

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHESCIENTIFIQUE

FACULTE : Sciences

DEPARTEMENT : SNV

N° :.....



DOMAINE : SNV

FILIERE : Biotechnologie

*OPTION : Biotechnologie
végétale*

Mémoire présenté pour l'obtention

Du diplôme de Master Académique

Par: OKREFI Zahia et BOUREZG Nor El Houda

Intitulé

**Caractérisation biochimique *in vitro* au stade tallage chez
quelques variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) sous
stress salin**

Soutenu devant le jury composé de:

BOUNAR Rabah	Maitre de Conférences -A-	UMB-Msila	Président
BENDERRADJI Laid	Professeur	UMB-Msila	Encadreur
ADOUI Nabila	Maitre de Conférences -B-	UMB-Msila	Examineur

Année universitaire : 2019 /2020

Remerciements

Avant tout, nous remercions **ALLAH** tout puissant qui nous a donné et nous a orienté vers la bonne voie.

Nous adressons en second lieu nous remercions à notre professeur et encadreur **Dr. BENDERRADJI Laid**, qui a veillé à l'orientation de notre locomotive sur les bonnes rails, merci pour avoir encadré ce travail, et pour son aide et ses orientations.

En troisième lieu, nous tonnons à remercier Melle Pr. **NOURA MESSAOUDI**, pour ses orientations, ses remarques, ses conseils précieux, pour l'aide et le temps qu'elle nous a apportée tout au long de ce travail.

Nous remercions le **Dr. BOUNAR Rabah** de l'Université de Msila qui nous a fait l'honneur de présider ce travail.

Nous tenons également à remercier le **Dr. ADOUI Nabila** de l'Université de Msila de faire partie de jury ce travail.

Nos parents, nos enseignants, pour leurs supports, aide et encouragements durant tout notre cursus universitaire, et un grand merci au Dr. **Yousf Islem BOUREZG** de l'Université Ziane Achour de Djelfa pour leur orientations et conseilles.

Et enfin, un grand merci à nos amis qui nous ont aidé de près ou de loin et surtout un grand merci à Mr. **Oussama HALLAB** enceint étudiant de la même spécialité de l'Université de Msila.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à : toutes les personnes proches à mon cœur

A- mes chers parents (Saad et Fatma) qui ont été pour moi soutien, réussite, encouragement et, soutient financièrement et moralement

A mes chers frères : boudjema, moussa, Khalil, Hassen, Houssin et petit frère Ishak

A-mes chères sœurs : Naïma, Massouda

A-mes tout chers enfants : Abed el motaleb, Moatassimbillah, Abed el hadi Mohamed , Hadil , Malek ,Ziad , Nada ,Ahid , Donia,

A-tout mes famille et tous mes amis surtout Nor, Noussiba, Hanaa, Hafssa

Tous mes professeurs durant tous mes études

La promotion de master 2 biotechnologie végétale de l'année

Universitaire 2019-2020 de M'sila.

Zahia

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

Ma mère; Mebarka.

Sans son amour je ne serai pas arrivée.

Mon père; Tayeb.

Mon marie; Hocine.

Mes frères ; Yousf iselam, salah eldine.

Mes sœurs ; Monira, salsabil, farah.

A ma nièce bien-aimée ; Ritadj

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

Toute ma famille, surtout mon cousin Alaa Eldine, ma cousine Hadjer et Djihan.

Toutes mes amies, surtout Malak, Monira, Dalal, Nor,. Noussiba.

Tous mes professeurs durant tous mes études.

La promotion de master 2 biotechnologie végétale de l'année universitaire 2019

2020 de M'sila.

NOR ELHOUDA

Liste des Abréviations

AA : Ain Abid

CIMMYT : International Maize and Wheat Improvement Center

DO : Densité optique

FAO : Organisation Des Nations Unies pour L'alimentation et Agriculture

G% : Le pourcentage définitif de germination

HD: Hidhab 1220

ICC: Chlorophylle Content Index

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

ITGC : Institut Technique des Grandes Cultures

MF : Matière fraîche

N : Nombre totale des graines mises à germer

T : Température

TG (%) : Taux de germination.

Liste des Figures

N°	Titres	Page
01	Représentation schématique de l'évolution historique du blé	04
02	Morphologie du blé tendre, (<i>Triticum aestivum</i> L.)	05
03	Histologique d'une coupe longitudinale d'un grain de blé	06
04	Cycle de développement du blé	08
05	Origines de la salinisation	14
06	Effet du stress salin et mécanismes de régulation de la tolérance à la salinité	18
07	Préparation des solutions salines	21
08	Essai de germination sous stress salin	22
09	Application du stress salin en milieu hydroponique	22
10	Semis des graines (culture en sol) sous stress salin	23
11	Mise en culture des graines de trois variétés et développement des plantules de blé tendre	23
12	Chlorophylle mètre CCM 200	24
13	Dosage des sucres solubles	25
14	Courbe étalonnage des sucres solubles	26
15	de germination des graines des trois variétés de blé tendre sous stress salin (0, 50, 100, 150mM NaCl).	27
16	Indice de germination des graines des trois variétés de blé tendre mises à germer sur milieu témoin non salé, et sur milieu salin (0, 50, 100,150Mm NaCl).	28
17	Variation de la teneur en chlorophylle chez les variétés étudiées en fonction de l'intensité du stress salin.	29
18	Variation de la teneur en chlorophylle a chez les variétés étudiées en fonction de l'intensité du stress salin.	29

Liste des Tableaux

N°	Titres	Page
01	Classification botanique du <i>Triticum aestivum</i> L.	03
02	Préparation des solutions salines	21

Sommaire

Sommaire

RemerciementI

DédicaceII

Liste des abréviationsIII

Liste des FiguresIV

Liste des TableauxVI

Introduction1

Chapitre I

Revue Bibliographie

I.1. Généralités sur la céréaliculture3

I.2. Classification, origine et domestication du blé tendre (*Triticum aestivum* L.)
.....3

I.3. Description morphologique du blé4

I.4. Composition histologique et chimique du grain de blé6

I.4.1. Enveloppes7

I.4.2. Albumen7

I.4.3. Germe (embryon)7

I.4.4. Composition chimique du grain de blé7

I.5. Cycle de développement de blé8

I.6. Culture de blé tendre10

I.7.Importance économique et utilisation du blé10

I.7.1.Dans l'alimentation humaine11

I.7.2. Dans l'alimentation animale	11
I.8. Notion de stress	12
I.9. Catégories de stress et Effet sur la plante	12
I.10. Stress salin	12
I.10.1. Origine de la salinité	13
I.10.2. La plante et le stress salin	14
I.10.3. Influence de stress salin	15
I.10.3.1. Influence sur la germination	15
I.10.3.2. Influence sur la croissance et le développement de la plante	16
I.10.3.3. Influence sur la croissance racinaire	16
I.10.3.4. Effet sur la croissance des feuilles	16
I.10.3.5. Influence sur la physiologie de la plante	17
I.11. Mécanismes d'adaptation au stress salin chez le blé	17
I.12. Mécanismes physiologiques et biochimiques d'adaptation	18

Chapitre II

Matériel et méthodes

II.1. Objectif de l'expérimentation	20
II.2. Matériel végétal	20
II.2.1. Variété Hidhab (HD1220)	20
II.2.2. Variété Ain Abid	20
II.2.3. Variétés Arz	20

II.3. Protocole expérimentale	21
II.3.1. Préparation des graines	21
II.3.2. Préparation des solutions salines	21
II.4. Essais de culture et conditions de stress	21
II.4.1. Mise en germination des graines et application de stress salin	21
II.4.2. Culture hydroponique et application du stress salin	22
II.4.3. Culture en sol	23
II.4.3.1. Semis des graines dans les gobelets de végétation	23
II.4.3.2. Développement des plantules	23
II.5. Paramètres étudiées	24
II.5.1. Paramètres morphologiques	24
II.5.1.1. Taux de germination	24
II.5.1.2. Indice de germination (IG)	24
II.5.2. Paramètres biochimiques	24
II.5.2.1. Teneur en chlorophylle	24
II.5.2.2. Teneur en sucres solubles	25

Chapitre III

Résultats et discussion

III.1. Résultats	27
III.1.1. Paramètres morphologiques	27
III.1.1.1. Taux de germination des variétés étudiées de blé tendre (<i>T. aestivum</i> L)	27

III.1.1.2. Indice de germination (IG)	27
III.1.2. Paramètres biochimiques	28
III.1.2.1. Effet du stress salin sur la teneur en chlorophylle (exprimé par l'indice de chute en chlorophylle (ICC)	28
III.1.2.2.Effet du stress salin sur le taux des sucres solubles	29
III.2. Discussion générale	30
Conclusions et perspectives	32
Références Bibliographique	34
Résumé	44

Introduction

Introduction

Les céréales sont des plantes, principalement de la famille des Graminées, Ces plantes ont en commun des hauts rendements, des principes énergétiques importants ainsi que des durées de conservation des graines très longues (**Feillet, 2000**). La filière céréalière constitue une des principales filières de la production agricole en Algérie. Les cinq principales céréales au monde sont le maïs, le riz, le blé, l'orge et le sorgho (**Feddal, 2015**). Les céréales constituent une part importante des ressources alimentaires de l'homme et de l'animal, parmi ces céréales le blé qui est une culture importante dans le monde en termes de superficie cultivée contribuant à l'approvisionnement alimentaire mondial ainsi que l'assurance d'une sécurité économique (**Louali, 2016**).

Selon la **FAO (2009)**, l'Afrique participe pour 22% à la production mondiale du blé tendre. La culture du blé a été un élément fondateur des premières civilisations humaines (**INRA, 2005**). Le blé tendre est l'espèce la plus cultivée, il est essentiellement utilisé par l'industrie meunière pour la fabrication de farines destinées à l'alimentation humaine (panification, biscuiterie, pâtisserie, etc.) et animale (cendre ou sons) (**Duron, 1999**). Le blé tendre constitue une importante source alimentaire et économique mondiale (**FAO, 2007**).

Les stress abiotiques affectent le développement et la production des cultures (**Baldy, 1986**) et en particulier la culture des céréales. Les caractéristiques climatiques des zones céréalières d'Algérie font que la culture du blé se trouve en générale exposée aux différents stress environnementaux défavorables qu'on peut dénommer la salinisation (**Chaise et al., 2005**). La salinité est une contrainte majeure qui affecte la croissance et le développement des plantes (**Bouaouina et al, 2000**).

La salinité des sols et des eaux demeure, pour les régions arides et semi arides, un obstacle majeur à la croissance des végétaux. Le stress salin est un excès d'ions en particulier, mais pas exclusivement, aux ions Na^+ et Cl^- (**Hopkins, 2003**). Le blé considéré comme moyennement tolérant au sel (**Hamza et al., 1995**), par rapport à l'orge et le triticale. La tolérance à la salinité est le résultat de nombreux mécanismes spécifiques qui tentent de résoudre le problème des déséquilibres osmotiques et ioniques que subit la plante quand elle pousse en conditions salines (**Alem et al. 2001**).

L'effet négatif de la forte salinité peut être observé au niveau de la plante entière comme la mort de la plante et /ou la diminution de la productivité. Beaucoup de plantes

développent des mécanismes adaptatifs soit pour exclusion du sel de leurs cellules ou pour la tolérance de sa présence dans les cellules (**Parida et Das, 2005**).

Tous ces stress environnementaux sont donc perçus par la plante comme des stimuli qui, par un phénomène de transduction du signal au sein de la cellule végétale, vont à leur tour induire tout un ensemble de réponses biochimiques, moléculaires (expression ou répression de certains gènes) ou physiologiques (**Tafforeau, 2002**).

Dans ce contexte, l'objectif de notre travail est axé sur l'étude de l'influence de stress salin sur les comportements de quelques variétés du blé tendre (*Triticum aestivum* L.) et les différents mécanismes de tolérance et d'adaptation biochimiques qui déclenchent ces stress.

Notre mémoire est présenté en trois chapitres essentiels qui seront précédés par une introduction et finissant par une conclusion. Le premier chapitre, sera consacré à une revue bibliographique pour une présentation de l'espèce étudiée et l'influence des stress salin sur son développement, alors que le deuxième chapitre, s'intéresse au matériel végétal et aux méthodes utilisées afin de cerner les paramètres biochimiques, tandis que le troisième chapitre, traitera les principaux résultats obtenus et leurs discussions. Le mémoire est achevé, par une conclusion et des perspectives, suivies de la liste de références bibliographiques et des annexes.

Revue bibliographique

Chapitre I. Revue bibliographique

I. 1. Généralités sur la céréaliculture

Les céréales sont des espèces cultivées généralement pour leurs grains. La plupart des céréales appartiennent à la famille des graminées (Poacées). Ce sont : le blé, l'orge, le seigle, le maïs, le riz, le millet, le sorgho (Mouille, 1971). Les céréales occupent à l'échelle mondiale une place primordiale dans le système agricole. Elles sont considérées comme une principale source de la nutrition humaine et animale (Slama et al, 2005). Les céréales sont les cultures annuelles les plus importantes pour l'agriculture algérienne (Bourras, 2001).

I. 2. Classification, origine et domestication du blé tendre (*Triticum aestivum* L.)

Les espèces du genre *Triticum* sont des herbacées annuelles à feuilles alternes définie (Bogard, 2011). Selon Feillet, (2000), la classification du blé tendre est la suivante (Tableau 01) :

Tableau 01 : Classification botanique du blé tendre.

Règne	Plantae	Sous Famille	Triticeae
Division	Magnoliophyta (angiospermes)	Tribu	Triticeae
Classe	Liliopesida (monocotylédones)	Sous-Tribu	Triticinae
Sous-classe	Commelinidae	Genre	<i>Triticum</i>
Ordre	Poale	Espèce	<i>Triticum aestivum</i> L.
Famille	Gramineae et/ou Poaceae		

Le blé est originaire du sud-est de la Turquie, dans la région de Diyarbakir Le blé entra en Europe tout d'abord par l'Anatolie puis la Grèce il y a 8000 ans, puis ensuite par deux voies distinctes il y a 7000 ans ; une voie au nord passant par les Balkans et le Danube, et une voie au sud traversant l'Italie, la France et l'Espagne. La culture du blé atteignit le Royaume-Uni et la Scandinavie il y a 5000 ans. Elle s'étendit également à l'Est du Croissant Fertile, par l'Iran, pour atteindre la Chine il y a 3000 ans ; et en Afrique par l'Egypte. Le blé fut introduit au Mexique par les colons espagnols au XVIe siècle, et en Australie au XVIIIe siècle (Shewry, 2009).

