

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

FACULTE : SCIENCES

DEPARTEMENT : SNV

N° : .....



DOMAINE : SNV

FILIERE : SCIENCES BIOLOGIQUES

OPTION : BVM

Mémoire présenté pour l'obtention  
Du diplôme de Master Académique

Par: BRAHIMI Hibat Allah

Intitulé

***Variations phénotypiques pour la tolérance aux  
stress salin et hydrique chez le blé tendre  
(Triticum aestivum L.)***

Soutenu le **08/06/2017**, devant le jury composé de

Dr. SARRI Madani, MCA

UMB, M'sila

Président

Dr. BENDERRADJI Laid, MCA

UMB, M'sila

Rapporteur

Mme. ADOUI Nabila, MAA

UMB, M'sila

Examinatrice

Année universitaire : 2016 /2017

## **Remerciement**

Je remercie avant tout **DIEU** tout puissant qui m'a comblé de ses bienfaits et m'a donné assez de force pour achever ce travail et de venir au bout de cette formation.

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

Je tiens tout d'abord à l'aboutissement vivement le professeur **Dr. Benderradji Laid**, qui a dirigé et suivi ce travail avec patience pour sa compréhension, son amabilité et ses conseils précieux. Je le prie de bien vouloir trouver ici le témoignage de ma très vive gratitude.

mes vifs remerciements vont également aux Membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à ma recherche en acceptant d'examiner mon travail et de l'enrichir par leurs propositions. Mes remerciements les plus vifs au **Dr. SARRI Madani** pour avoir accepté de présider le jury, je tiens à exprimer mes remerciements au Mme. **ADOUI Nabila** d'avoir accepté de juger et examiner ce travail.

J'adresse mes plus sincères remerciements à tout le personnel du laboratoire hydraulique (**E.p Algérienne des Eaux- unité M'sila**) pour leur accueil chaleureux et pour m'avoir permis d'effectuer les analyses.

Sans oublier bien sûr, les ingénieurs des laboratoires de département science de la nature et la vie.

Je veux aussi remercier tous mes amis (es) qui m'ont aidé, soutenu et supporté tout au long de ce travail. Je tiens enfin à remercier très chaleureusement tous ceux qui ont patiemment relu ce travail et m'ont aidé à le finaliser surtout **Pr. Merzougui Yousef**.

Et enfin, je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

## **Dédicace**

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Mes chers parents ; qui, par leurs prières, leurs encouragements, et leur soutien.*

*Mes frères et sœurs ;*

*Toute ma famille ;*

*Tous mes professeurs durant tous mes études ;*

*La promotion de master 2 biotechnologie végétale et Méta génomique de l'année universitaire 2016-2017 de M'sila;*

***BRAHIMI Hibat Allah***

## **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

**TG%** : Taux de germination

**HD** : Hidhab 1220

**ICC** : Chlorophyll Content Index

**ITGC** : Institut Technique des Grandes Cultures

**LE** : Longueur de l'épicotyle

**LR** : Longueur de racine

**MD** : Mahon Démias

**MF** : matière fraîche

**NR** : Nombre de racines

**PEG** : Poly éthylène glycol

**QQ** : Quantité

**SF** : Surface foliaire

**SST** : Sucres solubles totaux

**TCh** : Teneur de chlorophylle

**TC%** : Taux de contamination

**Liste des figures**

<b>N°</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>01</b>	Description de graine de blé tendre	<b>05</b>
<b>02</b>	Les Principaux stades phénologiques de blé tendre	<b>06</b>
<b>03</b>	Application des stress en milieu hydroponique	<b>23</b>
<b>04</b>	Germination des graines de blé tendre <i>Triticum aestivum</i> L.	<b>23</b>
<b>05</b>	La longueur des racines des plantules de <i>Triticum aestivum</i> L.	<b>24</b>
<b>06</b>	La longueur de l'épicotyle des plantules de <i>Triticum aestivum</i> L.	<b>24</b>
<b>07</b>	Chlorophylle mètre CCM200	<b>25</b>
<b>08</b>	Dosage de proline	<b>26</b>
<b>09</b>	Courbe étalonnage de proline	<b>27</b>
<b>10</b>	Dosage de sucres solubles	<b>28</b>
<b>11</b>	Courbe étalonnage de sucres solubles	<b>29</b>
<b>12</b>	Le taux de germination de cinq variétés de blé tendre	<b>30</b>
<b>13</b>	Variation phénotypique de variété Anza soumises aux différentes concentrations de NaCl et différentes duré de PEG6000	<b>31</b>
<b>14</b>	Variation phénotypique de variété Ain Abid soumises aux différentes concentrations de NaCl et différentes duré de PEG6000	<b>32</b>
<b>15</b>	Variation phénotypique de variété ARZ soumises aux différentes concentrations de NaCl et différentes duré de PEG6000	<b>33</b>
<b>16</b>	Variation phénotypique de variété MD soumises aux différentes concentrations de NaCl et différentes duré de PEG6000	<b>34</b>
<b>17</b>	Variation phénotypique de variété HD soumises aux différentes concentrations de NaCl et différentes duré de PEG6000	<b>35</b>
<b>18</b>	Variation de la teneur en chlorophylle a chez les différentes variétés de <i>Triticum aestivum</i> L. en fonction de l'intensité du stress salin	<b>36</b>
<b>19</b>	Variation de la teneur en chlorophylle a chez les différentes variétés de <i>Triticum aestivum</i> L. en fonction de la durée du stress hydrique	<b>36</b>
<b>20</b>	Variation de la teneur en proline chez les différentes variétés de <i>Triticum aestivum</i> L. en fonction de la durée du stress hydrique	<b>37</b>
<b>21</b>	Variation de la teneur des sucres solubles chez les différentes variétés de <i>Triticum aestivum</i> L. en fonction de l'intensité du stress salin	<b>38</b>

**Liste des Tableaux**

<b>N°</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>01</b>	Classification botanique du <i>Triticum aestivum</i> L.	<b>03</b>
<b>02</b>	Caractéristiques de variétés utilisées de <i>Triticum aestivum</i> L.	<b>21</b>
<b>03</b>	Application du stress salin	<b>22</b>
<b>04</b>	Application du stress hydrique	<b>22</b>

**Liste des Annexes**

<b>N°</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>01</b>	Le Taux de contamination de variétés <i>Triticum aestivum</i> L.	<b>53</b>
<b>02</b>	Fiche D'analyse ADE	<b>54</b>

# *Sommaire*

---



---

**Sommaire**

**Remerciement**..... I

**Dédicace**..... II

**Liste des Abréviations**..... III

**Liste des Figures**..... IV

**Liste des Tableaux**..... V

**Liste des Annexe**..... VI

**Introduction**..... 1

**Chapitre I : Revue Bibliographie**

1.1 Généralités sur la céréaliculture..... 3

1.2 Origine et classification du blé tendre..... 3

1.3 Description de la plante..... 4

1.4 Cycle de développement de la plante..... 5

1.4.1 Période végétative..... 5

1.4.2 Période reproductive..... 6

1.4.3 Période de maturation..... 6

1.5 Influence de stress abiotiques sur le développement du blé tendre ..... 7

1.5.1 Influence de stress salin..... 7

    a) Influence sur la germination..... 7

    b) Influence sur la morphologie de la plante (croissance et développement)..... 8

    c) Influence sur la physiologie de la plante..... 9

1.5.2. Influence de stress hydrique.....	9
1.5.2.1. Influence sur la morphologie de la plante.....	10
1.5.2.2. Influence sur la physiologie et la biochimie de la plante.....	10
a) Influence sur la membrane plasmique.....	10
b) Influence sur la photosynthèse.....	11
c) Influence sur les échanges gazeux et la transpiration.....	12
1.6. Mécanismes de tolérance aux stress abiotiques.....	12
1.6.1. Mécanismes adaptatives au stress salin.....	12
1.6.2. Compartimentation et exclusion.....	12
1.6.3. Mécanismes physiologiques et biochimiques d'adaptation.....	13
1.6.4. Fonctionnement cellulaire.....	14
1.6.5. Synthèse et accumulation des sucres solubles.....	15
1.6.6. Contrôle membranaire.....	15
1.7. Mécanismes adaptatives au stress hydrique.....	16
1.7.1. L'ajustement osmotique.....	17
1.7.2. La régulation stomatique.....	18
1.7.3. Stabilité membrane cellulaire.....	19
1.7.4. Synthèse et accumulation de proline.....	19
1.8. Similitude entre les stress abiotiques.....	20

---



---

## **Chapitre II : Matériel et Méthodes**

2.1. Objectif de l'essai.....	21
2.2. Conduite de l'expérimentations et matériel végétal.....	21
2.3. Protocole expérimentale.....	21
2.3.1. Application du stress salin en milieu hydroponique.....	22
1.4. Suivi et notations.....	23
II.4.1. Paramètres morphologique.....	23
2.4.1.1. Taux de germination.....	23
2.4.1.2. Longueur et le nombre de racines.....	24
2.4.1.3. Longueur de l'épicotyle.....	24
2.4.1.4. Surface foliaire.....	24
II.4.2. Paramètres physiologiques.....	25
2.4.2.1. Teneur en chlorophylle.....	25
2.4.2.2. Teneur en proline.....	25
2.4.2.3. Teneur en sucres solubles.....	27

## **Chapitre III : Résultats et discussion**

I. Résultats.....	30
I.1. Paramètres morphologique.....	30
I.1.1. Taux de germination des variétés étudiées de blé tendre ( <i>Triticum aestivum</i> L.).....	30
I.1.2. Effet de stress salin et hydrique sur la variété Anza .....	30
a) Effet de stress salin.....	30
b) Effet de stress hydrique.....	30
I.1.3. Effet de stress salin et hydrique sur la variété Ain Abid .....	31

a) Effet de stress salin.....	31
b) Effet de stress hydrique.....	31
I.1.4. Effet de stress salin et hydrique sur la variété ARZ.....	32
a) Effet de stress salin.....	32
b) Effet de stress hydrique.....	32
I.1.5. Effet de stress salin et hydrique sur la variété MD.....	33
a) Effet de stress salin.....	33
b) Effet de stress hydrique.....	33
I.1.6. Effet de stress salin et hydrique sur la variété HD.....	34
a) Effet de stress salin.....	34
b) Effet de stress hydrique.....	34
I.2. Paramètres physiologiques.....	35
I.2.1. Effet de stress salin et hydrique sur la teneur en chlorophylle.....	35
a) Effet de stress salin sur la teneur en chlorophylle.....	35
b) Effet de stress hydrique sur la teneur en chlorophylle.....	36
I.1.2. La teneur en proline en fonction de la durée du stress hydrique.....	37
I.1.3. La teneur en sucres solubles en fonction de l'intensité du stress salin.....	38
II. Discussion générale.....	39
Conclusion et Perspectives.....	43
Références Bibliographie.....	44
Annexe.....	53
Résumé.....	55

# *Introduction*

## **Introduction**

Les céréales occupent à l'échelle mondiale, une place primordiale dans les programmes de recherche agricoles. Elles sont les principales sources de la nutrition humaine et animale dans le monde, le blé occupe la première place pour la production mondiale et la deuxième après le riz, comme source de nourriture pour les populations humaines (Slama *et al.*, 2005). Le blé tendre est une céréale importante en termes de consommation humaine dans de nombreux pays de monde. Cependant, dans les milieux arides et semi-arides, les stress abiotiques imposent des limites au développement de la plante. La résistance à ces stress est dépendante du génotype qui développe des mécanismes morphologiques, physiologiques, et/ou biochimiques pour éviter ou tolérer la contrainte (Neffar, 2013). Les stress environnementaux tels que le déficit hydrique, les hautes températures et d'autres, affectent la croissance et le rendement des plantes. Cependant, les plantes ont développé des stratégies d'adaptation pour répondre à ces changements en ajustant leurs systèmes métaboliques. L'adaptation au stress est définie comme un ordre de processus qui mènent à une nouvelle optimalité. Différentes stratégies adaptatives sont utilisées pour régler les différents paramètres fonctionnels et structuraux du système (Oukkaroum, 2007).

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). Les stress hydrique et thermique (gel et hautes températures) affectent le développement de la céréale tout au long de son cycle (Makhlouf, 2006). La sécheresse est considérée comme le facteur le plus important limitant la production des céréales (Slama *et al.*, 2005). Il est à signaler que la production des céréales dépend des conditions climatiques, des caractéristiques morphologiques, phénologiques et agronomiques du génotype et, en grande partie, des interactions génotypes- environnement (Slama *et al.*, 2005).

De très nombreux travaux se sont intéressés à l'étude de la production des céréales en conditions de déficit hydrique ont montré que les céréales présentent des mécanismes de résistance aux contraintes environnementales qui favorisent leur croissance, leur développement et leur rendement en grains. (Slama *et al.*, 2005). Parmi les stress qu'elles

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).

Dans ce contexte, l'objectif de notre travail est axé sur l'étude de l'influence des stress abiotiques sur les comportements de quelques variétés du blé tendre (*T. aestivum* L.) et les différents mécanismes de tolérance et d'adaptation morpho-physiologiques et biochimiques qui déclenchent ces stress. L'étude comptera trois chapitres essentiels qui seront précédés par une introduction et finissant par une conclusion. Le 1<sup>er</sup> chapitre, sera consacré à une revue bibliographique pour une présentation de l'espèce étudiée et l'influence des contraintes abiotiques sur son développement, alors que le 2<sup>ème</sup> chapitre, s'intéresse au matériel végétal et aux méthodes utilisées afin de cerner les paramètres morphologiques, physiologiques et biochimiques, tandis que le 3<sup>ème</sup> chapitre, traitera les principaux résultats obtenus.

# *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). Près d'un milliard de tonnes des céréales sont produits, annuellement dans le monde dont le blé et le riz en sont les plus importants. (Aboudaou, 2011). Selon Faostat (2005). Selon Chaib et al., (2015), l'Algérie se classe huitième comme pays importateur au monde.

### I. 2. Origine et classification du blé tendre

La culture de blé est très ancienne, dont les trois groupes d'espèce du genre *Triticum* (espèce diploïde, espèce tétraploïde, espèce hexaploïde) auraient trois centres d'origines distinctes, à savoir, le foyer Syrien et le Nord palestinien et le foyer Abyssin et le foyer Afghano-Indien serait le centre des blés hexaploïdes (Mouille, 1971). Le blé hexaploïde (AA BB DD) dont le blé tendre (*Triticum aestivum*), n'est que la sous espèce aujourd'hui la plus largement cultivée ayant pour origine géographique le Nord-Ouest de l'Iran et/ou le Nord-Est de la Turquie et résulte de l'hybridation entre le blé tétraploïde cultivé à génome (AA BB) et la graminée sauvage *Aegilops taushii* genome (DD), suivie de doublement chromosomique spontané (Bonjean, 2011).

Le genre de *Triticum* appartient à la tribu des triticées au sein de la famille des poacées et plus largement au groupe des angiospermes monocotylédones. Les espèces du genre *Triticum* sont des herbacées annuelles à feuille alterne et à croissance définie, le cycle du blé se compose d'une période végétative marquée par la production des racines, feuilles et tiges puis d'une phase reproductrice marquée par la formation des épis, des fleurs puis par le remplissage des graines (Bogard, 2011). D'après Feillet (2000) ; Bogard (2011) le blé tendre appartient à la classification botanique suivante (Tableau 01).

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

### I. 3. Description de la plante

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. Ces thalles résultent du développement du bourgeon principal (thalle principale) et des bourgeons axillaires (thalle secondaire). Chaque thalle se compose de différentes photomères 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).

Le système racinaire du blé de type fasciculé avec quelque racine primaire d'égale importance et des racines secondaires qui en dérivent. La structure végétative de la plante est constituée d'une succession d'unités morphologiques similaires, les phytomères chaque phytomère est composé d'un nœud, d'un entre nœuds et d'une feuille (Vincent, 2014).

Les feuilles sont alternes, chacune d'elles comprend deux parties ; une portion inférieure enveloppant l'entre nœuds correspondant, la gaine et une portion supérieure (Mouille, 1971). L'épillet regroupe plusieurs 3 à 4 fleurs à l'intérieur de deux glumes. Chaque fleur dépourvue de pétales est entourée de deux glumelles. Elle contient trois étamines et un ovaire surmontée de deux styles plumeux (Mouille, 1971). L'épi est l'inflorescence du blé, il est composée d'une succession d'épillets attachés à un rachis commun et séparés par des entre nœuds et chaque épillet est constitué de deux glumes qui renferment plusieurs fleurs sans pétales, chacune constitue de deux glumelles renfermant un grain après fécondation (Vincent, 2014).

La fleur de blé est dite cleistogame c'est-à-dire, le plus souvent le pollen est relâché avant que les étamines ne sortent de la fleur. L'autofécondation est le mode de reproduction le plus fréquent (autogamie) les glumes et les glumelles sont éliminées au moment du battage pour libérer le grain (Mouille, 1971).

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). Sa face dorsale par rapport à l'épillet est arrondie tandis que le côté ventral comporte un sillon profond. Il est constitué du germe faisant 2 à 3%

du poids du grain (Vincent, 2014). Ce germe, selon Feillet (2000), est composé d'un embryon lui-même formé de la coléoptile, de la gemmule, de la radicule, du coleorhize et de la coiffe (Figure 01).

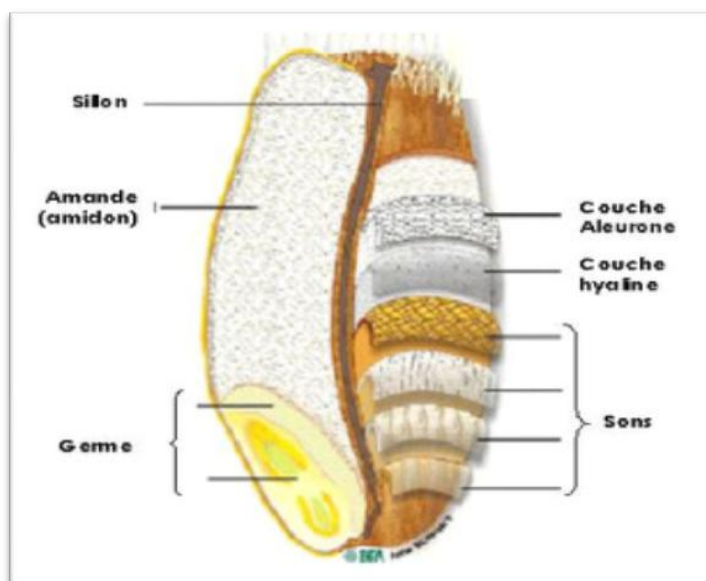


Figure 01 : Grain de blé (Surget et Barron, 2005).

#### I. 4. Cycle de développement de la plante

Selon Moulle (1971), plusieurs étapes séparées par des stades repères, permettent de diviser le cycle évolutif du blé en trois grandes périodes.

**I. 4. 1. Période végétative**, qui va de la germination aux premières manifestations de l'allongement de la tige principale. Celle-ci comprend elle-même trois phases :

- \* La 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.
- \* La 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.
- \* La 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 (Moulle, 1971). La montaison se produit le début de développement de l'épi, parallèlement les entrenœuds s'allonge (Babba, 2011).

