

République Algérienne Démocratique et Populaire  
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Université 8 Mai 1945 Guelma  
جامعة 8 ماي 1945 قالمة



# Mémoire En Vue de L'obtention Du Diplôme de Master

Domaine : Science de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité / Option : Phytopharmacie et protection des végétaux

Département : Ecologie et Génie de l'Environnement

---

**Etude de paramètres morphologiques, physiologiques  
et biochimique due aux stress salin chez trois variétés  
de céréales**

---

Présenté par :

Saâdane El Boukhari Med Yassine

Devant les jurys :

Encadreur : Benbelkacem Sofia	(MAA)	Université de Guelma
Président : Chahat Nora	(MCB)	Université de Guelma
Examineur : Laour Hadia	(MCB)	Université de Guelma

Année Universitaire : 2018/2019

Sommaire	
Introduction.....	
<b>Introduction générale :</b> .....	<b>13</b>
<b>Objectif de travail :</b> .....	<b>14</b>
Partie bibliographique .....	15
<b>I. Généralités sur les céréales</b> .....	<b>16</b>
<b>I.1. Morphologie des céréales :</b> .....	<b>16</b>
La morphologie générale des céréales renferme une ressemblance majeure, dont le système racinaire et l'appareil végétatif, commençant par : .....	16
<b>I.1.1 Appareil végétatif :</b> .....	<b>16</b>
<b>I.1.2 Appareil reproducteur :</b> .....	<b>16</b>
<b>I.1.3 Cycle de développement des céréales :</b> .....	<b>16</b>
<b>1. Période végétative :</b> .....	<b>16</b>
<b>a. Phase de germination-levé :</b> .....	<b>17</b>
<b>b. Phase de tallage :</b> .....	<b>17</b>
2. Période de reproduction :.....	17
<b>a. Montaison :</b> .....	<b>17</b>
<b>b. La phase épiaison-floraison :</b> .....	<b>17</b>
<b>La maturation du grain :</b> .....	<b>18</b>
<b>I.2. Production et consommation :</b> .....	<b>18</b>
I.2.1. Pour le blé dur : .....	18
I.2.2. Pour le blé tendre : .....	18
I.2.3. Pour l'orge :.....	18
<b>II. Généralités sur le stress :</b> .....	<b>19</b>
<b>Définition :</b> .....	<b>19</b>
<b>II.1. Types de stress abiotique</b> .....	<b>19</b>
II.1.1.Stress Hydrique : .....	19
<b>II.1.2. Stress thermique :</b> .....	<b>20</b>
<b>II.1.3. Stress Salin</b> .....	<b>20</b>
<b>II.2. Origine de la salinité :</b> .....	<b>20</b>
<b>II.2.1La salinité primaire :</b> .....	<b>20</b>
<b>II.2.2.Salinité secondaire :</b> .....	<b>20</b>
<b>II.3 Composants de la salinité :</b> .....	<b>21</b>
<b>II.3.1 Le stress osmotique :</b> .....	<b>21</b>
<b>II.3.2 Le stress ionique :</b> .....	<b>21</b>
<b>II.3.3 Le stress nutritionnel :</b> .....	<b>22</b>

<b>II.3.4 Le stress oxydatif :</b> .....	<b>22</b>
III. effet de la salinité sur la plante : .....	23
III.1 Effets de la salinité sur la physiologie de la plante : .....	23
III.2. Effet de la salinité sur les échanges gazeux et la photosynthèse : .....	23
III.3. Effet de la salinité sur la physiologie de la reproduction : .....	24
III.4. Effet de la salinité sur le rendement agronomique : .....	24
<b>IV. Tolérance des plantes à la salinité</b> .....	<b>25</b>
<b>IV.1. Tolérance des céréales à la salinité :</b> .....	<b>25</b>
<b>IV.2. Mécanisme de la tolérance à la salinité des plantes :</b> .....	<b>26</b>
<b>IV.2.1 Contrôle de l'absorption et le transport du sodium :</b> .....	<b>26</b>
<b>IV. 2.2. Régulation de la concentration cytoplasmique de sodium :</b> .....	<b>26</b>
<b>IV.2.3. Le transport de sodium :</b> .....	<b>27</b>
<b>IV.2.3.1 L'efflux de sodium :</b> .....	<b>27</b>
<b>V. Les plantes face au stress salin :</b> .....	<b>28</b>
<b>V.1. Signalisation cellulaire :</b> .....	<b>28</b>
<b>V.2. La croissance et le développement des plantes sous stress salin :</b> .....	<b>28</b>
<b>V.3.1. La tolérance au stress osmotique</b> .....	<b>29</b>
<b>V.3.1.1. L'exclusion de Na<sup>+</sup> des limbes :</b> .....	<b>29</b>
<b>V.3.1.2. Tolérance des tissus :</b> .....	<b>29</b>
<b>V.5. Les mécanismes d'adaptation morphologiques :</b> .....	<b>30</b>
<b>V.5.1. Réduction de la surface foliaire :</b> .....	<b>30</b>
<b>V. 5.2. Fermeture des stomates :</b> .....	<b>31</b>
<b>III.5.3. Réduction de la transpiration :</b> .....	<b>31</b>
<b>V.6. Mécanismes d'adaptation physiologique et biochimique</b> .....	<b>32</b>
<b>V.6.1 L'ajustement osmotique :</b> .....	<b>32</b>
<b>V.6.2 Tolérance au chlorure (Cl<sup>-</sup>) :</b> .....	<b>33</b>
<b>V.6.3 Synthèse des anti-oxydants</b> .....	<b>33</b>
Partie expérimental .....	35
<b>I. Matériels et méthodes :</b> .....	<b>36</b>
<b>I.1 Matériel végétal :</b> .....	<b>36</b>
<b>II. Conduite et suivis des essais :</b> .....	<b>37</b>
<b>III. L'expérimentation :</b> .....	<b>37</b>
III.1 Matériel Utilisé et réactifs : .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
III.2 Etude Analytique et statistique : .....	37
III.2.3 Paramètres étudiés : .....	39
Résultats et Discussion.....	41

<b>I. Résultats :</b> .....	<b>42</b>
<b>I. Paramètres morphologiques :</b> .....	<b>42</b>
I.1. Hauteurs des plants.....	42
I.2 Longueur des racines.....	44
I.3 Surface foliaire : .....	45
<b>II. Paramètres Physiologique :</b> .....	<b>47</b>
<b>III. Paramètre biochimique.....</b>	<b>49</b>
III.1 Dosage des sucres totaux .....	49
Conclusion.....	52

## Remerciement

Tout mon respect pour mon remerciement a mon Encadreur Mlle **Benbelkassem Sofia**, Pour le dévouement et la loyauté du travail que j ai vu en elle, Je suis fière de réaliser mon travail en écoutant ses précieux conseils.

Egalement à Mme **Laouar H.** Maitre de conférences à l'université de 8 Mai 45, de nous honorer de présider les jurys.

Egalement à Mme **Chehhat N.** Maitre de conférences à l'université de 8 Mai 45,

Egalement à tout l'effectif de departement PPV est plus spécialement à **Mr. Bouafia F.**

Egalement à Mme **Nedjah**, qui nous a accompagnée durant ce travail a la serre et qui m'a fournée tant d'équipements.

Egalement à Mme **Aloui** et Mr **Khelladi** pour leur sincérité parfaite envers les futures générations, et j'en suis vraiment reconnaissant.

## Liste d'abréviations

SOD : les superoxyde-dismutases.

APX : les ascorbate peroxydases.

CAT : les catalases.

GST : des glutathion-S-transférases.

GPX : les glutathion peroxydases.

ROS : les espèces réactives d'oxygène.

HKT1: transporteurs de potassium à haute affinité.

AtNHX1 : gène codant pour la synthèse des transporteurs vacuolaire.

TRE : Teneur relative en eau.

ABA : Acide abscissique.