Le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) est apparu il y'a 7000 à 9500 ans, probablement par la domestication des blés (Nesbitt et Samuel, 1995). Les botanistes classe le blé tendre dans le groupe des blés hexaploïdes ($2n = 42$) (Bonjean, 2001). Le blé hexaploïde (*T.*

aestivum) à génome (AABBDD) est très vraisemblablement apparu seulement après la domestication des blés diploïdes et tétraploïdes (Chantretet *al.*., 2005) (Figure01).

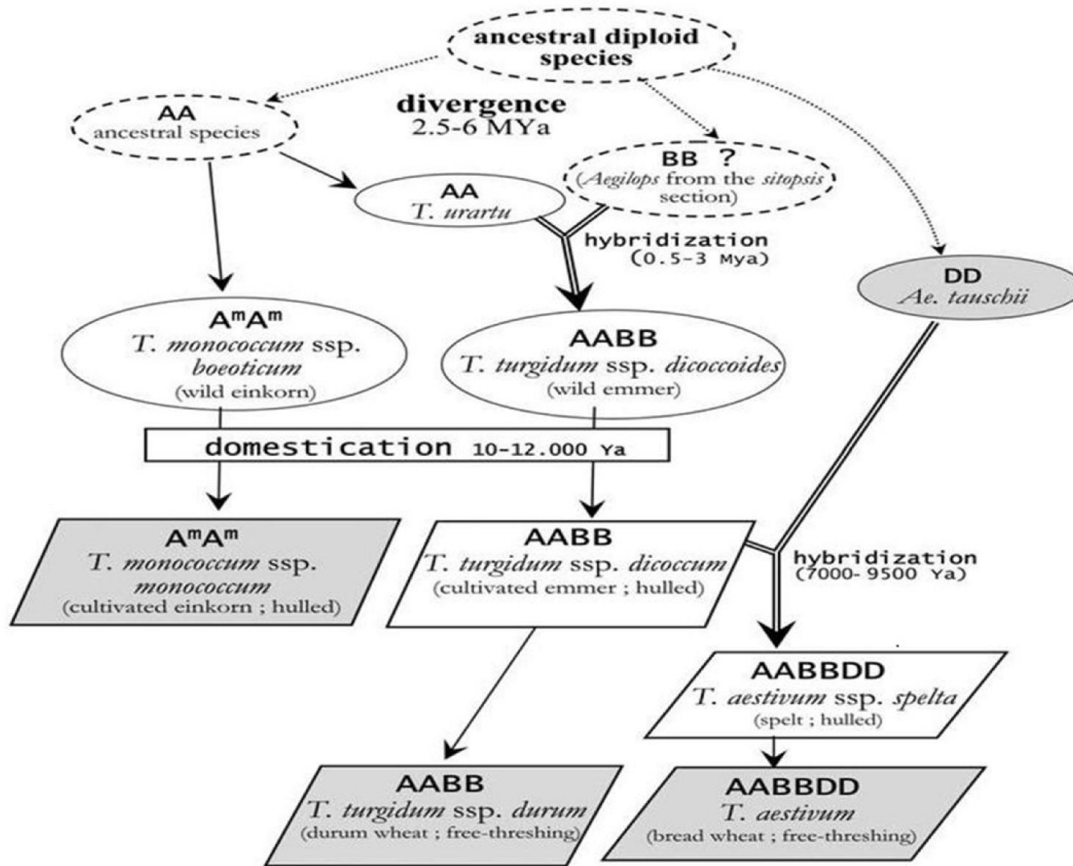
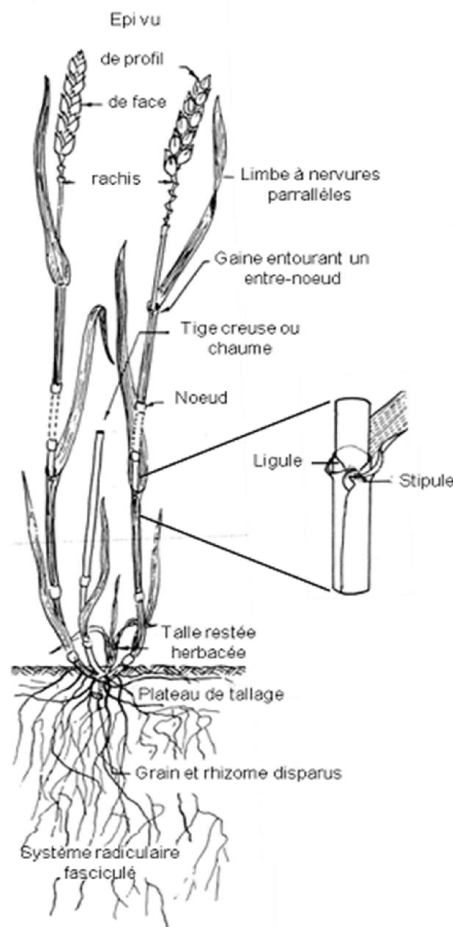


Figure 01 : Représentation schématique de l'évolution historique du blé tendre

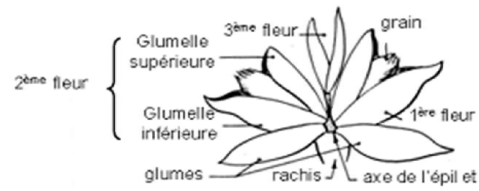
I. 3. Description morphologique du blé

La plante du blé est une graminée de hauteur moyenne pouvant atteindre jusqu'à 1.5m selon les variétés et dont le limbe des feuilles est aplati. L'inflorescence d'un épi terminal se compose de fleurs parfaites (Bozzini, 1988). Le blé tendre (*T. aestivum*) compte parmi les espèces les plus anciennement cultivées. L'appareil végétatif est constitué de différentes talles émises depuis le plateau de tallage à la base de la plante (Figure02). Ces thalles résultent du développement du bourgeon principal (thalle principale) et des bourgeons axillaires (thalle secondaire). Chaque thalle se compose de différentes photomètres comprenant tige, graine, limbe foliaire, un bourgeon axillaire, et porte à son sommet un épi formé de deux rangées d'épillets situées de part et d'autre du rachis (Bogard, 2011).

A – La plante entière



B – L'épillet



C – La fleur

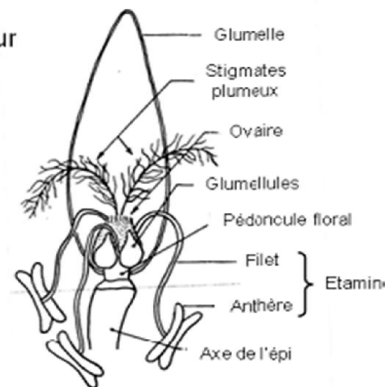


Figure 02 : Morphologie du blé tendre, (*Triticum aestivum* L.)(D'après Soltner, 1988).

La tige est constituée d'entre-nœuds, séparés par des nœuds, zones méristématiques à partir desquelles, d'une part les entre-nœuds s'allongent et d'autre part les feuilles se différencient. Chaque nœud est le point d'attache d'une feuille. Chaque feuille comprend deux parties : une portion inférieure appelée gaine, enveloppant l'entre-nœud correspondant, et une portion supérieure appelée limbe. Les gaines, attachées au niveau des nœuds, sont emboîtées les unes dans les autres et forment un tube cylindrique entourant la tige qui se déboîte au fur et à mesure de la croissance des entre-nœuds. A la jonction du limbe et de la gaine, on peut trouver une petite membrane non vasculaire, plus ou moins longue et dentelée, la ligule. Chez le blé, de chaque côté de celle-ci, à la base du limbe se trouvent deux stipules plus ou moins embrassantes et velues : les oreillettes (Soltner, 1988).

Les racines du blé sont pourvues de nombreuses racines, dites fasciculées vu leur forme en faisceaux, qui prennent naissance à la base de la tige. Elles sont de type fasciculé

dont ; 55 % du poids total des racines se trouve entre 0 et 25cm de profondeur (**Clément et Prat, 1970**).

Les feuilles sont alternées, ligulées et engainantes. Elles ont des nervures parallèles et sont terminées en pointe (**Clément et Prat, 1970**).

L'inflorescence est toujours en épillets associés en inflorescence épis, se recouvrant étroitement les uns aux autres (**Bonjean et Picard, 1990**).

Le grain ou caryopse est à la fois le fruit et la gaine du fait que les enveloppes du fruit sont soudées à celles de la graine. Ses réserves sont contenues dans l'albumen composé majoritairement de 65% d'amidon, 15% de protéines, 15% d'eau et de divers micro éléments, tels que Fe, Zn, acides gras et vitamines (**Bogard, 2011**). Le grain blanchâtre de forme ovoïde, pesant de 40 à 50mg, sa radicule plus ou moins externe (caractère variétal), l'extrémité distale est velue ou brosse (**Mouille, 1971**). Les grains sont de forme ovoïde, possédant sur l'une de leur face un sillon et à l'extrémité opposée de l'embryon des touffes de poils : la brosse (**Godon et al., 1991; Hemery et al., 2007**). La longueur du grain de blé est comprise entre 5 et 8 mm, son poids entre 20 et 50mg (**Surget et Barron, 2005**).

I. 4. Composition histologique et chimique du grain de blé

Le grain de blé est constitué de 3 grandes parties : le germe, l'albumen et les enveloppes (**figure 03**). Il est constitué majoritairement d'amidon qui représente environ 70% de la matière sèche du grain et qui est situé dans l'albumen. Les protéines représentent entre 10 et 15% de la matière sèche et se retrouvent dans tous les tissus du grain de blé avec une concentration plus importante dans le germe et la couche d'aleurone (**Pomeranz, 1988**).

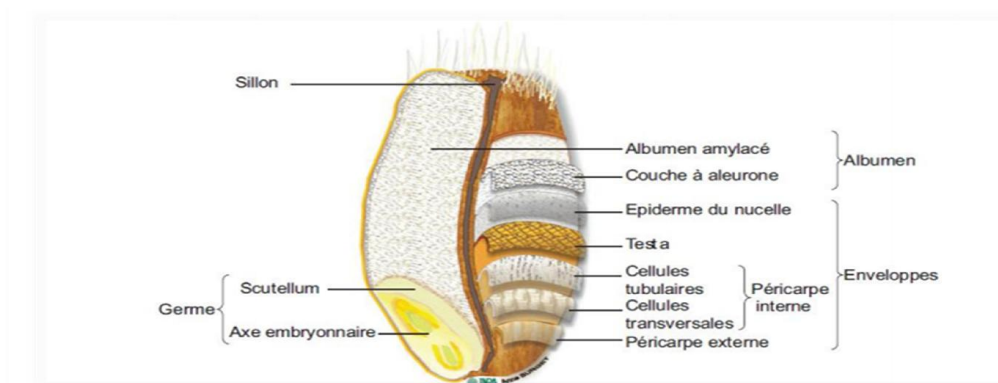


Figure 03: Schéma histologique d'une coupe longitudinale d'un grain de blé (**Surget et Barron, 2005**).

I. 4. 1. Enveloppes

Les enveloppes (13-15% du grain de blé) comprennent à la fois celles des fruits en périphérie et celle de la graine (**Jeantet et al., 2007**). Elles sont composées de cinq tissus superposés, chacun de ces tissus possède une épaisseur et une nature différente (**Barron et al., 2007**). De la surface externe vers le centre du grain se trouvent successivement le péricarpe externe (épicarpe) et le péricarpe interne constitué par le mésocarpe et l'endocarpe. Viennent ensuite la testa et l'épiderme du nucelle (ou couche hyaline) (**Surget et Barron, 2005**). Ces tissus sont essentiellement constitués de cellules vides dont les parois sont riches en fibres et en composés phénoliques (**Hemery et al., 2007**). Les enveloppes ont un rôle important de protection contre l'humidité et contre les organismes pathogènes (**Reis et al., 2006**).

I. 4. 2. Albumen

Constitue le plus important compartiment du grain et représente environ 80% de son poids (**Pomeranz, 1988**). Il correspond au tissu de réserve. L'albumen amylicé est essentiellement constitué des granules d'amidon enchâssés dans une matrice protéique composée en grande partie de prolamines (gliadines, gluténines de hauts et faibles poids moléculaires) mais aussi d'albumines et de globulines. Ces deux familles protéiques, gluténines et gliadines, sont hydrolysées lors de la germination et du développement de la plantule par les enzymes produites dans l'embryon et la couche à aleurone. Elles constituent la source d'acides aminés nécessaires à la germination de la graine (**Surget et Barron, 2005**).

I. 4. 3. Germe (embryon)

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

I. 4. 4. Composition chimique du grain de blé

Le grain est principalement constitué d'amidon (67-71%), de protéines (10 à 15%) selon les variétés et les conditions de culture, de pentosanes (8-10%), lipides (2-3%, la cellulose (2-4%), les sucres libres (2-3%), les minéraux (1.5-2.5%) et des vitamines (**Feillet, 2000**).

I. 5. Cycle de développement de blé

Le blé tendre est une plante annuelle, monocotylédone, composé d'un appareil végétatif herbacée, qui comporte un système racinaire fasciculé, une tige cylindrique plus au moins creuse et des feuilles engainantes (Simmonds, 1991). Les feuilles apparaissent les premières, elles sont suivies par les tiges portant des épis terminaux, comportant de 15 à 25 épillets composées de 2 à 3 fleurs fertiles autogames. Le fruit ou le grain de blé (caryopse) est issue de fécondation de la fleur qui a lieu à l'intérieur des glumelles, avant que les étamines n'apparaissent à l'extérieur (Figure 04) (Simmonds, 1991).