**I. 4. 2. Période reproductrice**, allant du début de la montée à la fécondation. Elle débute par la différenciation et l'élongation des entre-nœuds de la tige principales .l'inflorescence sort de la gaine de dernière feuille : c'est l'épiaison notée au stade 50% d'épis sortis Moulle (1971). Selon Babba, (2011) l'épiaison débute quand la gaine éclate laisse apparaître l'épi qui va se dégager peu à peu de celle-ci. À ce stade, on parle de gonflement, le nombre total d'épi est défini, de même que le nombre total de fleur par épi.

**I. 4. 3. Période de maturation**, allant de la fécondation à la maturité complète du grain. Durant cette période les substances de réserves (amidon, matières organiques) s'élaborent et migrent dans l'albumen parallèlement l'embryon se forme cette période comprend trois phases principales ; une phase de multiplication cellulaire intense durant laquelle il y 'a accroissement du poids d'eau et de matière sèche dans le grain. À la fin de cette phase l'amande encore verte a pris sa forme définitive l'albumen est devenu laiteux : c'est le stade laiteux. Une phase d'enrichissement en glucides et protides ; au cours de laquelle le poids d'eau dans le grain demeure sensiblement constant : c'est le « plier » de poids d'eau. À la fin de cette phase, l'amande s'est colorée en roux pale, ses enveloppes résistant bien à la pression du doigt mais se déchirent à l'ongle : 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. Et une 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 est devenu cassant, c'est le stade propice au battage immédiat (Moulle, 1971) (Figure 02).

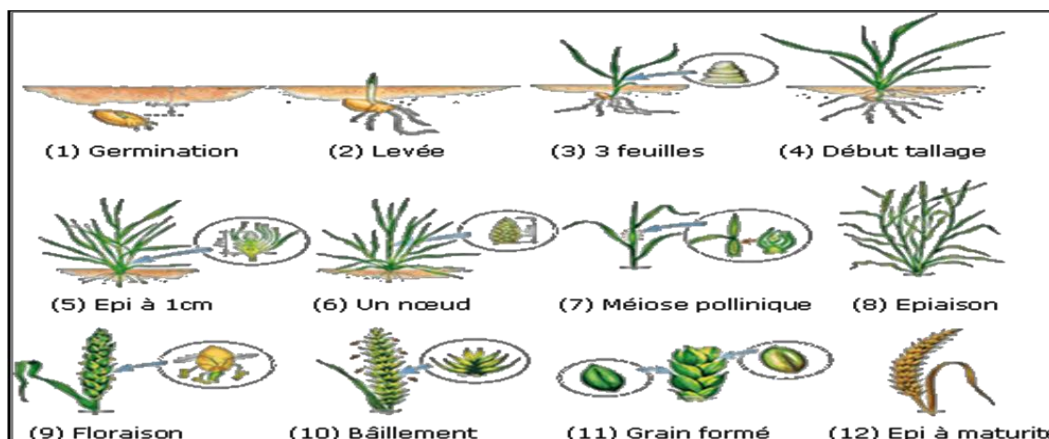


Figure 02 : Principaux stades phénologiques de blé

## **1. 5. Influence de stress abiotiques sur le développement du blé tendre**

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). D'après Hopkins (2003), on appelle stress toute pression dominante exercée par un paramètre, perturbant le fonctionnement habituel de la plante, par ailleurs la réponse du végétal dépend, entre autres, de ces paramètres environnementales (type de contrainte, intensité et durée) et génétique (espèce et/ou génotype).

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 important pour la détermination du rendement (Hopkins, 2003 ; Benkaddour, 2014).

### **1. 5. 1. Influence de 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). 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  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  (Hopkins, 2003). On distingue en général la salinisation primaire, lie à la présence naturelle relativement concentrée de sels (proximité de mers ou d'océans, présence de dépôts de sels..), et la salinisation secondaire dont le développement apparait étroitement lie à l'irrigation. Cette dernière est le processus de dégradation de la qualité des sols le plus rapide dans les périmètres irrigués et particulièrement dans les zones arides et semi arides (Benkaddour, 2014).

#### **a. 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

polyphénoloxydase, de l'amylase et des peroxydases (Hajlaoui et al., 2007). Ouhaddach et al., (2016) ont mentionné l'augmentation de la teneur en NaCl dans l'eau d'irrigation au stade montaison, provoquant ainsi la diminution de la croissance de l'appareil végétatif en agissant par une augmentation de la pression osmotique du milieu, ce que empêche l'absorption de l'eau par le système racinaire et par conséquent l'altération de la photosynthèse et de l'activité enzymatique. L'accumulation de  $\text{Na}^+$  et l'inhibition d'absorption de  $\text{K}^+$  sont été observées chez plusieurs céréales telles que le blé tendre, et l'orge.

#### **b. Influence sur la morphologie de la plante (croissance et développement)**

La salinité est une contrainte majeure qui affecte la croissance et le développement des plantes. Chez les céréales, l'effet dépressif du sel manifeste à partir d'un seuil critique de concentration caractéristique de l'espèce ou de la variété. (Bouaouina et al., 2000). 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). En effet, les dégâts causés par le stress salin se manifestent communément par des modifications sur le plan morphologique et physiologique (Laribi et al., 2016). Les effets de la salinité se manifestent par deux actions sur la plante, la toxicité directe due à l'accumulation excessive des ions ( $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$ ) dans les tissus et un déséquilibre nutritionnel provoqué par l'excès de certains ions. Des concentrations salines trop fortes dans le milieu provoquent une altération de la nutrition minérale des plantes. L'accumulation des ions  $\text{Na}^+$  dans la plante limite l'absorption des cations indispensable tels que  $\text{K}^+$  et  $\text{Ca}^{+2}$ , il y' aurait une compétition entre  $\text{Na}^+$  et  $\text{Ca}^{+2}$  pour les même sites de fixation apoplasmiques. L'interaction entre les ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{Ca}^{+2}$  influe sur la croissance des racines. Chez le blé la concentration élevée en  $\text{Na}^+$  diminue l'absorption de  $\text{K}^+$  et la concentration élevée de  $\text{Na}^+$   $\text{Cl}^-$  diminue également l'absorption de  $\text{Ca}^{+2}$  (Haoula et al., 2007; Djerah et Oudjehih, 2015). Cet effet est marqué par un retard de tallage, une diminution de la biomasse sèche, une réduction de la surface foliaire et de la longueur des racines (Benkhaled et al., 2007). La présence d'une forte concentration en NaCl, diminue la croissance de la partie aérienne et racinaire, retarde l'émergence des nouvelles feuilles, limite l'accumulation de  $\text{K}^+$  et  $\text{Ca}^{+2}$  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). 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.

### **c. Influence sur la physiologie de la plante**

La réponse des espèces au sel dépend de la sa concentration au milieu, des conditions de culture et du stade de développement de la plante (Kadri *et al.*, 2009 ; Djahra *et al.*, 2015 ; Ouhaddach *et al.*, 2016). Le sel peut exercer un effet inhibiteur sur les divers processus biochimiques impliqués dans la photosynthèse de même qu'il peut induire une fermeture des stomates limitant ainsi la concentration interne en CO<sub>2</sub> (Alem *et al.*, 2002). Si la concentration en sel excède le niveau de tolérance dans le stroma des chloroplastes, cela perturbera le transport des électrons (Baba Sidi Kaci, 2010). Des études ont montré que Na<sup>+</sup> est beaucoup plus responsable de la réduction des échanges gazeux et du taux d'assimilation de CO<sub>2</sub> et donc la diminution de la croissance (Rochdi *et al.*, 2005). De plus, Cheikh M'hamed *et al.*, (2008) ont constaté que la teneur de chlorophylle diminue avec l'intensité du sel et que cette diminution est variable selon le génotype, comme ils ont montré aussi que l'intensité de la salinité provoque un abaissement du potentiel foliaire. Au stade de l'épiaison de blé tendre, la diminution de la transpiration est plutôt corrélée à la diminution de l'intensité de transpiration, alors qu'au stade de tallage, une diminution de l'intensité photosynthétique est aperçue. En effet, le sel exerce un effet inhibiteur sur divers processus biochimiques impliquées dans l'assimilation chlorophyllienne, de même, qu'il peut induire une fermeture des stomates limitant ainsi la concentration interne en CO<sub>2</sub> (Alem *et al.*, 2002).

Benkaddour (2014), montre que la salinité affecte la croissance des végétaux à travers de nombreux mécanismes du métabolisme cellulaire tels que ; l'absorption des éléments nutritifs, l'altération de la photosynthèse, la respiration, la synthèse des protéines et des acides nucléiques, l'accumulation des solutés organiques, l'activité des enzymes, l'équilibre hormonal et la disponibilité en eau. Dans des conditions salines, la membrane plasmique et le principal site de l'interaction du sel avec la plante ce qui induit une perturbation de la composition lipidique et protéique au niveau de celle-ci affectant ainsi sa stabilité (Alem *et al.*, 2001; Alem *et al.*, 2005).

#### **1. 5. 2. Influence du stress hydrique**

L'eau, a en effet, un rôle essentiel dans la croissance et le développement des plantes cultivées. Le stress hydrique de l'atmosphère, définis comme étant la réduction de l'humidité relative de l'air entraînent des modifications du pouvoir d'évaporation, et par conséquent, des réserves utiles en eau du sol et de la transpiration foliaire.

(Monneveux et This, 1997), ont défini le stress hydrique comme un déficit de disponibilité en eau pour la plante. L'origine de ce déficit peut être d'une salinité excessive du sol, d'une sécheresse ou du gel qui par cristallisation des molécules d'eau diminue sa disponibilité ce qui réduit significativement les productions agricoles (Chameil, 2006 ; Bootsma et al., 1996).

### **1. 5. 2. 1. Influence sur la morphologie de la plante**

Lors d'une contrainte hydrique, des modifications de la morphologie et de la physiologie et du métabolisme d'une plante sont observées (Moulineau, 1993) une diminution importante de la longueur et le nombre des racines, cette diminution est due probablement à un arrêt de la division et de l'élongation cellulaire au niveau de la racine (Bendarradji et al., 2016).

Le développement du système racinaire joue un rôle essentiel dans l'alimentation hydrique et minérale de la plante, ces racines sont affectée par un déficit hydrique le volume racinaire global est fortement affecté par le déficit hydrique (Benlaribi et al., 1990).

L'une des plus importantes conséquences de la sensibilité à l'élongation des cellules d'un stress hydrique est la réduction marquée de la surface foliaire qui diminuera la croissance de la plante surtout durant les premiers stades de développement. L'influence de déficit hydrique est souvent rapportée en termes de hauteur des plantes, des nombres de talles, d'indice de surface foliaire de matières sèche des parties aériennes et racinaires et rendement en grains (Kouassi, 1984).

Plusieurs caractéristiques morphologiques de la plante sont affectées par la contrainte hydrique. Au niveau foliaire, le stress hydrique provoque la réduction de la surface transpirante due à une réduction de la division et de l'expansion cellulaire (Zgallai, 2007).

### **1.5. 2. 2. Influence sur la physiologie et la biochimie de la plante**

#### **a. Influence sur la membrane plasmique**

Les dommages provoqués par un stress hydrique résultent de la dessiccation du protoplasme. Le départ d'eau, par exemple provoque une augmentation de la concentration des solutés, lorsque le volume du protoplasme diminue, ce qui entraîne des conséquences sérieuses et sur le plan structurel et sur le plan métabolique. L'intégrité des membranes et des protéines est également affectée par la dessiccation, ce qui entraîne des dysfonctionnements métaboliques. On pense que le départ de l'eau des membranes rompt la structure normale de

la bicouche lipidique et provoque l'apparition de canaux remplis d'eau, et bordés par les groupements polaires des têtes des phospholipides. Autrement dit les membranes deviennent très poreuses lorsqu'elles sont desséchées. Lorsque les membranes sont réhydratées, ces canaux permettent une fuite très importante de solutés entre les compartiments ou dans l'espace extracellulaire les stress, qui affectent la bicouche lipidique pourraient également provoquer le déplacement des protéines membranaires, qui, du fait de la fuite de solutés contribuent à une perte de sélectivité des membranes une destruction généralisée de la compartimentation cellulaire ainsi qu'à une perte des enzymes membranaires (Hopkins, 2003).

Bousba *et al.*, (2013) mentionnent que la carence hydrique provoque une déstabilisation des membranes plasmiques, ce qui a par conséquent une perte d'électrolytes et la fuite d'ions.

#### **b. Influence sur la photosynthèse**

Le stress hydrique affecte plusieurs fonctions de la plante, telles que la conductance somatique, la photosynthèse et la surface foliaire (Benjelloun *et al.*, 2013). Le stress hydrique qui fait chuter le potentiel hydrique foliaire du blé de 8,4 à 20 bars réduit la photosynthèse de cinq fois par rapport au témoin et provoque un arrêt de transfert des assimilés des feuilles vers les autres organes de la plante. (Bennaceur *et al.*, 1999) la réduction de surface foliaire c'est une conséquence du déficit hydrique (Bendarradji *et al.*, 2016).

L'activité physiologique de la feuille, et plus particulièrement la photosynthèse est fortement affectée lors un déficit hydrique, et liée à la diminution du potentiel hydrique foliaire est supposée dépendre à la fois de la fermeture des stomates, avec pour conséquence une diminution de la conductance à la diffusion du CO<sub>2</sub>, d'une limitation biochimique du chloroplaste pour fixer le CO<sub>2</sub> (Maury *et al.*, 2011).

L'effet dépressif sur la photosynthèse résulte d'une baisse de la conductance stomatique, d'une altération de l'appareil photosynthétique et/ou d'une diminution de la surface foliaire et une diminution de la concentration interne en CO<sub>2</sub> de la feuille et une réduction de la photosynthèse (Bennaceur *et al.*, 1999).

Lors d'un stress salin ou hydrique, l'inhibition de la photosynthèse, et plus précisément la fuite d'électrons due la diminution de la fixation du CO<sub>2</sub>, entraîne une forte accumulation de ROS, et les peroxydases (POD) ; sont des enzymes qui jouent un rôle important dans le métabolisme et la physiologie de la plante. Elles sont présentes dans tous les

tissus des végétaux et sont impliquées dans les réponses des plantes aux infections et aux stress abiotiques (Benkaddour, 2014). En effet Zarrad *et al.*, (2009) montrent que le stress hydrique conduit à un stress oxydatif par production des espèces oxygènes réactives particulièrement le radical superoxyde et le peroxyde d'hydrogène. Abousouan-Seropian *et Planchon* (1985), montrent que le déficit hydrique chez le blé affecte les phénomènes stomatiques et les non stomatiques de la photosynthèse à la conductance stomatique.

### **c. Influence sur les échanges gazeux et la transpiration**

De nombreux facteurs endogènes et environnementaux influencent l'état d'ouverture des stomates. L'intégrité de différents signaux par les cellules de garde permet de réguler le degré d'ouverture stomatique afin d'optimiser l'assimilation de CO<sub>2</sub> en fonction des conditions environnementales et de l'état physiologique de la plante. Dans le cas d'un stress hydrique, par exemple, ce système de régulation permet de limiter la perte d'eau qui pourrait être fatale à la plante en inhibant l'ouverture des stomates par la lumière au début de journée. Ceci diminue l'assimilation du CO<sub>2</sub>, et ralentit, donc, le métabolisme et le développement, mais permet à la plante de survivre. Le stress hydrique influence l'état de turgescence des cellules de garde essentiellement par l'intermédiaire d'une phytohormone : l'acide abscissique (Belin, 2006).

## **1. 6. Mécanismes de tolérance aux stress abiotiques**

L'adaptation se définit comme la capacité d'une plante à croître et à donner des rendements satisfaisants dans des zones sujettes à des stress de périodicités connus. La notion d'adaptation est liée à celles de résistances et de tolérance aux stress (Kadi, 2012).

### **1. 6. 1. Mécanismes adaptatives au stress salin**

La tolérance à la salinité est le résultat de nombreux mécanismes spécifiques qui tentent de résoudre le problème des déséquilibres osmotiques et ionique que subit la plante quand elle pousse en conditions salines (Alem *et al.*, 2001).

### **1. 6. 2. Compartimentation et exclusion**

Selon Hanana *et al.*, (2011). Il existe deux principales stratégies que les plantes utilisent pour faire à la salinité ; la compartimentation des ions toxiques au sein de la vacuole celle-ci consiste à évacuer de cytoplasme les ions Na<sup>+</sup> en excès vers la vacuole afin d'éviter leur effet toxique et inhibiteur à l'encontre des processus enzymatique et d'autre mécanisme

exclusion des ions toxique permettant aux plantes de survivre en condition de stress salin consiste à exclure le sodium du cytoplasme vers l'extérieur de la cellule et leur exclusion hors de la cellule d'autre part, les plantes modifient la composition de leur sève ; elles peuvent accumuler les ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  pour ajuster le potentiel hydrique des tissus, nécessaire pour maintenir la croissance. L'exclusion du sodium est réalisé par l'action combinée d'une série de protéines de types SOS (Salt Overly Sensitive). L'augmentation des concentrations vacuolaires de sodium induit la nécessité et le besoin d'élever la pression osmotique des autres compartiments cellulaires afin de maintenir leur volume c'est l'ajustement ionique. D'autres moyens non moins efficace tels que l'ajustement ionique afin de réduire et d'équilibrer la concentration des ions dans le but d'ajuster la pression osmotique au niveau du cytoplasme. Les ions chlorure et sodium entrent dans les plantes par les racines et sont véhiculés par le xylème jusqu'aux tiges et aux feuilles. Là, ils sont soit stockés (plantes de type incluser) soit peu retenus et reconduits par le phloème jusqu'aux racines (plante de type excluser) à l'intérieur des cellules, les ions sont accumulés dans la vacuole, tandis que le potentiel osmotique du cytoplasme est juste avec des solutés organique dits compatibles ; composées aminées, sucre, et polyols (CHahbar, 2008).

### **1. 6. 3. 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) Au niveau des feuilles, ce phénomène est associé à une baisse de turgescence, suite à une diminution du gradient de potentiel hydrique entre la plante et le milieu. La compartimentation des ions entre les organes (racines/ partie aérienne) les tissue (épiderme/ mésophile), ou encore entre les compartiments cellulaires (vacuoles/ cytoplasmes) est l'un des mécanismes d'adaptation à la contrainte (Ouerghi et al., 2000).

Dès lors, une des stratégies d'adaptation consiste à synthétiser des osmo protecteurs, principalement des composés aminés et des sucres et à les accumuler dans le cytoplasme et les organites. Ces osmolytes peuvent adhérer à la surface des protéines et des membranes pour les protéger de la déshydratation une autre fonction attribuée à ces osmolytes constitue la

protection contre l'action des radicaux oxygénés suite au stress salin. Sous condition de concentrations élevées de sodium, le potentiel osmotique de cytoplasme doit être équilibré à celui de la vacuole et du milieu extérieur afin de maintenir la turgescence cellulaire et l'absorption d'eau nécessaire à la croissance cellulaire. Cela nécessite une augmentation des teneurs en osmolytes dans le cytoplasme, soit par synthèse des solutés, soit par leur absorption de la solution du sol (Hanana *et al.*, 2011).

