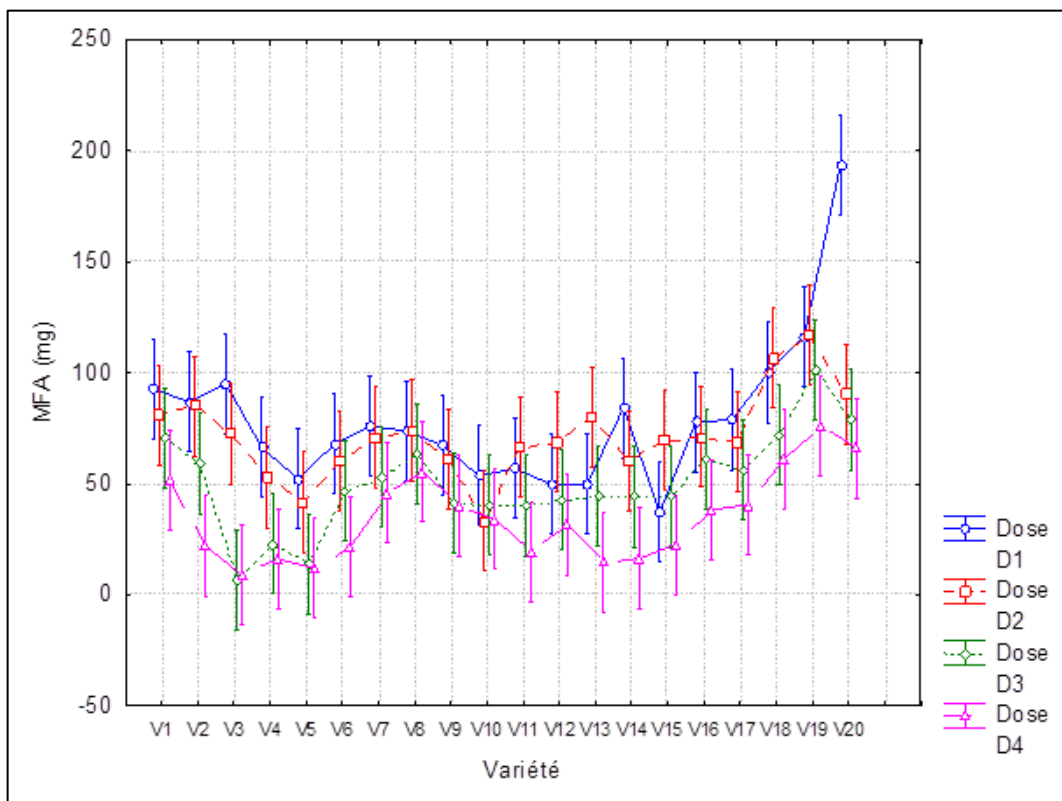


Figure 11. Réponse de la matière fraîche aérienne (MFA, mg) des différents génotypes à l'intensité du stress salin appliqué.

Globalement, on remarque que la salinité a entraîné des modifications morphologiques qui n'affectent pas les variétés de blé tendre de la même manière. Le degré de sensibilité au sel dépend de la variété, de l'intensité du stress et de type d'organe. Certaines variétés sont affectées par le sel dans un seul organe alors que certaines d'autres sont touchées dans tous les compartiments de la plantule de blé. En tenant compte de l'ensemble des caractères mesurés, le degré de sensibilité au sel classe les variétés les plus sensibles par ordre décroissant comme suit : Arz (V3) > Anza (V2), Bonpain (V14) > Djanet (V4) > El Wifak (V5). De la même manière, l'ordre de classement des variétés les plus tolérantes est le suivant : Rmada (V12) > Almirante (V8), Sensas (V18) > Djemila (V9), Hidhab (V10), Painzon (V20), Buffalo (V15), Boumerzoug (V11).

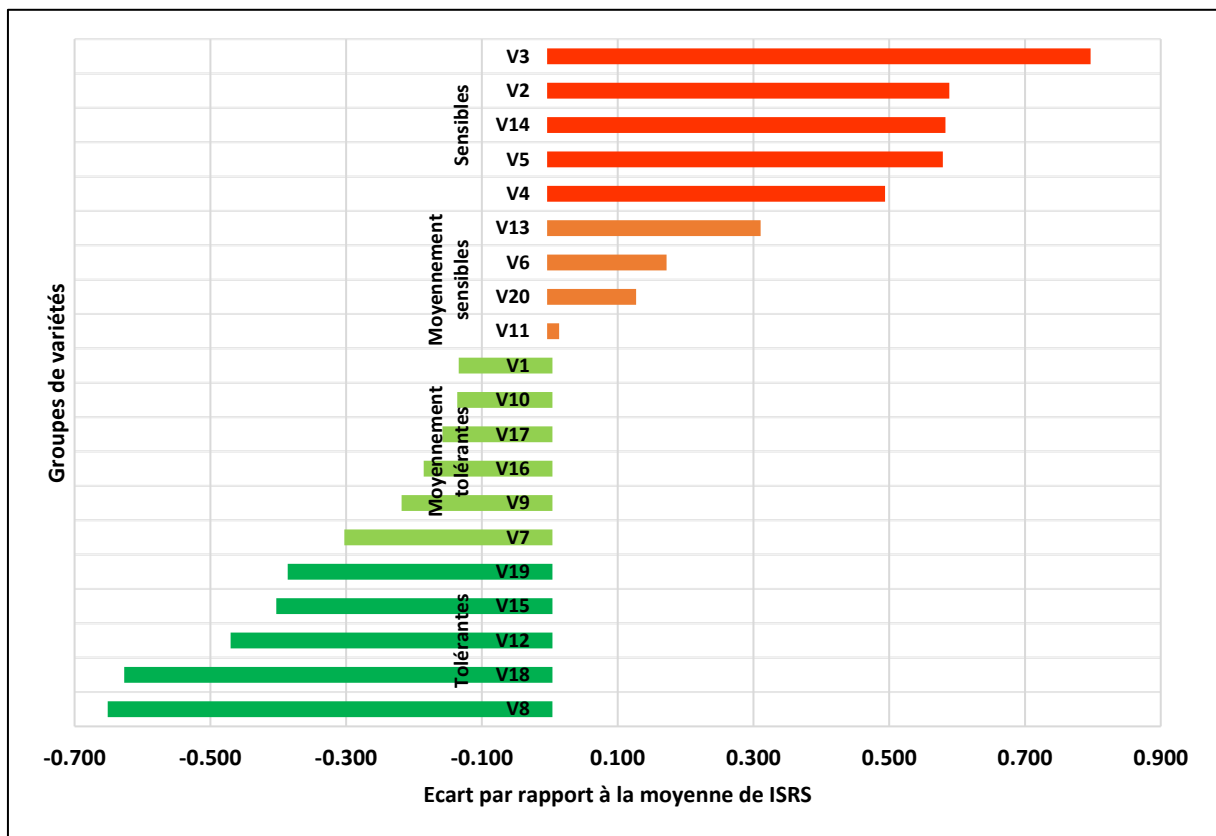
En étudiant la réponse aux stress salin chez deux génotypes de blé dur (Bousselam et Waha) et deux génotypes de blé tendre (Mahon Démiás et Hidhab) cultivées vis-à-vis les caractères morpho-physiologiques et biochimiques, en utilisant différentes concentrations de sel (0, 50, 100 et 200 mM NaCl), Benderradji *et al.* (2016) signalent que le NaCl provoque une diminution pour l'ensemble des caractères morpho-physiologiques, contrairement aux caractères biochimiques avec une accumulation accrue en sucres solubles. Ces auteurs rajoutent que le degré de la réponse au sel varie d'un génotype à l'autre mais globalement le blé dur semble le plus affecté par ces contraintes abiotiques que le blé tendre.