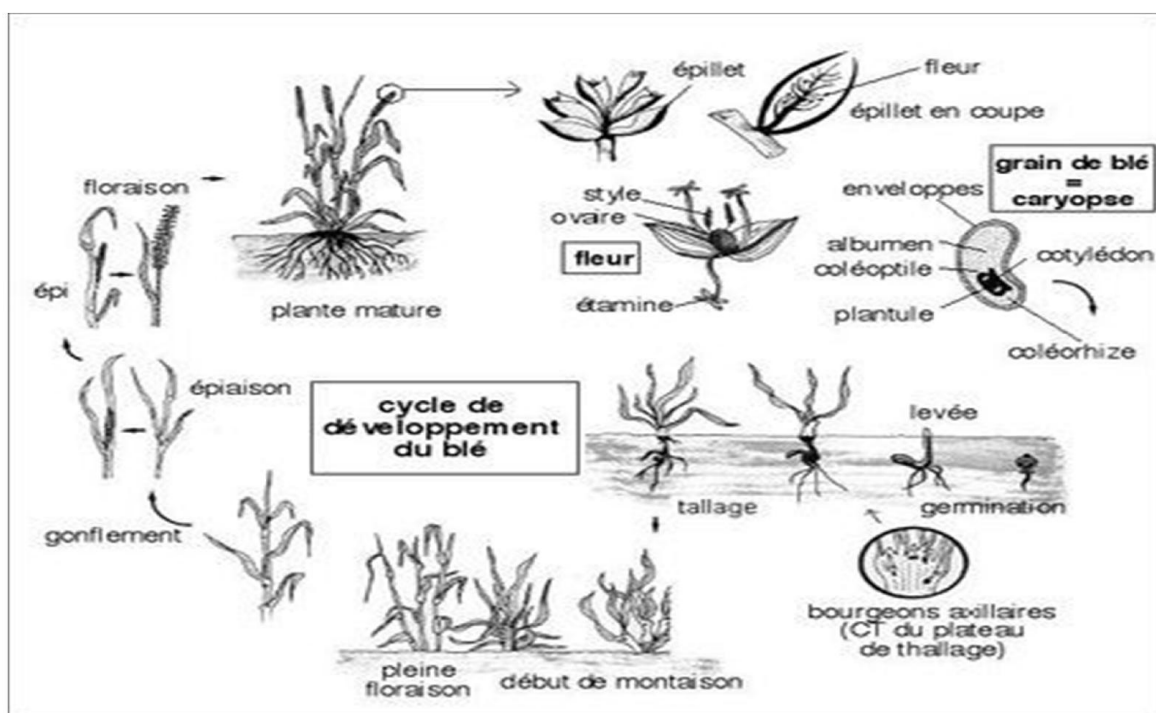


Figure 04 : Cycle de développement du blé (Henry et Buysier, 2000).

Le blé possède un cycle biologique annuel réparti en périodes végétative et reproductrice (Soltner, 2005). Pour Gautier (1991) la maturation constitue une troisième période

* Période végétative

C'est la période de germination aux premières manifestations de l'allongement de la tige principale (début de la montée), celle-ci comprend trois phases (Moule, 1971)

** Phase semi-levée : la germination se traduit par la sortie des racines séminales de la coleorhize et à l'opposé, par la croissance d'un pré feuille, la coléoptile.

**** Phase levée-début tallage :** dès que la première feuille a percé l'extrémité de la coléoptile, celui-ci s'arrête de croître et peu à peu se dessèche. Le plateau de tallage celui-ci est formé de 4 à 5 nœuds sa hauteur ne dépassant pas 3 à 4mm.

**** Phase début tallage-début montée :** le tallage est caractérisé par l'entrée en croissance de bourgeon différencié à l'aisselle de chacune des premières feuilles. Il s'agit donc d'un simple processus de ramification. La production des feuilles et des talles augmente rapidement peu après la levée (**Mouille, 1971**).

*** Période reproductive**

La période reproductrice se caractérise par la formation et la croissance de l'épi. Elle s'étend du stade épi-1cm, montaison, au stade de la floraison. La montaison débute à la fin du tallage. Elle se distingue par l'allongement des entre-nœuds et la différenciation des pièces florales (**Grandcourt et prats, 1971**). Le stade de l'épiaison-floraison se réalise au stade méiose pollinique, la gaine de la dernière feuille s'écarte progressivement suite à l'allongement des derniers entre-nœuds de la tige, la gaine s'éclate et le sommet de l'épi sort de la dernière gaine (**Gate, 1995**).

***Période de maturation**

De la fécondation à la maturation complète du grain. Celle-ci comporte aussi trois phases (**Soltner, 1987**)

**** Phase de multiplication cellulaire intense (12-15 jours)**

Durant laquelle il y a accroissement du poids d'eau et de matière sèche dans le grain. A la fin de cette phase, l'amande encore verte a pris sa forme définitive, l'albumen est devenu laiteux, c'est le stade laiteux.

**** Phase d'enrichissement en glucides et protides (10-12 jours)**

Au cours de laquelle le poids d'eau dans le grain demeure sensiblement constant, c'est le palier de poids d'eau. La fin de cette phase, l'amande s'est colorée en roux pâle, ces enveloppes résistent bien à la pression de doigt mais se déchirent à l'angle, c'est le stade pâteux. Il marque la fin de migration des réserves, la teneur en eau est alors de l'ordre de 40% du poids frais.

**** Phase de dessiccation**

Durant laquelle il y a seulement diminution rapide du poids d'eau, le grain devient alors successivement demi-dur, puis dur, à sur maturité, il devient cassant.

I. 6. Culture de blé tendre

Le blé est une plante herbacée dont le développement est influencé par les facteurs de l'environnement (dioxyde de carbone, eau, éclairage, température, élément minéraux du sol, nature du sol...). Pour un bon développement du blé, quelques exigences sont indispensables.

*** Sol**

Le blé exige un sol bien préparé, meublé et stable, résistant à la dégradation par les pluies d'hiver pour éviter l'asphyxie de la culture et permettre une bonne nitrification au printemps. Sur une profondeur de 12 à 15cm pour les terres battantes (limoneuses en générale) ou 20 à 25 cm pour les autres terres et une richesse suffisante en colloïdes, afin d'assurer la bonne nutrition nécessaire aux bons rendements (**Soltner, 1990**).

*** Température**

La température à partir de laquelle un blé germe et pousse est de 0°C; cependant l'optimum se situe entre 20 et 22 °C. Une T élevée est favorable au développement et à la croissance (**Simon et al., 1989**). Les températures entre 25 et 32°C défavorisent l'allongement racinaire et l'optimum se situe entre 5 et 12°C (**Mekhlouf et al., 2001**).

*** Lumière**

La lumière est un paramètre climatique indispensable qui agit directement sur le bon fonctionnement de la photosynthèse et le comportement du blé. Selon (**Soltner, 1988**) le bon tallage est garanti, si le blé est placé dans les conditions optimales d'éclairage.

*** Eau**

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

I. 7. Importance économique et utilisation du blé

Les blés constituent la première ressource en alimentation humaine, et la principale source de protéines. Ils fournissent également une ressource privilégiée pour l'alimentation animale et de multiple application industrielle. La presque totalité de la nutrition de la population mondiale est fournie par les aliments en grains dont 95% sont produits par les principales cultures céréaliennes (**Bonjean et Picard, 1990**).

Le blé constitue l'épine dorsale du système alimentaire algérien. Il est la base du modèle de consommation alimentaire national, comme dans la plupart des Pa méditerranéens.

I. 7. 1. Dans l'alimentation humaine

Le blé dur est destiné au pain traditionnel (galettes), à la biscuiterie, à la fabrication de semoule pour le couscous et les pâtes. Quant au blé tendre, il est utilisé principalement en meunerie pour obtenir la farine nécessaire à la production de pain commercial, de viennoiseries ou de pâtisseries. Ces produits sont qualifiés de stratégiques et font de ce fait l'objet d'une politique gouvernementale de subvention très active. La farine obtenue à partir de blé tendre doit avoir des caractéristiques panifiables, avec un produit fini de qualités visuelles et gustatives conformes à l'attente. Le pain obtenu est noté selon 3 grandes familles de critères qui concernent la pâte, la mie et le pain fini (**Canadas, 2006**). Outre ces utilisations classiques du blé, de nouvelles utilisations à échelle industrielle apparaissent depuis quelques années, telles que la fabrication de bioplastiques à base de gluten ou d'amidon. Les principaux débouchés sont les sacs plastiques, les plastiques agricoles, les emballages et certains produits d'hygiène. Ces bioplastiques ont l'avantage, par rapport à leurs homologues d'origine fossile, d'être biodégradables et renouvelables (**Debiton, 2010**). A travers les données disponibles actuellement, les consommateurs algériens apparaissent particulièrement diversifiés. Soumis à des influences culturelles contradictoires, ils peuvent être attachés aux traditions (consommation préparée d'une manière traditionnelle) ou plus au moins tentés par les signes de modernité (restauration de masse et consommation de produits issus de l'industrie alimentaire). Le modèle de consommation algérien change donc en fonction de l'évolution de la composition de la population et ce par rapport à l'évolution démographique (taux de croissance annuel : 2,28%), au tassement des revenus et à la libéralisation des prix des produits de première nécessité (**Chehat, 2005**).

I. 7. 2. Dans l'alimentation animale

Le blé, outre ses applications en alimentation humaine, est largement utilisé en alimentation animale où ses sous-produits sont également valorisés : les sons et remoulages, non utilisés en alimentation humaine. Leur intérêt dans l'alimentation animale, consommés sous forme de poudres ou granules, est lié à leur richesse en vitamines, protéines et minéraux en quantités intéressantes (**Canadas, 2006**).

I. 8. Notion de stress

Le terme « stress » définit l'ensemble des perturbations biologiques provoquées par une agression quelconque sur un organisme. C'est un processus qui induit une contrainte potentiellement néfaste sur un organisme vivant. En revanche ce terme lorsqu'il est utilisé en biologie végétale, a des connotations particulières, il représente les (s) facteurs(s) responsable (s) des perturbations, et des changements, plus ou moins brusque par rapport aux conditions normales de la plante subies au cours de son développement (**Bouchoukh, 2010**). Le stress est l'ensemble de conditions provoquant des changements de processus physiologiques résultants éventuellement en dégâts, dommages, blessures, inhibitions de croissance et/ou développement (**Baba Sidi Kaci, 2010**).

I. 9. Catégories de stress et Effet sur la plante

On distingue deux grandes catégories de stress, à savoir, le stress biotique imposé par les organismes (insectes, herbivores....etc. et le stress abiotique provoqué par un défaut ou excès de l'environnement physico-chimique comme la sécheresse, les températures extrêmes, la salinité.

Les stress abiotiques sont des processus impliqués dans l'élaboration du rendement d'une culture, ils sont influencés par deux types de facteurs, à savoir, les facteurs génétiques (intrinsèque à la plante) et les facteurs environnementaux. Ces contraintes environnementales peuvent être divisées principalement en trois groupes selon leur nature: la composition en éléments minéraux du sol (stress salin), les contenus hydrique du sol et de l'air (stress hydrique), et les chocs thermiques (**Chahbar, 2008**). Parmi les stress qu'elle provoquent, on peut distinguer suivant leur nature, des stress ionique, liés à la composition en éléments minéraux du sol, des stress hydriques liés aux humidités relatives au sol et à l'air (stress osmotique et stress évaporatoire) respectivement et des stress thermiques parmi lesquels on distingue habituellement les basses températures gélives ou non gélives, et les hautes températures (**Monneveux et al., 1997**).

Certains stades végétatifs sont particulièrement sensibles à ces contraintes abiotique donc les stress se traduisent chez les plantes par des changements morphologiques, physiologiques et moléculaires qui affectent leur croissance et leur productivité (**Wangxia et al., 2003**).

I. 10. Stress salin

Le stress salin est un excès d'ions, en particulier, mais pas exclusivement, aux ions Na⁺ et Cl⁻ (**Hopkins, 2003**). Les plantes sont toujours exposées aux différents types de

contraintes (biotiques et/ou abiotiques). Le stress salin est l'un des principales contraintes abiotiques (**Djerah et Oudjehih, 2015**). Le stress salin est une brusque augmentation de la concentration en sels qui conduit d'une part, un afflux plus élevé d'ions dans la cellule suite à la chute de la concentration du milieu externe, d'autre part, à une perte d'eau par voie osmotique. Une abondance de sels dissous s'observe bien sûr en milieu marin, mais aussi dans beaucoup de milieux terrestres (**Boyer, 1985**).

Selon **Mint El Mokhtar (2010)**, la salinité comme une accumulation excessive de sel dans les sols ou dans les eaux à un seuil pouvant avoir un impact sur les activités des plantes, des animaux, des écosystèmes aquatiques et sur l'agriculture. Il est défini comme une concentration excessive en sel, ce terme s'applique surtout à un excès des ions, en particulier Na^+ et Cl^- . Les conséquences d'un stress salin peuvent résulter de trois types d'effets que le sel provoque chez les plantes.

*** Effet sur le bilan 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.

*** Effet sur le bilan ionique**

En dépit d'un ajustement osmotique correct, la toxicité ionique survient lorsque l'accumulation de sels dans les tissus perturbe l'activité métabolique.

*** Effet 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. 10. 1. Origine de la salinité

La salinisation des terres est à 80% d'origine naturelle. On parle alors de salinisation "primaire", due aux sels se formant lors de l'altération des roches ou à des apports naturels externes, Alors que 20% des terres salinisées ont une origine "anthropique». On parle alors de la salinisation "secondaire" induite par l'activité humaine, liée aux pratiques agricoles et en en particulier à l'irrigation (**Chamekh, 2010**). (**Figure 05**). La salinité provenant leur l'altération de la roche mère saline par les facteurs d'érosion, la dissolution par les eaux de ruissellements des roches sédimentaires qui sont

riches en chlorures, sulfate et carbonates, contribuent ainsi à la salinisation primaire, provoquée par l'eau de pluie souvent acide (H_2CO_3), mais aussi par

Des agents physiques (**Hammou, 2010**). Près de 20% des terres salinisées ont une origine humaine ou anthropique et sont qualifiées de «secondaires». (**Bouchoukh, 2010**).

Noomene (2011), signale que la salinisation secondaire est le résultat des activités humaines, qui modifient l'équilibre hydrologique du sol entre l'eau appliquée (irrigation ou de pluie) et de l'eau utilisée par les cultures (transpiration). Selon le même auteur, les causes les plus fréquentes sont :

- ✓ Le défrichage des terres et le remplacement de la végétation pérenne avec des cultures annuelles,
- ✓ L'utilisation des eaux d'irrigation riches en sel,
- ✓ Un drainage insuffisant et un système d'irrigation déséquilibré...