Au niveau de la physiologie de la plante, elles suscitent des réactions de défense se traduisent par l'augmentation de nombreux composés tels que les sucres réducteurs, les protéines et les polyphénols (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). La réduction de la croissance peut résulter de l'augmentation de la concentration en acide abscissique dans la partie aérienne ou d'une réduction des concentrations en cytokines (Ibn Maaouia-Hoouimli *et al.*, 2011).

Hamrouni *et al.*, (2011) ont montré d'autres mécanismes tels que la signalisation de stress et de protection cellulaire via l'augmentation des teneurs en calcium au niveau des feuilles. Les principales voies empruntées lors de la signalisation du stress salin sont celles du calcium, de l'acide abscissique ABA, des « Mitogen Activated Protein Kinases. MAPkinase, des protéines Salt Overly Sensitive (SOS), et de l'éthylène (Hanana *et al.*, 2011).

#### **1.6. 4. Fonctionnement cellulaire**

Le transport des ions à travers la membrane plasmique et le tonoplaste semble jouer un rôle important dans le mécanisme par lequel la cellule peut maintenir un bon rapport  $K^+/Na^+$  dans le cytoplasme (Alem *et al.*, 2001) Grâce à la présence d'ions contributeurs à une réduction des pertes d'eau et au maintien de la turgescence cellulaire ; parmi les ions, la  $Na^+$  et le  $K^+$  jouent un rôle clef dans le processus d'osmoregulation de la cellule et accompagnent les ions organiques dans leur accumulation et leur migration, le  $Ca^{+2}$  assure une fonction clef dans le signal de la réponse au stress conduisant à l'adaptation de la plante (Kaci *et al.*, 2012). Ainsi pour s'adapter au manque d'eau et maintenir l'hydratation et la turgescence de ses tissus la plante va par exemple faciliter l'entrée d'eau au niveau des racines, l'absorption d'eau peut être facilitée notamment en augmentant la conductivité hydraulique (composition membranaire) ou en effectuant un ajustement osmotique (contrôles des concentrations en solutés) (Boubakeur, 2008).

### 1.6. 5. Synthèse et accumulation des sucres solubles

Les sucres étaient stimulés par un stress salin chez différents espèces végétales. Une forte corrélation a été établie entre l'accumulation des sucres et le niveau de tolérance à la salinité. Les sucres pourraient agir en tant qu'osmoticum, protéger des macromolécules spécifiques (enzymes) et contribuer à la stabilité des structures membranaires (Hanana et al., 2011) elles interviennent dans la croissance est certainement le saccharose mais d'autres rôle lui sont attribués dans les mécanismes de régulation de l'expression des gènes (Chaumeil, 2006). La teneur des sucres solubles augmente progressivement et régulièrement quel que soit le niveau de stress (Berka et Aïd, 2009).

### 1.6.6. Contrôle membranaire

Les membranes plasmiques et vacuolaire constituent les barrières perméables à travers les quelles a lieu le passage sélectif des ions, contribuant à l'homéostasie ionique cellulaire et au contrôle du PH, le contrôle de cette homéostasie à l'échelle de chaque organe et de chaque cellule est principalement atteint grâce à des systèmes de transport d'ions, les transporteurs membranaires NHX représentent une famille d'antiports jouant un rôle important dans divers processus physiologique notamment la régulation de la prolifération cellulaire, l'homéostasie ionique, l'osmoregulation (Hanana et al., 2009).

La localisation des ions  $\text{Na}^+$  dans les vacuoles est un mécanisme efficace pour éviter les effets toxiques de ces ions dans le cytosol, leurs transport dans les vacuoles est faciliter par les cations  $\text{H}^+$ / anti porteurs qui sont inspirées par le gradient électrochimique des protons génères par des enzymes vacuolaires  $\text{H}^+$ -translocation, la  $\text{H}^+$ -ATPase et la  $\text{H}^+$ -PPase ces phosphatases génèrent le gradient des protons nécessaires requises pour l'activité de la  $\text{Na}^+/\text{H}^+$ - antiporteurs. La caractérisation fonctionnelle de  $\text{N}^+/\text{H}^+$  antiporteurs vacuolaires TNHX1 et H-PPas et la pompe TVP1. L'expression SOS1 (Save Overly Sensitive) fonctionne comme un antiporteur  $\text{Na}^+/\text{H}^+$  sur la membrane plasmique (Benderradji et al., 2010).

Selon Alem et al., (2001), le transport des ions à travers la membrane plasmique et le tonoplaste semble jouer un rôle important dans le mécanisme par lequel la cellule peut maintenir un bon rapport  $\text{K}^+/\text{Na}^+$  dans le cytoplasme. et Alem et al., (2005) signalant que divers système de protection des membranes dans les conditions de stress salin qui sont des peroxydases, des antioxydants, des systèmes de détoxification jusqu'à la biogenèse des

membranes, tentent de limiter les perturbations des propriétés physicochimiques des membranes et de leur conserver un niveau de stabilité adéquat.

### **1.7. Mécanismes adaptatives au stress hydrique**

Divers mécanismes physiologiques sont utilisés par les céréales pour s'adapter à son environnement (Fellah *et al.*, 2002). Selon Pelletier (2013), elles peuvent échapper au période de l'année ou le stress se produirait en raccourcissant leur cycle de développement achevant la phase de reproduction avant que le stress physiologique du déficit hydrique ne vienne la perturber voire l'interrompre les variétés adaptées aux régions arides ont cette capacité de réaliser un cycle précoce et court, ce qui a cependant pour contrepartie de réduire le rendement. Elles peuvent éviter le stress, c'est-à-dire résister à un épisode sera minimisée par la fermeture des stomates, par un port dressé ou l'enroulement des feuilles pour limiter l'énergie lumineuse incidente. La densification des trichomes, poils de structure parfois complexe à la surface des feuilles, ou leur chute programmée dès qu'elles ont atteint l'âge adulte sont de nature à limiter fortement ces pertes. Les plantes vont également chercher à économiser l'eau et maximiser son absorption en recyclant des métabolites ce qui économise l'eau qui aurait été nécessaire à leur néo synthèse, la plasticité du système racinaire et ses capacités d'expansion en profondeur dans les couches du sol encore humides est particulièrement importante dans les zones semi-arides ou l'essentiel des gains de productivité tient à l'amélioration génétique de ce trait.

Enfin les plantes vont tenter de tolérer le stress une fois établi certains ont développé un certain nombre de mécanismes qui leur permettent de retarder, voire de supporter la déshydratation de leurs tissus et à l'extrême, survivre à l'état déshydraté en accumulant certains métabolites solubles comme le tréhalose.

Deux stratégie adaptation ; l'esquive permet à la plante de réduire ou d'annuler les effets de la contrainte hydrique par une bonne adaptation de son cycle de culture à la longueur de la saison des pluies, la stratégie de l'évitement est principalement liée d'une part, à la réduction de la transpiration et d'autre part, à une optimisation de l'absorption d'eau par les racines la diminution de la transcription est principalement liée à la fermeture des stomates (Grieu *et al.*, 2008). La résistance ou la tolérance à la déshydratation est liée à une aptitude plus ou moins grande du génotype à maintenir l'intégrité de ses structures (membranes) et de ses fonctions (photosynthèse) (Monneveux, 1991).

Les variétés capables d'échapper à la sécheresse intervenant lors du remplissage et de la maturation du grain. en d'autres termes capables d'éviter l'échaudage consécutif à l'action du manque d'eau et des hautes températures en fin de cycle. et soit des variétés capables de tolérer ; cette tolérance correspond à une capacité de la plante à maintenir ses activités métaboliques et reprendre de façon normale et soit des variétés capables de résister , cette résistance constitutionnelle, serait liée au rôle conjuguée et souvent complémentaire de facteurs morphologiques ou biochimiques intervenant au niveau de la plante entière et au niveau cellulaire (Monneveux et Nemmar, 1986). Deux autres termes qui demandent à être expliquées sont adaptation et acclimatation, adaptation se rapporte à des modifications de structure ou de fonction héritables, qui augmentent l'adéquation de l'organisme dans un environnement stressant. et l'acclimatation, par ailleurs se rapporte à des modifications physiologiques non héritables, qui interviennent au cours de la vie d'un individu. Le processus d'acclimatation à un stress est appelée résistance et les plantes qui se sont acclimatées à un stress sont dites résistantes. Enfin une autre controverse concernant la terminologie porte sur le mot stratégie. Le terme stratégie est souvent utilisé pour décrire la façon dont une plante apporte une réponse positive à un stress particulier (Hopkins, 2003).

La plante adopte deux types de stratégies selon l'ampleur et la durée du déficit hydrique ; une première réponse par la fermeture des stomates avant que l'état hydrique de la feuille ne soit altéré, si le déficit s'amplifie et que le statut hydrique de la feuille est affecté ; une deuxième réponse, impliquant une synthèse d'ABA au niveau racinaire, induit des changements au niveau de l'initiation et de l'élongation foliaire, ce qui se répercute sur la taille des feuilles (Alem et al., 2002).

### **1.7. 1. Ajustement osmotique ou Osmorégulation**

De très nombreux composés organiques et minéraux interviennent dans l'ajustement osmotique (El Midaoui et al., 2007). L'ajustement osmotique est un paramètre essentiel de la résistance au stress. L'augmentation du potentiel osmotique peut être obtenue par accumulation d'ions dans la cellule, les cellules peuvent compartimenter ces ions dans la vacuole mais aussi produire des composés organiques qui en plus du rôle d'osmolytes, vont pouvoir offrir une osmo protection en stabilisant les protéines (Chaumeil, 2006). Ce mécanisme permet de maintenir la conductance stomatique et la photosynthèse à des potentiels hydrique bas (Clavel et al., 2005). La capacité d'ajustement osmotique d'un végétal est liée à sa capacité à accumuler, au niveau symplasmique et de manière active. Des

substances de faible poids moléculaire (proline et sucres solubles) l'ajustement osmotique permet aussi une protection des membranes et des systèmes enzymatiques (Berka et Aïd, 2009). Le maintien de la turgescence permet à la plante de maintenir ses fonctions physiologiques malgré une dégradation de l'état hydrique des tissus au niveau cellulaire le processus implique dans le maintien de la turgescence l'ajustement osmotique (Maury et al., 2011). En condition de salinité cet ajustement osmotique est réalisée par prélèvement d'ions ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{k}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ , etc) dans le milieu externe et par synthèse de substance organiques tels que des sucres, alcools, acides aminées, et autres composées azotes comme la glycine betaine (Houchi et Coudret, 1994)

### **1. 7. 2. Régulation stomatique**

Les stomates jouent un rôle fondamental dans la régulation des pertes en eau de l'appareil foliaire. Cependant la fermeture stomatique réduit l'assimilation du  $\text{CO}_2$  et conduit inévitablement à une réduction de l'activité photosynthétique, la fermeture des stomates est contrôlée par un signal hormonal, l'acide abscissique ou ABA (Clavel et al., 2005). Est un mécanisme physiologique qui permet le maintien d'un potentiel hydrique foliaire élevée, tout en réduisant les pertes en eau lors d'un déficit hydrique cette régulation dépend de l'espèce et des conditions climatiques. Elle peut être totale ou partielle, assurant ainsi là pour suite des processus vitaux tels que la photosynthèse et la transpiration (Berka et Aïd, 2009). La plante peut réduire sa transpiration en fermant ses stomates la régulation de la conductance stomatique reste le mécanisme majeur intervenant à court terme pour limiter les pertes d'eau ; le potentiel hydrique foliaire sera maintenu d'autant plus longtemps que la fermeture des stomates est précoce, celle-ci peut intervenir à des potentiels hydriques foliaires différents en fonction du génotype. La régulation dépend, à un instant donnée, du potentiel hydrique foliaire et de l'humidité de l'air au champ (Grieu et al., 2008 ; Maury et al., 2011).

L'ABA induit la fermeture rapide des stomates et empêche leur réouverture lors d'un stress hydrique (Belin, 2006) et interviennent dans la régulation de l'expression de nombreux gènes lors d'un déficit hydrique, les gènes induits par l'ABA sont souvent des gènes codants pour des protéines de type LEA (Late-Embryogenesis-Abundant) mais également des gènes impliqués dans la synthèse d'osmolytes et dans la perméabilité membranaire (Maury et al., 2011)

### 1.7. 3. Stabilité des membranes cellulaires

Le mécanisme de tolérance des membranes cellulaires s'exprime lorsque ces dispositifs périphériques de protection des cellules ne sont plus efficaces, le caractère de tolérance sensu stricto le plus connu est la résistance membranaire ou résistance protoplasmique. La tolérance membranaire s'exprime à un niveau particulièrement important chez les plantes dites de résurrection qui peut reconstituer leurs membranes après des périodes de plusieurs semaines de déshydratation chez les céréales l'existence d'une relation entre dégâts membranaires et tolérance à la sécheresse semble dépendre des génotypes utilisés (Clavel *et al.*, 2005).

Les plantes se doivent de maintenir leur statut hydrique, tout au long de leur développement et dans des conditions environnementales (Maurel, 2009), les aquaporines sont des protéines transmembranaires qui facilitent le transport de l'eau à travers les membranes cellulaires (Planelles, 2011) forment la famille multigénique des Major Intrinsic Proteins (MIP) (Magali, 2010), manifestent des localisations subcellulaires différentes, au niveau de la membrane plasmique sous classe des Plasma Intrinsic Proteins (PIP) ou au niveau des membranes intracellulaires dont la membrane vacuolaire Tonoplast Intrinsic Proteins TIP (Maurel, 2009).

### 1. 7. 4. Synthèse et accumulation de proline

Accumulation de proline est une réaction de la plante vis-à-vis du stress, elle est nécessaire comme ajustement osmotique (osmoticum) dans l'alimentation hydrique des plantes et pourrait être considérée comme un critère approprié de la tolérance (Cheikh M'hamed *et al.*, 2008). En effet, la proline est l'un des acides aminés le plus accumulé dans des conditions de déficit hydrique (Berka et Aïd, 2009) elle serait synthétisée à partir de l'acide glutamique via l'acide 5 carboxylique 1 pyrroline (P5C) mais également via l'arginine et l'ornithine (Tahri *et al.*, 1998) La stratégie d'accumulation de proline libre a été rapportée chez plusieurs espèces, soumises à différentes contraintes du milieu incluant le tournesol, ainsi que le blé et l'orge (El Midaoui, 2007). En plus du rôle osmotique attribué à la proline celle-ci intervient dans la détoxification des formes actives d'oxygènes et la stabilisation des protéines, protégerait l'intégrité de la membrane plasmique (Hanana *et al.*, 2011). Selon Chaib et Benlaribi, (2015) la proline joue plusieurs fonctions osmoprotecteurs, antioxydant, régulateur de l'acidité cytosolique, et réserve de carbone et de nitrogène après disparition du stress, marqué de stress et caractère d'adaptation. Lors d'un déficit hydrique, la

fermeture des stomates réduit la disponibilité de CO<sub>2</sub> ce qui conduit à une réduction la disponibilité de l'activité du cycle de Calvin, par conséquent à une diminution de la consommation du pouvoir réducteur NADPH/H<sup>+</sup> l'activation de la biosynthèse de proline d'atténuer ce phénomène la synthèse de proline à partir du glutamate nécessite l'oxydation de deux NADPH<sup>+</sup> et NADP<sup>+</sup> (Benrejeb et al., 2012).

### **1.8 . Similitude entre les stress abiotiques**

La salinisation des sols et la sècheresse sont des facteurs limitatifs majeurs de la production agricole dans plusieurs pays méditerranéens (Benmahioul et al., 2009). La salinité entraîne un déficit hydrique chez les plantes, du au stress osmotique éventuellement couplé à des perturbations biochimiques induits par l'afflux d'ions sodium (Benidire et al., 2015).

La surproduction de formes actives d'oxygène est une caractéristique commune à plusieurs stress dont les stress osmotiques, l'accumulation des formes actives d'oxygènes (Active Oxygen Species) lors de tels stress est principalement due à une baisse de la fixation du CO<sub>2</sub> aboutissant à une libération plus importante d'électrons pour l'oxygène (Ali benali, 2004). L'un des principaux caractères physiologiques de tolérance aux contraintes du milieu est l'ajustement osmotique celui-ci est réalisé, grâce à une accumulation de composé osmorégulateurs conduisant à une réduction du potentiel osmotique permettant ainsi le maintien du potentiel de turgescence (El Midaoui, 2007) la proline est l'un des solutés compatibles le plus fréquemment accumule en réponse à des contraintes environnementales variées et jouer un rôle important dans la tolérance des plantes (Benrejeb et al., 2012).

# *Matériel et méthodes*

**Chapitre II : Matériel et méthodes**

**II. 1. Objectif de l’essai**

Notre travail a pour objectif de déterminer la variabilité génétique et l’influence de stress abiotiques matérialisés par la stabilité membranaire sur 05 variétés du blé tendre (*Triticum aestivum* L.) , à travers des paramètres morpho-physiologiques et biochimiques, et déterminer les différents mécanismes de tolérance et d’adaptations pour sélectionner les variétés les plus tolérantes qui feront par la suite l’objet d’un programme de sélection et/ ou de création des variétés adaptées à nos sols.

**II. 2. Conduite de l’expérimentation et matériel végétal**

L’essai a été réalisé au niveau de laboratoire de Biotechnologie végétale du département science de la nature et la vie de l’université de Mohamed BOUDIAF, M’sila. Le matériel végétal utilisé dans cette étude sont des graines de 05 variétés de blé tendre (*T. aestivum* L.), ces graines nous ont été fournies gracieusement par l’ITGC de Sétif (Tableau 02).

**Tableau 02 :** Caractéristiques de variétés utilisées. Selon [Abdelguerfi et Laouar., \(2000\)](#).

N°	Variété	Pays d’origine	Caractéristiques des variétés
1	Ain Abid	Espagne en 1986	-Cycle végétatif semi précoce. -Très bonne productivité tolérante à la gelée.
2	Anza	USA(Californie), sélection ITGC, 1974	-Cycle végétatif à semer de la mi-novembre à la mi-décembre -Très bonne productivité.
3	ARZ	CIMMYT, sélection ITGC (El Khroub, 1978)	-Cycle végétatif précoce forte tallage. -Sensible à la rouille brune et jaune. -Tolérante à la fusariose.
4	Mahon Démias	Iles Baléares, sélection Sidi Bel Abbés	-Rustique tardif et effort tallage.
5	Hidhab 1220	CIMMYT, sélection ITGC 1985	-présente de bonnes caractéristiques technologiques pour la panification

### II. 3. Protocole expérimentale

Le protocole expérimental adopté pour ce travail est un protocole randomisé à trois répétitions avec deux facteurs: le premier facteur est la variété avec cinq modalités (Ain Abid, Anza, ARZ, Mahon Démiàs et Hidhab 1220) ; le deuxième est le type de stress (avec trois modalités : Stress salin, et hydrique) dont le traitement par le stress salin est effectué selon trois concentration en NaCl (50mM, 100mM, 150mM) ; et par polyéthylène glycol 10% (PEG 6000, 10%) à différentes périodes (24h, 36h, 48h).