#### III.4. Typologie variétale

L'étude de l'interaction génotype x salinité montre des comportements variables selon les génotypes et l'intensité du stress salin. Certaines variétés accusent une baisse élevée d'un des caractères mesurés et certaines d'autres accusent de fortes réductions de plusieurs caractères à la fois. L'indice de sensibilité relative au sel (ISRS) est utilisé dans la mesure de bien juger le comportement des génotypes testés et bien distinguer ceux ayant la capacité à accumuler plus de matières fraîches dans les feuilles et les racines sur toute l'échelle de la salinité étudiée.

L'analyse de la figure 12 indique les groupes de variétés identifiés sur la base de l'ISRS, l'écart par rapport à la moyenne de ISRS varie de -0.647, valeur minimale prise par Almirante (V8) à 0.793, valeur maximale prise par la variété Arz (V3). Les valeurs de l'indice de sensibilité relative au sel (ISRS) ont été soumises à une classification hiérarchique univariée qui nous a permis de distinguer 4 groupes de variétés à comportements différents vis-à-vis du stress salin (Figure 12). Le premier groupe (G1) est formé par les variétés qualifiées comme

tolérantes qui présentent des valeurs de l'ISRS élevées à signes négatifs. Ces variétés sont Almirante (V8), Sensas (V18), Rmada (V12), Buffalo (V15) et Florence Aurore (V19). Le second groupe (G2) est constitué des variétés moyennement tolérantes. Les variétés de ce groupe se caractérisent par des valeurs modérées de l'ISRS à signes négatifs. Ces variétés sont Anapo (V7), Djemila (V9), Tidis (V16), Salama (V17), Hidhab (V10) et Mezghana (V1). Le troisième groupe (G3) décrit les variétés moyennement sensibles au stress salin. Ces variétés sont Boumerzoug (V11), Pinzon (V20), Mahon Démias (V6) et Hodna (V13). Les valeurs prises par l'ISRS sont modérées à signes positifs. Le dernier groupe (G4) est constitué des variétés dites sensibles à la contrainte saline sévère. Elles présentent des valeurs de l'ISRS élevées à signes positifs. Ces variétés sont, par ordre de sensibilité croissant, Djanet (V4), El Wifak (V5), Bonpain (V14), Anza (V2) et Arz (V3). Ces résultats corroborent avec ceux de Benderradji *et al.* (2010) qui rapportent dans leur étude physiologique que Mahon Démias est sensible et Hidhab est tolérante au sel.

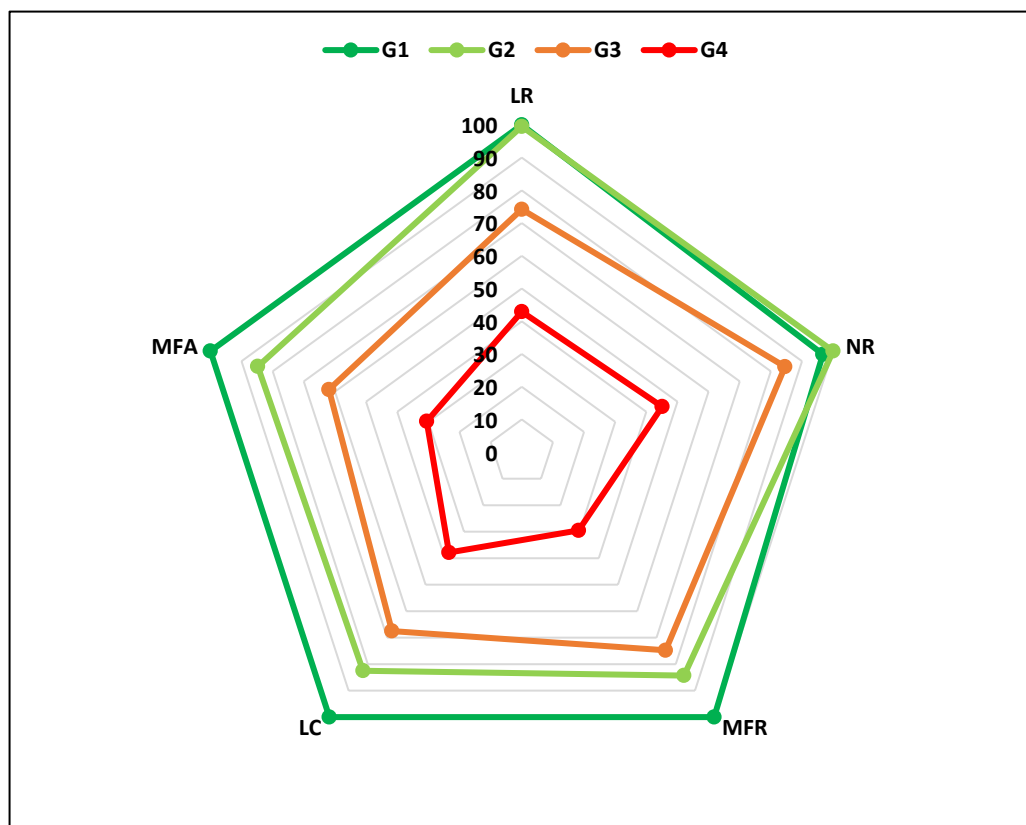


**Figure 12.** Groupes de variétés identifiés sur la base de l'indice de sensibilité relative au sel (ISRS).

En effet, plusieurs auteurs ont constaté que les différences de tolérance à la salinité existent, pas seulement entre les différentes espèces, mais également à l'intérieur de l'espèce, entre les cultivars et populations (Grouzis *et al.*, 1976 ; Alonso *et al.*, 1999 ; Murillo-Amador