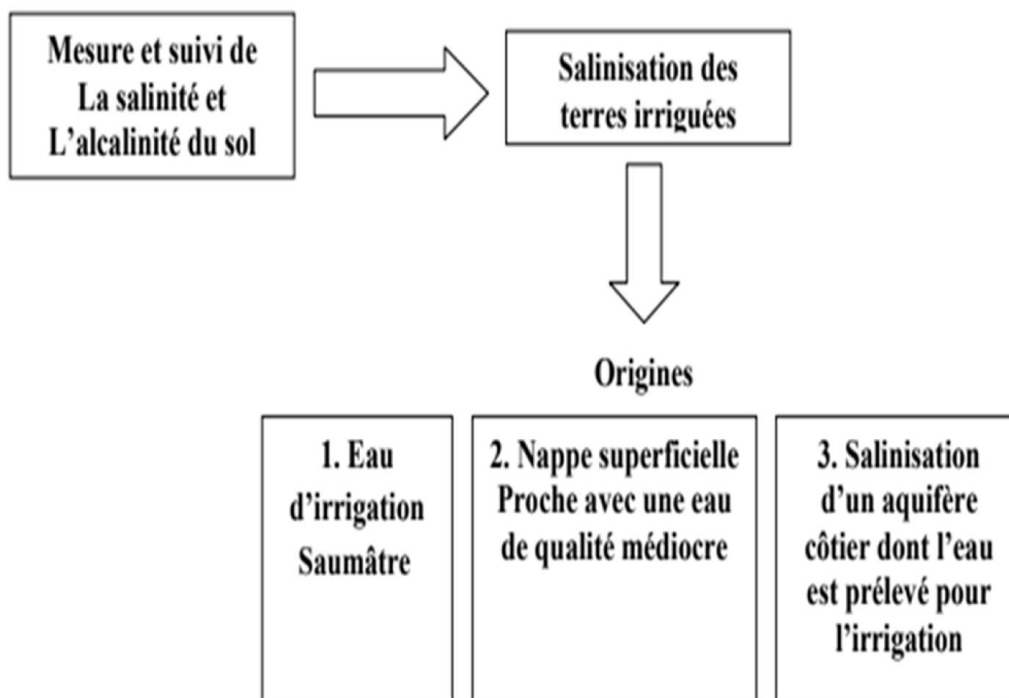


Figure 05: Origine de la salinisation (**IPTRID, 2006**)

I. 10. 2. La plante et le stress salin

Les plantes sont toujours exposées aux différents types de contraintes (biotiques et/ou abiotiques). Le stress salin est l'un des principales contraintes abiotiques (**Djerah et Oudjehih, 2015**). Les plantes répondent souvent aux stress en modifiant leurs

comportements physiologiques et leurs métabolismes normaux. L'étude de la physiologie de stress contribue à la compréhension des facteurs qui limitent la répartition des végétaux, surtout en agriculture, où la capacité des cultures céréalière à tolérer le stress est extrêmement importante pour la détermination du rendement (**Hopkins, 2003**).

La salinité est l'un des facteurs limitant pour la croissance des plantes. Ses effets sur les végétaux sont: un arrêt de la croissance, le dépérissement des tissus sous forme de nécroses marginales, suivi par une perte de turgescence, une chute des feuilles et finalement par la mort de la plante (**Zid, 1982**).

Selon **Munns et al., 2006**, la salinité représente l'accumulation des sels dissous dans la solution du sol à un niveau qui inhibe la croissance et le développement des plantes. On compte généralement deux formes de salinité: Primaire et secondaire. La salinité primaire résulte de l'accumulation des sels dans le sol à travers un long processus naturel de dégradation des roches salines et des apports éoliens des sels des mers et océans. La salinité secondaire est d'origine anthropique, résultant des activités humaines, notamment l'irrigation avec des eaux chargées de sels (**Munns et al., 2006**).

I. 10. 3. Influence de stress salin

I. 10. 3.1. Influence sur la germination

La germination est l'étape critique dans le cycle de développement de la plante. En effet elle conditionne l'installation de la plantule sur le milieu, et probablement sa productivité ultérieure. La salinité perturbe les systèmes enzymatiques impliqués dans les différentes fonctions physiologiques de la graine en germination tels que la diminution de l'activité de polyphénol oxydase, de l'amylase et des peroxydases (**Hajlaoui et al., 2007**). La germination des plantes, qu'elles soient halophytes ou glycophytes, est affectée par la salinité. Selon l'espèce, l'effet dépressif peut être de nature osmotique se traduit par l'inaptitude des graines à absorber des quantités suffisantes en eau pour les ramener à leur seuil critique d'hydratation nécessaire au déclenchement du processus de germination, (**Ismail, 1990**); ou toxique lié à une accumulation cellulaire de sel qui provoque des perturbations des enzymes impliquées dans la physiologie des graines en germination, empêchant la levée de dormance des embryons et conduisant à une diminution de la capacité de germination (**Rejili et al., 2006**).

I. 10. 3.2. Influence sur la croissance et le développement de la plante

La réponse à la salinité se manifeste généralement chez la plupart des plantes cultivées par un effet dépressif sur la croissance et le développement (Ykhlef, 1993 ; Munns et al., 1995 ; Chougui et al., 2004). La salinité du sol est l'un des principaux facteurs environnementaux qu'affectent la production agricole dans les régions arides et semi arides, tant pour l'agriculture pluviale que pour celle à irrigation de complément (Benderradji et al., 2010). L'excès de NaCl se manifeste par une croissance dans la biomasse souterraine (racines) et la biomasse aérienne (tiges et feuilles) et une augmentation du ratio partie racinaire/partie aérienne chez le coton (Meloni et al., 2001).

Les effets de la salinité sur la croissance des plantes varient en fonction du type de salinité, de la concentration du sel, de l'espèce, de la variété, de l'organe de la plante, ainsi que de son stade végétatif (Levigneron et al., 1995). Les effets de la salinité se manifestent principalement par une diminution de la croissance de l'appareil végétatif, caractérisé par la faible ramification, le faible diamètre des organes, le nombre réduit des nœuds et les réductions du nombre de feuilles et de la longueur de la tige et par conséquent l'augmentation du rapport racine/tige. Une baisse des poids de matières fraîches et sèches est aussi démontrée (Rush et Epstein, 1981).

Selon Kadi, 2012 le stress salin influe négativement sur la longueur et le nombre des racines et même sur le poids frais des parties aériennes et racinaires.

I. 10. 3.3. Influence sur la croissance racinaire

Le développement racinaire est fonction des caractéristique propre des végétale et des obstacles mécanique que peuvent rencontres les racines en raison de la morphologie du profile pédologique ou des conséquences des technique culturels (Talhi, 1997) afin de voir l'accumulation des sels au niveau de l'interface sol /racine. Plusieurs expériences ont été montre que le mouvement total des sels vers les racines est plus élevé que l'assimilation de ce sels par les plantes, il se produit également une faible accumulation au niveau des racines.

I. 10. 3.4. Effet sur la croissance des feuilles

La présence d'une forte concentration en NaCl, diminue la croissance de la partie aérienne et radiculaire, retarde l'émergence des nouvelle feuilles, limite l'accumulation de K^+ et Ca^{+2} dans ces organes et réduit la longueur de la feuille et des coléoptiles (Mrani et al., 2013 ; Bouaouina et al., 2000 ; Benderradji et al., 2010).

Mansour (1996), a démontré que la croissance des blés aériens surtout les feuilles sont les plus touchées si un stress salin est installé pendant la nuise en place des feuilles. Le stress salin provoque une diminution aussi des nombre de feuilles que la surface foliaire, donc la réduction de la surface d'interception de la lumière.

I. 10. 3.5. Influence sur la physiologie de la plante

Un excès de sel dans le protoplasme conduit à des modifications dans la balance ionique entraîne une faible production d'énergie par les réactions de phosphorylation et photo respiration. L'assimilation de l'azote et de nombreuses voies métaboliques sont perturbés. Si la concentration en sel excède le niveau de tolérance de la plante, des perturbations fonctionnelles apparaissent au niveau de la photosynthèse, par effet du sel dans le stroma des chloroplastes qui perturbe le transport des électrons. La glycolyse et le cycle de Krebs sont aussi affectés. L'acquisition de substances minérales, comme le potassium, les nitrates ou le calcium sont également réduites. La plante montre alors des signes de stress par la production d'anthocyanes ou la destruction de la chlorophylle. Si chez certaines halophytes, la croissance est stimulée par un apport modéré de sel, ce phénomène reste limité par un niveau de tolérance. Des stress extrêmes conduisent au nanisme et à l'inhibition de la croissance. Les feuilles deviennent sclérosées avant même d'avoir terminées leur croissance et développement, et l'organisme tout entier risque de dépérir assez vite (**Ben-Hayyim et al. 1989 ; Speer et Kaiser, 1991**).

I.11. Mécanismes d'adaptation au stress salin chez le blé

La tolérance à la salinité représente la capacité de la plante à maintenir la croissance sous conditions salines. Pour réaliser cela, la plante doit posséder des mécanismes pour tolérer la salinité (**Mahajan et Tuteja, 2008**). En ce qui concerne la tolérance des céréales à la salinité, celles-ci dépend de la variabilité génétique telle que certaines espèces qui résistent à ce type de stress abiotique que d'autres. Particulièrement l'effet toxique des sels est moins prononcé chez le blé tendre que chez le blé dur (**Munns, 2007**).

La tolérance à la salinité n'est pas un mécanisme qui est présent ou absent, c'est plutôt un phénomène qui prend différents degrés d'expression, variables selon les génotypes et les conditions de croissance. La conséquence est une large variabilité de réponses chez les plantes soumises au stress salin et les différents mécanismes utilisés par les plantes pour tolérer le stress salin, soit l'exclusion, d'où La plante empêche le sel de remonter dans la sève jusqu'aux feuilles. La présence de l'endoderme dans les racines ainsi que le transport sélectif, leur permet d'absorber les ions nutritifs utiles et de réexcréter les

ions Na^+ (Genoux et al., 1991). L'exclusion n'est, cependant, pas toujours synonyme de tolérance au stress salin. En effet certains génotypes, sensibles au stress salin, accumulent fortement moins d'ions Na^+ dans la tige comparativement aux génotypes tolérants (Zerroumda, 2012) ; soit l'inclusion d'où les ions chlorures et sodium pénètrent les plantes par les racines et sont véhiculés, par Le xylème vers les tiges et les feuilles, à ce niveau ils sont stockés et il s'agit de plante de type « includers » (Gaid, 2015).

I. 12. Mécanismes physiologiques et biochimiques d'adaptation

Un nombre important de mécanismes biochimiques et cellulaires pour faire face au stress salin, les stratégie biochimiques comprennent ;l'accumulation sélective ou l'exclusion des ions, le contrôle de l'absorption racinaire des ions et leurs transport dans les feuilles, la compartimentation des ions au niveau cellulaire et au niveau de toute la plante, la synthèse de solutés compatibles, le changement dans le chemin de la photosynthèse, l'altération de la structure membranaire, l'induction des enzymes anti oxydatives et l'induction des hormones végétale (Boumaaza, 2011).

La réponse des plantes soumises au stress salin se manifeste sous forme de réduction de l'élongation foliaire, qui est associée à une réduction de la turgescence cellulaire plus qu'à l'effet ionique (Figure 06)(Zhao et al., 2007).

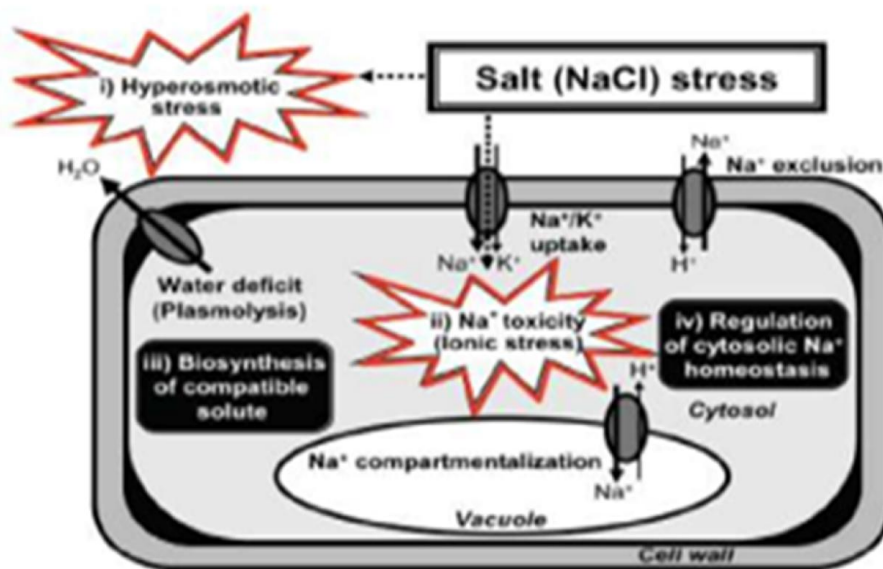


Figure 06: Effet du stress salin et mécanismes de régulation de la tolérance à la salinité (Cheong et Yun, 2007).

Face à l'augmentation des sels dans un sol en cours d'un stress salin, un ajustement osmotique peut se manifester, mais à des degrés variables, chez la plupart des végétaux.

Les métabolites impliqués dans cet ajustement sont assez variés. L'ajustement osmotique apparaît aujourd'hui comme un mécanisme majeur d'adaptation aux stress ionique et osmotique qui s'exprime par la capacité d'un végétal à accumuler, au niveau cytoplasmique et de manière active, des ions tels que les K^+ , Na^+ et Cl^- ou des composés organiques tels les sucres solubles (fructose, glucose, tréhalose, raffinose, fructanes) et certain acides aminés (proline, glycine bêtaïne, β -alanine bêtaïne, proline bêtaïne). Parmi les acides aminés pouvant être accumulés, la proline représente l'une des manifestations les plus remarquables des stress hydriques et osmotiques. Son rôle d'osmotique a été rapporté par de nombreux auteurs. L'accumulation de la proline, induite par les stress, peut être le résultat de trois processus complémentaires: stimulation de sa synthèse, inhibition de son oxydation et/ou altération de la biosynthèse des protéines. La proline serait synthétisée à partir de l'acide glutamiques via l'acide 5 carboxylique proline (P5C) mais également via l'arginine et l'ornithose (**Tahri et al., 1998**).

La caractérisation physiologique de la tolérance des végétaux à la salinité résulte de processus qui permettent au végétal d'absorber l'eau et les sels minéraux à partir de substrats à faibles potentiels hydriques, mais aussi de vivre en acceptant la présence importante de sodium dans ses tissus; les halophytes, qui accumulent le plus de sodium, se signalent ainsi par une forte capacité d'élaboration de composés organiques, ces deux facteurs permettant le maintien d'une haute pression osmotique interne qui favorise les échanges d'eau entre les compartiments externe et cellulaire (**Guerrier, 1984**).