Notre travail a été constitué de deux parties, la première partie est réservée à l’essai de germination, et la seconde partie est consacrée à l’étude de la croissance. L’essai de la germination a été réalisé comme suit : les graines de 05 variétés de blé tendre ; Ain Abid, HD1220, MD, Arz, Anza ont été mises pour une pré-germination pendant 48h à l’obscurité sur papier filtre imbibé de l’eau distillée, dans des boîtes de pétri à raison de 10 graines par boîte. La stérilisation est effectuée auparavant par l’eau de javel à 6% pendant 10 min, suivie d’un rinçage à l’eau distillée par 03 fois. Les boîtes de pétri sont enfin mises dans un étuve à 23°C, et sont observées quotidiennement pour suivre la cinétique de la germination.

Selon [Mrani Alaoui et al., \(2000\)](#), la germination est repérée par la sortie de la racicule hors des téguments de la graine dont la longueur est d’au moins 2mm. L’essai de croissance a été réalisé après la levée.

#### II. 3. 1. Application du stress en milieu hydroponique

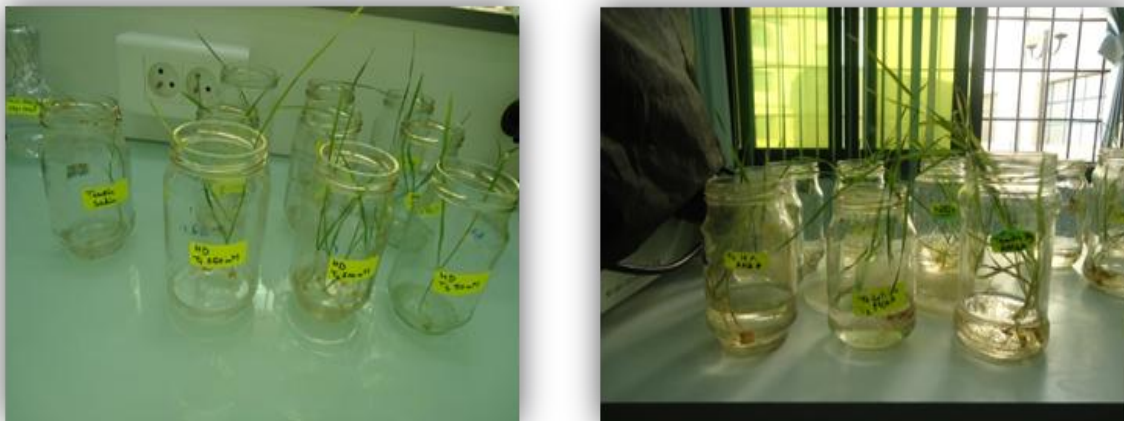
Les plantules issues de la germination atteignant le stade de 3 feuilles, ont été imposés à un stress salin (0mM, 50mM, 100mM, 150mM) pendant 3 jours en milieu hydroponique et le stress hydrique est appliqué en utilisant une solution de polyéthylène glycol (PEG6000, 10%) pendant 24h, 36h, 48h.

	Na cl			Témoin
mM	50mM	100mM	150mM	l’eau distillé
g/l	2.9g/l	5.8g/l	8.7g/l	

Application du stress salin.

	PEG à 10%			Témoin
durée	24h	36h	48h	l’eau distille

Application du stress hydrique.



**Figure 03 : Application des stress en milieu Hydroponique.**

## **II. 4. Suivi et notations**

### **II. 4. 1. Paramètres morphologiques**

#### **II. 4. 1. 1. Taux de germination**

La germination est notée après le 10<sup>ième</sup> jour, il est exprimé par le rapport :

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



**Figure 04 : Germination des graines de blé tendre.**

#### 4. 1. 2. Longueur et nombre de racines

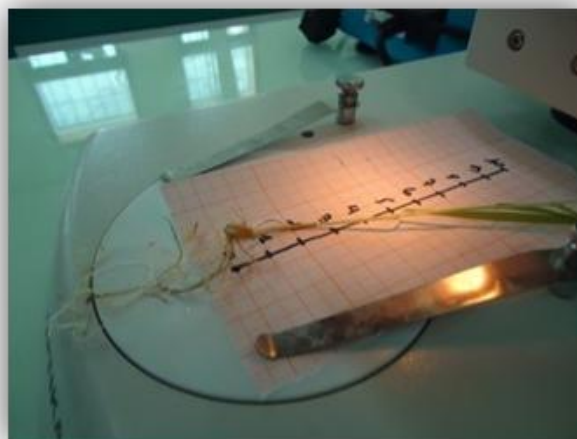
La longueur des racines est déterminée comme étant la longueur de la racine la plus longue, les mesures ont été mesurés à l'aide d'une réglette graduée et ce pour évaluer la croissance de la plante vis -à-vis du stress.



**Figure 05 : La longueur des racines.**

#### II. 4. 1. 3. Longueur de l'épicotyle

La longueur est mesurée à partir de la couronne ou premier nœud jusqu'à la sortie de la première vraie feuille.



**Figure 06: La longueur de l'épicotyle.**

#### II. 4. 1. 4. Surface foliaire

La mesure de surface foliaire par la formule suivante :  $SF (cm^2) = (L. l) \times 0.709$ .  
Où L= longueur de la feuille et l = largeur de la feuille, alors que 0.709 c'est le coefficient constant.

## II. 4. 2. Paramètres physiologiques

### II. 4. 2. 1. Teneur en chlorophylle

La chlorophylle est le pigment vert qui permet aux plantes de photo synthétiser, à travers la photosynthèse, qui utilise l'énergie lumineuse pour convertir le dioxyde de carbone et l'eau en composants de bases pour 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. Le temps de mesure est très rapide, soit environ trois seconde par mesure. Pour chaque plante, trois mesure de la teneur en chlorophylle sont prises à l'aide du chlorophylle-mètre, pour les calculs seule la moyenne des trois mesures est utilisée (Temagout, 2009).



**Figure 07: Chlorophylle mètre CCM 200.**

### II. 4. 2. 2. Teneur en proline

La proline a été dosée par la méthode de [Troll et Lindsley \(1955\)](#), modifiée par [Monneveux et Nemmar \(1986\)](#). Cette méthode se base sur la coloration rouge produite par l'interaction de la proline avec la ninhydrine dans un tampon acide.

100 mg de matériel végétal est prélevée puis mis dans des tubes à essai, auquel on ajoute 2ml de méthanol à 40%, le tout est chauffé à 85°C dans un bain marie pendant 60 mn (les tubes sont recouverts de papier aluminium pendant le chauffage pour éviter la volatilisation de l'alcool). Après refroidissement, on prélève 1ml d'extrait auquel est ajouté 1ml d'acide acétique ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), 1ml d'un mélange contenant (12ml d'eau distillée, 30ml d'acide acétique, 80ml d'acide ortho phosphorique ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) densité 1.7) et 25 mg de la ninhydrine. La solution est portée à ébullition pendant 30mn, elle vire progressivement au rouge, après refroidissement, on ajoute 5ml de toluène à la solution, après agitation 2 phases se forment : la supérieure qui contient la proline est récupérer et déshydratée par l'adjonction de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  anhydre.

Enfin la densité optique est déterminée par un spectrophotomètre à la longueur d'onde 528nm. Les valeurs obtenues sont ensuite reportées sur la courbe d'étalonnage.



**Figure 08 : Dosage de proline.**

Le courbe étalonnage de la proline a été élaboré comme suit :

- ✓ Une première solution de proline S1 est préparée de la manière suivante :

20mg de proline sont mis dans une fiole jaugée de 100ml sur lequel on verse du méthanol à 40% jusqu'à atteindre 100ml.

- ✓ Une deuxième solution de proline S2 est préparée de la manière suivante :

- 10ml de la solution mère S1 est porté dans une nouvelle fiole jaugée de 100ml, on ajuste à 100ml avec méthanol 40%, on obtient une solution S2 de 20 $\mu$ g/ml de proline.
- 10 fioles jaugées de capacité 10ml sont prises et numérotées de 1 à 10.

On porte dans chacune d'elle 1 à 10ml de la solution S2, puis chacune est ajustée à 10ml avec du méthanol 40%.

- Ensuite 11 tubes à essai sont numérotés de T0 à T10 dont chacun contiendra : 1ml du méthanol qui servira à faire le zéro à la lecture de la DO.

T1= 1ml prélevé de la fiole n°1, soit 2 $\mu$ g de proline

T2= 1ml prélevé de la fiole n°2, soit 4 $\mu$ g de proline

T3= 1ml prélevé de la fiole n°3, soit 6 $\mu$ g de proline

T4= 1ml prélevé de la fiole n°4, soit 8 $\mu$ g de proline

T5= 1ml prélevé de la fiole n°5, soit 10 $\mu$ g de proline

T6= 1ml prélevé de la fiole n°6, soit 12 $\mu$ g de proline

T7= 1ml prélevé de la fiole n°7, soit 14 $\mu$ g de proline

T8= 1ml prélevé de la fiole n°8, soit 16 $\mu$ g de proline

T9= 1ml prélevé de la fiole n°9, soit 18 $\mu$ g de proline

T10= 1ml prélevé de la fiole n°10, soit 20µg de proline

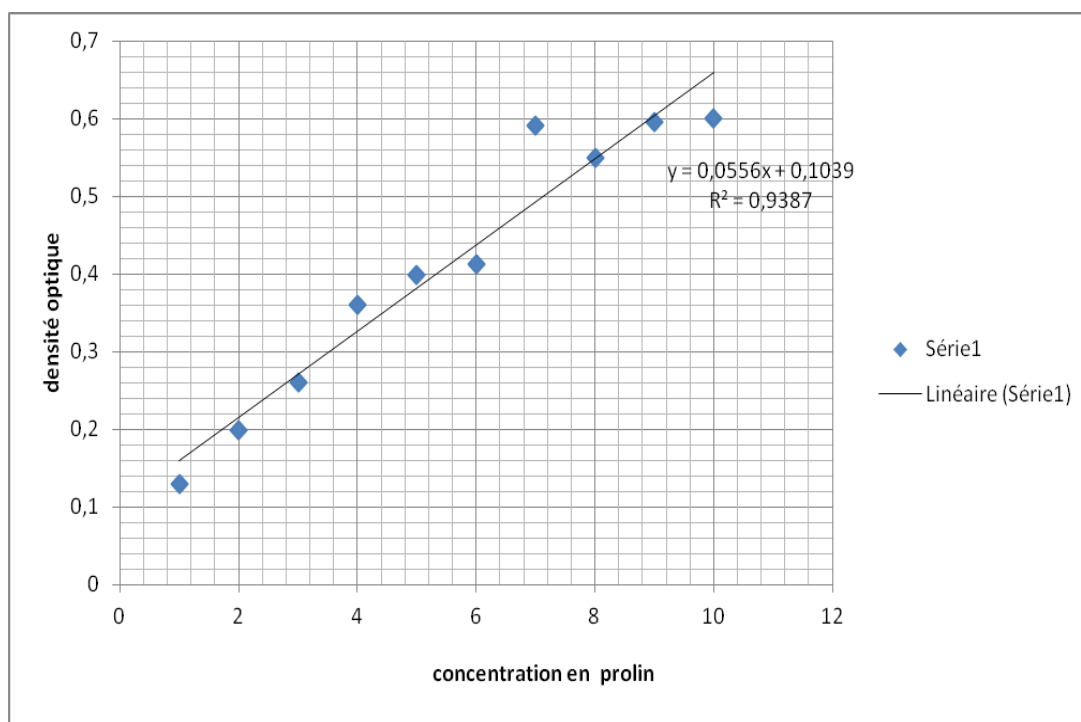


Figure 09 : Courbe étalonnage de proline.

#### II. 4. 2. 3. Teneur en sucres solubles

Les sucres solubles sont dosés par la méthode du phénol [Dubois et al., 1956](#), simplifiée et mise au point par [Bendarradji et al., 2016](#) ; le principe de la réaction est basée sur la coloration des produits de dégradation des oses neutres par l'acide sulfurique qui, très concentré, transforme à chaud les glucides en dérivés sulfuriques se colorant en jaune orange avec le phénol.

Elle consiste à prendre 100mg de matière fraîche placées dans des tubes à essais, on ajoute 3ml éthanol à 80% pour faire l'extraction des sucres.

On laisse 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 on ajoute 20 ml d'eau distillée à l'extrait c'est la solution à analyser. Dans des tubes à essais propres, on met 2 ml de la solution à analyser, on ajoute 1 ml de phénol à 5% (le phénol est diluée dans l'eau distillée).

On enfin on ajoute rapidement 5ml acide sulfurique concentrée 96% ( $H_2SO_4$ ) à l'aide d'une burette en évitant de verser de l'acide contre les parois du tubes. On obtient, une solution jaune-orange à la surface on passe au vortex pour homogénéiser la couleur de la solution. On laisse les tubes pendant 10 à 20 mn à une température de 30°C. Les mesures d'absorbances

sont effectuées à une longueur d'ondes de 485nm. Les valeurs des densités optiques sont rapportées sur courbe étalon des sucres solubles exprimés en glucose.



**Figure 10 : Dosage des sucres solubles.**

Le courbe étalonnage des sucres solubles a été élaboré selon la méthode suivante :

Une première solution S1 est préparée de la manière suivante :

- 100mg de glucose sont portés dans une fiole jugée de 100ml complétée à 100ml avec de l'éthanol 80% c'est la solution S1 ; Ensuite on prélève 10ml de la solution S1 qu'on porte dans une fiole jugée, complétée à 100ml de l'éthanol 80%, on obtient une solution mère S2 de concentration en glucose égale à 100mg/ml ;
- 10 fioles jaugées de capacité 10ml sont prises et numérotées de 1 à 10, dans lesquelles on met respectivement de 1ml à 10ml (à l'aide d'une pipette de 10ml) puis ajustées à 10ml avec de l'éthanol 80% ;
- 11 tubes à essais sont pris et numérotés de T0 à T10

T0 contient 2ml éthanol 80% qui servira à faire le zéro lors de la lecture des densités optiques

T1= 2ml prélevé de la fiole n°1, soit 10 $\mu$ g de glucose

T2= 2ml prélevé de la fiole n°2, soit 20 $\mu$ g de glucose

T3= 2ml prélevé de la fiole n°3, soit 30 $\mu$ g de glucose

T4= 2ml prélevé de la fiole n°4, soit 40 $\mu$ g de glucose

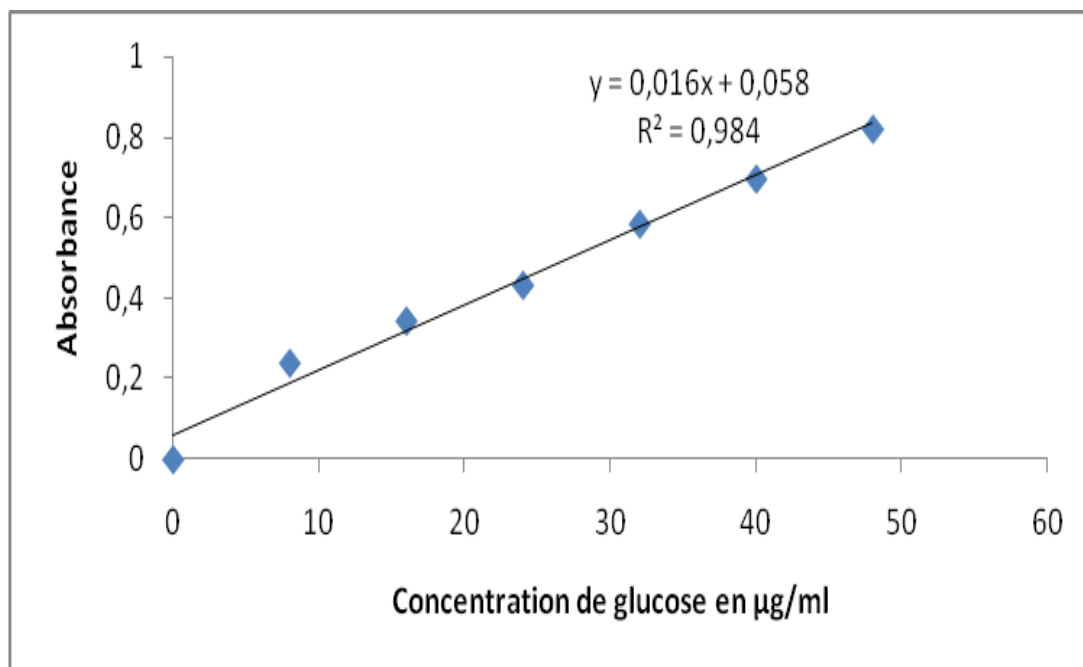
T5= 2ml prélevé de la fiole n°5, soit 50 $\mu$ g de glucose

T6= 2ml prélevé de la fiole n°6, soit 60 $\mu$ g de glucose

T7= 2ml prélevé de la fiole n°7, soit 70µg de glucose

T8= 2ml prélevé de la fiole n°8, soit 80µg de glucose

T9= 2ml prélevé de la fiole n°9, soit 90µg de glucose



**Figure 11 : Courbe étalonnage des sucres solubles.**

# *Résultats et discussion*

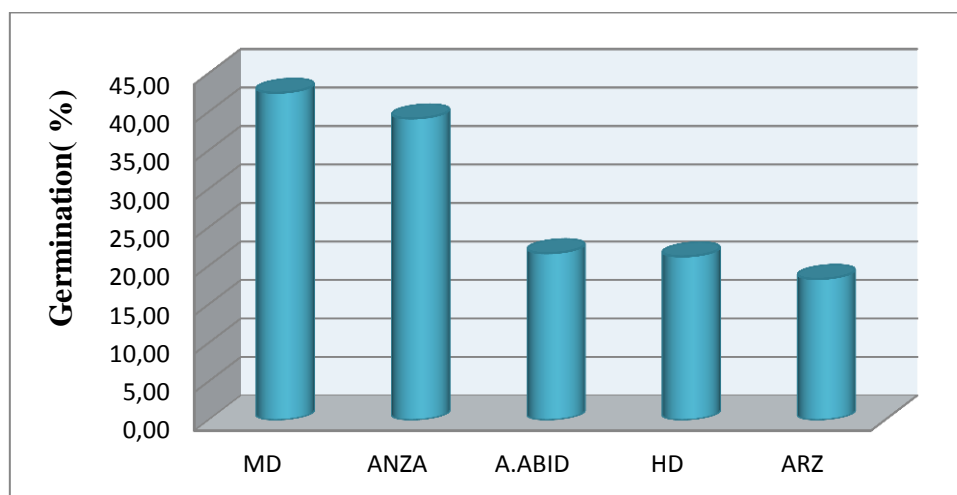
**Chapitre III : Résultats et discussion**

**III. I. Résultats**

**I. 1. Paramètres morphologiques**

**3.1.1. Le taux de germination des variétés étudiées de blé tendre (*Triticum aestivum* L.)**

On remarque que le taux de germination de cinq variétés dans cette résultats le pouvoir germinatif de variété MD, et Anza est plus élevées avec des moyennes TG% MD= 42,50% et pour Anza TG%=39.17% par rapport les autres variétés A ABID, HD, ARZ la diminution de taux germination à cause de la contamination, les causes responsable de cet problème par deux cause soit la stérilisation des graines ou le milieu nutritive pas stérile (Figure 12).