*et al.*, 2002 ; Raccuia *et al.*, 2004 ; Eskandari et Kazemi, 2011 ; Kochak-Zadeh *et al.*, 2013 ; Djerah et Oudjehih, 2016). Dans ce sens, la variabilité génétique au sein d'une espèce offre un outil précieux pour l'étude des mécanismes de tolérance à la salinité. Un de ces mécanismes dépend de la capacité d'ajustement osmotique, qui permet de continuer la croissance sous conditions de stress salin (Murillo-Amador *et al.*, 2002 ; Misra et Dwivedi, 2004).

Le groupe G1 montre la meilleure tolérance vis à vis du stress salin modéré et pour toutes les variables mesurées, hormis le nombre de racines pour lequel le groupe G2 se montre le plus tolérant (Figure 13). Comparativement au groupe G1, les groupes G2, G3 et G4 se montrent par ordre croissant plus sensible vis-à-vis du stress salin d'intensité sévère suite à la réduction élevée de l'ensemble des variables mesurées, soumises à l'analyse (Figure 14). Donc sous stress salin sévère, toutes les variables mesurées discriminent nettement entre les comportements des différents génotypes testés.

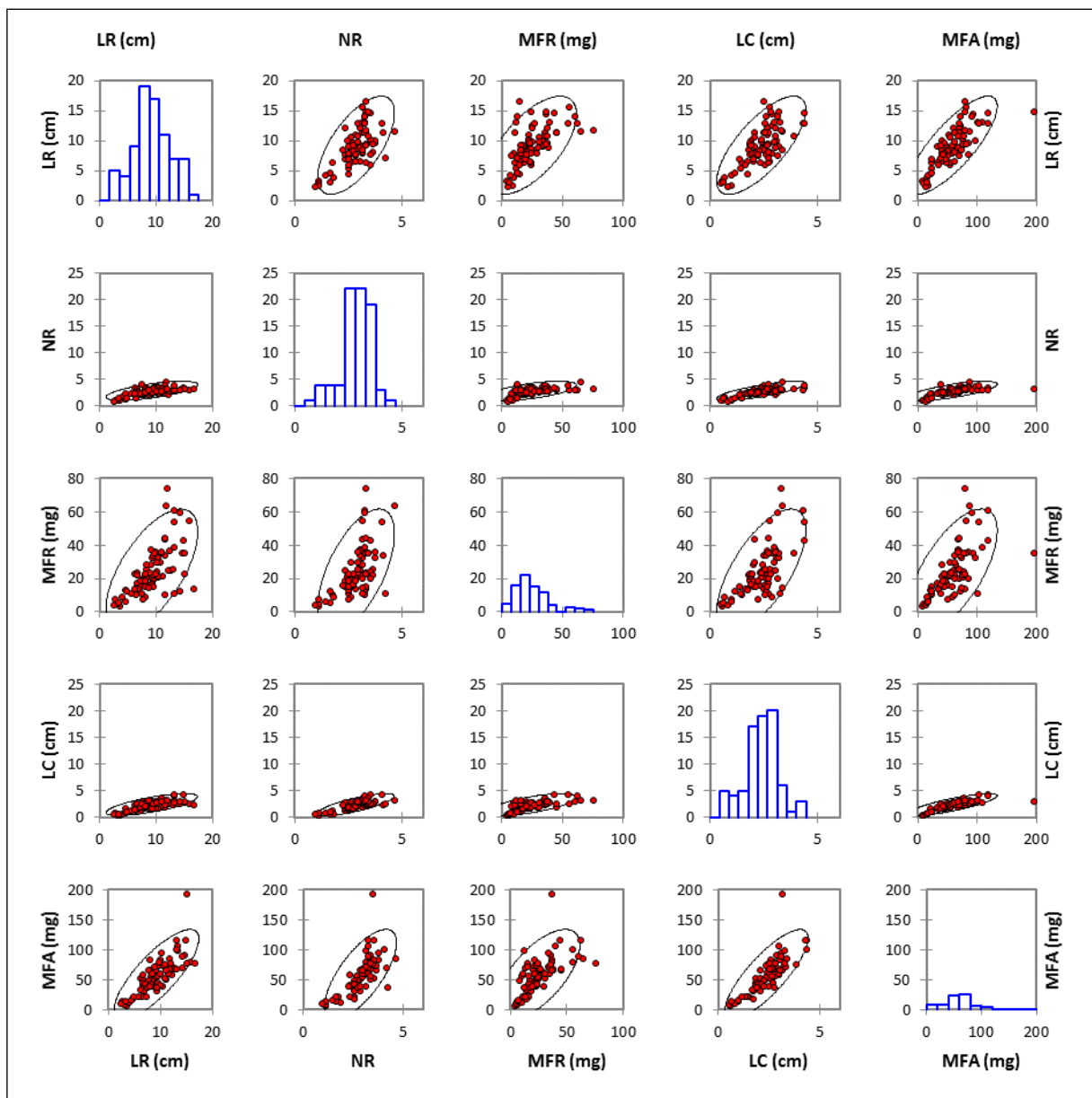


**Figure 13.** Valeurs relatives moyennes (% valeur maxi) prises par l'indice de sensibilité relative au sel (ISRS) chez les quatre groupes de variétés.

### III.3. Analyse des corrélations inter caractères

Les coefficients de corrélations phénotypiques et génotypiques sont des paramètres importants en amélioration du blé (Fellahi *et al.*, 2013), ils sont utilisés pour déterminer le

degré d'association entre paire de caractères mesurés. Lorsque la valeur prise par le coefficient de corrélation est proche de l'unité, elle est indicatrice de la dépendance des deux caractères, dont les gènes impliqués dans le contrôle génétique sont soit liés ou montrent un effet pléiotropique. L'analyse du tableau VI et de la figure 14 indique que tous les caractères mesurés sont positivement et significativement corrélés ( $p < 0.001$ ). Ces résultats suggèrent que la variation d'un tel caractère induit des changements de l'ensemble des autres traits qui se traduisent ensemble par une augmentation ou une diminution de la biomasse totale accumulée. Ce résultat offre au sélectionneur la possibilité d'utiliser l'ensemble des caractères évalués comme des critères de sélection pour la tolérance au stress salin au stade juvénile.