Au niveau de la physiologie de la plante, elles suscitent des réactions de défense se traduisent par l'augmentation de nombreuses composées tels que les sucres réducteurs, les protéines et les poly phénols (**Lepengue et al., 2012**). Pour faciliter la rétention de l'eau dans le cytoplasme et permettent la séquestration du $NaCl$ à la vacuole ou l'apoplaste (**Boumaaza, 2011**).

Matériel et méthodes

Chapitre II. Matériel et méthodes

II. 1. Objectif de l'expérimentation

Notre travail a pour objectif de déterminer l'influence de stress salin sur (03) variétés du blé tendre (*Triticum aestivum* L.), HD1220, Ain Abid , ARZ par des mécanismes de tolérance à différents niveaux de salinité au stade tallage, à travers les paramètres biochimiques.

II. 2. Matériel végétal

L'essai a été réalisé au niveau de laboratoire de Biotechnologie végétale du département SNV de l'Université de Mohamed Boudiaf, M'sila. Les graines de trois variétés de blé Tendre (*T. aestivum* L.) ont été utilisées dans ce travail. Celles-ci ont été fournies par l'ITGC de Sétif.

II. 2. 1. Variété Hidhab (HD1220)

C'est une sélection de l'ITGC de Sétif en 1985 (Pedigree : HD1220/3*Kal/Nac). C'est une variété à cycle court, précoce à l'épiaison, ce qui lui permet de tolérer les stress hydrique et thermique de fin de cycle. La variété est à fort tallage, aux épis blancs, demi-compact, aux barbes divergentes et à paille courte et creuse (**Amokrane et al., 2002**). Elle présente une adaptation très large, embrassant toutes les régions du pays, elle est très appréciée par les agriculteurs. Elle présente une sensibilité élevée à la rouille jaune, et sans une couverture phytosanitaire adéquate, son rendement est faible. Elle possède de bonnes caractéristiques technologiques pour la panification, c'est un blé de force (**Amokrane et al., 2002**).

II. 2. 2. Variété Ain Abid

C'est l'ex variété (AS 81 /189 A) introduite en 1986 d'Espagne. C'est une variété tardive à fort tallage à épi blanc, pyramidal, très tacheté et à paille moyenne. Le grain est roux et allongé. Elle est résistante à la rouille noire et jaune. Le poids de mille grains (PMG) est élevé. Elle a une très bonne productivité, ses zones de cultures sont les hauts plateaux. Elle est tolérante aux gelées, au froid, à la sécheresse et à la verse physiologique. Recommandée à être semer tardivement (**Kara, 2015**).

II. 2. 3. Variétés Arz

C'est une obtention de CIMMYT, issue du croisement Mago 54/Ir -64- II Tac « s »/3 LR 64 III TZ PP/y54. Elle a été sélectionnée en 1978 à l'I. T. G. C du Khroub. Elle est précoce à fort tallage, l'épi est roux allongé avec des barbes divergentes. La paille est moyenne, le grain clair arrondi. Elle est sensible à la rouille brune et jaune. Tolérante à la

rouille noire, à la fusariose et à la septoriose. Elle s’adapte aux zones littorales, aux plaines intérieures, elle est résistante à la verse et convient aux différents types de sols (léger ou lourd). Semis : mi-novembre à mi-décembre (Kara, 2015).

II. 3. Protocole expérimentale

II. 3. 1. Préparation des graines

Les graines saines exposées au choc thermique, afin de leurs activations. 240 graines ont été utilisées pour chaque variété, elles ont été stérilisées à l'eau de javel à 6% pendant 10 min puis rincée trois fois par l'eau distillée

II. 3. 2. Préparation des solutions salines

La préparation se fait par pesée de NaCl et dissolution dans l’eau distillée. Trois (03) concentrations ont été utilisées (Tableau 2, Figure 7)

Tableau 02 : Préparation des solutions salines

NaCl (Unité)	Concentrations salines			Témoin
NaCl (mM)	50	100	150	eau distillée
NaCl (g/l)	2,9	5,8	8,7	

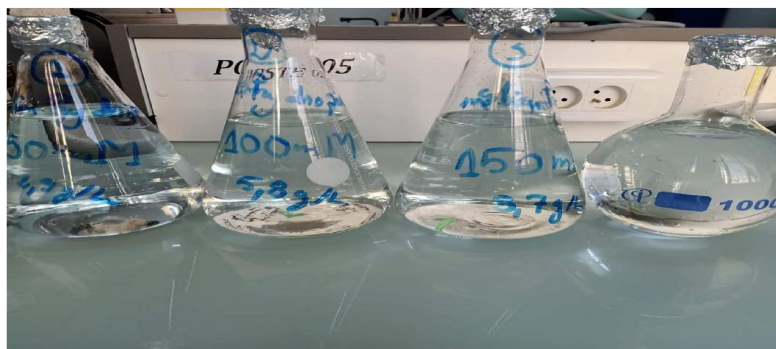


Figure 07: Préparation des solutions salines (Cliché Bourezg&Okrefi, 2020).

II. 4. Essais de culture et conditions de stress

Le protocole expérimental adopté pour ce travail est un protocole randomisé à trois répétitions avec deux facteurs, à savoir, le premier facteur est la variété avec trois modalités (HD1220, Ain Abid, ARZ) ; le deuxième est la concentration saline.

II. 4. 1. Mise en germination des graines et application de stress salin

Les grains préparés sont misent dans les boites de pétri pour fin de germination sous différentes concentrations de chlorure de sodium (50, 100 et 150mM NaCl), puis poursuivre leurs croissance jusqu’au stade plantule. Pour chaque variété, on a utilisé 7 graines, placées sur deux couches de papier filtre dans une boites de pétri. La germination

est repérée par la sortie de la radicule dont la longueur est d'au moins 2mm. L'essai de croissance a été réalisé après la levée.

L'application du stress salin est répétée trois fois et a été effectuée par ajouter des solutions salines (0, 50, 100 et 150mM de NaCl), à une quantité de 4ml pour chaque boîte à raison de deux fois par semaine (**Figure 8 : A, B, C & D**).

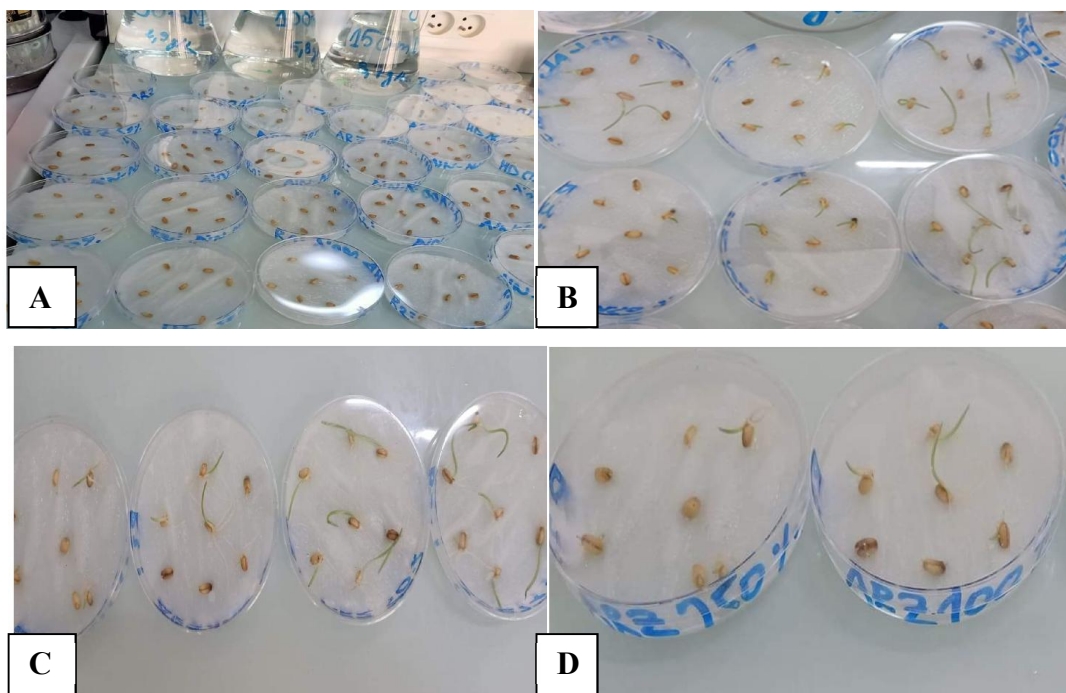


Figure 08: Essai de germination sous stress salin (Cliché Bourezg&Okrefi, 2020).

II. 4. 2. Culture hydroponique et application du stress salin

Les plantules issues de la germination atteignant le stade de 3 feuilles, ont été imposées à un stress salin (0, 50, 100 et 150mM) dans des flacons en verre (milieu hydroponique) chaque 3 jour à raison de deux fois par semaine (**Figure 9**).



Figure 09: Application du stress salin en milieu hydroponique (Cliché Bourezg&Okrefi, 2020).

II. 4. 3. Culture en sol

II. 4. 3. 1. Semis des graines dans les gobelets de végétation

En parallèle de la culture en milieu hydroponique, un deuxième essai a été effectué sur support solide de culture (Terreau) dans des gobelets, d'où on semis les graines des trois variétés utilisées auparavant. L'irrigation a été effectuée deux fois par semaine aussi selon les mêmes conditions salines qu'en culture hydroponique (0, 50, 100 et 150mM) (Figure 10).



Figure 10: Semis des graines (culture en sol) sous stress salin

II. 4. 3. 2. Développement des plantules

Dans laboratoire on fait préparer des pots de végétation pour cultures des graines, premièrement la préparation des sols par des mélange le terreau avec le sable, cette dernière double quantité avec le terreau. Deuxièmes ils ont compté 7 graines de chaque variétés en placées sur des potes après l'arrosage pour croissance et obtenir des plantules (Figure 11).



Figure 11: Mise en culture des graines de trois variétés et développement des plantules de blé tendre (Cliché Bourezg&Okrefi, 2020).

II. 5. Paramètres étudiées

II. 5. 1. Paramètres morphologiques

II. 5. 1. 1 Taux de germination

Ce paramètre constitue le meilleur moyen d'identification de la concentration saline qui présente la limite physiologique de germination des graines de blé tendre. Il est exprimé par le rapport : Nombre de graine germée dans le dernier jour sur le nombre total de graine. Le taux de germination a été déterminé selon la formule suivante : $G (\%) = 100(NGG/NTG)$.

II. 5. 1. 2. Indice de germination (IG)

Permet d'exprimer l'énergie de germination responsable de l'épuisement des réserves de la graine (Haddad, 2001). La vitesse de germination définie par (IG) (graines germées/jour), selon la formule suivante :

$$IG = (N_1) \times 1 + 1/2 \times (N_2 - N_1) + 1/3 \times (N_3 - N_2) + \dots + 1/n \times (N_n - N_{n-1}) \quad N_1, (N_1 - N_2) \dots A_n.$$

II. 5. 2. Paramètres biochimiques

II. 5. 2. 1. Teneur en chlorophylle (Brahimi, 2017)

Selon les travaux antérieurs de Brahim, 2017, il a été constaté que la chlorophylle qui est le pigment vert permettant aux plantes à travers l'énergie lumineuse de convertir le CO₂ et H₂O pour synthétiser les glucides (composantes de bases chez les plantes). La teneur en chlorophylle a été déterminée à l'aide d'un chlorophylle-mètre digital type CCM 200 qui donne des lectures en unités SPAD (Figure 12). Le temps de mesure est très rapide, soit environ trois seconde par mesure. Pour chaque plante, trois mesures de la teneur en chlorophylle ont été prises, pour y calculer la moyenne (Temagoult, 2009).



Figure 12: Chlorophylle mètre CCM 200 (Cliché : Brahimi, 2017).

II. 5. 2. 2. Teneur en sucres solubles

Selon les travaux antérieurs de Brahim, 2017, les sucres solubles sont dosés par la méthode du phénol (**Dubois et al., 1956**), simplifiée et mise au point par (**Benderradji et al., 2016**) ; le principe de la réaction est basé sur la coloration des produits de dégradation des oses neutres par l'acide sulfurique concentré, qui transforme à chaud les glucides en dérivés sulfuriques en se colorant en jaune orange avec le phénol. Elle consiste à prendre 100mg de la matière fraîche puis la mettre dans des tubes à essais, ajoutant ainsi 3ml éthanol (80%) pour faire l'extraction des sucres. Laisser le tout à température ambiante pendant 48h à l'obscurité, au moment du dosage les tubes sont placés dans l'étuve à 80°C pour faire évaporer l'alcool. Dans chaque tube s'est ajouté 20ml d'eau distillée à l'extrait c'est la solution à analyser. Dans des tubes à essais propres, 2ml de la solution à analyser, est ajouté à 1ml de phénol à 5% (le phénol est dilué dans l'eau distillée). Enfin on ajoute rapidement 5ml acide sulfurique concentrée (H₂SO₄, 96%) à l'aide d'une burette en évitant de verser l'acide contre les parois des tubes. On obtient, une solution jaune-orange à la surface on passe au vortex pour homogénéiser la couleur. On laisse les tubes pendant 10 à 20mn à une température de 30 °C, avant d'effectuer les mesures d'absorbance. La lecture de la densité optique (DO) est effectuée à une longueur d'ondes 485nm. Les valeurs (DO) sont rapportées sur courbe étalon des sucres solubles exprimés en glucose (**Figure 13**).