Chl a : chorophylle a

Chl b : chlorophylle b

DO : densité optique

R : répétition

C : concentration

T : témoin

V : Vitron

O : Fouara..

Arz : Bni sliman.

NaCl: Le sel.

Mt : million de ton.

## Liste des figures

01	Phase de semis-levée	06
02	Production et consommation des céréales	08
03	Classification des plantes selon leur niveau de tolérance à la salinité en fonction de la concentration en sel (Munns et Tester, 2008).	14
04	Les transporteurs ioniques de Na <sup>+</sup> au niveau cellulaire (Mansour et al, 2003)	16
05	Schématisation des deux phases de développement des plantes tolérantes et sensible sous stress salin (Munns, 2002).	17
06	Photo représentative des trois variétés étudiées	25
07	Plantes de Blé et orge organisé	28
08	Hauteurs des plantes des trois variétés	33
09	Comparaison entre la hauteur des plantes	33
10	La longueur des racines des trois variétés	34
11	Surface foliaire des trois variétés exprimée en cm <sup>2</sup>	36
12	Comparaison entre les surface foliaires des trois variétés	36
13	La teneur en chlorophylle des trois variétés	37
14	Comparaison entre la teneur en chlorophylle des variétés	38
15	Teneur en Sucres solubles des trois variétés	39
16	Comparaison des teneurs en sucres dans les trois variétés testées	39

Liste des tableaux :

01	Classification des trois types de céréales	05
02	Caractéristique des variétés	25
03	Agronomiques et cultural de la variété Vitron (ITGC Guelma)	25
04	Caractéristique agronomique et culturelle de la variété Bni Sliman (ITGC Guelma)	25
05	Caractéristique agronomique et cultural de la variété El Fouara (ITGC Guelma)	25
06	Bloc A	27
07	Bloc B	27
08	Bloc C	27

## **Résumé :**

Parmi les principaux facteurs influençant le taux de rendement agronomique on trouve la salinité qui exerce un pouvoir de dégradation et de détérioration de la quantité et la qualité des plantes. Ce travail vise à étudier le comportement de trois variétés de céréales, Blé dur (Vitron), Blé tendre (Beni Slimane ARZ) et l'Orge (Fouara), sous quatre différentes concentrations de Na Cl.

Les résultats obtenus indiquent que la salinité a des effets néfastes sur la croissance et le développement des plantes des variétés étudiées (la morphologie générale, la physiologie et les différents mécanismes biochimiques).

Les différentes variétés ont montré des seuils de tolérance différents, grâce aux différents métabolismes ce qui a été confirmé dans l'expérimentation ou les résultats ont démontrés que l'orge (FOUARA) est la variété la plus résistante des trois, et le blé tendre (Beni Slimane) est le plus sensible.

**Mots clé :** Salinité, Croissance, développement, variétés, résistance

## **Abstract**

Among the main factors, influencing the agronomic rate of return is salinity, which has the power to degrade and deteriorate the quantity and quality of plants. This work aims to study the behavior of three cereal varieties, hard wheat (Vitron), soft wheat (BeniSlimane ARZ) and barley (Fouara), under four different concentrations of NaCl.

The results obtained indicate that salinity has adverse effects on the growth and development of plants of the varieties studied (general morphology, physiology and various biochemical mechanisms).

The different varieties showed different tolerance thresholds, thanks to the different metabolisms which was confirmed in the experiment where the results showed that barley (FOUARA) is the most resistant variety of the three, and soft wheat (BeniSlimane) is the most sensitive.

**Key words:** salinity, growth, development, variety, resistance.

## الملخص:

من بين العوامل الرئيسية التي تؤثر على معدل العائد الزراعي بالملوحة، والتي لديها القدرة على التأثير وتدهور كمية ونوعية النباتات. يهدف هذا العمل إلى دراسة سلوك ثلاثة أنواع من الحبوب، القمح الصلب (Vitron)، والقمح الطري (Beni Slimane ARZ) والشعير (Fouara)، تحت أربعة تركيزات مختلفة من NaCl. تشير النتائج التي تم الحصول عليها إلى أن الملوحة لها آثار ضارة على نمو وتطور أنواع الأصناف التي تمت دراستها (التشكل العام، علم وظائف الأعضاء وآليات الكيمياء الحيوية المختلفة). أظهرت الأصناف المختلفة عتبات مختلفة للمقاومة، وذلك بفضل الأيضات المختلفة التي تم تأكيدها في التجربة حيث أظهرت النتائج أن الشعير (FOUARA) هو أكثر الأنواع مقاومة للثلاث أنواع والقمح الطري (بني سليمان) هو الأكثر حساسية.

# Introduction

# Introduction

## Introduction générale

Les céréales occupent à l'échelle mondiale une place primordiale dans le système agricole. Elles sont considérées comme une principale source de la nutrition humaine et animale, selon le CIC, 2017 leur production arrive jusqu'à 2111 millions de tonnes. Parmi ces céréales, Le blé qui occupe la première place pour la production mondiale et la deuxième après le riz, comme source de nourriture pour les populations humaines, il assure 15% de ses besoins énergétiques (Bajji, 1999).

Les céréales sont des espèces généralement cultivées pour leur grain, dont l'albumen amylicé, réduit en farine, est consommable par l'homme ou par les animaux domestiques. Les graines de céréales constituent, depuis toujours, la principale ressource alimentaire. Dans la plupart des cas, la production des céréales est assurée par une seule récolte dans l'année alors que la consommation est prolongée toute au long de l'année, d'où la nécessité du stockage. La plupart des céréales appartiennent à la famille des Graminées (ou Poacées). Ce sont : le blé, l'orge, l'avoine, le seigle, le maïs, le riz, le millet, le sorgho. Les unes appartiennent à la sous-famille des Festucoïdées : blé, orge, avoine, seigle ; les autres à la sous-famille des Panicoïdées : maïs, riz, sorgho, millet. Enfin, une céréale, le sarrasin appartient à une autre famille, celle des Polygonacées. (Bonnet, 1936).

Des concentrations élevées en sel dans la rhizosphère provoquent un stress, du fait du déficit en eau et de la toxicité des ions. L'Algérie se situe parmi les pays touchés par la salinité, presque 3,2 millions d'hectares de la surface sont salins (Hamdy, 1999). La salinité, qu'elle soit naturelle ou induite, constitue un frein au développement des plantes cultivées.

En effet, la salinité agit sur tous les aspects de la biologie des plantes. Ces effets négatifs du sel sont généralement considérés sous trois aspects :

- L'aspect osmotique qui a eu la prépondérance des études et qui se traduit par une moindre disponibilité en eau pour les plantes.
- L'aspect ionique et la toxicité des ions Na et Cl\* qui ont un effet néfaste sur les structures membranaires.
- Le déséquilibre nutritionnel causé par les quantités excessives de Na<sup>+</sup> et Cl\*.

## **Objectif de travail**

Le présent travail entre dans l'objectif d'étudier le comportement de certaines variétés de céréales et de comparer la tolérance de trois céréales (blé dur, blé tendre et orge) à de différent degré de salinité. L'étude est illustrée en trois parties :

Partie revue bibliographique : pour expliquer l'importance des céréales ainsi que l'effet du stress salin.

Partie matériels et méthodes : où on explique les différentes étapes de ce travail expérimental

Et en fin partie résultats et discussion : où les résultats sont exposés et discuter, pour faire ressortir la conclusion de ce travail.

# **Partie bibliographique**

## I. Généralités sur les céréales

### I.1. Morphologie des céréales

La morphologie générale des céréales renferme une ressemblance majeure, dont le système racinaire et l'appareil végétatif, commençant par :

#### I.1.1 Appareil végétatif

- **Aérien** : il est formé d'un certain nombre d'unités biologiques ou talles partant d'une zone située à la base de la plante : le plateau de tallage. Chaque talle après complet développement de la plante est formée d'une tige feuillée ou chaume portant à son extrémité une inflorescence.