**Figure 12 :** Le taux de germination de cinq variétés de blé tendre.

**3.1.2. Effet de stress salin et hydrique sur la variété Anza**

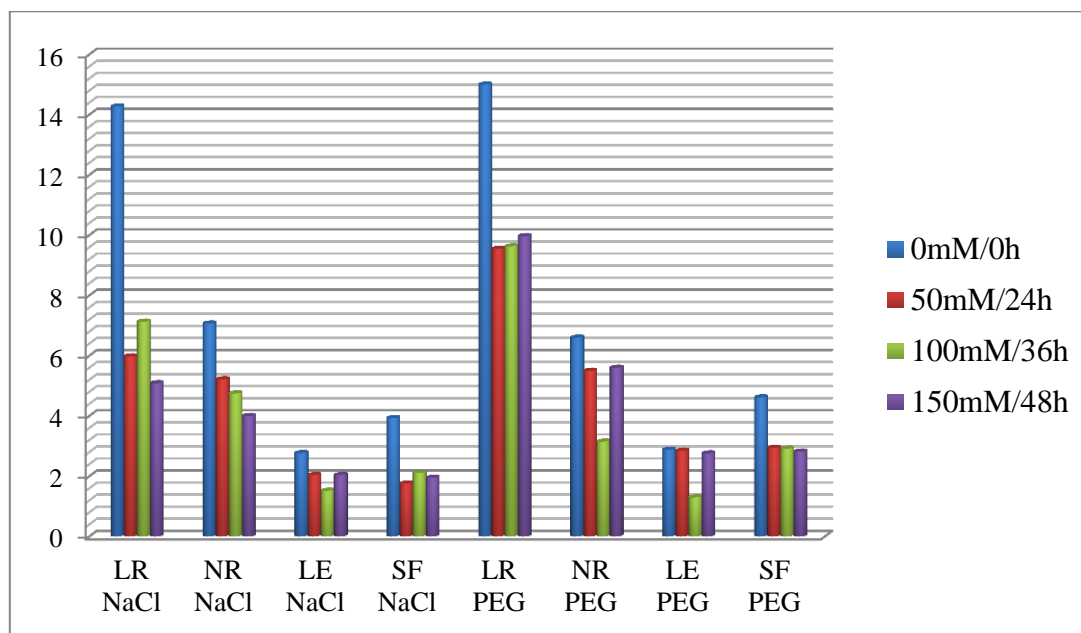
**a) Effet du stress salin**

On observe une réduction du système racinaire de variété Anza, nos résultats montrent qu'un stress salin de l'ordre modéré de 50mM NaCl affecte la longueur et le nombre de racines de variété Anza testée avec (LR =5,98cm et NR= 5,22). Pour un stress sévère (150mM NaCl), la longueur et le nombre de racines de génotype est sérieusement affectée avec (LR=5,09cm et NR=4) par rapport aux témoins.

**b) Effet du stress hydrique**

La durée de la contrainte hydrique moyenne le nombre de racines de génotype testée a subi une réduction importante par rapport aux témoins. Ces moyennes de nombre de racines après 48h sont de (NR=5,6). Et dans les mêmes résultats, on observe sur le plan élancement de la partie aérienne une réduction de LE aux plantes soumises à un stress moyenne après 36h de PEG.

Cette figure montre que les conditions salin et hydrique provoquent une réduction des caractères morphologiques de variété Anza, globalement on a trouvé dans cette étude que la variété Anza tolère la salinité et qu'elle est très sensible à la sécheresse (Figure13).



**Figure 13 :** Variation phénotypique de variété Anza soumises aux différentes concentrations de NaCl et différentes durées de PEG6000.

### 3.1.3. Effet de stress salin et hydrique sur la variété Ain Abid

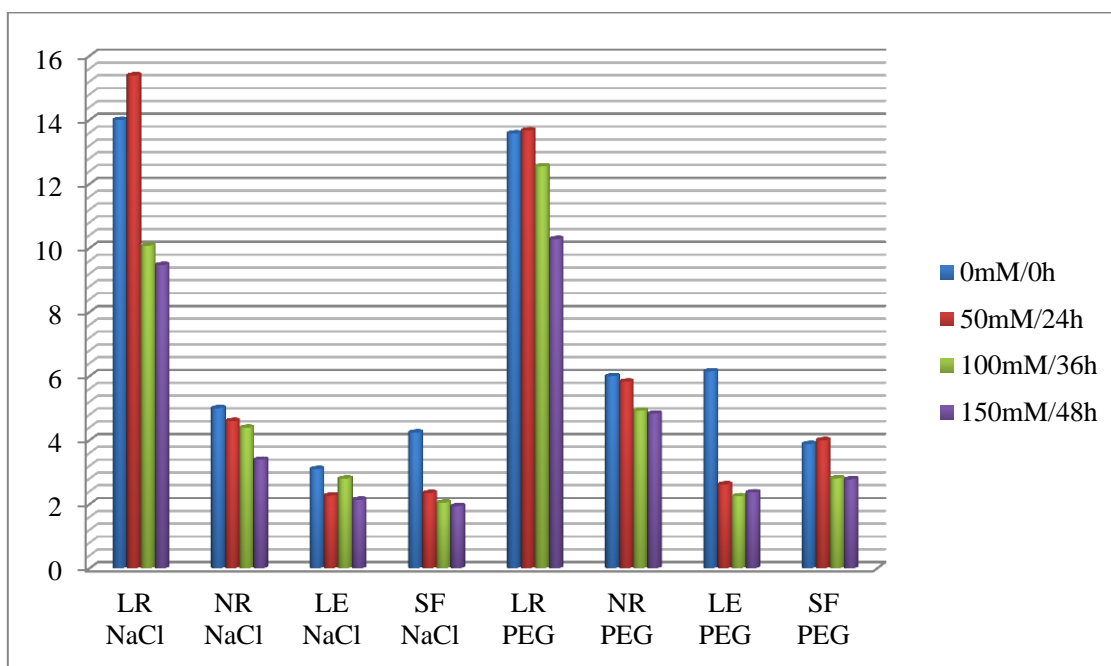
#### a) Effet du stress salin

L'analyse de celle-ci montre qu'en condition saline, la variété Ain Abid donne le meilleur développement racinaire à l'ordre de 50mM NaCl, et Pour un stress sévère (150mM NaCl), la longueur et le nombre de racines de géotype est affectée avec (LR=9,47cm et NR= 3,39) par rapport aux témoins. Nous avons observé pour le premier traitement 50mM que les valeurs obtenues sont SF=2,35cm<sup>2</sup> et pour le dernier traitement 150mM la SF=1,94cm<sup>2</sup> par rapport aux témoins. On enregistre les mêmes résultats pour le paramètre LE de cette variété.

#### b) Effet du stress hydrique

La durée de la contrainte hydrique a subi une réduction importante par rapport aux témoins ces moyennes de longueur et même le nombre de racines après 48h sont de (LR =10,28cm et NR=4,83). On remarque que dans ce milieu contenant PEG6000 à 24h des valeurs enregistrées sont statistiquement proches des valeurs obtenues chez les plantes témoins. Les mesures de la surface foliaire présentent aussi des variations quelle que soit la durée de PEG. Ceci montre une diminution importante de la taille des feuilles.

On peut dire que les stress salin et hydrique provoquent une diminution morphologique de variété Ain Abid. Ces résultats confirment la plus grande sensibilité du cultivar A.Abid au stress salin par rapport au stress hydrique (Figure 14).



**Figure14 :** Variation phénotypique de variété A.ABID soumises aux différentes concentrations de NaCl et différentes durées de PEG6000.

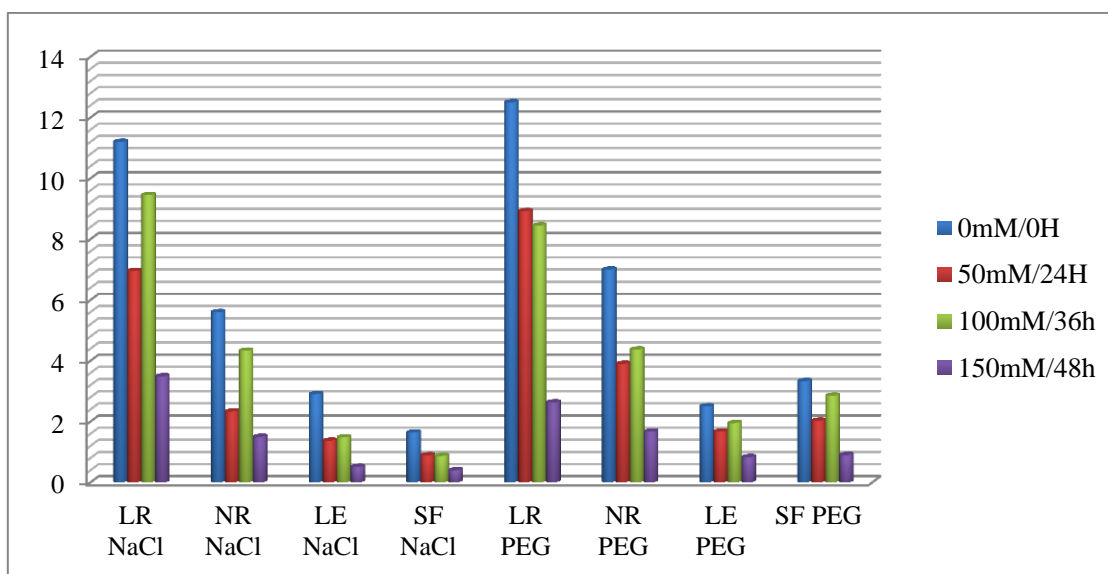
### 3.1.4. Effet de stress salin et hydrique sur la variété ARZ

#### a) Effet du stress salin

Nos résultats montre que la longueur et le nombre des racines est également affectée par le stress salin et hydrique de variété ARZ. On observe une diminution du système racinaire des plantes stressées par rapport aux témoins. Elle passe en stress moyenne (100mM) (LR=9,45cm et NR=4,33), ARZ présente une SF plus réduite à 100mM (SF=0,87 cm<sup>2</sup>). L'influence de NaCl inhibe la croissance dans la partie aérienne, cet effet est très marqué sur LE et SF de cette variété comparativement aux témoins.

#### b) Effet du stress hydrique

La variété ARZ présente une SF et LE plus réduite à 36h-PEG de moyenne SF=2,68 cm<sup>2</sup> et LE=1,95cm. Et pour le même durée de stress hydrique, on enregistre (LR=8,45 cm et NR= 4,12). Il s'avère qu'ARZ est sensible à la salinité et tolère la sécheresse (Figure 15).



**Figure 15 :** Variation phénotypique de variété ARZ soumises aux différentes concentrations de NaCl et différentes de durées de PEG6000.

### 3.1.5. Effet du stress salin et hydrique sur la variété MD

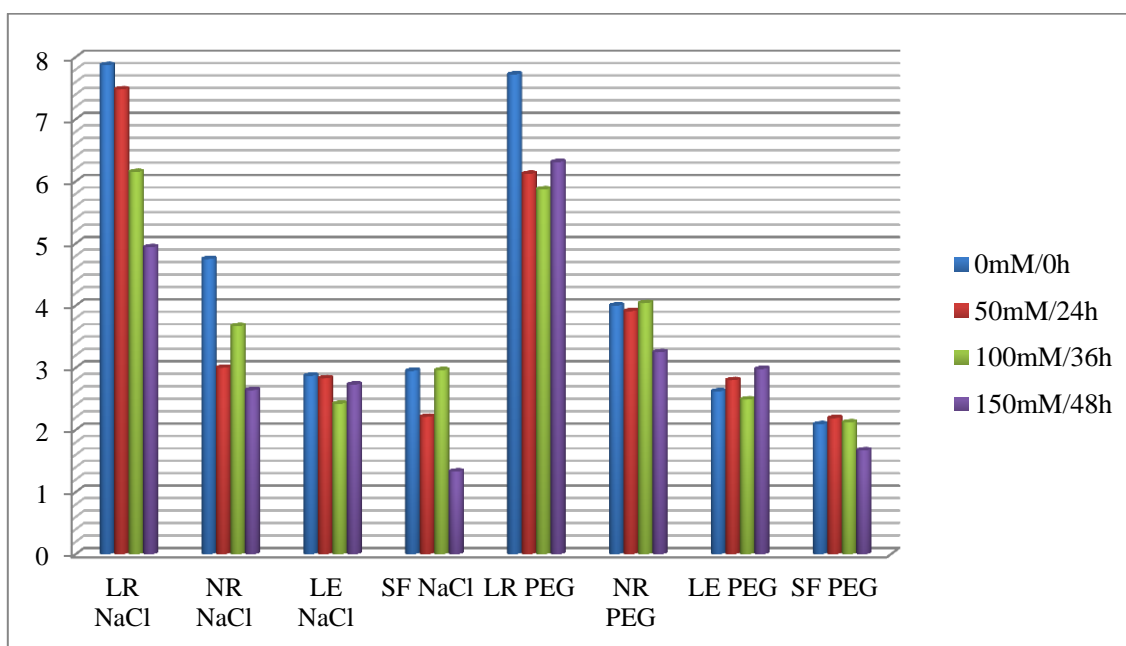
#### a) Effet du stress salin

Les résultats de l'étude du système racinaire sous différentes doses de sel et différentes durées de PEG6000 .montrent que la concentration 50mM à des valeurs (LR=7,48cm ; NR=3), sont statistiquement proches des valeurs obtenues chez les plantes témoins. On remarque que variété MD a pu maintenir un pourcentage d'allongement racinaire. On observe une diminution à stress sévère 150mM également affectée par le stress salin. Elles passent pour la concentration 150mM (LR=4,94cm et NR=2,64) comparativement au témoin (LR=7.87cm et NR= 4,75).

#### b) Effet du stress hydrique

On a enregistré des valeurs élevées à (LR=6,31 cm et NR=3,25) après 48h de la durée de stress hydrique. Et même pour la surface foliaire et la longueur de l'épicotyle.

Cette figure montre qu'un effet variable du stress salin et hydrique sur la croissance de la partie aérienne de variété MD par rapport au témoin. D'après ces résultats obtenus on a pu dire MD est sensible au stress salin et moyennement tolérant au stress hydrique (Figure16).



**Figure 16 :** Variation phénotypique de variété MD soumises aux différentes concentrations de NaCl et différentes durées de PEG6000.

### 3.1.6. Effet de stress salin et hydrique sur la variété HD

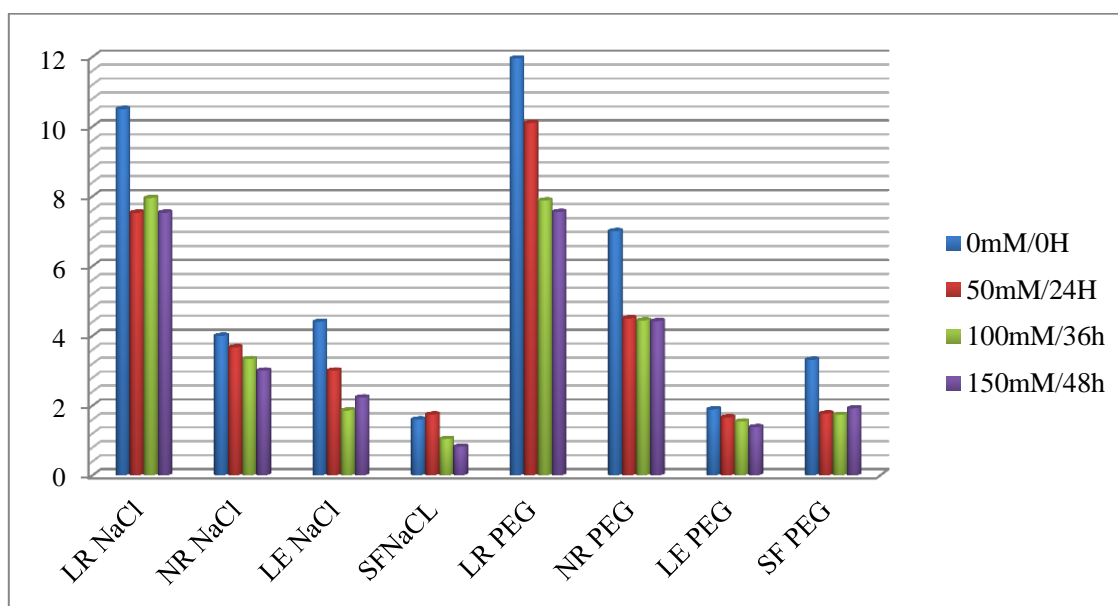
#### a) Effet du stress salin

Cette figure montre que les traitements salins sont également affectés sur les caractères morphologiques de variété HD. L'effet dépressif des concentrations en NaCl qui est supérieur à 50mM, concerne plus les organes aériennes que les racines particulièrement SF comparativement aux témoins. On enregistre les mêmes résultats pour LE de cette variété avec des valeurs SF=0.82cm<sup>2</sup> et LE=2.23cm par rapport aux témoins.

#### b) Effet du stress hydrique

L'effet de PEG qui est supérieur à 24h, concerne plus les organes aériennes que les racines particulièrement LE=1,38cm comparativement aux témoins. Et pour LR avec des valeurs LR=7,55cm au stress sévère 150mM de cette variété

Nos résultats montrent que le cultivar HD au stress salin une tolérance moyenne à la salinité et une sensibilité au stress hydrique (Figure17).



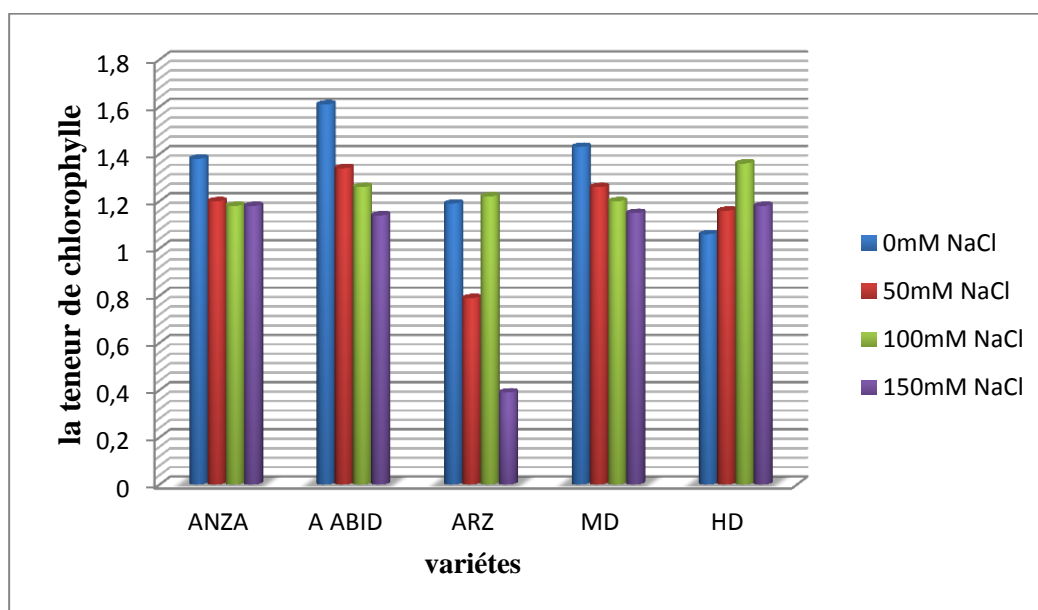
**Figure 17 :** Variation phénotypique de variété HD soumises aux différentes concentrations de NaCl et différentes duré de PEG6000.