Figure 13: Dosage des sucres solubles (Brahimi, 2017)

Il est à noter que le courbe étalonnage des sucres solubles a été élaboré selon la méthode suivante (**Figure 14**) :

Une première solution S1 est préparée de la manière suivante :

- 100 mg de glucose sont portés dans une fiole jugée de 100 ml complétée à 100 ml avec de l'éthanol 80% c'est la solution S1 ; Ensuite on prélève 10 ml de la solution S1 qu'on porte dans une fiole jugée, complétée à 100 ml de l'éthanol 80%, on obtient une solution mère S2 de concentration en glucose égale à 100 mg/ml ;
- 10 fioles jaugées de capacité 10 ml sont prises et numérotées de 1 à 10, dans lesquelles on met respectivement de 1 ml à 10 ml (à l'aide d'une pipette de 10 ml) puis ajustées à 10 ml avec de l'éthanol 80% ;
- 11 tubes à essais sont pris et numérotés de T0 à T10
T0 contient 2 ml éthanol 80% qui servira à faire le zéro lors de la lecture des densités optiques
T1= 2 ml prélevé de la fiole no1, soit 10 µg de glucose
T2= 2 ml prélevé de la fiole no2, soit 20 µg de glucose
T3= 2 ml prélevé de la fiole no3, soit 30 µg de glucose
T4= 2 ml prélevé de la fiole no4, soit 40 µg de glucose
T5= 2 ml prélevé de la fiole no5, soit 50 µg de glucose
T6= 2 ml prélevé de la fiole no6, soit 60 µg de glucose
T7= 2 ml prélevé de la fiole no7, soit 70 µg de glucose
T8= 2 ml prélevé de la fiole no8, soit 80 µg de glucose
T9= 2 ml prélevé de la fiole no9, soit 90 µg de glucose

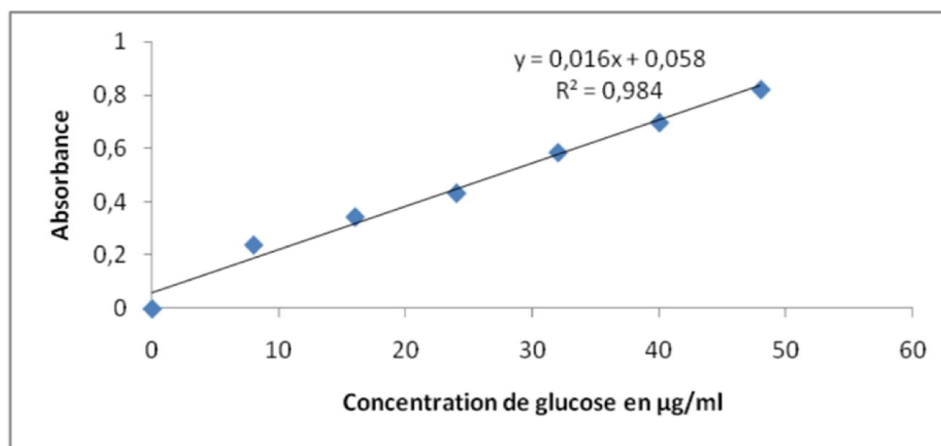


Figure 14: Courbe étalonnage des sucres solubles (Brahimi, 2017)

Résultats et discussion

Chapitre III.Résultats et discussion

III. 1. Résultats

III. 1. 1. Paramètres morphologiques

III. 1. 1. 1. Taux de germination des variétés étudiées de blé tendre (*T. aestivum* L.)

Les résultats de taux de germination sont consignés sur la (**Figure15**).l’analyse de celle-ci montre que la salinité a affectée le pouvoir germinatif des trois variété Arz, Ain Abid et HD1220. On remarque que le taux de germination de deux génotypes Arz et HD1220 est diminuée en fonction des concentration de NaCl croissantes (0, 50, 100, 150mM), on remarque aussi la capacité de germination des graines de génotype Ain Abid à150mM plus élevés parceque ses graines saine et bien stérilisé.Néanmoins, pour un même traitement, les pourcentages de germination des trois variétés sont variables. En effet, après 7 jours après le semis, les taux de germination en absence de sel sont élevés et de l’ordre de 80,95%, 90,47% et 90,47% respectivement pour les trois variétés HD1220, Ain Abid et Arz .

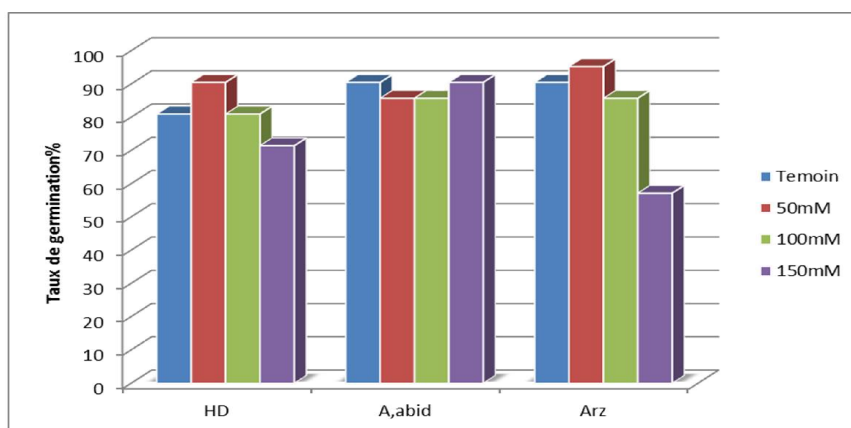


Figure 15: Taux de germination des graines des trois variétés de blé tendre sous stress salin (0, 50, 100, 150mM NaCl).

III. 1. 1. 2.Indice de germination (IG)

L’indice de germination est évalué par le nombre des graines germées pendant les jours de l’essai. Il est rapporté à la (**Figure 16**), les résultats obtenue montre que l’indice de germination de trois variétés Arz, Ain Abid et HD1220 diminue lorsque la concentration en NaCl augmente (0, 50, 100,150mM).Le comportement des trois variétés (Arz, Ain Abid et HD1220) se traduit par une diminution de l’indice de germination des graines en

fonction à l'augmentation des concentrations en sel. Néanmoins, pour un même traitement, les indices de germination des trois variétés sont variables. En effet, après 7 jours du semis, l'indice de germination en absence de sel est élevé chez la variété Ain Abid (IG = 5,94) et peu élevé (5,33 & 5,22) respectivement pour les deux variétés Arz, HD1220 comparativement à la variété Ain Abid. L'indice de germination, en conditions de stress salin, donne toujours une tendance plus ou moins précise du comportement des variétés étudiées.

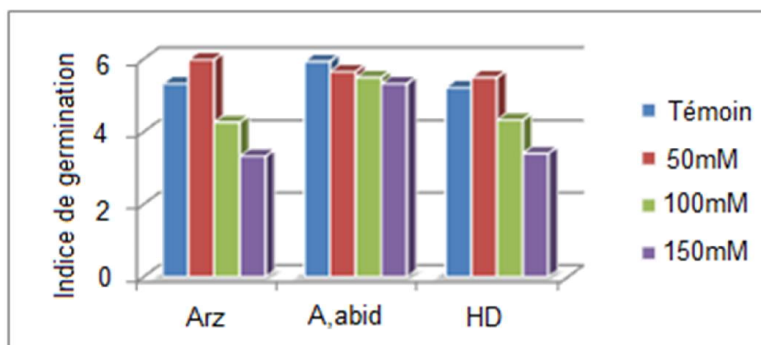


Figure 16: Indice de germination des graines des Trois variétés de blé Tendre mises à germer sur milieu témoin non salé, et sur milieu salin (0, 50, 100, 150Mm NaCl).

III. 1. 2. Paramètres biochimiques

III 1. 2. 1. Effet du stress salin sur la teneur en chlorophylle (exprimé par l'indice de chute en chlorophylle (ICC))

D'après les travaux ultérieurs de **Brahimi (2017)**, les résultats montrent que les teneurs en chlorophylle ont été réduites par l'effet de la salinité. Les réductions les plus importantes ont été notées en présence de 150Mm NaCl. En général, l'effet du sel s'est traduit chez toutes de variétés de blé tendre (*T. aestivum* L.) par une chute marqué des teneurs en chlorophylle. Cependant, cette chute est marqué par un indice de chute en chlorophylle (ICC) qui est prononcée chez la variété Ain Abid pour (ICC=1,14). Lorsque le stress modéré (50mM), toutes les variétés subissent une diminution de leur teneur en chlorophylle. Les variétés Ain Abid, HD1220, ont montré une diminution par rapport au témoin (ICC=1,19) et ont affiché des valeurs de réduction (ICC= 1,14 ; 1,15) respectivement. Alors que, ARZ semble être la plus touchée avec une valeur (ICC=1,18) par rapport aux deux autres variétés. Lorsque le stress modéré 100mM, la teneur est encore plus affectée surtout pour HD1220 dont la teneur de réduction est (ICC=1,09) par rapport au témoin (ICC=1,19) (**Figure 17**).

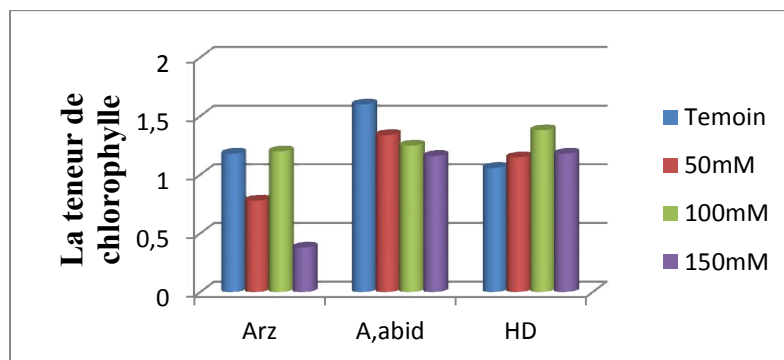


Figure 17: Variation de la teneur en chlorophylle chez les variétés étudiées en fonction de l'intensité du stress salin.

III. 1. 2. 2. Effet du stress salin sur le taux des sucres solubles

Selon les travaux ultérieurs de **Brahimi (2017)**, les résultats obtenus montrent que la concentration saline 100Mm et 150mM a induit une accumulation importante des sucres solubles chez les toutes variétés. Les variétés ARZ, HD1220 sont caractérisées par une valeur de 0,07 μ g/g de MF pour la dose 100Mm et 150mM en sel, comparativement au témoin avec 0,06 μ g/g de MF. On remarque une augmentation des taux des sucres solubles chez la plante stressée, dont la teneur la plus élevée a été enregistrée chez la variété Ain Abid soumise à un stress sévère (0,08 μ g/g de MF) pour la dose 100Mm et 150 Mm en sel, comparativement au témoin avec 0,06 μ g/g de MF, Les résultats de cette expérimentation montrent que les teneurs en sucres solubles augmentent dans toutes les feuilles des trois variétés. Ces résultats montrent aussi que les feuilles des variétés sont plus riches en sucres solubles aussi bien dans les conditions témoins que dans les conditions de stress (**Figure 18**).

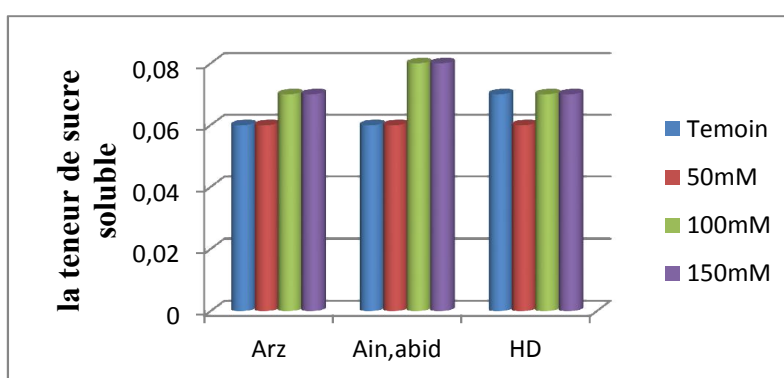


Figure 18: Variation de la teneur en sucre soluble chez les variétés étudiées en fonction de l'intensité du stress salin.

III. 2. Discussion générale

Les stress abiotiques se traduisent par des changements morphologiques, physiologiques, biochimiques et moléculaires qui affectent négativement la croissance de la plante et sa productivité (**Wang et al., 2004**). Le stress salin peut, directement ou indirectement, affecter le statut physiologique des plantes en changeant leur métabolisme, leur croissance et leur développement (**Ajmal Khan, 2004**).

La diminution observée de la croissance peut être expliquée par le fait que le NaCl agit par augmentation de la pression osmotique du milieu, ce qui empêche l'absorption de l'eau par le système racinaire, ceci entraîne, par conséquent, une réduction de la croissance qui est le résultat, au niveau cellulaire, d'une baisse du nombre de divisions cellulaires (**Benamar, 2009**).

Globalement, on a trouvé dans cette étude que la salinité est néfaste sur la plante entière au niveau morphologique, l'influence de la salinité sur le pouvoir germinatif des trois variétés de blé tendre s'est manifestée par une réduction du taux de germination par rapport aux témoins, réduction d'autant plus importante que la concentration en est élevée et on a remarqué que la plus faible concentration a provoqué une faible élévation du taux de germination de cette variété. Ce résultat confirme les recherches de **Radhouane, (2008)**, sur le mil. L'étude de l'effet du sel (NaCl) sur la germination de semences est insuffisante pour estimer la tolérance de blé tendre au stress salin. En effet, la résistance au stress salin peut apparaître au stade germination et changer ou non pendant les phases suivantes de la croissance. D'une façon générale, la salinité tout comme la sécheresse a pour conséquence de réduire la photosynthèse nette par la réduction des échanges gazeux mais aussi de l'activité photochimique au niveau des chloroplastes (**Ortega et al., 2004**).

Concernant l'indice de germination, en conditions de stress salin, donne toujours une tendance plus ou moins précise du comportement des génotypes étudiés ; La diminution de l'indice de germination correspond soit à une augmentation de la pression osmotique externe, ce qui affecte l'absorption de l'eau par les graines et/ou bien à une accumulation des ions Na^+ et Cl^- dans l'embryon. Cet effet toxique peut conduire à l'altération des processus métaboliques de la germination et dans le cas extrême à la mort de l'embryon par excès d'ions.

Le retard de la germination des graines ainsi que la diminution de la moyenne de germination journalière de trois génotypes avec l'augmentation de la concentration saline

est expliqué par le temps nécessaire à la graine de mettre en place des Mécanismes lui permettant d'ajuster sa pression osmotique interne (**Bliss et al., 1986**).

Selon travaux antérieurs de **Brahim (2017)**, les résultats obtenus de la teneur de chlorophylle montrent une réduction causée par le stress salin chez les 3 variétés étudiées. Cette réponse est fonction de l'intensité de stress et de la variété. D'après **Kadri et al., (2009)** qui ont montré une réduction de la surface foliaire de certaines espèces végétales sous stress salin, ils ont attribué la réduction de la photosynthèse à la diminution de la surface foliaire à la fermeture des stomates et à la déficience de la fixation du gaz carbonique. La chute des teneurs en chlorophylles chez les deux espèces de blé est la conséquence de l'effet néfaste de la salinité sur les teneurs en pigments chlorophylliens est partiellement à l'origine de la diminution de synthèse des hydrates de carbone (**Benderradji et al., 2016**). Le stress salin joue un rôle dans la diminution de l'activité de la chlorophylle, la diminution du taux d'assimilation du CO₂ dans les feuilles est associée à une inhibition de la photosynthèse (**Achour et al., 2015**). Aussi, cette diminution est expliquée par **Doudech et al., (2008)** par la dégradation des membranes de thylakoïdes des chloroplastes et l'altération du processus photosynthétique.