**Figure 14.** Distribution des fréquences et corrélations phénotypiques entre les caractères mesurés chez les variétés évaluées.

**Tableau VI :** Coefficients de corrélations phénotypiques (en dessous de la diagonale) et probabilités (en dessus de la diagonale) entre caractères mesurés.

Caractères	LR	NR	MFR	LC	MFA
<b>LR</b>		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<b>NR</b>	0.6567		< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
<b>MFR</b>	0.6321	0.5996		< 0.0001	< 0.0001
<b>LC</b>	0.7281	0.7821	0.6720		< 0.0001
<b>MFA</b>	0.7958	0.7099	0.6494	0.8140	

LR = Longueur des racines, NR = Nombre de racines, MFR = Matière fraîche racinaire, LC = Longueur du coléoptile, MFA = Matière fraîche aérienne.



*Conclusión*

## **Conclusion**

Les résultats de la présente étude exhibent des effets 'variété', 'dose' et interaction 'variété x dose' très hautement significatifs pour l'ensemble des caractères mesurés. Toutes les variétés évaluées présentent un pourcentage de germination dans les nomes, hormis Boumerzoug (V11) avec un taux inférieur à 85%. Les résultats indiquent globalement une sensibilité élevée de certains géotypes de blé tendre testés au stress salin. Cette sensibilité est cependant variable selon les géotypes. Les caractères mesurés sont réduits à mesure que le degré de stress salin augmente en intensité. En effet, un stress sévère de 150 mM NaCl réduit les valeurs prises par les variables LR, NR, MFR, LC et MFA, relativement au témoin avec des écarts estimés à 35.10, 31.47, 47.91, 34.66 et 55.91 %, respectivement. L'étude de l'interaction 'géotype x salinité' montre des comportements variables selon les géotypes et l'intensité du stress salin. L'analyse des variables mesurées, pris une à une, montre une variabilité génotypique de réponse au stress salin qui nécessite d'être synthétisée pour identifier les différents types de comportement vis à vis du stress salin. A cet effet les valeurs prises par la biomasse totale accumulée, exprimée sous forme d'un indice de sensibilité relative au sel (ISRS) ont été soumises à l'analyse hiérarchique univariée. Les résultats de l'analyse indiquent la présence de quatre groupes au comportement différent sous stress salin sévère. Nos résultats montrent d'une manière générale les cultivars tolérants sont Almirante (V8), Sensas (V18), Rmada (V12), Buffalo (V15) et Florence Aurore (V19). Les variétés qui montrent une sensibilité élevée sous stress salin d'intensité sévère sont Arz (V3), Anza (V2), Bonpain (V14), El Wifak (V5) et Djanet (V4).

*Références  
Bibliographiques*

## Références bibliographiques

- Abdi, N., Wasti, S., Salem, M. B., El Faleh, M. & Mallek-Maalej, E. 2016.** Study on Germination of Seven Barley Cultivars (*Hordeum vulgare* L.) under Salt Stress. *Journal of Agricultural Science*, 8(8): 88-97.
- Adjel, F., Bouzerzour, H. & Benmahammed, A. 2013.** Salt stress effects on seed germination and seedling growth of barley (*Hordeum Vulgare* L.) Genotypes. *Journal of Agriculture and Sustainability*, 3(2): 223-237.
- Adjel, F. 2017.** Analyse de la tolérance de l'orge *Hordeum vulgare* L. au stress salin. *Thèse de Doctorat en sciences, Univ. Ferhat Abbas Sétif 1*, 84 p.
- Alaoui, M. M., Jourmi, L., El Ouarzane, A., Lazar, S., Antri, S., El Zahouily, M. & Hmyene, A. 2013.** Effet du stress salin sur la germination et la croissance de six variétés marocaines de blé. *Journal of Materials and Environmental Science*, 4(6): 997-1004.
- Alonso, J.M, Hirayama, T., Roman, G., Nourizadeh, S. & Ecker, J.R. 1999.** EIN2, a bifunctional transducer of ethylene and stress responses in Arabidopsis. *Science*, 284: 2148-2152.
- Asloum, H. 1990.** Elaboration d'un système de production maraîchère (Tomate, *Lycopersicum esculentum* L.) en culture hors sol pour les régions sahariennes. Utilisation de substrats sableux et d'eaux saumâtres. Thèse de Doctorat, développement et amélioration des végétaux, *Univ. Nice Sophia-Antipolis*, pp : 24-32.
- Baize, D. 2000.** Guide des analyses en pédologie. 2ème édition. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris : 206-207.
- Bartels, D. & Sunkar, R. 2005.** Drought and salt tolerance in plants. *Critical reviews in plant sciences*, 24(1): 23-58.
- Belkheiri, O. 2009.** Adaptabilité des espèces du genre *Atriplex* aux conditions de salinité et d'aridité. *Thèse de doctorat, Univ. di Sassari (Espagne)*, 90 p.
- Belkhodja, M. & Bidai, Y. 2004.** La réponse des graines d'*Atriplex halimus* L. à la salinité au stade de la germination. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 15(4): 331-335.
- Ben Naceur, M., Rahmoune, C., Sdiri, H., Meddahi, M.L. & Selmi M. 2001.** Effet du stress salin sur la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé. *Sécheresse*, 12: 167-174.
- Benbelkacem, A. 2013.** Rapport national des activités du projet Inraa-Icarda 2012-2013, 45 p.
- Benderradji, L., Bouzerzour, H., Kellou, K., Ykhlef, N., Brini, F., Masmoudi, K. & Djekoun, A. 2010.** Etude des mécanismes de tolérance à la salinité chez deux variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) soumises à un stress salin. *Sciences & Technologie C*, (32): 23-30.
- Benderradji, L., Brini, F., Amar, S.B., Kellou, K., Azaza, J., Masmoudi, K., Bouzerzour, H. & Hanin, M. 2011.** Sodium transport in the seedlings of two bread wheat (*Triticum*

*aestivum* L.) genotypes showing contrasting salt tolerance. *Australian Journal of Crop Sciences*, 5: 233-241.