## I. 2. Paramètres physiologiques

### 1.2.1. Effet du stress salin et hydrique sur la teneur en chlorophylle

#### a) Effet du stress salin sur la teneur de chlorophylle

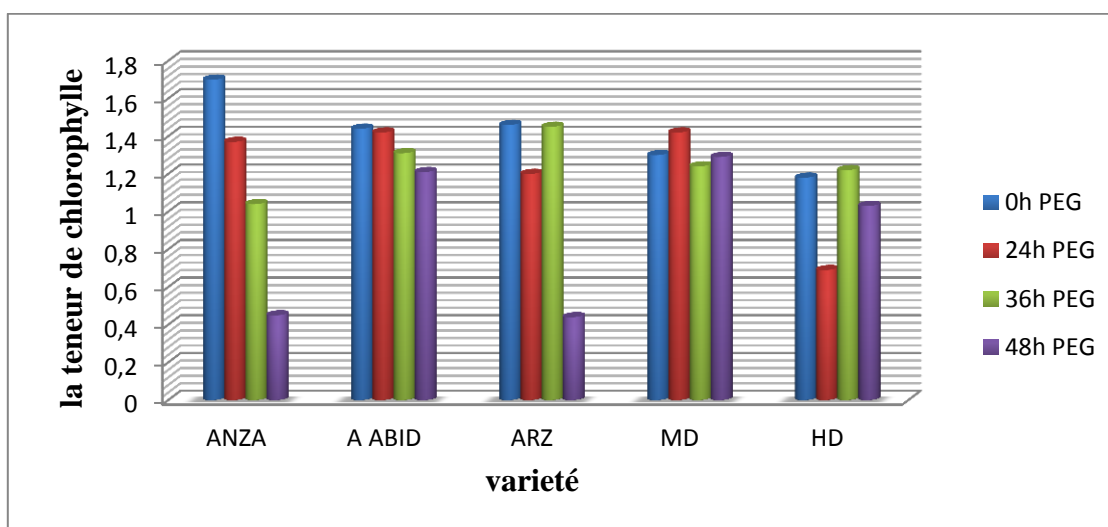
Ces résultats montrent que les teneurs en chlorophylles ont été réduites par l'effet de la salinité. Ainsi chez quelques-unes des variétés. Les réductions les plus importantes ont été notées en présence de 150mM NaCl. En général, l'effet du sel s'est traduit chez toutes les variétés de blé tendre par une chute marquée des teneurs de chlorophylle, cependant. Cette chute a été prononcée chez la variété AA pour (ICC=1,14). Lorsque le stress modéré (50mM), toutes les variétés subissent une diminution de leur teneur en chlorophylle. Les variétés Ain Abid, Anza, HD, MD ont montré une diminution par rapport à leur témoin et ont affiché des valeurs de réductions de (ICC= 1,14 ; 1,16 ; 1,15 ; 1,15) respectivement. Alors que, ARZ semble être la moins touchée et a affiché une valeur (ICC=1,18) par rapport à son témoin respectif. Lorsque le stress modéré 50mM la teneur est encore plus affectée surtout pour le cas de HD dont la teneur de réductions est (ICC=1,09) par rapport à celle du témoin (ICC=1,19) (Figure18).



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

**b) Effet du stress hydrique sur la teneur en chlorophylle**

On remarque dans ces résultats, La plus grande valeur est de ICC enregistrée chez le génotype ARZ et Anza de stress moyenne durée 36h (ICC=1,55 et ICC= 1,45). Il en résulte que toutes les plantes témoins les teneurs en chlorophylles sont restées plus importantes, comparativement à celles des plantes de soumises au stress hydrique. La réduction des teneurs en chlorophylle la plus importante a été notée chez les variétés A ABID, HD avec (ICC=1,08 et ICC=1,03) par rapport au témoin. Et des diminutions de stress sévère respectivement marquées chez toutes les variétés ayant été irrigués avec des solutions nutritives contenant PEG6000 (Figure 19).

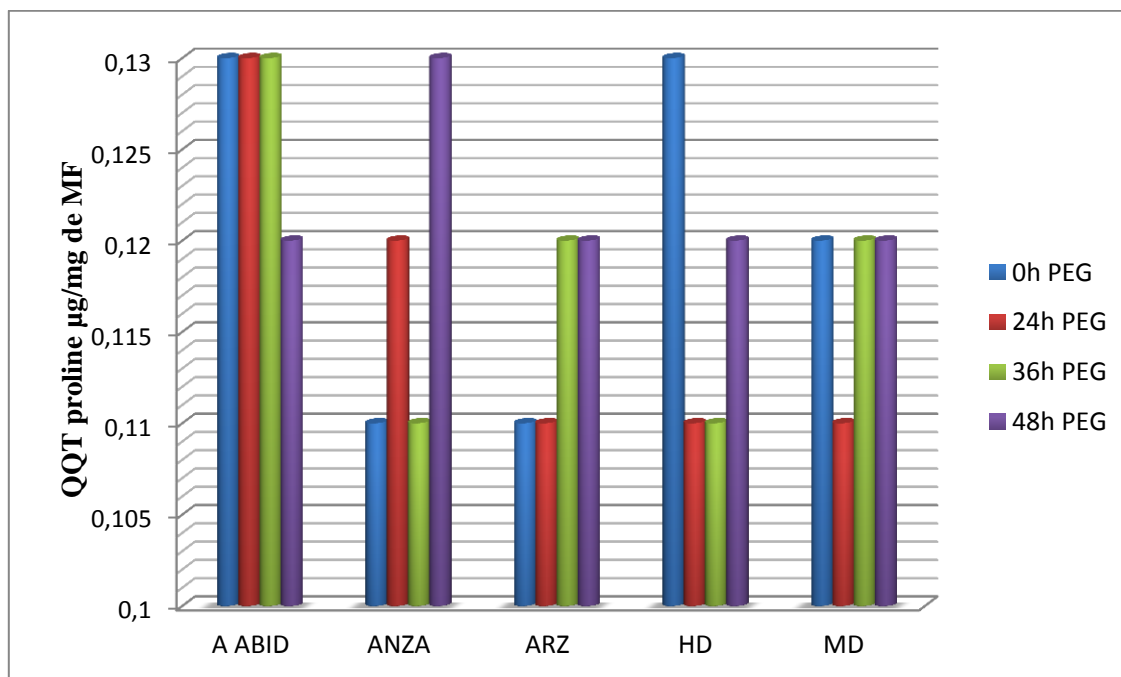


**Figure 19 :** Variation de la teneur en chlorophylle chez les variétés étudiées en fonction de du stress hydrique.

### 1.2.2. La Teneur en proline en fonction de la durée du stress hydrique

Les résultats obtenus de cette expérimentation montrent que les teneurs en proline augmentent dans toutes les feuilles de cinq variétés, ces résultats montrent aussi que les feuilles des variétés sont plus riches en proline aussi bien dans les conditions témoins que dans les conditions de stress. Le contenu en acide aminé proline est varié pour les variétés et les durées étudiées. La synthèse de cet acide aminé a en effet, commencée bien précocement chez la variété ARZ à stress moyenne (36h) avec 40,8µg/mg de MF. Alors que, la variété MD a été caractérisée par une diminution du contenu en proline par rapport au témoin, les valeurs obtenues sont de l'ordre de 36h 27,5µg/g de MF.

En effet, les deux durées, moyenne et sévère en PEG6000 ont entraîné une augmentation de ce paramètre chez les cinq variétés. En revanche, les deux variétés ARZ et HD a enregistré une forte accumulation avec valeur 40,8µg/g de MF : 31.93µg/g de MF pour la durée 36h. D'autre part, Anza, ont accumulé une quantité importante de cet acide aminé avec le stress sévère 48h, cette stress toutes les variétés étudiées ont montré une augmentation de leurs teneurs, à l'exception de Ain Abid qui a pu maintenir une teneur en proline stable au stress modéré 24h et moyenne 36h. En effet, la proline est l'un des acides aminés le plus accumulée dans des conditions de déficit hydrique chez plusieurs espèces, il est existé une corrélation positive entre l'accumulation de la proline et la tolérance du stress par les plantes (Berka et Aid, 2009) (Figure 20).

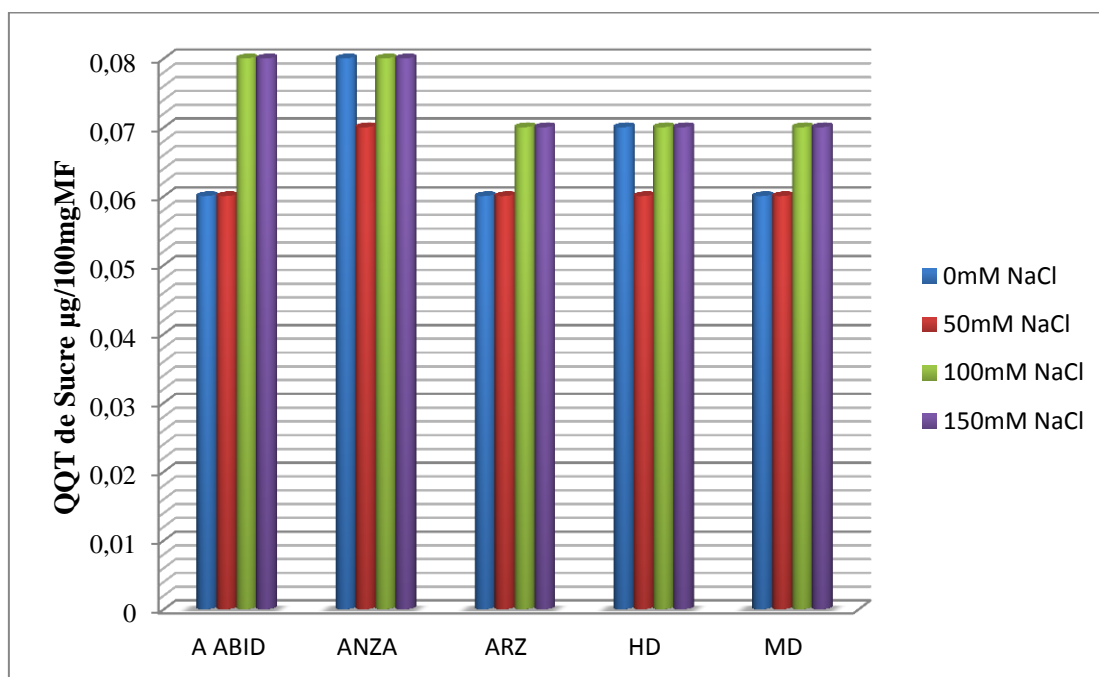


**Figure 20** : Variation de la teneur en proline chez les variétés étudiées en fonction de la durée du stress hydrique.

### 1.2.3. Teneur en sucres solubles en fonction de l'intensité du stress salin

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, MD, HD est caractérisée par une valeur de 0,07µg/g de MF pour la dose 100mM et 150mM en sel, comparativement au témoin avec 0,06µg/g de MF. On remarque une augmentation de la teneur en sucres solubles chez les plantes stressées et les teneurs les plus élevées ont été enregistrées de variété Anza soumises à un stress sévère (0,08µg/g de MF), à l'exception des autres variétés ARZ, MD, HD, A.ABID avec 0,07µg/g de MF. Comparativement au témoin 0,06µg/g de MF.

Les résultats de cette expérimentation montrent que les teneurs en SST augmentent dans toutes les feuilles de cinq variétés, ces résultats montrent aussi que les feuilles des variétés sont plus riches en sucres soluble aussi bien dans les conditions témoins que dans les conditions de stress (Figure 21).



**Figure 21** : Variation de la teneur des sucres solubles chez les variétés étudiées en fonction de l'intensité du stress salin.

## II. Discussion générale

La salinisation des sols et la sécheresse sont des facteurs limitatifs majeurs de la production agricole dans plusieurs pays méditerranéens. L'Algérie, dont une grande partie des régions agricoles se caractérise par un climat aride et semi-aride, est touchée par le processus de salinité, les dégâts produits par le stress salin et le stress hydrique se manifestent communément par une séquence de changements morphologiques et physiologiques. Les fortes concentrations salines peuvent affecter les différents stades de développement de la plante (Chebouti *et al.*, 2001), cependant il ne les affecte pas de la même manière. Le degré d'affection dépend de l'intensité du stress et de l'accession (Cheikh M'Hamed *et al.*, 2008).

Globalement, on a trouvé dans cette étude que la salinité est néfaste sur la plante entière au niveau morphologique, l'effet du stress salin sur la longueur et le nombre des racines, la surface foliaire et longueur de l'épicotyle, il apparaît nettement que le sel induit une réduction sur les différents paramètres mais cette diminution reste corrélée avec la concentration en sel. Notre étude montre que la concentration 50mM de NaCl est insuffisante pour causer une réduction relative de 50% par rapport aux témoins.

Les concentrations élevées de NaCl ont réduit la croissance des plantes, en particulier des feuilles, avec effet plus prononcé sur le génotype plus sensible (Benderradji *et al.*, 2010). D'une manière générale, on peut dire que le stress hydrique et salin provoque une diminution des caractères morphologiques des variétés stressés. La longueur des racines est un critère important d'adaptation pour la tolérance à la sécheresse et même au stress salin, l'intensité du stress impose a provoqué une réduction, cette réduction est due probablement à un arrêt de la division et de l'élongation cellulaire au niveau de la racine ces résultats indiquent que le nombre des racines.

Benderradji *et al.*, (2010) mentionnent que les concentrations élevées de NaCl ont réduit la croissance des plantes, en particulier des feuilles avec un effet plus prononcé sur le génotype plus sensible la tolérance au sel dépendent de transporteurs membranaires HKT, qui règlent le transport spécifique de  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  et de jouer un rôle clé dans la régulation de l'homéostasie du  $\text{Na}^+$ . Nos résultats, la salinité réduit davantage la croissance de partie aérienne du blé tendre comparativement à celle des racines, ces résultats similaires ont été rapportés par Benkhaled *et al.*, (2003).

La diminution de la croissance de l'appareil végétatif de blé peut être expliquée par le fait que la NaCl agit par une augmentation de la pression osmotique du milieu, ce qui empêche l'absorption de l'eau par le système racinaire, l'altération de la photosynthèse, et de l'activité des enzymes (Ouhaddach *et al.*, 2016). On peut exclure que l'effet inhibiteur de

NaCl sur la croissance passe par une perturbation de l'alimentation en eau (Ouhaddach *et al.*, 2015). Ceci s'accordant bien avec les résultats des travaux d'Iben Maaoui *et al.*, (2011).

R'him *et al.*, (2013), montrent que NaCl agit en augmentant la pression osmotique du milieu, ce qui empêche l'absorption en eau par le système racinaire et entraîne par conséquent, une réduction de la croissance. La réduction de la croissance de la partie racinaire en condition de stress hydrique a été également rapportée par Benlaribi *et al.*, (1990). Les plantes répondent aux différentes concentrations de NaCl par une réduction de la partie aérienne d'autant plus importante que la concentration en sel est élevée. Une croissance soutenue du système racinaire en condition de stress serait un facteur de résistance au stress hydrique (Bajji *et al.*, 2000).

L'effet dépressif du stress hydrique sur la longueur de surface foliaire est signalé par Lazali *et al.*, (2013). Le stress salin se traduit par une réduction de la surface foliaire chez les plantes, cette diminution se présente connue étant la principale stratégie développée par le blé dur et le blé tendre pour atténuer les effets de la limitation de la disponibilité de l'eau en conditions salines (Laribi *et al.*, 2016).

Mekliche *et al.*, (2003) rapportent que la réduction de surface foliaire tend à minimiser les pertes en eau en réduisant la transpiration mais peut aussi diminuer le rendement à cause de la réduction de la capacité photosynthétique. Ces résultats corroborent ceux de Cheikh M'Hamed *et al.*, (2008) qui mentionnent que les effets de la salinité se manifestent principalement par une diminution de la croissance de l'appareil végétatif, particulièrement par une baisse des parties aériennes et racinaires. La tolérance à des concentrations salines élevées dans le blé tendre semble être liée à une capacité à éviter l'accumulation des niveaux toxiques de  $\text{Na}^+$ , une meilleure capacité d'ajustement osmotique et/ou de maintenir des niveaux adéquats, en particulier dans le limbe de la feuille. Cette information sera utile dans la sélection du matériel pour les futurs programmes de sélection (Benderradji *et al.*, 2010).

Les effets néfastes de la salinité sur la croissance des plantes sont généralement associés au faible potentiel osmotique de la solution, qui provoquent des perturbations multiples sur le métabolisme, la croissance et le développement des plantes au niveau moléculaire, biochimique et physiologiques (Hanana *et al.*, 2011).

Le résultat de l'étude du système aérienne, montrent qu'un stress de l'ordre 50mM n'affecte pas l'épicotyle des génotypes testés de la même manière. Plusieurs caractéristiques morphologiques de la plante sont affectées par la contrainte hydrique au niveau foliaire, le stress hydrique provoque la réduction de la surface transpirante due à une réduction de la division et de l'expansion cellulaire (Zgallai *et al.*, 2007).

Nos résultats concordent avec [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 la réduction d'ouverture des stomates vis-à-vis au contrainte hydrique et 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 CO<sub>2</sub> dans les feuilles est associée à une inhibition de la photosynthèse ([Achour et al., 2015](#)).

L'un des principaux caractères physiologiques de tolérance aux contraintes du milieu est l'ajustement osmotique, celui-ci est réalisée grâce à une accumulation des composés osmoregulateurs conduisant à une réduction du potentiel osmotique permettent ainsi le maintien du potentiel de turgescence ([El midaoui et al., 2007](#)) l'accumulation des osmoticum et notamment les sucres solubles dans le cas de stress est un mécanisme d'adaptation permettent aux plantules de maintenir la turgescence foliaire en diminuant le potentiel hydrique ainsi l'absorption d'eau malgré la présence du sel dans le sol ([Zraïbi et al., 2012](#)).

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. Les sucres sont nécessaires pour soutenir la croissance et la régulation de l'expression génétique ils sont également considérés comme de bons osmoregulateurs ([Achour et al., 2015](#)).