A) La tige est formée d'articles ou entre-nœud séparés par des nœuds, zones méristématiques à partir desquelles s'allongent l'entre-nœud et se différencient les feuilles. Chaque nœud est donc le point d'attache d'une feuille.

B). Les Feuilles : On distingue deux parties : La Portion inférieure qui enveloppe l'entre nœud et la portion inférieure nommé le limbe

- **Souterrain** : Toute céréale dispose, au cours de son développement, de deux systèmes racinaires successifs.

a) Le système de racines primaires ou séminales.

b) Le système de racines secondaires ou de tallage

#### I.1.2 Appareil reproducteur

- **Inflorescence** : qui est, l'épi chez le blé et l'orge, ou bien la panicule chez le riz et l'avoine.
- **L'épillet** : qui est une petite grappe de 1 à 5 fleurs enveloppées de leurs deux glumelles (inférieure et supérieure) et incluses dans deux bractées ou glumes (inférieure et supérieure).

#### I.1.3 Cycle de développement des céréales

Dans ce cycle annuel une série d'étapes séparées par des stades repères, permettent de diviser la vie des céréales en deux périodes, l'une végétative et l'autre reproductrice. (Zitoune, 2011)

##### 1. Période végétative

Elle s'étend du semi jusqu'à fin de tallage, deux phases

### a. Phase de germination-levé

La germination d'une céréale se traduit par la sortie des racines séminales de la coléorhize et, à l'opposé, par la croissance d'une préfeuille, le coléoptile. Celui-ci sert de manchon protecteur et perforateur du sol pour la première feuille qui sera fonctionnelle et percera le sommet du coléoptile peu après l'apparition de ce dernier au niveau du sol

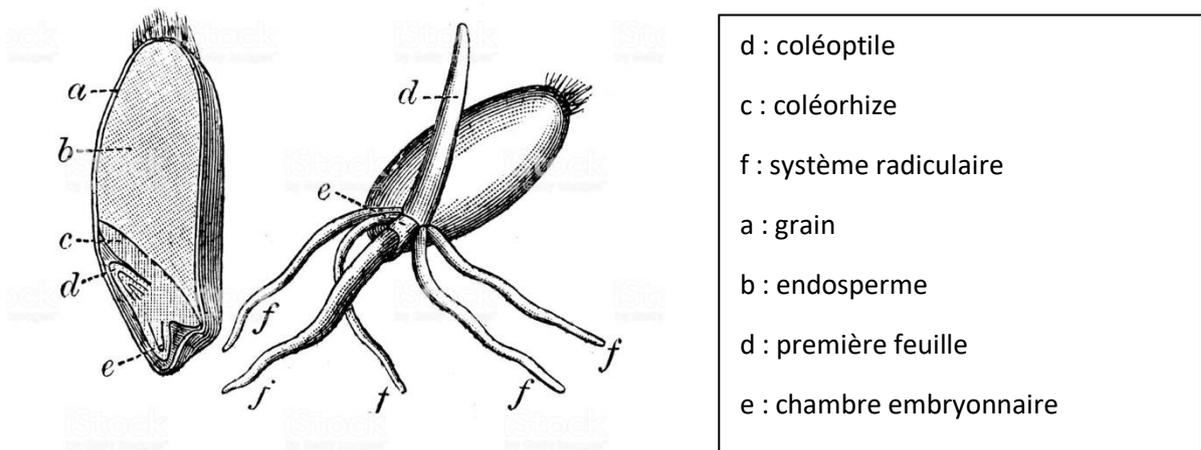


Figure 1 : phase de semis-levée

### b. Phase de tallage

La production de talle commence à l'issue du développement de la troisième feuille selon (Cherfia, 2010), ensuite une formation des tiges latérales appelées talles. Et la fin du tallage indique la fin de période végétative.

## 2. Période de reproduction

### a. Montaison

Elle est caractérisée par l'allongement des entre-nœuds et la différenciation des pièces florales. A cette phase, un certain nombre de talles herbacées commencent à régresser, alors que d'autres se trouvent couronné par des épis.

Pendant cette phase de croissance active, les besoins en élément nutritif notamment l'azote, sont accrus Clément et al 1971. La montaison s'achève à la fin de l'émission de la dernière et des manifestations du gonflement qui provoquent les épis dans la gaine. Cherfia 2010

### b. La phase épiaison-floraison

Elle est marquée par la méiose pollinique et l'éclatement de la gaine avec l'émergence de l'épi. C'est au cours de cette phase que s'achève la formation des organes floraux "l'anthèse" et s'effectue la fécondation. Cette phase est atteinte quand 50 pour cent des épis

sont à moitié sortis de la gaine de la dernière feuille (Gate, 1995). Elle correspond au maximum de la croissance de la plante qui aura élaborée les trois quart de la matière sèche total et dépend étroitement de la nutrition minérale et de la transpiration qui influence le nombre final de graine par épis (Masle 1980).

### **La maturation du grain**

La phase de maturation succède au stade pâteux. Elle correspond à la phase au cours de laquelle le grain va perdre progressivement son humidité en passant par divers stades (Nejm 2012) ; Elle débute à la fin des paliers hydriques marqués par la stabilité de la teneur en eau des grains pendant 10 à 15 jours. Au-delà de cette période, le grain ne perdra que l'excès d'eau qu'il contient et passera progressivement au stade

## **I.2. Production et consommation**

Dans le monde

En 2016/17 la production mondiale toutes céréales confondues (blé et céréales secondaires) a atteint 2111 millions de tonnes. Les stocks mondiaux ont atteint 516 millions de tonnes, Quant à la consommation mondiale des céréales en 2016/2017, le CIC a enregistré 2075 millions de tonnes).

Dans le monde :

Selon le CIC en 2016/17 la production mondiale de toutes céréales confondues (blé et céréales secondaires) a atteint 2111 millions de tonnes. Les stocks mondiaux ont atteint 516 millions de tonnes, Quant à la consommation mondiale des céréales en 2016/2017, le CIC a enregistré 2075 millions de tonnes).( Figure 2)

### **I.2.1. Pour le blé dur**

La production mondiale de blé dur a atteint 39,1 M.T, en 2015 2016. Alors que sa consommation est de 36,9 M, T.

Les Principaux exportateurs de cette céréales sont ; Les USA, Le Mexique et L'UE, qui ont exporté jusqu'à 4,7 de M.T en 2015 /2016

### **I.2.2. Pour le blé tendre**

Toujours en 2015 2016 la production mondiale du blé tendre a atteint 696,9 M.T, et sa consommation 682,1 M, T.

Les Principaux exportateurs de cette céréale sont : France, Canada, Grande Bretagne qui ont exporté 63,3 M.T en 2015 2016

### **I.2.3. Pour l'orge**

La production mondiale de cette céréale est de 149 M.T. 2015 2016, alors que sa consommation est de 147 M.T

Les principaux exportateurs de cette céréale sont : Argentine, Australie, Canada, Etats Unis, Kazakhstan, Russie, Ukraine, UE. Avec un taux de 13 M.T.