**Benderradji, L., Hadji, N., Kellou, K., Benniou, R. & Brini, F. 2016.** Effet du NaCl et PEG 6000 sur le comportement morpho-physiologique et biochimique des variétés de blé dur et tendre cultivées *in vitro* en milieu hydroponique. *Revue Agriculture*, Numéro spécial, 1: 278-286.

**Bouaouina, S., Zid, E. & Hajji, M. 2000.** Tolérance à la salinité, transports ioniques et fluorescence chlorophyllienne chez le blé dur (*Triticum turgidum* L.). In : Royo C., Nachit MM, Di Fonzo N. & Araus JL, éd. L'amélioration du blé dur dans la région méditerranéenne : nouveaux défis. Zaragoza : CIHEAM-IAMZ, 239-243.

**Bouchoukh, I. 2010.** Comportement écophysiological de deux Chénopodiacées des genres *Atriplex* et *Spinacia* soumises au stress salin. *Mémoire de Magister, Univ. Mentouri, Constantine*, 112 p.

**Bouda, S. & Haddioui, A. 2011.** Effet du stress salin sur la germination de quelques espèces du genre *Atriplex*. *Nature & Technologie*, 5: 72-79.

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

**Bouteyre, G. & Loyer, J.Y. 1992.** Sols salés, eaux saumâtres des régions arides tropicales et méditerranéennes, principaux faciès pour l'agriculture. *ORSTOM*, pp: 69-80.

**Bouzerzour, H. & Benmahammed, A. 1994.** Environmental factors limiting barley grain yield in the high plateau of eastern Algeria. *Rachis*, 7: 11-14.

**Bouzid, S. 2010.** Étude de l'effet de la salinité et de la présence du molybdène sur le comportement écophysiological de deux variétés de plantes de l'espèce *Phaseolus vulgaris* L. *Thèse de Magister, Univ. Mentouri, Constantin*, 178 p.

**Brady, N.C. & Weil, R. 2002.** The nature and properties of soils. Prentice Hall, Upper saddle river, NJ, USA.

**Calvet, R. 2003.** Le sol, propriété et fonction, phénomènes physiques et chimiques. Tome 2. Ed. France. Agricole : 511 p.

**Chadli, R. & Belkhodja, M. 2005.** Réponses minérales chez la fève (*Vicia faba* L.) au stress salin. *Editorial Advisory Board e*, 18(4): 645-654.

**Chennafi H., Aidaoui, A., Bouzerzour, H. & Saci, A. 2006.** Yield response of durum wheat (*Triticum Durum* Desf.) cultivar Waha to deficit irrigation under semi arid growth conditions. *Asian Journal of Plant Sciences* 5, 854-860.

**Claussen, M., Luthen, H., Blatt, M. & Bottger, M. 1997.** Auxin induced growth and its linkage to potassium channels. *Planta*, 201: 227-234.

**CNCC., 2015.** *Bulletin des variétés de céréales autogames*. Edition CNCC, 257 p.

**Conway, G. 1997.** The doubly green revolution. Ithaca, NY, USA: Cornell University Press.

- Dakheel, A.J., Naji, I., Mahalazkshmi, V. & Peacock, J.M. 1993.** Morphological traits associated with adaptation of durum wheat to harsh Mediterranean environments. *Aspects of Applied Biology*, 34: 297-30.
- Debaeke, P., Purch, J. & Casal, M.L. 1996.** Elaboration du rendement de blé d'hiver en condition de déficit hydrique. *Etude en Lysimeter, Agronomie*, 16 : 3-23.
- Diaw, N.D. 2000.** Evaluation au champ et en conditions de salinité des performances agromorphologiques et physiologiques de lignées de riz *Oryza sativa* L. cultivar I Kong Pao (IKP) sélectionnées *in vitro* en présence de sel. *Thèse de Doctorat de 3<sup>e</sup> cycle, Univ. Cheikh Anta Diop de Dakar*, 140 p.
- Djerah, A. & Oudjehih, B. 2015.** Effet du stress salin sur la germination de seize variétés d'orge (*Hordeum vulgare* L.). *Courrier du Savoir*, 20: 47-56.
- Doussinault, G., Kaan, F., Lecomte, C. & Monneveux, P. 1992.** Les céréales à paille: présentation générale. *Amélioration des espèces végétales cultivées. Ed. INRA, Paris*, 13- 21.
- Dvorak, J., Luo, M.C., Yang, Z.L. & Zhnag, H.B. 1998.** The structure of the *Aegilops tauschii* gene pool and the evolution of hexaploid wheat. *Theoretical and Applied Genetics*, 97: 657- 670.
- El Haffid, R., Smith, D.H., Karrou, M. & Samir, K. 1998.** Physiological attributes associated with early-season drought resistance in spring durum wheat cultivars. *Canadian Journal of Plant Science*, 78: 227-237.
- Ellis, R.H., Hong, T.D. & Roberts, E.H. 1990.** Effect of moisture content and method of rehydration on the susceptibility of pea seeds to imbibition damage. *Seed Science and Technology*, 18(1): 131-137.
- Eskandari, H. & Kazemi, K. 2011.** Germination and seedling properties of different wheat cultivars under salinity conditions. *Notulae Scientia Biologicae*, 3(3): 130-134.
- Essington, M.E. 2004.** Soil and water chemistry, an integrative approach. CRC Press, USA.
- FAO, 2008.** Food and Agriculture Organization of the United Nations. Retrieved on, 15. <http://www.fao.org>.
- FAO, 2017.** Food outlook: Biannual report on global food markets, Novembre 2017, <http://www.fao.org>.
- FAO, 2018.** Statistical database of the food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org>.
- Feillet, P. 2000.** *Le grain de blé composition et utilisation*. INRA, Paris, 308 p.
- Fellahi, Z. 2013.** Aptitude à la combinaison et héritabilité de quelques caractères agronomiques du blé tendre (*Triticum aestivum* L.). *Mémoire de Magister, Univ. Saad Dahlab Blida*, 124 p.
- Fellahi, Z., Hannachi, A., Bouzerzour, H. & Boutekrabt, A. 2013.** Correlation between traits and path analysis coefficient for grain yield and other quantitative traits in bread wheat under semi arid conditions. *Journal of Agriculture and Sustainability*, 3(1): 16-26.

**Fellahi, Z. 2018.** Analyse génétique d'un croisement line x tester, réponse à la sélection et tolérance des stress du blé tendre (*Triticum aestivum* L.) sous conditions semi-arides, *Thèse de Doctorat en sciences, Univ. Ferhat Abbas Sétif 1*, 227 p.