Les résultats obtenus semblent indiquer que les contenus en proline des feuilles des plantules soumises au stress hydrique sont plus élevés par rapport aux témoins chez les variétés Ain Abid et ANZA. L'accumulation de cet acide aminé peut en effet jouer un rôle dans l'osmoregulation des cellules en cas de déficit hydrique et servir comme indicateur de la sécheresse et/ou un détecteur de stress. le végétal accumule des composés organiques, tels les sucres solubles et la proline qui est considérée comme "élément osmorégulateurs" L'accumulation de cet acide aminé est suggérée comme indice de résistance non seulement au stress salin mais également au stress hydrique ([Djahra et al., 2015](#)). [Monneveux et Nemmar \(1986\)](#), signalent que L'accumulation de l'acide aminé intervenant comme une réponse au déficit hydrique et noté que chez les céréales soumises à

l'action de la sécheresse, des accumulations de proline d'autant plus importantes que les génotypes sont plus résistantes est un moyen de stockage de carbone réduit et d'azote pendant le stress (Moulineau, 1993). L'examen de la réponse biochimique du contenu de proline dans les feuilles, montre que l'accumulation de cet acide aminé est variable d'une variété à une autre ; ces résultats sont conformes avec d'autres recherches faites par Mekliche et al., (2003) ; El Iklil et al., (2001) ; Cheikh et al., (2008) et Belfakih et al., (2013).

Ces augmentations de teneurs en sucres solubles, en présence d'une contrainte saline, ont été observées par Mekliche et al., (2003) sur le blé dur. Les sucres solubles sont considérés comme bio indicateurs du degré de tolérance à la salinité chez plusieurs espèces Bananier avec Belfakih et al., (2013). En effet, ils jouent un rôle essentiel dans la protection des membranes contre la déshydratation (Hanana, 2008).

On peut conclure que la résistance à la salinité ou à la sécheresse est liée à la capacité d'une variété de développer un nombre élevé de mécanisme adaptation le même résultat trouvé par El Fakhri et al., (2008). Les résultats obtenus ont montré que les variétés HD est tolérante tant au stress salin qu'au stress hydrique, et la variété Ain Abid et MD tolérantes au stress hydrique, pour la variété Arz, elle est sensible pour le stress hydrique et tolérante au stress salin. , alors que la variété Anza est sensible aux deux types de stress.

## **Conclusion**

Notre étude consiste d'évaluer le comportement de cinq variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) soumises à des concentrations en NaCl à savoir : 50mM, 100mM, 150mM, et des différentes durées de PEG6000 24h, 36h et 48h. À travers des paramètres morphologiques et physiologiques pendant la phase de croissance au laboratoire pour sélectionner les variétés les plus tolérantes.

L'ensemble des résultats présentés par l'effet du stress hydrique et salin sur les fonctions physiologiques et morphologiques des plantes de blé tendre se traduit par une réduction de la longueur de racines et l'épicotyle, la surface foliaire et du taux de chlorophylle chez l'ensemble des variétés étudiées. Toutefois, la présence d'une différence génotypique a permis de mettre en valeur un certain nombre de mécanismes responsable de la tolérance du *Triticum aestivum* L. au stress salin et hydrique. HD est tolérante tant au stress salin qu'au stress hydrique, alors que la variété Anza est sensible aux deux types de stress. Pour la variété Ain Abid et MD, la tolérance est enregistré pour le stress hydrique, alors que la sensibilité est bien visible quand il s'agit du stress salin. Pour ce qui est de la variété Arz, le comportement est différent, elle est sensible pour le stress hydrique et tolérante pour le stress salin.

Nos résultats ont montré que le sel et le PEG6000 ont un effet dépressif sur la croissance de la plante notamment la longueur et le nombre de racines, la surface foliaire et aussi la longueur de l'épicotyle. 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 hydrique et salin. Sur le plan biochimique, le NaCl et PEG6000 provoquent une augmentation des teneurs moyennes en proline et sucres solubles, pour soutenir la croissance et la régulation de ces osmotocums.

La diversité de 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 et hydrique par des combinaisons judicieuses entre les critères.

## **Perspective**

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...

## *Références bibliographiques*

## Références bibliographiques

1. **Abdelguerfi A, Laouar M. (2000)** Les ressources génétiques des blés en Algérie : passe, présent et avenir In « blé 2000..... en jeux et stratégies ». Actes du 1<sup>ère</sup> symposium International sur la filière blé, *OAIC*, Alger : 133-148.
2. **Aboudaou M. (2011)** Essai d'incorporation du germe du blé tendre dans une farine à tendance biscuitière. École nationale supérieures agronomiques. El Harrach, Alger, Thèse magister : 15p.
3. **Aboussouan-seropain C, Planchon C. (1985)** Réponse de la photosynthèse de deux variétés de blé à un déficit hydrique foliaire. *Agronomie*, 5(7):639-644.
4. **Achour A, Bidai Y, and Bel Khodja 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.
5. **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.
6. **Alem CH, Labhilili M, Brahmi K, Jlibene M, Nasralhaq N, Filali Maltouf A. (2002)** Adaptation hydrique et photosynthétique du blé dur et du blé tendre au stress salin. *C.R Biologies*, 325 :1097-1109.
7. **Alem C, Amri A. (2005)** Importance de la stabilité membranes cellulaires dans la tolérance à la salinité chez l'orge, biochimie et environnement, *Reviews In Biology and Biotechnology*, vol 4, N°1 :20-31.
8. **Ali Ben Ali, M A. (2004)** Étude de l'expression de gène de blé (*Triticum durum* et *Triticum aestivum*) au cours du développement du grain en condition de stress abiotiques : approche par RT-PCR quantitative en temps réel. Université de Rennes1, Rennes, Thèse doctorat ; 28p.
9. **Baba sidi Kaci S. (2010)** Effet du stress salin sur quelques paramètres phoenologiques (biométrie, anatomie) et nutritionnels de l'Atriplex en vue d'une valorisation agronomique. Université Kasdi Merbah, Ourgla. Mémoire magister : 5-13p.

- 10. Bajji M, Kinet J M, Lutts S. (2000)** la résistance au stress hydrique chez le blé dur : comparaison des comportements au niveau cellulaires et au niveau de la plante entière In : Royo C (ed), Nachit M (ed), Di Fonzone N (ed), Araus J L (ed), *Durum Wheat improvement in the Mediterranean region : New challenges* Zaragoza : CIHEAM. N°40 :227-231 (*options méditerranéens : série A séminaire Méditerranéens*).
- 11-Beba S. (2011)** Essai de comportement de deux variétés de blé dur (*Triticum durum* Lara Carioca et vitro) conduite sous palmier dattier au niveau de région d'Ourgla., université Merbah, Ourgla. Ingénieur d'état agronomie saharienne : 9p.
- 12. Belfakih M, Ibriz M, Zouahri A. (2013)** effet de la salinité sur les paramètres morpho-physiologiques de deux variétés de bananier (*Musa acuminata* L.). *J, Appl, Biosci*, N70 :5652-5662.
- 13. Belin Ch. (2006)** Structure et fonction de la protéine Kinase OSII dans la cellule de garde d'*Arabidopsis Thaliana*. Université de paris-sud U-R-F scientifique d'Orsay. Paris, thèse de doctorat : 12p.
- 14. Belfakih M, Ibriz M, Zouahri A. (2013)** effet de la salinité sur les paramètres morpho-physiologiques de deux variétés de bananier (*Musa acuminata* L.). *J, Appl, Biosci*, 70 :5652-5662.
- 15. Benmahioul B, Daguin F, kaid Harche M. (2009)** Effet du stress salin sur la germination et la croissance in vitro du Pistachier (*Pistacia vera* L.) *CR, Biologies*, N°332 :752-758.
- 16. Benidire L, Daoui K, Fatemi Z A, Achouak W, Bouarab L, Oufdou K. (2015)** Effet du stress salin sur la germination et le développement des plantules de *Vicia faba* L. (*Effect of salt stress on germination and Seedling of Vicia faba* L). *J, Mater, Environ, Sci*, vol 6, N°3 :848-851.
- 17. Berka S et Aïd F. (2009)** Réponses physiologiques des plantes d'*Argania spinosa* (L.) Skeels soumis à un déficit hydrique édaphique. *Sécheresse*, vol 20, N°3 :296-302.
- 18. Bendarradji L, Bouzerzour H, Kellou K, Ykhlef N, Brini F, Masmoudi K, Djekoun A. (2010)** Étude des mécanismes de tolérance a la salinité chez deux variétés de blé tendre (*Triticum aestivum*) soumises à un stress salin. *Science et Technologie C*, N°32 :23-30.
- 19. Bendarradji L, Hadji N, Kellou K, Benniou R et Brini F. (2016)** Effet du NaCl et PEG 6000 sur le comportement morpho physiologique et biochimique des variétés de blé dur et tendre. *Revue Agriculteur*, N°1 :278-286.
- 20. Benjelloun M, Rais CH, Wahid N, Elghadraoui L, Alaoui Mhamdi M. (2013)** Evaluation de la tolérance de *Myrtus communis* L. au stress hydrique au stade germinatif. Bulletin de l'institut scientifique, Rabat, section science de la vie, N°35 :19-26.

- 21. Benkaddour M. (2014)** Modification physiologique chez des plantes de blé (*Triticum durum* desf) exposées à un stress salin. Université badji Mokhtar, Annaba. Thèse de doctorat : 23-80-81p.
- 22. Ben Khaled L, Morte Gomez A, Honrubia M, Oihabi A. (2003)** Effet du stress salin en milieu hydroponique sur le trèfle inoculé par le Rhizobium. *Agronomie*, N°32 :553-560.
- 23. Ben Khaled L, Ourraqi E, Zid E. (2007)** Impact du NaCl sur la croissance et la nutrition de la variété de blé dur Massa cultivée en milieu hydroponique, *Acta Bot, Gallica*, 154(1) : 101-116.
- 24. Benlaribi M, Monneveux P, GrignacP. (1990)** Etude des caractères d'enracinement et de leur rôle dans l'adaptation au déficit hydrique chez le blé dur (*Triticum durum* desf). *Agronomie*, N°10 :305-322.
- 25. Bennaceur M, Nailly M, Selimi M. (1999)** Effet d'un déficit hydrique, survenant a différents stade de développement du blé sur l'humidité du sol, la physiologie de la plante et sur les composantes du rendement. *Médit*, N°2/99 :53-60.
- 26. Benrejeb K, Abdelly Ch, Savoure A. (2012)** La proline, un acide aminé multifonctionnel implique dans l'adaptation des plantes aux contraintes environnementales. *Biologie, Aujourd'hui*, vol 206, N° 4 :291-299.
- 27. 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 : 17-18-19p.
- 28. Bonjean A. (2011)** Histoire de la culture des céréales et en particulier de celle du blé tendre (*Triticum aestivum*).dossier de l'environnement de l'INRA, N°21 :30-37.
- 29. BootsmaA, Biosvert JB, DejongR, Baier W. (1996)** La sécheresse et l'agriculture canadienne : une revue des moyens d'action, *Sècheresse*, vol 7, N°4: 277-285.
- 30. Bouaouina S, Zid E, Hajji M. (2000)** Tolérance à la salinité, transports ionique et fluorescence chlorophylliennes chez le blé dur (*Triticum turgidum* L.). In : Royo C (ed), Nachit M (ed), Di Fonzo N (ed), Araus J, L (ed). *Durum wheat improvement in the mediterranean région: new challenges*. ZARAGZA: CIHEAM, N° 40:239-243. (*Options méditerranéens, série A, séminaire méditerranéens*).
- 31. Boubakeur M. (2008)** Contribution à l'étude des comportements morpho-physiologiques de le haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) sous contrainte hydrique et salines. Université d'Oran senia, Oran. Mémoire magister : 28p.
- 32. 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.

- 33. Bousba R, Djekoun A, Duraa S, Ykhlef N. (2013)** Caractérisation moléculaire et association marqueur SSR phénotype pour la tolérance au stress hydrique chez le blé dur (*Triticum durum* desf), *European Scinetific Journal*, vol 9, N°12:186-201.
- 34. 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.
- 35. Chaib Gh, Bouchelaleg A, Talbi R. (2015)** Etude photochimique de quelques variétés de blé tendre (*Triticum aestivum*) et d'orge (*Hordeum vulgare*) et leurs activités biologiques. *European Scientific Journal*, vol 11, N°30 :166-188.
- 36. Chaib Gh, Benlaribi M. (2015)** Accumulation d'osmoticum chez le blé dur (*Triticum durum* desf) sous stress hydrique, *European scientific journal*, vol 11, N°24 :378-395.
- 37. Chaumeil Ph. (2006)** Plasticité moléculaire de deux écotypes de pin maritime soumis à un stress osmotique. Université Henri Poincaré, Nancy1, France. Thèse de doctorat : 46-47p.
- 38. Chebouti A, Abdelguerfi A, Mefti M. (2001)** Effet du stress hydrique sur le rendement en gousses et en graines chez trois espèces de luzernes annuelles : *Medicago aculeata*, *Medicago orbicularis* et *Medicago truncatula* In : Delgado I (ed), Lloveras J (ed), *Quality In lucerne and medics for animal production*, Zaragoza ; CIHEAM, N°45 :163-166. (*Options Méditerranéennes : série A, séminaires Méditerranéens*).
- 39. Cheikh M'hamed H, Abdeallaoui R, Kadri K, Ben naceur M, Bel Hadj S. (2008)** Évaluation de la tolérance au stress salin de quelque accessions d'orge (*Hordum vulgare* L.) cultivées en Tunisie : approche physiologique. *Science et Technologie C*, N°28 :30-37.
- 40. Clavel D, Drame NK, Zuily Fodily Y. (2005)** Adaptation à la sècheresse et création variétale : le cas de l'arachide en zone sahélienne : première partie. *Revue bibliographie, OCL*, vol 12, N°3: 248-260.
- 41. Djahra A, Benmakhlouf Z, Benkhirara S, Benkaddour M, Bordjiba O. (2015)** Effet de stress salin sur la teneur en eau et certains osmolytes chez le blé dur *Triticum durum* var kebir pulvérisé une phytohormone synthétisée : benzyl-amino-purine (BAP). *Algerain journal of arid environment 71*, vol 5, N°2 :71-81.
- 42. 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.
- 43. El fakhri M, Nsarellah N, Mahboub S, BidaniA, et El bouhmadi K. (2008)** Test morphologiques et biochimiques pour la tolérance au stress hydrique chez le blé dur (*Triticum aestivum* desf). *Al Awamia* : 5-18.

- 44. El Iklil Y, Karrou M, Mrabet R, Benichou M. (2001)** Effet du stress salin sur la variation de certains métabolites chez *Lycopersicon esculentum* et *Lycopersicon sheesmanii*. *Canadian journal of plant, Science* : 177-183.
- 45. 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.
- 46. Feillet P. (2000)** Le grain de blé. Composition et utilisation. Mieux comprendre. *INRA*. ISSN : 1144-7605.ISBN :2-738060896-8 :23-308.
- 47. Fellah A, Bouzerzour H, Ben mahammed A, Djekoun A. (2002)** Sélection pour améliorer la tolérance aux stress abiotiques chez le blé dur (*Triticum durum* desf). *Actes Inst.Agron, vet (Maroc)*, vol 22, N°3 :161-168.
- 48. Hajlaoui H, Denden M, Bouslama 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. Hamroni L, Hanana M, Abdely CH, Chorbel A. (2011)** Exclusion du chlorure et inclusion du sodium ; deux mécanismes concomitants de tolérance à la salinité chez la vigne sauvage *vitis vinifera* Sub Sp, *Sylvestris* (var. *Séjnéne*). *Biotech, Agro, Société et Envi*, vol 15, N°3.
- 50. Hanana M, Cagna O, Zerrouk KM, Blumwald E. (2009)** Rôle biologiques des antiports vacuolaires NHX : acquis et perspectives d'amélioration génétiques des plantes. *Botanique*, N°87 :1023-1035.
- 51. Hanana M, Hamroni L, Cagnac O, Bluwaled E. (2011)** Mécanismes et stratégies cellulaires de tolérance à la salinité (NaCl) chez les plantes. *Presses scientifique de CNRC, Enviro*, N°19 :121-141.
- 52. Haoula F, Ferjani H, Ben El Hadj S. (2007)** Effet de salinité sur la répartition des cations ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ , et  $\text{Ca}^{+2}$ ) et du chlore ( $\text{Cl}^-$ ) dans les parties aériennes et les racines du Ray-Grass anglais et du chiendent. *Biotechnologie, soc, environ*, vol11, N°3 : 235-244.
- 53. Hopkins. (2003)** Physiologie végétale. Editions de Boeck. Université rue des minimes, Bruxelles : 451-452-453-459-460-464-466-449-464 p.
- 54. Houchi R, Coudret A. (1994)** La sélection des triticales tolérants au sel. *Cahier agriculture*, N°3 :227-230.
- 55. Ibn Maaouia-Houili S, Denden M, Dridi Mouhandes B, Ben Mansour Gueddes S. (2011)** Caractéristique de la croissance et de la production en fruits chez 3 variétés de pigment (*Capsicum annum* L.) sous stress salin. *Tropicultura*, vol 29, N°2 :75-81.