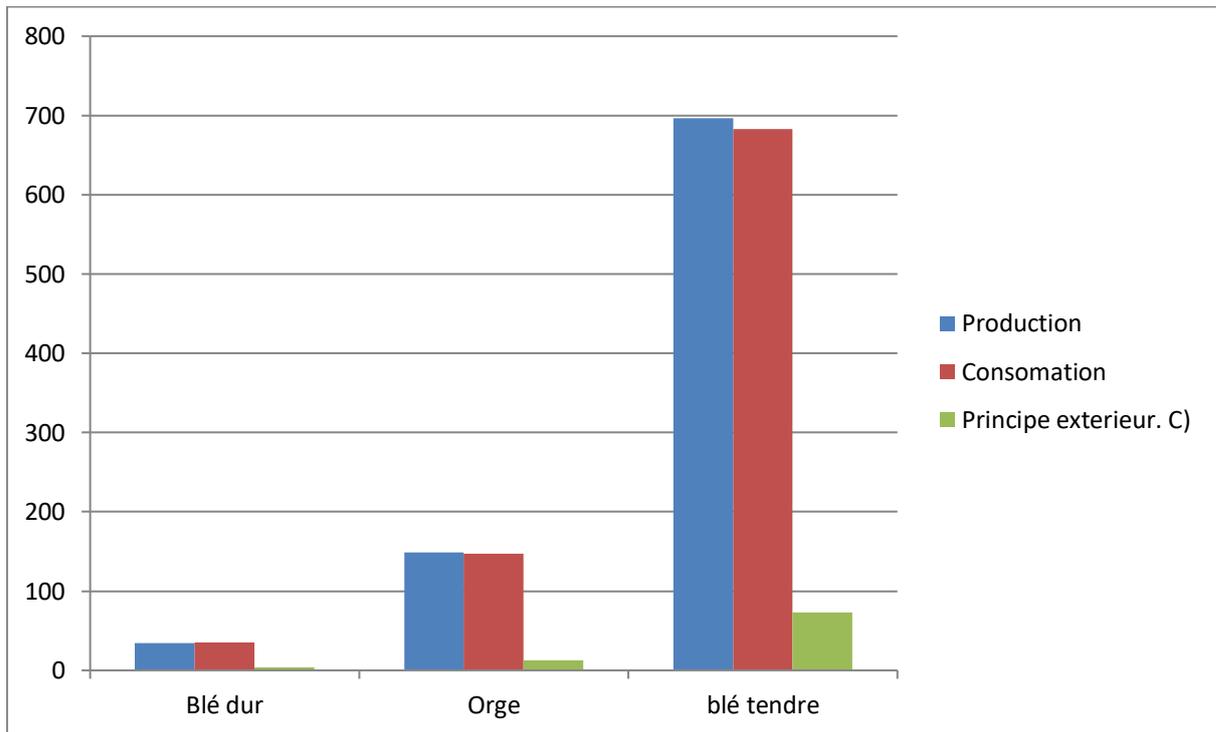


Figure 2 : production et consommation des céréales

## II. Généralités sur le stress

### Définition

Un stress est l'ensemble des conditions provoquant un ou plusieurs changements de processus physiologique résultant de dégâts, blessures, inhibition de croissance et ou de développement (Menacer, 2007) (Khefri W, Brahimi I, 2011).

On distingue deux catégories de stress :

Stress abiotique : provoqué par des facteurs de l'environnement physicochimique comme la salinité, la sécheresse et la température défavorable.

Stress biotique : causé par des organismes vivants tels que les insectes, les bactéries et les champignons.

### II.1. Types de stress abiotique

#### II.1.1. Stress Hydrique

On assiste à un stress hydrique lorsque la demande d'eau dépasse la quantité disponible pendant une certaine période ou lorsque sa mauvaise qualité en limite l'usage (Madhava et al, 2006). Aussi ce type de stress est un problème sérieux dans les environnements arides et

semi-arides, où les précipitations change d'année à une autre et où les plantes sont soumises à des périodes plus ou moins longues de déficit hydrique (Boyer, 1982).

### **II.1.2. Stress thermique**

C'est selon Boyer, 1982 qui a affirmé que la température est l'un de principaux facteurs qui conditionne la productivité des plantes, et que les plantes qui poussent dans régions désertiques et semi-arides sont soumises à des températures élevées en même temps qu'à des radiations élevées, à des faibles taux d'humidité du sol et effet de stress hydrique.

### **II.1.3. Stress Salin**

Lors d'une augmentation brusque des concentrations de sel qui conduit d'une part, un efflux plus élevé d'ions dans les cellules suite à chute de la concentration du milieu externe, d'autre part, à une perte d'eau par voie osmotique. Boyer, 1982

## **II.2. Origine de la salinité**

La salinisation des terres est à 80% d'origine naturelle, et on a :

### **II.2.1 La salinité primaire**

La salinité primaire ou naturelle est le résultat de l'accumulation des sels sur une longue période de temps, dans le sol ou les eaux souterraines (Antipolis, 2003), elle est causée par trois processus naturels. Le premier est l'altération des roches mères contenant des sels solubles. C'est le processus d'altération des roches qui se décomposent et libèrent des sels solubles de divers types, principalement les chlorures de sodium qui est le plus soluble (Li et al, 2006), de calcium et de magnésium, et avec moins de quantité, les sulfates et les carbonates (Mermut et Arshad, 1987). Le deuxième est le dépôt des sels océaniques par le vent et la pluie. «Sels cycliques" qui sont des sels de l'océan amenés par le vent et déposés par la pluie, qui sont principalement les chlorures de sodium. L'eau de pluie contient de 6 à 50 mg de sel par kg d'eau, la concentration des sels diminue avec l'éloignement de la côte. La quantité de sel stocké dans le sol varie en fonction du type de sol, elle est faible pour les sols sableux et élevée pour les sols argileux. Elle est également inversement proportionnelle à la pluviométrie moyenne annuelle.

### **II.2.2. Salinité secondaire**

La salinisation secondaire est le résultat des activités humaines qui modifient l'équilibre hydrologique du sol entre l'eau appliquée (irrigation ou de pluie) et l'eau utilisée par les cultures (transpiration). Les causes les plus communes sont le défrichage et le remplacement de la végétation pérenne par les cultures annuelles, ainsi que les systèmes d'irrigation utilisant l'eau riche en sels ou ayant un drainage insuffisant (Antipolis, 2003).

Selon la FAO (Food and Agriculture Organization), la totalité des terres irriguées dans le monde est de 230 millions d'hectares, 45 millions d'hectares sont touchés par la salinité (19,5 %) et sur 1500 millions d'hectares de terres agricole arides, 32 millions d'hectares (2%) sont devenus salins, à causes de la salinisation secondaire. Dans de nombreuses zones irriguées, le niveau des nappes phréatiques a augmenté en raison de la quantité excessive d'eau appliquée associée à un mauvais drainage. Dans la plupart des projets d'irrigation situés dans les zones arides et semi-arides, les problèmes de l'engorgement et la salinisation du sol ont atteint des proportions graves. La plupart des systèmes d'irrigation du monde sont à l'origine de la salinité secondaire, la salinisation ou l'engorgement.

### **II.3 Composants de la salinité**

Les données classiques sur les effets de la salinité chez les plantes mettent en relief trois principales composantes par lesquelles la salinité affecte la croissance : le stress osmotique, le stress ionique, le stress nutritionnel et le stress oxydatif (Guetadahan et al, 1998 ; Rodriguez et al, 2005).

#### **II.3.1 Le stress osmotique**

La première conséquence de la salinisation tient à la modification du potentiel osmotique de la solution du sol, lorsque la teneur en sels croît (Cheverry et al, 1996). Plus la solution du sol est salée, plus la pression osmotique est élevée et plus il est difficile pour les racines d'extraire l'eau de la réserve du sol. Il en résulte un ralentissement de la croissance (Song et al, 2005). La concentration en sels dépend de la teneur en eau du sol et augmente avec le dessèchement. C'est pourquoi l'excès de sels qui affecte les plantes est atteint beaucoup plus rapidement dans un sol sableux que dans un sol argileux qui piège les ions  $\text{Na}^+$  via les charges négatives de l'argile (Chinnusamy et al, 2005). Les plantes absorbant l'eau par osmose, cette absorption est conditionnée par la différence de potentiel hydrique entre la racine et le sol (Cramer et Bowman, 1993). La plupart des plantes sont capables d'ajuster leur potentiel osmotique interne en fonction de celui extérieur (Pujol et al, 2001). Mais cette régulation, très variable selon les espèces et présente des limites (Gauchi et Epstein, 1990).