**Fellahi, Z., Hannachi, A. & Bouzerzour, H. 2018.** Analysis of Direct and Indirect Selection and Indices in Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Segregating Progeny. *International Journal of Agronomy*, Volume 2018, Article ID 8312857, 11 pages.

**Fischer, R.A. 1985.** Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *The Journal of Agricultural Science*, 105(2): 447-461.

**Fisher, R.A. & Maurer, R. 1978.** Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Australian Journal of Agricultural Research*, 29: 897-912.

**Flowers, T.J. & Yeo, A.R. 1995.** Breeding for salinity resistance in crop plants: where next? *Functional Plant Biology*, 22(6): 875-884.

**Ghalem-Djender Z., Boukhobza N., YallaouiYaici N., Meziani M., Oumedjkane K., Mahiddine D., Ait Ghezali A., Chaou L., Kaced K. & Bouziri S. 2016.** Répartition des variétés de Céréales à paille au niveau des zones-écologique du Nord de l'Algérie et choix variétal. Institut technique des grades cultures. *Céréaliculture*, 67: 43-69.

**Gill, K.S., Gill, B.S., Endo, T.R. & Mukai, Y. 1993.** Fine physical mapping of Ph1, a chromosome pairing regulator gene in polyploid wheat. *Genetics*, 134: 1231-1235.

**Girard, P., Prost, J. & Bassereau, P. 2005.** Passive or Active Fluctuations in Membranes Containing Proteins, *Physical Review Letters*, 94: 60-64.

**Grouzis, M., Berger, A. & Heim, G. 1976.** Polymorphisme et germination des graines chez trois espèces annuelles du genre *Salicornia*. *Oecol. Plant*, 11(1): 41-52.

**Hadjadj, S. 2009.** Contribution l'étude de l'effet de la salinité sur des marqueurs biochimiques (proline et sucres solubles) de plantes juvéniles d'*Atriplex halimus* L. et d'*Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. Thèse de Magister en Biochimie et analyse des bioproduits, *Univ. Kasdi Merbah Ouargla*, 100 p.

**Hajlaoui, H., Denden, M. & Bouslama, M. 2007.** Etude de la variabilité intraspécifique de tolérance au stress salin du pois chiche (*Cicer arietinum* L.) au stade germination. *Tropicultura*, 25(3): 168-173.

**Haouala, F., Ferjani, H. & El Hadj, S.B. 2007.** Effet de la salinité sur la répartition des cations ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  et  $\text{Ca}^{2+}$ ) et du chlore ( $\text{Cl}^-$ ) dans les parties aériennes et les racines du ray-grass anglais et du chiendent. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 11(3): 235-244.

**Hauchinal, R.R., Tandon, J.P. & Salimath, P.M. 1993.** Variation and adaptation of wheat varieties to heat tolerance in peninsula India. Ed. Mexico, D.F., CIMMYT, 175-183.

**Hazmoune, T. 2000.** Erosion des variétés de blé dur cultivées en Algérie : perspectives. In: Nachit M.(ed.), Di Fonzo N.(ed.), Araus JL (ed.). Durum wheat improvement in the Mediterranean region: New challenges. Zaragoza: CIHEAM, 291-294.

**Henry, Y. & Buyser, J. 2001.** L'origine des blés. De la graine à la plante. Ed. Belin, Paris, 69-72.

**Hernandez, J.A., Ferrer, M.A., Jiménez, A., Barcelo, A.R. & Sevilla, F. 2001.** Antioxidant systems and O<sub>2</sub><sup>-</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> production in the apoplast of pea leaves. It's relation with salt-induced necrotic lesions in minor veins. *Plant Physiology*, 127: 817-831.

**Hollington, P.A. 1998.** Technological breakthroughs in screening and breeding wheat varieties for salt tolerance. *In: Gupta, S.K., Sharma, S.K., Tyagi, N.K. (Eds.), Proceedings of the National Conference on Salinity Management in Agriculture, CSSPI, Karnal, India, pp. 273-289.*

**Hopkins, W.G. 2003.** Physiologie végétale. 2<sup>ème</sup> édition. De Boeck, Bruscelles, 476 p.

**IGC, 2013.** Grain market report. *GMR*, 420, [www.igc.int](http://www.igc.int).

**IGC, 2016.** International Grains Council. World grain statistics, [www.igc.int](http://www.igc.int).

**Ines, J., Yosra, S. & Mohamed, E.G. 2014.** Effects of salt stress on growth seedlings of two landrace varieties of durum wheat from the Tunisian center (*Triticum durum*). *African Journal of Agricultural Research*, 9(33): 2528-2539.

**INRAA. 2016.** Séminaire national sur la Problématique et les enjeux de l'agriculture Algérienne INRA. *Problématique et enjeux de l'agriculture en Algérie.*

**Jabnour, M. 2008.** Adaptation des plantes au stress Salin : caractérisation du transporteur de sodium et potassium de la famille HKT chez le riz. *Thèse de Doctorat, Univ. Montpellier II.*

**Kadri, K., Maalam, S., Cheikh, M.H., Benabdallah, A., Rahmoune, C. & Ben Naceur, M. 2009.** Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques accessions Tunisiennes d'orge (*Hordeum vulgare* L.). *Science and Technologie* 29: 72-79.

**Karakas, O., Gurel, F. & Uncuoglu, A.A. 2011.** Assessment of genetic diversity of wheat genotypes by resistance gene analog-EST markers. *Genetics and Molecular Research*, 10(2): 1098-1110.

**Karou, M., Haffid, R., Smith, D.N. & Samir, K. 1998.** Roots and shoot growth water use and water use efficiency of spring durum wheat under early – season drought. *Agronomie*, 18: 180-186.

**Keren, R. 2000.** Salinité. Sumner M.E. Ed.livre de science du sol. pp 3-25.

**Kochak-Zadeh, A., Mousavi, S. & Nejad, M. 2013.** The effect of salinity stress on germination and seedling growth of native and breded varieties of wheat. *The Journal of Novel Applied Sciences*, 12: 703-709.

**Lang, A. 1965.** Effects of some internal and external conditions on seed germination. *Handb. der Pflanzenphysiol*, 15(2): 848-893.

**Leclerc, J.C. 1999.** Écophysiologie végétale. Publication de l'université de Saint-Étienne. Saint Étienne, 67-84.

**Lery, F. 1982.** L'agriculture au Maghreb ou pour une agronomie méditerranéenne. *Ed. Maisonneuve et Larose, Paris*, 338.