La teneur en sucres solubles est considérée comme un critère efficace pour détecter la tolérance aux stress abiotiques. L'accumulation des sucres soluble est en corrélation positive avec la sévérité du stress. En effet, on a trouvé que, la salinité a induit une accumulation de sucres solubles chez les variétés de blé tendre , notons par ailleurs, que l'accumulation la plus importante a été faite par la concentration 100mM, 150mM, Cela a été mentionné déjà par **El Midaoui et al., (2007)** sur le Tournesol, **Achour et al., (2015)** sur le Gombo. De nombreuses études ont trouvé que le stress salin provoque une augmentation de la teneur en sucres solubles chez la plupart des plantes soumises à un stress salin, tel que : le blé tendre (**Datta et al., 2009**), l'orge (**Hassani et al., 2008**), la tomate (**Khavarinejad et Mostafi, 1998**). Les sucres solubles sont considérés comme bio indicateurs du degré de tolérance à la salinité chez plusieurs espèces (**Rathert, 1984 ; Misra et Dwivedi, 1995**).

Nos résultats corroborent avec ces études, traduisant ainsi la capacité des espèces à s'adapter à un stress salin en utilisent les sucres solubles comme moyen d'accommodation à la contrainte pour réajuster leur potentiel osmotique.

Conclusions et perspectives

Conclusions

Dans le présent travail, nous avons étudié le comportement de trois variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) soumises à des concentrations en NaCl à savoir : 50mM, 100mM, 150mM, avec des durées d'exposition au stress allant de 3 à 7 jours et déterminer l'effet du stress salin. À travers des paramètres morphologiques et biochimique pendant la phase tallage au laboratoire pour sélectionner les variétés les plus tolérantes.

L'ensemble des résultats présentés par l'effet du salin sur les fonctions morphologique et biochimique des plantes de blé tendre se traduit par une réduction de Taux de germination, indice de germination, Taux de chlorophylle et teneur des sucres solubles chez les variétés étudiées (Ain-Abid, Arz, HD). Toutefois, la présence d'une différence génotypique a permis de mettre en valeur les différents mécanismes de tolérance et d'adaptation morpho-biochimique qui déclenchent ces stress. Concernant le taux de germination la variété Ain-Abid est tolérante au stress salin, le comportement de trois génotypes (Ain-Abid ; Arz, HD) est différent, il est sensible pour le stress salin. A l'issue de ces résultats on peut dire que les trois variétés sont sensibles face au stress salin et les fortes doses salines qui provoquent des dégâts considérables et irréversibles sur le phénomène de la germination des graines.

Les résultats obtenue montrés que le sel est un effet dépressif sur la croissance de la plante notamment taux de germination, Cependant, cet effet varie en fonction de l'intensité du stress et de la variété en question. Ainsi contribuent à la réduction des teneurs en chlorophylles des feuilles, une telle réaction serait une conséquence des effets négatives générés par le stress salin. Sur le plan biochimique, le NaCl provoque une augmentation des teneurs moyennes des sucres solubles, pour soutenir la croissance et la régulation de ces osmoticums. La résistance et/ou l'adaptation des plantes à la salinité dépendrait de leur capacité à maintenir en vie dans des conditions contraignantes, en leur évitant ou en tolérant le stress. Cette tolérance est dépendante de la sévérité du stress, de l'espèce et de la durée d'exposition. La sensibilité de blé tendre envers ces contraintes abiotiques (stress salin), se manifeste par des comportements morphologiques et biochimiques pour tous les génotypes étudiés.

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

Perspectives

Comme perspective à cette étude préliminaire, il semble important de vérifier les résultats obtenus par d'autres des études complémentaires, et d'appliquer cette étude sur plusieurs stade de cycle de vie de blé tendre et d'utiliser plusieurs variétés , et de compléter le travail par des études de biologie moléculaire pour identifier les gènes responsables. L'identification des variétés tolérantes à la salinité permettent certainement d'améliorer la production des zones à risques et revêtent un intérêt économique important dans l'optique d'aide à l'amélioration variétale. Il est évident que la sélection du blé tendre pour la qualité technologique nécessite la connaissance approfondie des facteurs qui la régissent, et la mise au point des tests capables d'appréhender la qualité génotypique ou intrinsèque à un stade précoce de la sélection.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- 1. Achour A, Bidai Y, and BelKhodja M. (2015)** the impact of salinity on water and metabolic behavior of a variety of okra (*Abelmoschus esculentus* L.). *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol 12, N° 4:943-953.
- 2. Ajmal Khan, M., Gul, B., Weber, J. (2004)** Action of plant growth regulators and salinity on seed germination of *Ceratoides lanata*; *Can. J. Bot.* 82, 37–42p.
- 3. Alem, C., Initia, F., Amri, A., Filali Maltouf, A. (2001)** Rôle de stabilité membrane foliaire dans la tolérance à la salinité chez l'orge. *Al Awamia*, 103 : 9-22.
- 4. Baba sidi Kaci, S. (2010)** Effet du stress salin sur quelques paramètres phénologiques (biométrie, anatomie) et nutritionnels de l'Atriplex en vue d'une valorisation agronomique. Université Kasdi Merbah, Ourgla. Mémoire magister: 5-13p.
- 5. Bajji, M., Lutts, S., Kinet, J.M. (2001)** Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.), cultivars performing differently in arid conditions. *Plant Sci.* 160: 669 681.
- 6. Baldy, C. (1986)** Comportement des blés dans les climats méditerranéens. *Ecologia Mediterranea*, (12): 73-88.
- 7. Barron, C., Surget ,A., Rouau, X.(2007)** Relative amounts of tissues in mature wheat (*Triticum aestivum* L.) grain and their carbohydrate and phenolic acid composition. *Journal of Cereal Science* 45, 88-96.
- 8. Benamar, B., Daguin, F., Kaid-Harche, M. (2009)** Effet du stress sal la germination et la croissance in vitro du pistachier (*Pistacia vera* L.). *Comptes Rendus Biologies* 62, 89-93, 332, 752-758. p.
- 9. Benderradji, L., Bouzerzour, H., Kellou, K., Ykhlef, N., Brini, F., Masmoudi, K., Djekoun, A. (2010)** Étude des mécanismes de tolérance a la salinité chez deux variétés de blé tendre (*Triticum aestivum*) soumises à un stress salin. *Science et Technologie C*, N°32:23-30.
- 10. Bendarradji, L., Hadji, N., Kellou, K., Benniou, R., Brini, F. (2016)** Effet du NaCl et PEG 6000 sur le comportement morpo physiologique et biochimique des variétés de blé dur et tendre. *Revue Agriculteur*, No1:278-286.

11. **Ben-Hayyim, G., Vaadia, Y., William, B.(1989)** Proteins associated with salt adaptation in citrus and tomato cells: Involvement of 26 KD polypeptides. *Plant Physiology*, 7: 332-340. Bibliographique, plan bleu, centre d'activités régionales, les cahiers du plan bleu, 2, p : 44
12. **Bliss, R.D., Platt-Aloria, K.A., Thomson, W.W. (1986)** Osmotic sensitivity in relation to sensitivity in germination barley seeds. *Plant Cell and Env.* 9,721-725.
13. **Bogard, M. (2011)** Analyse génétique et Eco physiologique de l'écart à la relation teneur en protéines – rendement en grains chez le blé tendre (*Triticum aestivum L.*). École doctorale science de la vie, santé, agronomie et environnement. Thèse doctorat : 17-19p.
14. **Bonjean, A. (2001)** Histoire de la culture des céréales et en particulier de celle du blé tendre (*Triticum aestivum L.*).Ed. Limagrain, 30-31p.
15. **Bonjean, A., Picard, E. (1990)** Les céréales à paille origine, historique, économie et sélection. Eds Nathan, 235 p.
16. **Bouaouina., Zid, E., Hajji, M. (2000)** Tolérance à la salinité, transports ioniques et fluorescence chlorophyllienne chez le blé dur (*Triticum turgidum L.*) CIHEAM–Options Méditerranéennes : 239-243.
17. **Bouchoukh, I. (2010)** Comportement écophysologique de deux Chénopodiacées des genres *Atriplex* et *Spinacia* soumises au stress salin .p 16- 29- 6 -35.
18. **Boumaaza, B. (2011)** Effets de la salinité sur le comportement Eco physiologique et biochimiques d'une culture de pois chiche (*Cicer arietinum.L*) au stade juvénile. Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen. Mémoire Magister : 12-13. 46.
19. **Bourras, L. (2001)** Effet du stress hydrique sur les composantes du rendement de Quelques genotypes de blé dur – Thèse de Magistère – INA El Harrach.
20. **Boyer, J.S. (1985)** Water transport. *Ann Rev plant physiol.*, 36: 473-516.
21. **Bozzini, A. (1988)** Origin, distribution, and production of durum wheat in the world. In Fabriani G and Lintas C (Ed). *Durum:Chemistry and Technology*. AACC, Minnesota, USA. pp. 1-16.
22. **Brahimi, H. A. (2017)** Variations phénotypiques pour la tolérance aux stress salin et hydrique chez le blé tendre (*Triticum aestivum L.*) (Doctoral dissertation, Université de m'sila).

- 23. Canadas, D. (2006)** Evaluation du procédé Oxygreen® pour son potentiel de décontamination en ochratoxine A du blé. Les effets toxiques liés à une exposition subch Kara, K. (2015) Interactions génotype-milieu de variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) sous stress hydrique.
- 24. Chahbar, S. (2008)** Études des paramètres morphologiques et physiologiques de résistance à la sécheresse chez la fève *Vicia faba* L. laboratoire de physiologie végétale, Oran. Mémoire de magister: 15-16p.
- 25. Chaise, L., Ferla, A. J., Honore, A., Moukhli, R. (2005)** L'impact du changement climatique sur l'agriculture en Afrique. Atelier Changement Climatique. ENPC.
- 26. Chamekh, Z. (2010)** Analyse de la réponse de quelques génotypes de blé dur (*Triticum durum* L.) à la contrainte saline dans trois gouvernorats du centre de la Tunisie, Master en agronomie et biotechnologie végétale, Institut nationale agronomique de Tunisie, 4p.
- 27. Chantret, N. J., Salse, F., Sabot, S., Rahman, A., Bellec et al., (2005)** Molecular basis of evolutionary events that shaped the hardness locus in diploid and polyploid wheat species (*Triticum* and *Aegilops*). *Plant Cell* 17:1033-1045.
- 28. Chehat F. (2005).** Les politiques céréalières en Algérie. Rapport Annuel. Agri-Med. Agriculture, pêche, alimentation et développement rural durable dans la région Méditerranéenne, CIHEAM 2006.
- 29. Cheong, M.S., Yun, D.J. (2007)** Salt-Stress Signaling. *Journal of Plant Biology*, 50:148-155.
- 30. Clement, G., Prats, J. (1970)** Les céréales. Collection d'enseignement agricole. 2ème Ed. 351 p.
- 31. Datta, J., Nag, S., Banerjee, A. et Mondal, N. (2009)** Impact of salt stress on five varieties of wheat (*Triticum durum* L) cultivars under laboratory condition. *Journal of Applied Sciences & Environmental Management*, 13. 3: 93-97.
- 32. Debiton C. (2010)** Identification des critères du grain de blé (*Triticum aestivum* L.) favorables à la production de bioéthanol par l'étude d'un ensemble de cultivars et par l'analyse protéomique de lignées isogéniques waxy. Thèse Docteur d'Université, Clermont Ferrand, France, 132p.

- 33. Djerah, A., Oudjih, B. (2015)** Effet du stress salin sur la germination de seize variétés d'orge (*Hordeum vulgare*). Courrier du savoir, N°20 :47-56.
- 34. Doudech, N., Mhamdi, M., Bettaieb, T., Denden, M. (2008)** Tolérance à la salinité d'une graminée à gazon. *Tropicultura*, 26. 3: 182-185.
- 35. Duron, B.S. (1999)** Le transport Maritime des Céréales. Mémoire de D.E.S.S. Université d'Aix-Marseille. p.81.
- 36. El midaoui, M., Benbella, M., Ait houssa, A., Ibriz, M., Talouizte, A. (2007)** Contribution à l'étude de quelques mécanismes d'adaptation à la salinité chez le tournesol cultivé (*Helianthus annuus* L.). HTE, N° 136:29-34.
- 37. FAO, production data base. (2009)** <http://www.fao.org>.
- 38. FAO. (2007)** Perspective alimentaires. Analyse des marchés mondiales. <http://www.fao.org/010/ah864f/ah864f00.htm>.
- 39. Feddal, M.G. (2015)** Problématique de l'introduction des techniques culturales simplifiées pour la mise en place des grandes cultures en Algérie. Thèse doctorat en sciences agronomiques. Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie. El Harrach Alger.9p.
- 40. Feillet, P. (2000)** Le grain de blé composition et utilisation. Ed. INRA, Paris, 308p.
- 41. Gaid, S., (2015)** La tolérance à la salinité du pois chiche (*cicer arietinum* L.).Magister. Université Ahmed ben bala, Oran faculté des sciences Département de biologie, Laboratoire de physiologie végétale : 24.
- 42. Gate, P. (1995)** Ecophysiologie du blé. Ed. Lavoisier, Paris, pp78-81.
- 43. Gautier, J. (1991)** Notation d'agriculture. Ed. Gautier, Paris, pp575.
- 44. Genoux, C., Putzola, F., Maurin, G. (1991)** Thème général: la lagune méditerranéenne, TPE: Les plantes halophytes grain filling affected by post-anthesis high temperatures in two different wheat cultivars.
- 45. Grandcourt, M.C., Prats, J. (1971)** Les céréales. Ed. J.B Bailliers et Fils, 360 p.
- 46. Grignac, P. (1965)** Contribution de l'étude de (*Triticum durum* Desf.) Thèse, Fac. Sci. Toulouse : 152 P.