#### **II.3.2 Le stress ionique**

L'accumulation des ions toxiques  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  au niveau du mésophylle des feuilles, affecte la croissance et le métabolisme de la plantes (Chinnusamy et Zhu, 2004), et aussi le sel endommage les structures lipidiques et protéiques des membranes plasmiques (Pical et al, 1999). La présence de ces ions perturbent l'activité enzymatique cellulaire (Hasegawa et al,

2000) principalement dans les tissus photosynthétiques (Bounaqba, 1998). La toxicité ionique peut être le résultat du remplacement de  $K^+$  par  $Na^+$  au niveau des sites actifs de protéines induisant aussi un changement de la structure protéique et enzymatique (Chinnusamy et al, 2005).

### **II.3.3 Le stress nutritionnel**

La salinité n'est pas une simple affaire de concentrations élevées de  $Na^+$  et de  $Cl^-$ . Le calcium, le sulfate, les carbonates peuvent être présents, avec le bore ou le sélénium à des concentrations excessives. En même temps, d'autres nutriments, particulièrement le phosphore et l'azote, peuvent ne pas être présents ou disponibles en quantités suffisantes pour permettre des taux de croissance élevés (Gorham, 1996). La présence de sels en excès dans le substrat de culture peut entraîner une limitation de l'alimentation en nutriments indispensables. Ce déséquilibre nutritionnel est une cause possible des réductions de croissance sur sel, lorsque des ions essentiels comme  $I^-$ ,  $Ca^{2+}$  ou  $NO_3^-$  deviennent limitant (Soltani et al, 1990).

### **II.3.4 Le stress oxydatif**

Les espèces réactives d'oxygènes (ROS) sont habituellement générées par l'activité cellulaire normale avec des faibles concentrations, comme la photo respiration et la B-oxydation des acides gras, et dans ces conditions, la plante possède des enzymes et des métabolites antioxydants suffisants pour faire face à cette faible concentration (Yazici et al, 2007). De nombreux travaux montrent que des métabolites enzymatiques et non enzymatiques antioxydants telles que les super oxyde-dismutases (SOD), les ascorbate peroxydases (APX), les catalases (CAT), des glutathion-S-transférases (GST) et les glutathion peroxydases (GPX) s'accumulent plus pendant le stress salin (Sudhakar et al, 2001). Une conséquence des stress environnementaux, comprenant le stress salin, est l'apparition du stress oxydatif (Hernandez et al, 2001), c'est-à-dire l'accumulation d'espèces réactives d'oxygène (ROS) à des concentrations élevées (Azevedo et al., 2006), qui endommagent les structures cellulaires (Smirnoff, 1993 ; Parent et al., 2008). Ces derniers sont à l'origine du dysfonctionnement de l'appareil photosynthétique et les autres troubles métaboliques (Rahnama et Ebrahimzadeh, 2005). La plupart d'entre eux sont des peroxydes d'hydrogène, des radicaux hydroxyles et des anions superoxyde (Azevedo et al, 2006). La tolérance des plantes à la contrainte saline est fortement corrélé à leur capacité de synthèse des antioxydants nécessaire pour faire face au ROS et de maintenir leur concentration à faible niveau dans les cellules lors du stress (Reddy et al, 2004). Par ailleurs, Demiral et Turkan (2004), ont montré que les plantes ont développé

des systèmes de défense antioxydants enzymatique et non enzymatique contre les radicaux libres en limitant leur génération.

### **III. effet de la salinité sur la plante**

#### **III.1 Effets de la salinité sur la physiologie de la plante**

##### **III.1.1 Effet de la salinité sur le développement et la croissance de la plante**

La salinité retarde le développement des feuilles et le tallage, mais elle pousse la plante vers la maturité (Munns et Rawson, 1999 ; Maas et Poss, 1989). L'observation des changements de développement de l'apex, lors de la croissance végétative jusqu'à la phase reproductive, a permis à ces auteurs de constater que la salinité accélère la phase reproductive. Ces auteurs ont constaté aussi que la phase terminale de la formation des épillets se produit environ deux semaines plus tôt chez le blé soumis à un stress par rapport aux non stressés. Ainsi que l'anthesis a lieu plus tôt pour les plantes sous stress, mais le tallage a été retardé de plusieurs jours. Grieve et al. (2001), ont découvert que le stress augmente le phyllochrone (l'intervalle entre l'apparence des feuilles successives sur la tige principale en fonction du temps thermique) et réduit le nombre des feuilles engagées sur la tige principale.

##### **III.2. Effet de la salinité sur les échanges gazeux et la photosynthèse**

La salinité affecte l'activité physiologique de la feuille, et plus particulièrement la photosynthèse, qui présente la cause principale de la réduction de la productivité végétale (Alem et al, 2002). Selon Munns et Tester (2008), la réduction de la photosynthèse est liée à la diminution du potentiel hydrique foliaire, qui est à l'origine de la fermeture des stomates (Price et Hendry, 1991 ; Allen, 1995), qui cause la réduction de la conductance stomatique (Orcutt et Nilsen, 2000). La diffusion du CO<sub>2</sub> à l'intérieur des stomates devient alors limitée et sa fixation au niveau des chloroplastes diminue (Graam et Boyer, 1990), par conséquent la régénération du RuBP (Ribulose Biphosphate) devient limitée (Gimenez et al, 1992). Le contrôle et la régulation stomatique fait intervenir la turgescence cellulaire mais également des signaux racinaires, comme l'acide Abscisique (ABA) (Zhang et Davies, 1989 ; Davis et al, 1994). La turgescence cellulaire intervient de manière plus ou moins directe au niveau du chloroplaste : directement par le maintien du volume du chloroplaste, et indirectement, par son effet sur l'ouverture stomatique, qui contrôle la conductance, et conditionne l'utilisation de l'énergie photochimique (ATP, NADPH) dans les chloroplastes (Gupta et Berkowitz, 1987).

### **III.3. Effet de la salinité sur la physiologie de la reproduction :**

La salinité réduit le taux de croissance de la plante du blé et ces organes reproducteurs (Hu et al, 2005). Khan et Abdullah (2003), ont étudié l'effet de la salinité sur la physiologie de la reproduction, ils ont constaté que le nombre du pollen dans deux différents types de cultivars de blé a été réduit de 24 à 37%. L'effet de l'accumulation du sel dans le méristème de blé sur la reproduction et le développement ont été étudié par Munns et Rawson (1999), Ils ont constaté que les courtes périodes de stress salin pendant l'organogénèse peuvent avoir des conséquences irréversibles sur la fertilité de l'épi de blé, elle provoque l'avortement des ovaires.

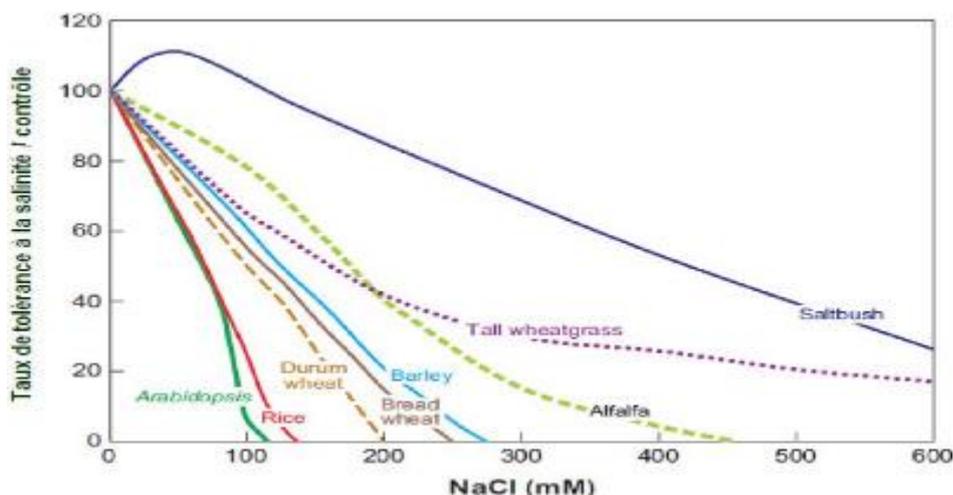
### **III.4. Effet de la salinité sur le rendement agronomique :**