- Levigneron, A., Lopez, F., Varisuyt, G., Berthomien, P. & Casse-Delbar, T. 1995.** Les plantes face au stress salin. *Cahier d'agriculture*, (4): 263-273.
- Levitt, J. 1980.** Responses of plants to environmental stresses. Water radiation, salt and other stresses. *Academic Press, New York*, 2: 365- 406.
- Levy, G.J. 2000.** Sodicity. Sumner M.E. Ed. *Handbook of Soil Science*. pp 27-62.
- Lev-Yadun, S., Gopher, A. & Abbo, S. 2000.** The cradle of agriculture. *Science*, 288: 1602-1603.
- Lopes, M.S., Reynolds, M.P., Jalal-Kamali, M.R., Moussa, K.S., Feltaous, M.Y., Tahir, I.S.A., Barma, N., Vargas, Mannes, M.Y. & Baum, M. 2012.** The yield correlations of selectable physiological traits in a population of advanced spring wheat lines grown in warm and drought environments. *Field Crops Res*, 128: 129-136.
- Maillard, J. 2001.** Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone aride : Risques et Recommandations. *Handicap International*, 35 p.
- Mefti, M., Abdelguerfi, A. & Chebouti, A. 2000.** Etude de la tolérance à la sécheresse chez quelques populations de *Medicago truncatula* (L.) Gaertn. *Options Méditerranéennes CHEAM*, 173-176.
- Mekhlouf, A., Bouzerzour, H., Benmahammed, A., Hadj Sahraoui, A. & Harkati, N. 2006.** Adaptation des variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) au climat semi-aride. *Sécheresse*, 4 : 507-13.
- Mermoud, A. 2006.** Cours de physique du sol : Maîtrise de la salinité des sols. Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, 23 p.
- Misra, N. & Dwivedi, U.N. 2004.** Genotypic difference in salinity tolerance of green gram cultivars. *Plant Science*, 166(5): 1135-1142.
- Molinié, A., Faucet, V., Castegnaro, M. & Pfohl-Leszkowicz, A. 2005.** Analysis of some breakfast cereals on the French market for their contents of ochratoxin A, citrinin and fumonisin B1: development of a method for simultaneous extraction of ochratoxin A and citrinin. *Food Chemistry*, 92: 391-400.
- Munns, R. & Tester, M. 2008.** Mechanisms of Salinity Tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59: 651-681.
- Murillo-Amador, B., López-Aguilar, R., Kaya, C., Larrinaga-Mayoral, J. & Flores-Hernández, A. 2002.** Comparative effects of NaCl and polyethylene glycol on germination, emergence and seedling growth of cowpea. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 188(4): 235-247.
- Nibau, C., Gibbs, D.J. & Coates, J.C. 2008.** Branching out in new directions: the control of root architecture by lateral root formation. *New Phytologist*, 179(3): 595-614.
- Nijenstein, H., Don, R. & Nydam, J. 2008.** Comparison of oven moisture tests at 130°C vs. 103 °C. *Seed Testing International*, 135: 28-33.
- Niu, G., Rodriguez, D.S., Call, E., Bosland, P.W., Ulery, A. & Acosta, E. 2010.** Responses of eight chile peppers to saline water irrigation. *Scientia horticultrae*, 126(2): 215-222.

- Parida, A.K. & Das, A.B. 2005.** Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and environmental safety*, 60(3): 324-349.
- Pilot, G., Gaymard, F., Mouline, K., Cherel, I. & Sentenac, H. 2003.** Regulated expression of Arabidopsis shaker K<sup>+</sup> channel genes involved in K<sup>+</sup> uptake and distribution in the plant. *Plant Molecular Biology*, 51: 773-787.
- Prasad, K.V.S.K., Sharmila, P., Kumar, P.A. & Saradhi, P.P. 2000.** Transformation of *Brassica juncea* (L.) Czern with bacterial cod A gene enhances its tolerance to salt stress. *Molecular Breeding*, 6: 489-499.
- Quarrie, S.A. & Mahmood, A. 1993.** Improving salt tolerance in hexaploid wheat. Annual Reports 4 (1992). Norwich, UK: Institute of Plant Research and John Innes Centre.
- Raccuia, S.A., Cavallaro, V. & Melilli, M.G. 2004.** Intraspecific variability in *Cynara cardunculus* L. var. *sylvestris* Lam. Sicilian populations: seed germination under salt and moisture stresses. *Journal of Arid Environments*, 56(1): 107-116.
- Rajaram, S. 2000.** International wheat breeding: past and present achievements and future directions. Oregon State University, Extension service. Special report No 1017.
- Rawson, H.M. 1988.** Effect of high temperatures on the development and yield of wheat and practices to reduce deleterious effects. *In: Wheat Production Constraints in Tropical Environments*, Chiang Mai, Thailand, 19-23 Jan 1987. CIMMYT.
- Richards, R.A., Rebtzke, G.J., Van Herwaarden, A.F., Dugganb, B.L. & Condon, A.G. 1997.** Improving yield in rainfed environments through physiological plant breeding. *Dryland Agriculture* 36, 254 - 266.
- Robert, M. 1996.** Le sol : interface dans l'environnement ressource pour le développement. Ed. Masson, Paris, 96 p.
- Ruel, T. 2006.** Document sur la culture du blé. Édition Educagri.
- Santiago, L.S., Lau, T.S., Melcher, P.J., Steele, O.C. & Goldstein, G. 2000.** Morphological and physiological responses of Hawaiian *Hibiscus tiliaceus* populations to light and salinity. *International journal of plant sciences*, 161(1): 99-106.
- Sears, E.R. & Sears, L.M.S. 1978.** The telocentric chromosomes of common wheat. *In: Ramanujams, S. (Eds.), Proc. 5th Int., "Wheat Genetics Symp"*, New Delhi, India. *Agricultural Research Institute*, 389 - 407.
- Shao, H.B., Liang, Z.S., Shao, M.A., Sun, S.M. & Hu, Z.M. 2005.** Investigation of dynamic changes of photosynthetic characteristics of 10 wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes during two vegetative-growth stages at water deficits. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 43: 221-227.
- Shen, B., Jensen, R.G. & Bohnert, H.J. 1997.** Increased resistance to oxidative stress in transgenic plants by targeting mannitol biosynthesis to chloroplasts. *Plant Physiology*, 113: 1177- 1183.
- Shiferaw, B. & Baker, D.A. 1996.** An evaluation of drought screening techniques for *Eragrostis tef*. *Tropical Science*, 36: 74-85.