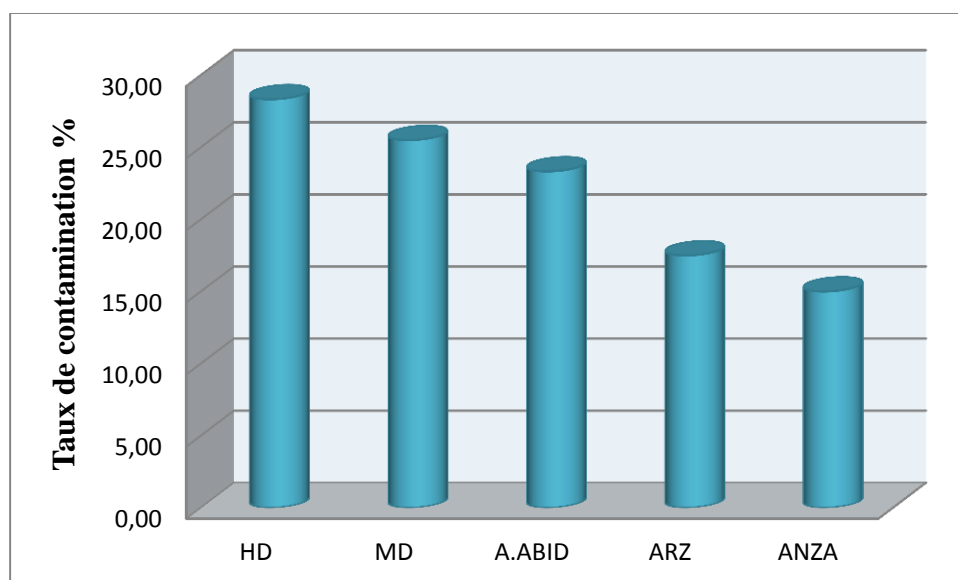
- 56. Grieu PH, Maury P, Debacke PH, Sarrafi A. (2008)** Améliorer la tolérance du tournesol : apports de l'écophysiologie et de la génétique. *Innovation Agronomiques*, N°2 :37-51.
- 57. Kaci S, Bissati S, Djerroudi O. (2012)** Effet d'un stress salin sur la réponse minérale d'*Atriplex canescens* (PURSH) NUTT. *Revue des bios ressources*, vol 2, N°2 :48-58.
- 58. 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.
- 59. 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*, N°29 :72-79.
- 60. Laribi B, Gharbi A, Kouki K, M'hamdi M, et Bettaieb T. (2016)** Étude de la tolérance à la salinité chez une plante condimentaire : le carvi (*Caruma carvi* L.), volume IABC (17). *Published January*, N°31 :1321-1327.
- 61. Lazali M, Ounane SM, Chaker Haddadj A, Alkama N, Nouar S. (2013)** Réponse morphologiques et biochimique de la symbiose Rhizobia arachide au stress hydrique. *Algerian Journal of arid environnement*, vol 3, N°1 :3- 14.
- 62. 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 composes biochimiques. *Journal of animal and plant sciences*, vol 14, N°1 :1866-1872.
- 63. Magali D P. (2010)** Régulation des aquaporines et réponse des racines d'*Arabidopsis Thaliana* a des stimuli abiotiques et nutritionnelles. Université Montpellier Supargro-Montpellier cedex 2, France. Thèse doctorat : 18p.
- 64. Maurel Ch. (2009)** Les aquaporine: bases moléculaires du transport transmembranaires d'eau et régulation dans les plantes sous contraintes environnementales, *Académie d'agriculture de France* : 1-2p.
- 65. Maury P, Langlade N, Grieu P, Rengel D, Sarrafi A, Debaeke P, Vincourt P. (2011)** Écophysiologie et génétique de la tolérance à la sécheresse chez le tournesol. *Innovations Agronomiques*, N°14 :123-138.
- 66. Mekhlouf A, Bouzerzour H, Benmahammed A, Hadji Sahraoui A, Harkati N. (2006)** Adaptation des variétés de blé dur (*Triticum durum*) au climat semi-aride. *Sécheresse*, vol 17 N°4 :507-513.

- 67. Mekliche A, Boukecha D, Et Hanifi-Mekliche L. (2003)** Etude de la tolérance a la sécheresse de quelque variétés de blé dur (*Triticum durum* desf) effet de l'irrigation de complément sur les caractères phénologiques, morphologiques et physiologique. *Annals de l'institut national Agronomique*, El Harrach, vol 24, N°1 et 2 :97-110.
- 68. 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.
- 69. Monneveux Ph, Nemmar M. (1986)** Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) et chez le blé dur (*Triticum durum* desf) étude de l'accumulation de la proline au cours du cycle de développement. *Agronomie*, vol 6, N°6 :583-590.
- 70. Monneveux Ph. (1991)** Quelles stratégies pour l'amélioration génétiques de la tolérance au déficit hydrique des céréales d'hiver, l'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. *ED.AUPELF. John Libbery, Eurotext*, Paris : 165-186p.
- 71. 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 :29-37p.
- 72. Moulle C. (1971)** Les céréales Tome 2. La maison rustique, paris :1-12-13-14-15-16-17-18-21-22-23-45-46-47 p.
- 73. Moulineau C. (1993)** Variation sous contraintes hydrique de la teneur en acides aminées libres foliaires du mil. Centre d'étude de Cadarache 13108 Saint Paul les Durance Cedex : 234-244 p.
- 74. Mrani Alaoui M, Eljourmi L, Ouarzane A, Lazar S, El Antri S, Zahouily M, Hamyene A. (2013)** Effet du stress salin sur la germination et la croissance de six variétés marocaines de blé (*Effect of salt stress on germination and graouth of six moroccan wheat varieties*). *J.Mater.Environ.Sci*, vol 4, N°6 :997-1004p.
- 75. Neffar F. (2013)** Analyse de l'expression des gènes impliqués dans la réponse au stress abiotiques dans différents génotypes de blé dur (*Triticum durum*) et l'orge (*Hordeum vulgare*) soumis à la sécheresse Ecologie et biologie végétale, université Ferhat Abbas, Sétif, Thèse doctorat : 1p.
- 76. N'da Kouassi A. (1984)** Réponse physiologique du riz (*Oryza sativa* L.) au déficit hydrique étude compare de deux types culturaux (variété pluviale, variété aquatique).Ecole nationale supérieur agronomique de Montpellier. Thèse doctorat : 24p.

- 77. Ouerghi Z, Zid E, Hajji M, Soltani A. (2000)** Comportement physiologique de blé dur (*Triticum durum* L.).CIHEAM, N°40 :309-313. (*Options méditerranéennes, série A, séminaires méditerranéens*).
- 78. Ouhaddach M, Mouhssine F, Ech- chaddadi S, Lakalai F, El Yacoubi H, Hmouni D, Douaik A, Zidane L, Rochdi A. (2015)** Morpho-physiological Responses to Salt Stress in Wheat (*Triticum aestivum* L.) at the germination stage. *European journal of scientific research*, vol 133, N° 3 :240-252.
- 79. Ouhaddach M, El Yacoubi M, Douaik A, Hamouni D, Rochdi A. (2016)** Réponse à la salinité de quelque paramètre physiologique et biochimique du blé (*Triticum aestivum* L.) au stade montaison. *Physiological And Biochemical Responses to Salt Stress in Wheat (Triticum aestivum) at the elongation stage*. J.Mater. Environ. SCI 7 N°9 :3084-3099.
- 80. Oukarroum A. (2007)** Vitalité des plantes d'orges (*Hordeum vulgare*) en condition de stress hydrique et thermique analysée par la fluorescence chlorophyllienne. Université de Genève, laboratoire de bioénergétique et microbiologique : 2p.
- 81. pelletier G. (2013)** Comment la génétique pourra contribuer à l'adaptation des plantes au déficit hydrique. Potentiels de la science pour l'avenir de l'agriculture de l'alimentation et de l'environnement. Académie d'agriculture de France : 1-9 p.
- 82. Planelles G. (2011)** Actualités sur les aquaporine, *médecine science/ Lavoisier* : 280-290p.
- 83. Radhaouane L. (2011)** Accumulation métaboliques en présence de contraintes hydrique chez le mil (*pennisetum glaucum* L.R.Br). *Revue des régions arides*, N°25 :15-34.
- 84. R'him TH, Tlili I, Hnan I, Iiahy R, Berrali A, Jebar H. (2013)** Effet du stress salin sur le comportement physiologique et métabolique de trois variétés de pigment (*Capsicum annuum* L.).*Journal of Applied Biosciences*, N°66 :5060-5069.
- 85. Rousba R, Djekoun A, duraa S, Ykhlef N. (2013)** Caractérisation moléculaire et association marquer SSR phénotype pour la tolérance au stress hydrique chez le blé dur (*Triticum durum* desf).*European scientific journal*, vol 9, N°12 : 186-201.
- 86. 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, N°3 :225-229.
- 87. Surget A, Barron C. (2005)** Histologie du grain de blé. *Industries des céréales*. INRA, N°145 : 3-7p.

- 88. Tahri E, Belabed A, 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*). *Bulletin de l'institut Scientifique*, Rabat, N°2 : 81-87.
- 89. Temagoult M. (2009)** Analyse de la variabilité de la réponse au stress hydrique et des lignées recombinantes de tournesol (*Helianthus annuus* L.). Université Mentouri, Constantine : 51p.
- 90. Vincent J. (2014)** Inférence des réseaux de régulation de la synthèse des protéines de réserves du grain de blé tendre en réponse à l'approvisionnement en azote et en soufre. Unis Balaise Pascal, Auvergne. Thèse de doctorat: 19-20-21p.
- 91. Zerrad W, Maataoui B S, Hilali S, El Antri S, Laza S, Hmyene A. (2009)** The effect of hydric stress upon the synthesis of four isoenzymes of two varieties of *durum wheat*. *Scientific study and Reseach*, vol 3 :253-259.
- 92. Zgallai H, Steppe K, Lemeur R. (2007)** Étude des caractères morphologiques des plantes de tomate soumises à un déficit hydrique en milieu hydroponique, *Sècheresse*, vol 18, N°1 :57-64.
- 93. Zraibi L, Nabloussi A, Merimi J, El Amrani A, Kajeiou M, Khalid A, et Sarghini Caid H. (2012)** Effet su stress salin sur des paramètres physiologiques et agronomiques de différents variétés de carthame (*Carthamus tinctorius* L.). *Al Awamia* : 17-40.

# *Annexe*

**Annexe 01 : Le Taux de contamination de variétés *Triticum aestivum* L.**

## FICHE D'ANALYSES

REF. : 06/03 /201

NATURE ET LIEU DE PRELEVEMENT : EAU DE ROBINET CITE DE SONITEX  
MSILA

PRELEVEMENT

Date : /  
Heure : /  
Par : /

ANALYSE Date : 09/03/2017

Heure : 08H00  
Par : LABORATOIRE

MOTIF D'ANALYSE : AUTO-CONTROLE

A. PARAMETRES ORGANOLEPTIQUES			NORME A	Unité	D. MINERALISATION			NORME A	Unité
A01	Couleur	CLAIR	/	Unité	D01	Calcium Ca <sup>++</sup>	184	75-200	mg/1
A02	Odeur	BONNE	/	Dilut.	D02	Magnésium Mg <sup>++</sup>	92	<150	mg/1
A03	Goût	BON	/	Dilut.	D03	Chlorures CL <sup>-</sup>	130	200-500	mg/1
B. PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES			NORME A	Unité	D04	Sulfate SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	700	200-400	mg/1
B01	PH	6.5	6.5-9.2		D05	Bicarbonate HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	280	/	mg/1
B02	Potentiel redox Eh	/	/	Mv	D06	Carbonate CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	00	/	mg/1
B03	Conductivité à 20°C	1692	< 2800	μ s/cm	D07	Silicate SIO <sub>2</sub>	/	/	mg/1
B04	Température	15.5	/	°C	D08	Dureté totale (TH)	84	10-50	F°
B05	MES105°C	/	00	mg/1	D09	Dureté permanente	78	/	F°
B06	Oxygène dissous	/	<8	mg/1	D10	Titre alcalin (TA)	00	/	F°
B07	Salinité	01	/	%	D11	Titre alcalin complet	23	20-35	F°
B08	Turbidité	1.3	<5	NTU	E.PARAMETRES INDESIRABLES				
B09	CO <sub>2</sub> Libre	/	/	mg/1	E01	Fer total	/	/	mg/1
B10	CO <sub>2</sub> Total	/	/	mg/1	E02	Fer Fe <sup>+2</sup>	<0.2	0-0.3	mg/1
B11	Résidu sec à 105 °C	1282	< 2000	mg/1	E03	Fer Fe <sup>+3</sup>	/	/	mg/1
B12	TDS	850	/	mg/1	E04	Manganèse Mn <sup>2+</sup>	/	0-0.5	mg/1
C. PARAMETRES DE POLLUTION			NORME A	Unité	E05	Aluminium Al <sup>3+</sup>	/	<0.2	mg/1
C01	Ammonium NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	<0.02	0.05-0.5	mg /1	F.PARAMETRES BACTERIOLOGIQUES			NORME A	Unité
C02	Nitrite NO <sub>2</sub>	<0.02	00-0.1	mg /1	F01	Germes totaux			
C03	Nitrate NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	23	00-50	mg /1		A37°C	/	<500	C/ml
C04	Phosphate PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	<0.1	00-0.5	mg /1		A22°C	/	/	C/ml
C05	Sulfures d'hydrogène	/	<0.02	mg /1	F02	Coliformes totaux	/	03	C/100 ml
C06	Mat. Oxyd. M. acide	/	< 3	mg /1	F03	Colibacilles	/	00	C/100 ml
<p><b>OBSERVATION</b> : Durete Totale + taux de sulfate élevés.</p>					F04	Streptocoques fécaux	/	00	C/100 ml
					F05	Clostridium sulf-red	/	00	C/51
					F06	Vibrions cholérique	/	00	C/51
					F07	Salmonelle typhi	/	00	00
					F08	Chlore résiduel libre	/	/	mg /1

**DATE : 09/03/2017**

**CHEF St<sup>re</sup> PHYSICO-CHIMIQUE  
LABORATOIRE**

**CHEF St<sup>re</sup> BACTEIOLOGIQUE**

**LE CHEF DE**

*NB : CES RESULTATS SONT VALABLES UNIQUEMENT POUR LES ANALYSES DES ECHANTILLONS PRELEVES A LA DATE INDIQUE DESSUS*

# *Résumé*

## Résumé

Cette étude a pour objectif de comparer le comportement de cinq variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) soumises à des conditions de stress salin et hydrique dans un milieu hydroponique, elle a permis de mettre en évidence l'influence des différentes concentrations saline à savoir ;0mM,50mM,100mM,150mM, de NaCl et de stress hydrique par des différentes durées 24h,36h,48h, sur différents paramètres morphologiques et physiologiques, nos résultats ont montré que le NaCl et le PEG6000 ont effet dépressif sur la croissance de la plante. Notamment ; la longueur et le nombre de racines, la surface foliaire, et aussi la longueur de l'épicotyle, une accumulation de proline et des sucres solubles sont aussi observés chez les plantes stressés par rapport aux témoins. Ces effets sont d'autant plus important que l'intensité et la durée du stress sont élevés. Les résultats de notre étude montrent que la variété HD est tolérante tant au stress salin qu'au stress hydrique, et la variété Ain Abid et MD sont tolérantes au stress hydrique. Pour la variété Arz, elle est sensible pour le stress hydrique et tolérante au stress salin. Alors que la variété Anza est sensible aux deux types de stress.

## Mots clés

*Triticum aestivum* L., NaCl, PEG6000, Tolérance, Variation Phénotypique.

## ملخص

ان معرفة الخصائص المورفولوجيا والفيسيولوجية المساهمة في التكيف مع الظروف البيئية الصعبة تعتبر خطوة مهمة في مكافحة الملوحة والجفاف, حيث يهدف هذا البحث العلمي الى دراسة مقارنة سلوك خمسة اصناف من القمح اللين تحت ظروف الاجهاد الملحي والاجهاد المائي مع عدة قياسات تم انجازها اثناء مرحلة تطور النبات في المختبر, تبين النتائج المتحصل عليها تباينات لدى اغلبية العوامل المدروسة حيث ان الملاحظات المسجلة تؤكد ان كلوريد الصوديوم ومحلول السكري 6000 يؤثران بفاعلية على انقاص طول الجذور وعددها وايضا على مساحة الورقة, و ايضا نقص في محتوى الكلوروفيل و نقص في الضغط الاسموزي الذي تم تعديله عن طريق تراكم السكريات الذائبة والبرولين.

## الكلمات المفتاحية

التحمل, التباين المظهري, القمح اللين NaCl, PEG6000 .

## **Abstract**

The aim of this study was to compare the behavior of five varieties of common wheat (*Triticum aestivum* L.) under salt and water stress conditions in a hydroponic medium. 0mM, 50mM, 100mM, 150mM, NaCl and water stress by different 24h, 36h, and 48h durations on different morphological and physiological parameters, our results showed that NaCl and PEG6000 had a depressive effect on the growth of the plant. Especially; the length and number of roots, the leaf area, and also the length of the epicotyl, an accumulation of proline and soluble sugars are also observed in the stressed plants compared to the controls. These effects are all the more important as the intensity and sweetness of stress are high. The results of our study show that the HD variety is tolerant of both salt stress and water stress, and the Ain Abid and MD variety are tolerant to water stress. For the Arz variety, it is sensitive to water stress and tolerant to salt stress. While the Anza variety is sensitive to both types of stress.

## **Keywords**

*Triticum aestivum* L., NaCl, PEG6000, Tolerance, Phenotypic variation.

## Résumé

Cette étude a pour objectif de comparer le comportement de cinq variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) soumises à des conditions de stress salin et hydrique dans un milieu hydroponique, elle a permis de mettre en évidence l'influence des différentes concentrations saline à savoir ;0mM,50mM,100mM,150mM,de NaCl et de stress hydrique par des différentes durées 24h,36h,48h, sur différents paramètres morphologiques et physiologiques, nos résultats ont montré que le NaCl et le PEG6000 ont effet dépressif sur la croissance de la plante. Notamment ; la longueur et le nombre de racines, la surface foliaire, et aussi la longueur de l'épicotyle, une accumulation de proline et des sucres solubles sont aussi observés chez les plantes stressés par rapport aux témoins. Ces effets sont d'autant plus important que l'intensité et la sucrée du stress sont élevés. Les résultats de notre étude montrent que la variété HD est tolérante tant au stress salin qu'au stress hydrique, et la variété Ain Abid et MD sont tolérantes au stress hydrique. Pour la variété Arz, elle est sensible pour le stress hydrique et tolérante au stress salin. Alors que la variété Anza est sensible aux deux types de stress.

## Mots clés

*Triticum aestivum* L., NaCl, PEG6000, Tolérance, Variation Phénotypique.

## ملخص

ان معرفة الخصائص المورفولوجيا والفيسيولوجية المساهمة في التكيف مع الظروف البيئية الصعبة تعتبر خطوة مهمة في مكافحة الملوحة والجفاف، حيث يهدف هذا البحث العلمي الى دراسة مقارنة سلوك خمسة اصناف من القمح اللين تحت ظروف الاجهاد الملحي والاجهاد المائي مع عدة قياسات تم انجازها اثناء مرحلة تطور النبات في المختبر، تبين النتائج المتحصل عليها تباينات لدى اغلبية العوامل المدروسة حيث ان الملاحظات المسجلة تؤكد ان كلوريد الصوديوم ومحلول السكري 6000 يؤثران بفاعلية على انخفاض طول الجذور وعددها وايضا على مساحة الورقة، و ايضا نقص في محتوى الكلوروفيل و نقص في الضغط الاسموزي الذي تم تعديله عن طريق تراكم السكريات الذائبة والبرولين.

## الكلمات المفتاحية

القمح اللين، التحمل، التباين المظهري، NaCl, PEG6000 .

## Abstract

The aim of this study was to compare the behavior of five varieties of common wheat (*Triticum aestivum* L.) under salt and water stress conditions in a hydroponic medium.50mM, 100mM, 150mM, NaCl and water stress by different 24hr, 36h, and 48h durations on different morphological and physiological parameters, our results showed that NaCl and PEG6000 had a depressive effect on the growth of the plant. Especially; the length and number of roots, the leaf area, and also the length of the epicotyl, an accumulation of proline and soluble sugars are also observed in the stressed plants compared to the controls. These effects are all the more important as the intensity and sweetness of stress are high. The results of our study show that the HD variety is tolerant of both salt stress and water stress, and the Ain Abid and MD variety are tolerant to water stress. For the Arz variety, it is sensitive to water stress and tolerant to salt stress. While the Anza variety is sensitive to both types of stress.

## Keywords

*Triticum aestivum* L., NaCl, PEG6000, Tolerance, Phenotypic variation.