Les composantes du rendement tel que le nombre de talles par plante, le nombre d'épis, le nombre d'épillets par épi et le poids du grain, sont élaborés de façon séquentielle dans le temps. Katergi et al. (1994) et Saadollah Houshmand et al. (2005) ont montré que tous les paramètres de rendement chez le blé dur subissent une réduction sous l'action de la salinité et que, plus la salinité est élevée plus le rendement est réduit. De même, les travaux de Hamdy et al. (2005) ont montré que le rendement en grains et le poids des grains sont significativement affectés aussi bien chez le blé que chez l'orge en condition d'irrigation avec une eau saumâtre et que la salinité a un effet néfaste sur le remobilisation des réserves au cours de la phase de remplissage des grains. Cette réduction du rendement en grains est principalement attribuée au déclin du poids de l'épi et du poids de 1000 graines. (Saadollah et al, 2005). Au stade végétatif, la salinité affecte le développement de l'épi et baisse le rendement (Maas et Grieve, 1990). Lorsque le blé est soumis à un stress salin au cours de l'épiaison ou la différenciation de l'épi, le nombre d'épillets par épi est réduit ainsi que le nombre des grains (Munns et Rawson, 1999). La salinité diminue le rendement plus souvent en réduisant le nombre de pointes portant les épillets (El-Hendawy et al, 2005). Par conséquent Maas et Grieve (1990) ont conclu que la salinité doit être évitée avant et pendant le développement de l'épillet pour attendre le plus haut potentiel de rendement. (Grieve et al. 2001) ont mené une autre étude sur l'effet du sel sur le blé de printemps où la salinité a été imposée et retirée, avant ou après, stade premier feuille, après l'étape double crête, et la formation de l'épi terminal. Ils ont constaté que les rendements des céréales ont été maximisés lorsque le stress salin a été retardé jusqu'après la formation de l'épi terminal ou par le retrait du stress à la fin du stade premier feuille au stade de double crête. D'autre part, ils ont trouvé que la salinité réduit la durée de la phase d'ouverture du primordial épillet, même si elle n'a aucun effet sur le taux d'ouverture.

Cette combinaison d'effets a provoqué une réduction du nombre de grains par épillet, affectant gravement le potentiel de rendement de blé.

#### IV. Tolérance des plantes à la salinité

Munns et Tester en 2008 ont établi les limites de tolérance à la salinité de espèces d'intérêt agronomique, leurs classification est déterminé selon le taux de réduction du rendement sous l'effet du sel à divers concentration mesurer en (mM) (figure 2).



**Figure 3** : Classification des plantes selon leur niveau de tolérance à la salinité en fonction de la concentration en sel (Munns et Tester, 2008).

##### IV.1. Tolérance des céréales à la salinité

La tolérance des céréales à la salinité dépend de la variabilité génétique telle que certaines espèces résistent à ce type de stress biotique que d'autres. Notamment l'effet toxique des sels est moins prononcé chez le blé tendre que le blé dur. Ce caractère lui est conféré grâce à la présence du NaCl, un gène responsable à l'exclusion du sodium (Munns et al. 2008). L'orge, dépasse ces deux derniers et arrive à croître normalement dans des conditions considérées comme limitantes. En effet, en additions à l'exclusion de sodium, la plante d'orge se sert d'un autre mécanisme de tolérance à la salinité qui se manifeste par l'emprisonnement des sels dans un compartiment bien spécifique dans la feuille. Ceci non seulement lui épargne leurs effets toxiques mais aussi contrebalance la pression osmotique du sol (Munns, 2008). Particulièrement, l'hybridation du blé dur avec l'espèce sauvage *Tritium monococcum* a permis le transfert de deux gènes responsables à la tolérance à la salinités, Nax1 et Nax2. Le premier gène, exclue le Na<sup>+</sup> du xylème des racines et de la gaine des feuilles tans disque le deuxième ne l'exclue que des racines et permet ainsi un ratio plus élevé du K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> au niveau des feuilles. (Caitlin et al, 2007 ; Munns et al, 2008). L'introduction de ces deux gènes a

permis l'amélioration de la tolérance à la salinité de 25% par rapport au témoin chez le blé dur (Munns, 2008). De même, ces gènes ont montré leurs efficacités chez le blé tendre. L'hybridation avec une espèce apparentée, *Mordeur marinum*, a conféré d'avantage une grande tolérance à la salinité chez le blé tendre amélioré (Munns et al, 2008).

## **IV.2. Mécanisme de la tolérance à la salinité des plantes**

Les mécanismes de la tolérance à la salinité se situent à des différents niveaux de la plantes. Le contrôlée se fait essentiellement dans les vacuoles (Niu et al, 1995 ; Yeo, 1998 ; Horie et Schroeder, 2004), à l'échelle de la plante entière, et éventuellement dans les organes les moins sensibles (Cheeseman, 1988 ; Munns, 1993) pour contrôler l'absorption, le transport et le stockage du sel.

### **IV.2.1 Contrôle de l'absorption et le transport du sodium**

Les mécanismes physiologiques de tolérance à la salinité au niveau de la plante entière dépendent de la capacité de la plante de contrôler l'absorption et le transport du sel à différentes niveaux différents de la plante (Munns et Tester, 2008).

Le contrôle de l'entrée de Na<sup>+</sup> dans les cellules épidermiques et corticales des racines. L'absorption initiale de Na<sup>+</sup> et Cl<sup>-</sup> se produit de l'exoderme à l'épiderme, les flux apoplastique se produisent à travers l'endoderme, la régulation de l'entrée initiale de Na<sup>+</sup> dans les cellules corticales des racines est donc importante pour la tolérance des plantes à la salinité (Zhu, 2001). Contrôle de l'entrée de Na<sup>+</sup> dans le xylème. L'entrée des ions Na<sup>+</sup> dans les cellules s'effectue grâce à des transporteurs à forte affinité de K<sup>+</sup>, ou par des canaux de faible affinité appelée des canaux cationiques non sélectifs qui sont fortement influencés par les ions Ca<sup>2+</sup>. Ces canaux cationiques permettent l'entrée d'une grande quantité des ions Na<sup>+</sup> à partir d'un sol très salé si elles ne sont pas bien réglementées (Amtmann et Sanders, 1999). Dans de nombreuses espèces, les ions Na<sup>+</sup> sont conservés dans la partie supérieure du système racinaire et dans la partie inférieure de la tige, indiquant un échange de Na<sup>+</sup> par K<sup>+</sup> dans les cellules de la stèle de la racine ou dans les faisceaux vasculaires aux niveaux des tiges et des pétioles (Munns et al, 2006), Excrétion du sel sur la surface foliaire par les glandes

### **IV. 2.2. Régulation de la concentration cytoplasmique de sodium**

La présence du sel au niveau du cytoplasme inhibe l'activité presque de la totalité des enzymes, donc les mécanismes de tolérance à la salinité, au niveau cellulaire, se traduisent par le maintien du sel en dehors du cytoplasme, et leur compartimentation dans les vacuoles de la cellule. Cela se produit dans la plupart des espèces et s'explique par les concentrations élevées

du sel (supérieure à 200 mM) présents dans les feuilles qui fonctionnent toujours normalement, alors que de telles concentrations détruisent complètement l'activité des enzymes *in vitro* (Munns et al., 1983). En général, les ions  $\text{Na}^+$  commencent à inhiber l'activité des enzymes à une concentration ionique supérieure à 100 mM alors que la dose toxique de  $\text{Cl}^-$  n'est pas encore bien définie bien que approximativement elle est dans la même gamme de la concentration des ions  $\text{Na}^+$ .