**Slafer, G.A., Araus, J., Royo, C. & Del Moral, L.F.G. 2005.** Promising ecophysiological traits for genetic improvement of cereal yields in Mediterranean environments. *Annals of Applied Biology*, 146: 61-79.

**Tremblin, G. 2000.** Comportement auto-écologique de *Halopeplis amplexicaulis*: plante pionnière des sebkhas de l'ouest algérien. *Sécheresse*, 11(2): 109-116.

**Wardlaw, I. F., Dawson, I. A., Munibi, P. & Fewster, R. 1989.** The tolerance of wheat to high temperatures during reproductive growth. I. Survey procedures and general response patterns. *Australian Journal of Agricultural Research*, 40(1): 1-13.

**Xiaojie, C., Donghong, M., Tauqeer, A.Y. & Yin-Gang, H. 2012.** Evaluation of 14 morphological, yield-related and physiological traits as indicators of drought tolerance in Chinese winter bread wheat revealed by analysis of the membership function value of drought tolerance (MFVD). *Field Crops Research*, 137: 195 – 201.

**Zaman-Allah, M., Sifi, B., L'Taief, B. & El Aouni, M. 2009.** Paramètres agronomiques liés à la tolérance au sel chez le haricot (*Phaseolus vulgaris* L.). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 13(1): 113-119.

**Zhang, H.X. & Blumwald, E. 2001.** Transgenic salt-tolerant tomato plants accumulate salt in foliage but not in fruit. *Nature Biotech*, 19: 765-768.

**Zhang, H.X., Hodson, J.N., Williams, J.O. & Blumwald, E. 2001.** Engineering salt-tolerant Brassica plants: characterization of yield and seed oil quality in transgenic plants with increased vacuolar sodium accumulation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98: 12832-12836.

**Zhu, B., Su, J., Chang, M.C., Verma, D.P.S., Fan, Y.L. & Wu, R. 1998.** Over expression of a pyrroline- 5-carboxylate synthetase gene and analysis of tolerance to water and salt stress in transgenic rice. *Plant Science*, 139: 41-48.

**Zhu, J.K. 2002.** Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annual Review of Plant Biology*, 53: 247-273.

**Zhu, X.G., Wang, Q., Zhang, Q.D., Lu, C.M. & Kuang, T.Y. 2001.** Effects of photoinhibition and its recovery on photosynthetic function of winter wheat under salt stress. *Acta Botanica Sinica*, 43: 1250-1254.

## Résumé

La présente étude a été conduite au laboratoire régional du Centre National de Contrôle et de Certification des semences et plants (CNCC) de Sétif. Elle avait pour objet de comparer le comportement germinatif d'une vingtaine de variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) sous différentes concentrations de stress salin (0 ; 50 ; 100 et 150 mM NaCl). Les mesures effectuées ont concerné le taux et la cinétique de germination, le nombre et la longueur des racines, la longueur du coléoptile et la matière fraîche racinaire et aérienne. Les résultats obtenus suggèrent que la capacité germinative des génotypes varie en absence de stress de 78.42% (Boumerzoug) à 97.57% (Mezghana). Les résultats obtenus montrent que le stress salin a exercé des effets statistiquement significatifs sur l'ensemble des caractères mesurés et chaque variété réagit d'une façon différente. Les 20 variétés confrontées sont regroupées en 4 classes de tolérance. La comparaison des comportements génotypiques sous les deux intensités de stress salin contrastées (0 et 150 mM NaCl) identifie des génotypes qui tolèrent la salinité d'intensité sévère. Ces génotypes sont Almirante, Sensas, Rmada, Buffalo et Florence Aurore.

**Mots clés :** *Triticum aestivum*, NaCl, tolérance, germination, croissance, biomasse.

## Abstract

The present study was conducted at the regional laboratory of the National Seed and Plant Control and Certification Center (CNCC) of Sétif. The purpose of this study was to compare the germination behavior of 20 bread wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties under different salt stress concentrations (0, 50, 100 and 150 mM NaCl). The measurements were recorded on the rate and kinetics of germination, roots number and length, coleoptile length, the fresh root and above-ground biomass. The results suggest that the germinative capacity of genotypes varies, in the absence of stress, from 78.42% (Boumerzoug) to 97.57% (Mezghana). The results show that the salt stress had statistically significant effects on all the characters measured and each variety reacts in a different way for all the parameters studied. The 20 varieties confronted are grouped into 4 classes of tolerance. The comparison of genotypic behaviors under the two contrasting salt stress intensities (0 and 150 mM NaCl) identifies the most salt stress tolerant genotypes. These genotypes are Almirante, Sensas, Rmada, Buffalo and Florence Aurore.

**Key words:** *Triticum aestivum*, NaCl, tolerance, germination, growth, biomass.

## ملخص

أجريت هذه الدراسة في المخبر الجهوي للمركز الوطني لمراقبة البذور والشتلات والمصادقة عليها (CNCC) بسطيف. وقد صممت هذه الدراسة بهدف مقارنة سلوك إنبات عشرين صنف من القمح اللين (*Triticum aestivum* L.) تحت تركيزات مختلفة من الإجهاد الملحي (0، 50، 100 و 150 م مول NaCl). تم قياس كل من معدل و حركية الإنبات، عدد وطول الجذور، طول الـ coleoptile، الكتلة الحيوية الطازجة العلوية والجذرية. تشير النتائج إلى أن قدرة الإنبات تتغير في غياب الإجهاد من 78.42% (Boumerzoug) إلى 97.57% (Mezghana). كما تظهر النتائج أن الإجهاد الملحي كان له تأثيرات ذات دلالة إحصائية على جميع الصفات المقاسة وأن كل صنف له طريقة استجابة مختلفة. تم تجميع الأصناف العشرين بحسب درجة مقاومتها للإجهاد الملحي عالي التركيز مقارنة بالشاهد (0 و 150 م مول NaCl) في 4 فئات. حددت دراسة السلوك الوراثي الأصناف التي تتحمل الملوحة العالية. هذه الأصناف هي

Almirante، Sensas، Rmada، Buffalo و Florence Aurore.

**كلمات مفتاحية:** *Triticum aestivum*، NaCl، مقاومة، إنبات، نمو، كتلة حيوية.