- 47. Guerrier, G. (1984)** Relations entre la tolérance ou la sensibilité à la salinité lors de la germination des semences et les composantes de la nutrition en sodium. *Biologia Plantarum* (PRAHA) Vol. 26, n°1, pp. 22-28.
- 48. Hajlaoui, H., Denden, M., Bouzlama, M. (2007)** Étude la variabilité interspécifique de tolérance au stress salin du pois chiche (*Cicer arietinum* L.) au stade germination. *TROPICULTURA*, vol 25, N°3 :168-173.
- 49. Hammou, B. (2010)** Recherche de marquer génétique liés a la tolérance a la salinité chez des écotypes d'espèces annuelles de médicago. Thèse magister amélioration des plantes, Université d'Oran Es Senia, 21-22p. Bouchoukh I., 2010. Comportement éco physiologique de deux chénopodiacées des genres *Atriplex* et *Spinacia* soumises au stress salin. Thèse magistère en biologie végétale. Université Mentouri de Constantine, 7-10-30p.
- 50. Hamza, M., Lasram, M., Lacirignola, C. (1995)** Actions de différents régimes d'apports de chlorure de sodium dans le milieu sur la physiologie de deux légumineuses : *Phaseolus Vulgaris* (sensible) et *Hedysarum carnosum* (tolérante) relations hydrique et ionique. Thèse.Doc .Es .Sol. Université Paris VII.
- 51. Hassan, I., DellaL, A., Belkhodja, M., Kaid-Harche, M. (2008)** Effet de la salinité sur l'eau et certains osmolytes chez l'orge (*Hordeum Vulgare*). *European Journal of Scientific Research*, 23, 1: 61-69.
- 52. Hemery, Y., Rouau, X., Lullien-Pellerin, V., Barron, C., Abecassis, J. (2007)** Dry processes to develop wheat fractions and products with enhanced nutritional quality. *Journal of Cereal Science* 46, 327-347p.
- 53. Henry, Y., Buysier, J. (2000)** L'origine du blé. *Pour la Science*, Hors-série.26 :60-62p.
- 54. Hopkins, W.G. (2003)** *Physiologie végétale*. 2ème édition. De Boeck, Bruscelles:476p.
- 55. INRA - CNRS – Université Evry – Genoscope-CNS – Génoplante – Genopole., (2005)**. Blé tendre ou blé dur : une histoire de chromosomes. COMMUNIQUE DE PRESSE.
- 56. IPTRID. (2006)** Conférence électronique sur la salinisation. Extension de la salinisation et stratégie de prévention et réhabilitation: 2-11.
- 57. Ismail, A.M.A. (1990)** Germination ecophysiology in population of *Zygophyllum*

- 58. Jeantet, R., Crogunnec, T., Schuck, P., Bruleg. (2007)** science des aliments. Volume 2. Ed. TEC et DOC. Lavoisier. Paris. 453p.
- 59. Kadi, Z. (2012)** Sélection de l'orge (*Hordeum vulgare* L.) pour la tolérance aux stress abiotiques. Université Ferhat Abbas, Sétif. Thèse de doctorat : 8-80p.
- 60. 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*). Science et Technologie C, No29 :72-79
- 61. Kara, K. (2015)** Interactions génotype-milieu de variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) sous stress hydrique.
- 62. Khavarinejad, R.A., Mostofi, Y. (1998)** Effects of NaCl on photosynthetic pigments, saccharides, and chloroplast ultra structure in leaves of tomato cultivars. *Photosynthetica*, 35: 151–154.
- 63. Lepengue, A., Mouaragadja, I., Ibrahim, B., Ake, S., M'batchi, B. (2012)** Reponses du maïs (*Zea Mays* Var. LG60) au stress salin: étude de la synthèse de quelque composés biochimiques. *Journal of animal and plant sciences*, vol 14, N°1:1866-1872.
- 64. Levigner, A., Lopez, F., Varisuyt, G., Berthomien, P et Casse-Delbar, T. (1995)** Les plantes face au stress salin. *Cahier d'agriculture*. (4): 263-273.
- 65. Louali, Y. (2016)** Production de génotypes mutants chez le blé dur (*Triticum durum*) : une source de variabilité génétique pour la tolérance à la sécheresse. Thèse doctorat en biotechnologie et génomique végétale. Université des Frères Mentouri. Constantine. 1p.
- 66. Mahajan, S., Tuteja, N. (2008)** Calcium- and salt-stress signaling in plants: Shedding light on SOS pathway. *Arch Biochem. Biophys.* 471: 146 – 158p.
- 67. Mansour, M. (1996)** Etude comparative de l'effet du chlorure de sodium sur trois variétés de blé tendre, Mémoire de fin d'étude p 37.
- 68. Mekhlouf, A., Bouzerzour, H., Dehbi, F., Hannachi, A. (2001)** Rythme de développement et variabilité de réponses du blé dur (*Triticum durum* Desf.). Aux basses températures. Tentatives de sélection pour la tolérance au gel. In *Proceeding Séminaire sur la valorisation des milieux semi arides*. Université, Oum El Bouaghi

- 69. Meloni, D.A., Oliva, M.A., Ruiz, H.A., Martinez, C.A. (2001)** Contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress. *J. Plant Nutr*, 24: 599-612.
- 70. Mint El Mokhtar S. (2010)** Étude des réponses physiologiques et métaboliques de dix variétés de riz (*Oryza sativa*) aux premiers stades de développement vis-à-vis du stress salin, projet d'étude approfondies (DEA) en chimie et biochimie des produits naturels, université cheikh ANTADIOP DE DAKAR, Sénégal, 6p.
- 71. Misra, N., Dwivedi, U.N. (1995)** Carbohydrate metabolism during seed germination and growth in green gram under saline stress. *J. Plant Physiol*, 33. 1: 33-38.
- 72. Monneveux, Ph., This, D. (1997)** La génétique face au problème de la tolérance des plantes cultivées à la sécheresse : espoirs et difficultés. ENSA, INRA 2, Sécheresse, vol 8, N°1 :2937p.
- 73. Moulle, C. (1971)** Les céréales Tome 2. La maison rustique, paris : 1-47p.
- 74. Munns, R., James, R. A., Lauchli, A. (2006)** Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *J. Exp. Bot*, 27: 1025-1043
- 75. Munns, R., (2007)** Utilizing genetic resources to enhance productivity of salt-prone land. CABRev: Perspectives in Agric. Veterinary Sci. Nutr. Nat. Res. 2. No.009.
- 76. Nesbitt, M., and Samuel, D. (1995)** from staple crop to extinction? The archeology and history of the hulled wheats. In *Hulled Wheats. Proceedings of the First International Workshop on Hulled Wheats*, 1st ed., S. Padulosi, K. Hammer, and J. Heller, eds (Rome: International Plant Genetic Resources Institute), pp. 40–99.
- 77. Noomene, H. (2011)** Etude la salinité des sols par la méthode de détection électromagnétique dans le périmètre irrigué de kalàcatlandelous en Tunisie : cas d'une parcelle de courge, Master de recherche environnement aménagement, faculté de lettres, 22-30p.
- 78. Ortega V. G., Jilinski E. et R. de la Reza., 2004.** On the Origin of the Very Young Groups and Chamaeleontis. *The Astrophysical Journal*, 619: 945-947.
- 79. Parida, A.K., Das, A.B., Das, P. (2002).** NaCl stress causes changes in photosynthetic pigments, proteins and other metabolic components in the leaves of a true mangrove,

Bruguiera parviflora, in hydroponic cultures. Journal of Plant Biology, 45, 28–36. Plant Growth Regul, 51: 149-158.

80. Pomeranz, Y. (1988) Chemical composition of kernel structures. Wheat: chemistry and technology. Volume I. 97-158p. Pub. Mudision, USA. Qatarenses Hadidi from contrasting habitats. J. Arid. Environ, 18: 185-194.

81. Radhouane, L. (2008) Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains chez quelques ecotypes de mil (Pennisetum glaucum (L). C. R. Biologies, 331: 278-286.

82. Reis, D. (2006) « Fibre dans l'alimentation » PP 277-288 in le monde des fibres REIS D., VIAN B, BAJON C. Edition Belin 2006, 351 p.

83. Rejili, M., Vadel, M .A. Neffatp, M. (2006) Comportements germinatifs de deux populations de Lotus creticus (L.) en présence du NaCl. Revue des Régions Arides, Vol. 17, N°.1: 65- 78.

84. Rush, D.W., Epstein, E. (1981) Breeding and selection for salt-tolerance by incorporation of wild germplasm into a domestic tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. (106): 699-704.

85. Shewry, P. (2009) Wheat. Journal of experimental botany, 60(6):1537.

86. Simmonds, N. W. (1991) Selection for local adaptation in a plant breeding programme, Theor. Appl. Genet, 82: 363-367.

87. Simon, H., Codaccioni, P., Lequeur, X. (1989) Produire des céréales à paille Coll. Agriculture d'aujourd'hui. Science, Technique, Application, PP 63-296.

88. Slama, A., Bensalem, M., BenNaceur, M., Zid E. (2005) Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. Sécheresse, vol 16, No3 :225-229.

89. Soltner, D. (1987) les grandes cultures, Ed .Française .

90. Soltner, D. (1988) Les grandes productions végétales. Collection sciences et techniques agricoles.

- 91. Soltner, D. (1990)** Les grandes productions végétales. 17^{ème} Edition. Science et technique agricoles. France, 21-25p.
- 92. Soltner, D. (2005)** Les Grandes productions végétales 20^{ème} Ed : coll.sci et Tec Agri,
- 93. Speer, M., Kaiser, W.M. (1991)** Ion relations of symplastic and apoplastic space in leaves from *Spinacia oleracea* L. and *Pisum sativum* L. under salinity. *Plant physiology*, 97: 990- 997.
- 94. Surget, A., Barron, C. (2005)** Histologie du grain de blé. Industries des céréales. INRA, No145 : 3-7p.
- 95. Tafforeau, M. (2002)** Etude des phases précoces de la transduction des signaux environnementaux chez le lin : une approche protéomique. Thèse de doctorat en Biochimie végétale. Université de Rouen. France. 255p.
- 96. Tahri, E. H., Belabed, A. M., Sadki, K. (1998)** Effet d'un stress osmotique sur l'accumulation de proline, de chlorophylle et des ARNm codant pour la glutamine synthétase chez trois variétés de blé dur (*Triticum durum*). Université Mohamed Premier. Maroc. Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, 1997-1998, n°21, pp. 81-87.
- 97. Talhi, R ; Bouabdellah, F. (1997).** Etude de la dynamique de l'eau et des sels en sol sableux en milieu saharien (Adrar). Thèse ing .I.N.A, El-Harrach, Alger, pp : 48.Tolérance d'*Atriplex halimus* var. *Schweinfurthu* au chlorure de sodium, thèse de magister.
- 98. Wang, W.X., Vinocur, B., Shoseyov, O., Altman, A. (2001)** Biotechnology Of plant osmotic stress tolerance: physiological and molecular considerations. *ActaHort* 560, 285-292p.
- 99. Wangxia, Vinocur, P, Altmn, A. (2003)** "plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance", *plant*, Pp1-14.
- 100. Yekhlef. (1993)** effet de l'addition de l'azote et du potassium sur la tolérance du poivron doux à l'eau d'irrigation sale. Séminaire Maghrébin sur la protection de la culture. Novembre 1993, ISN Annaba Algérie
- 101. Zerroumda, M. (2012)** Approches physiologiques et métaboliques pour la sélection de variétés d'orge tolérantes vis-à-vis d'une contrainte saline. Thèse de doctorat.École Nationale

Supérieure Agronomique -El Harrach –Alger Département d’Amélioration des Productions Végétales et Ressources Génétiques : 23-25.

102. Zhao, H., Dai, T. B., Jing, Q., Jiang, D., and Cao, W. X. (2007) Leaf senescence and grain filling affected by post-anthesis high temperatures in two different wheat cultivars. *Plant Growth Regul*, 51: 149-158.

103. Zid, E. (1983) Mécanismes de la nutrition minérale de la feuille de citrus et son agression par le sodium. Thèse de Doctorat ès-Sciences Naturelles. Faculté des sciences. Université de Tunis. 419p.

Résumé

Résumé : Le stress salin est un problème largement répandu qui influe sérieusement sur la production et la qualité du blé dans le monde. C'est l'un des principaux stress abiotiques limitant la productivité des céréales en Algérie. Ce travail est consacré à l'étude de l'effet du stress salin et la variabilité des réponses et/ou la tolérance chez trois variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) Ain-Abid, Arz, HD1220. D'après l'étude des différents caractères morphologiques et biochimiques, sous quatre niveaux de stress salin (0 ; 50 ; 100 ; 150mM NaCl). Les résultats obtenus montrent que le stress salin a entraîné une réduction des caractères morphologiques, de même une diminution des caractères biochimiques. En conclusion, l'étude a montré que le stress salin provoque les mêmes mécanismes de la réponse chez les variétés étudiées mais à des degrés différents.

Mots Clés : *Triticum aestivum* L, stress salin, caractères morphologiques, caractères biochimiques, tallage.

Abstract: Salt stress is a widespread problem seriously influencing wheat production and quality of world wide. It is one of the major abiotic stresses limiting the cereal culture productivity in Algeria. This work is devoted to the study of the salt stress effect and the variability of response and tolerance in three genotypes of common wheat (*Triticum aestivum* L.) Ain-abid, Arz, HD1220. After studying the different morphological characters and biochemical, under four levels of stress (0; 50; 100; 150mM NaCl), the results show that salt stress has led to a reduction in morphological characters. In conclusion, the study showed that salt stress causes the same mechanisms of response in the genotypes studied but to different degrees.

Keywords: *Triticum aestivum* L, salt stress, morphological characters, biochemical characters, tillering

ملخص: الإجهاد الملحي مشكلة واسعة الانتشار تؤثر بشكل كبير على إنتاج وجودة القمح ونوعيته في جميع أنحاء العالم. وهو أحد أهم الاجتهادات اللاحيوية التي تقلل من إنتاجية الحبوب في الجزائر. هذا العمل مخصص لدراسة تأثير الإجهاد الملحي وتنوع الاستجابة والتسامح في ثلاثة أنماط وراثية من القمح اللين (*Triticum aestivum*). بعد دراسة الملحي المعايير المورفولوجية والبيوكيميائية المختلفة، تحت أربعة مستويات من الإجهاد (0؛ 50؛ 100؛ 150ملي مولر من كلوريد الصوديوم)، أظهرت النتائج التتيم الحصول عليها أن الإجهاد الملحي أدى إلى انخفاض في المعايير المورفولوجية، وكذلك انخفاض في الصفات البيوكيميائية، في الختام أظهرت الدراسة أن إجهاد الملح يسبب نفس آليات الاستجابة في الأنماط الجينية التي تمت دراستها ولكن بدرجات مختلفة.

الكلمات المفتاحية: الإجهاد الملحي، الخصائص المورفولوجية، الخصائص البيوكيميائية، الاضطاء، *Triticum aestivum*