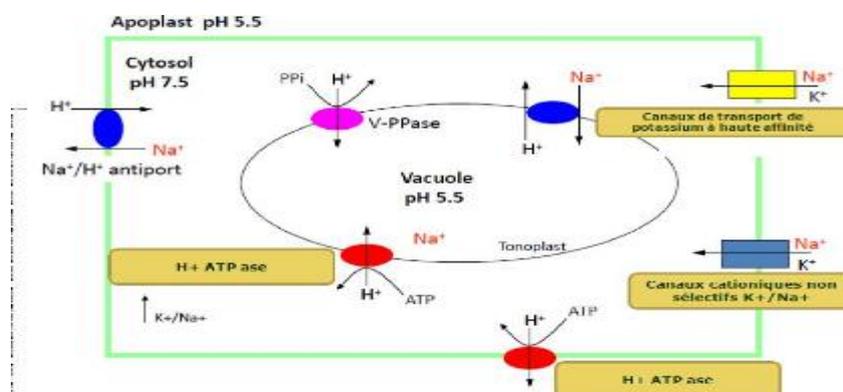
### IV.2.3. Le transport de sodium

Les canaux ioniques et les transporteurs qui régulent les mouvements du sel à travers les membranes des cellules ont été examinés par plusieurs chercheurs, il n'y a aucun transporteur spécifique des ions  $\text{Na}^+$  mais ils font l'entrée par la concurrence avec d'autres cations, en particulier, les ions  $\text{K}^+$  (Amtmann et Sanders, 1999).

#### IV.2.3.1 L'efflux de sodium

Les ions  $\text{Na}^+$  peuvent être efflués du cytoplasme par un antiport  $\text{Na}^+/\text{H}^+$ , poussés par le gradient de pH à travers le plasmalemme (Blumwald, 2000). Ces transports et ces processus travaillent ensemble pour contrôler la concentration cytoplasmique des ions  $\text{Na}^+$ .

Le potentiel négatif de la membrane plasmique des cellules végétales favorise le transport passif des ions  $\text{Na}^+$  dans les cellules. Ces ions pénètrent dans les cellules végétales par les transporteurs de potassium à haute affinité HKT1 selon (Rus et al, 2001), (Maser et al, 2001) et les canaux cationiques non sélectifs (Amtmann et Sanders, 1999) (Figure 3).



**Figure 4:** Les transporteurs ioniques de  $\text{Na}^+$  au niveau cellulaire (Mansour et al, 2003)

## V. Les plantes face au stress salin

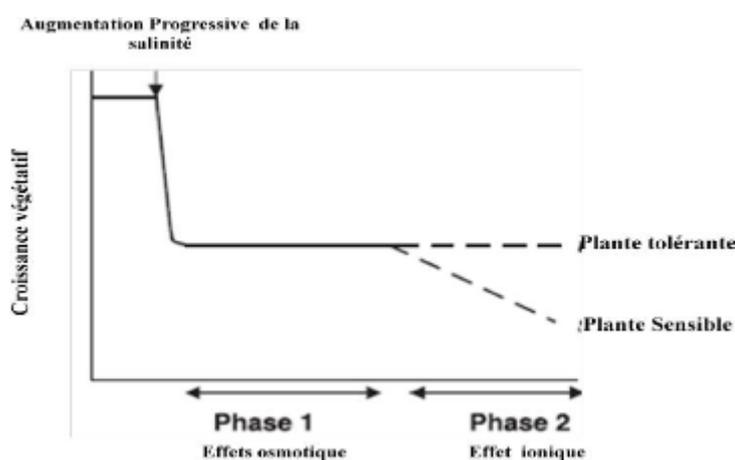
### V.1. Signalisation cellulaire

La signalisation du stress peut être de deux origines soit liées aux ions spécifiques du sel qui est la plus probable ou leur effet osmotique qui active la synthèse de l'acide abscissique (ABA) induit la transcription du gène *AtNHX1* qui code pour la synthèse des transporteurs vacuolaires qui permet la séquestration de ions  $\text{Na}^+$ , bien sur selon (Shi et Zhu, 2002). Les ions  $\text{Na}^+$  extracellulaire peuvent être détectés soit par un récepteur membranaire (des protéines membranaires) ou par des enzymes sensibles aux ions  $\text{Na}^+$  cytoplasmique. Les protéines membranaires  $\text{Na}^+/\text{H}^+$  antiport peut être un capteur possible de  $\text{Na}^+$  SOS1 selon (Shi et al, 2000) et (Zhu, 2003).

### V.2. La croissance et le développement des plantes sous stress salin

Pour comprendre les divers mécanismes responsables de la tolérance à la salinité de ces espèces, il est nécessaire de savoir si leur croissance est affectée par l'effet osmotique du sel dans le sol, ou\ et de son effet toxique dans la plante. L'analyse de la réponse d'une plante au stress salin, montre que la réduction de la croissance se déroule en deux phases: une réponse rapide face à l'augmentation de la pression osmotique à l'extérieur.

Une réponse plus lente en raison de l'accumulation de  $\text{Na}^+$  dans les feuilles. Dans la première phase osmotique, (qui commence immédiatement après l'augmentation de la concentration du sel à un niveau seuil de la solution du sol), le taux de la croissance diminue d'une façon significative (Munns, 1993). Tandis que pour les plantes tolérantes les jeunes feuilles se forment rapidement et fournissent les glucides nécessaires pour maintenir les différentes activités vitales de la plante aussi selon (Munns et Tester, 2008).



**Figure 5** : Schématisation des deux phases de développement des plantes tolérantes et sensible sous stress salin (Munns, 2002).

### **V.3 Les différents types de réponses des plantes à la salinité**

de nombreuses réponses des plantes face à un stress salin et on site :

#### **V.3.1. La tolérance au stress osmotique**

Le stress osmotique diminue la croissance et la productivité des plantes (Ashraf, 1994). Il ralentit le taux de division et d'expansion des cellules, en causant une perte de turgescence qui liée à l'insuffisance de l'eau due à l'augmentation du sel autour des racines. Les diminutions du potentiel hydrique foliaire et de la teneur relative en eau de la plante (TRE) observées conduisent à une diminution des capacités photosynthétiques chez la plante (Tezara et al, 2002). Face à l'augmentation des forces de rétention de l'eau dans un sol au cours de dessiccation, un ajustement osmotique peut se manifester, mais à des degrés variables, chez la plupart des végétaux. Les métabolites impliqués dans cet ajustement sont assez variés. De fortes accumulations en potassium et en nitrates ont été mises en évidence chez le blé (Munns et al, 1979). L'augmentation de la teneur foliaire en saccharose contribuerait au maintien d'une pression osmotique élevée limitant les pertes d'eau par transpiration.

##### **V.3.1.1. L'exclusion de Na<sup>+</sup> des limbes**

Sous un stress salin l'exclusion de Na<sup>+</sup> de la plante par des divers mécanismes, ne garantit pas son accumulation avec des concentrations toxiques dans les feuilles. Cette accumulation de Na<sup>+</sup> se manifeste par un effet toxique après un jour et peut aller à une semaine, selon les espèces, et cause la mort des feuilles âgées prématurément dans certaines espèces (Munns et Tester, 2008).

##### **V.3.1.2. Tolérance des tissus**

La tolérance des tissus exige la compartimentation intracellulaire de Na<sup>+</sup> et Cl<sup>-</sup> pour éviter leurs effets toxiques dans le cytoplasme, en particulier dans les cellules de mésophyle de la feuille. La toxicité se produit après l'augmentation de Na<sup>+</sup> à des concentrations élevées dans les feuilles (Munns et Tester, 2008). Cette concentration peut être tolérée par les tissus par deux types d'adaptations anatomiques au niveau cellulaire :

- Augmentation de la taille des cellules en raison de l'augmentation du volume vacuolaire, suite de la séquestration des ions toxiques à l'intérieur des vacuoles.

Partitionnement des ions à l'intérieur de cellules, les processus de transport intracellulaires des ions toxiques favorisent le cloisonnement de la feuille ce qui garantit que ces ions ne seront pas stockés dans les mêmes cellules. Chez l'orge par exemple

soumis à un stress salin, il ya une grande accumulation de Cl<sup>-</sup> dans l'épiderme et non pas dans le mésophiles, contrairement aux ions K<sup>+</sup>, mais il n'existe aucune preuve de partitionnement des ions Na<sup>+</sup>.

#### **V.4. Importance des mécanismes de tolérance**

L'importance relative de ces différents processus varie clairement avec l'espèce (c'est-à-dire, la stratégie de certaines espèces végétales pour répondre au stress salin) (Epstein et al., 1980), mais probablement elle varie aussi bien en fonction de la durée d'exposition à la salinité, la concentration de sel, et éventuellement les conditions environnementales locales, notamment l'approvisionnement en eau du sol et l'humidité relatif de l'air, et donc le taux de transpiration des feuilles et leurs potentiel hydrique (Munns et al, 1980). La réponse à la salinité se manifeste généralement chez la plupart des plantes cultivées par un effet dépressif sur la croissance et le développement (Munns et al, 1995). Cette réponse varie considérablement en fonction du genre, de l'espèce et même de l'écotype ou de la variété (Epstein et al, 1980 ; Cramer et al, 1994). Selon le degré de la salinité dans le milieu, les glycophytes en particulier sont exposées à des modifications de leur comportement morpho-physiologique (Ben Naceur et al, 2001), biochimique (Grennan, 2006) et minéral (Martinez et al, 2007). Ainsi, les plantes réagissent à ces variations de la salinité dans le biotope soit en déclenchant des mécanismes de résistance (Batanouny, 1993) ou en disparaissant (Chamard, 1993).

#### **V.5. Les mécanismes d'adaptation morphologiques**

##### **V.5.1. Réduction de la surface foliaire**

La diminution du taux de croissance des feuilles, après une augmentation de la salinité est due principalement à l'effet osmotique du sel autour des racines. Ces effets provoquent la perte d'eau des cellules foliaires, mais cette perte de volume et de turgescence ne dure pas longtemps en raison du mécanisme d'ajustement osmotique, malgré cela, le taux d'allongement et d'élongation de la cellule est réduit. Cette réduction conduit finalement à l'apparition des feuilles de faible surface foliaire mais plus épais. La diminution de la surface foliaire se présente comme étant une stratégie développée par le blé dur, pour atténuer la limitation de la disponibilité de l'eau dans les conditions de stress salin (Steduto et al, 2000). Alem et al. (2002), a prouvé que le blé dur, qui affiche les plus importantes diminutions de la surface foliaire, se présente comme celui qui a le mieux résolu ses problèmes hydriques, alors que le blé tendre, qui a moins réduit sa surface foliaire, n'a pas pu résoudre ces problèmes à cause de la forte transpiration et la faible turgescence liée à l'insuffisance d'eau. La limitation de la diminution de la surface foliaire et la fermeture des stomates dans le cas du blé tendre a

permis à ce dernier de mieux conserver les potentialités photosynthétiques du couvert végétal (Sarda et al., 1993). Cependant, au stade épiaison avec un stress salin modéré, le blé dur se distingue par la mise en œuvre d'une autre stratégie, qui consiste à limiter les effets de la diminution de la surface foliaire par une meilleure adaptation du système photosynthétique, qui se traduit par une augmentation de l'intensité photosynthétique. Cette augmentation, malgré qu'elle permette de compenser partiellement la diminution de la surface foliaire, reste insuffisante pour assurer un niveau de photosynthèse du couvert végétal qui garantît un rendement en grain normal. Finalement, la stratégie du blé tendre, qui consiste, dans les conditions de stress salin, à conserver leur surface foliaire pour préserver ces potentialités photosynthétiques, et malgré le risque des problèmes hydriques, se montre plus efficace que celle développée par le blé dur. Ainsi, la diminution du rendement en grain est moins prononcée dans le cas du blé tendre que dans celui du blé dur, et ceci pour les deux niveaux de stress salin (Alem et al, 2002).

#### **V. 5.2. Fermeture des stomates**

La réduction de la transpiration est l'un des critères les plus importants de la tolérance à la salinité qui est corrélé avec la perception précoce du signal de stress. L'effet primaire de la salinité est lié à l'inhibition de la croissance induite par le déficit hydrique. Les signaux de stress hydrique peuvent être détecté par l'accumulation de l'ABA (Montero et al, 1998 ; sibole et al., 2000). La perception du signal induit des mécanismes d'adaptation ou de tolérance au sel. Par exemple, certaines espèces vivent dans un environnement riche en sel peuvent survivre en limitant la transpiration par la fermeture des stomates (Sibole et al, 2003). Dans des conditions salines, l'assimilation du carbone photosynthétique qui est le coeur de la croissance foliaire et la productivité, est strictement réglementée par l'ouverture réduite des stomates. Cette réduction au lieu d'être néfaste peut être avantageuse pour les variétés tolérantes (Munns et Tester, 2008).

#### **III.5.3. Réduction de la transpiration**

A l'échelle de quelques minutes, de la perception du signale de stress la plante peut réduire sa transpiration en fermant ses stomates (pores microscopiques, environ 10 000 par cm<sup>2</sup> de feuille). La réduction de transpiration améliore l'état hydrique des tissus car les racines continuent à absorber l'eau alors que la transpiration est réduite. La signalétique du contrôle stomatique fait intervenir des messages de type chimique qui transitent entre les racines et les feuilles par la sève aylérienne, en particulier le pH de la sève (Wilkinson et Davies, 1997) et la concentration d'une hormone végétale, l'acide asismique, synthétisée par les organes en

dessèchement (Davies, 1991 ; Tardieu et Davies 1993). Des plantes transformées qui synthétisent plus de cette hormone gardent un état hydrique plus favorable et survivent plus longtemps au stress (Iuchi et al, 2001 ; Borel et al., 2001). Une conséquence importante de ce mécanisme est que la plante réduit sa transpiration avant d'être en "stress" cellulaire. Plus tard, la plante ajuste sa transpiration via des réductions de la surface foliaire, avec une variabilité génétique importante de ces réductions. La surface foliaire est un déterminisme important de la transpiration. Une des premières réactions des plantes au déficit hydrique causé par la salinité est de réduire la surface foliaire au travers des différents mécanismes. Il existe une variabilité génétique importante des degrés de réaction de la croissance au cour d'un stress (Zhang et al, 1999 ; Reymond et al, 2003).

## **V.6. Mécanismes d'adaptation physiologique et biochimique**

### **V.6.1 L'ajustement osmotique**

L'ajustement osmotique joue un rôle primordial dans la résistance ou la tolérance des plantes à la contrainte saline (Munns, 2002). Les végétaux sont capables de supporter le déficit hydrique engendré par le stress salin, en ajustant plus ou moins rapidement leur potentiel osmotique avec celui du milieu extérieur, de manière à maintenir un gradient de potentiel hydrique entre la plante et le milieu salin (Chinnusamy et al, 2004). En effet, la tolérance à la salinité, dans le cas d'un abaissement du potentiel hydrique, s'exprime par un maintien de la turgescence (Garg et al., 2002 ; Moinuddin et al., 2005) grâce au phénomène d'ajustement osmotique qui apparaît aujourd'hui comme un mécanisme majeur d'adaptation aux stress ionique et osmotique, les osmorégulateurs permettent une protection des membranes et des systèmes enzymatiques surtout dans les organes jeunes, et la proline semble jouer un rôle dans le maintien des pressions cytosol-vacuole et la régulation du pH selon (Ottow et al, 2005). Si les ions Na<sup>+</sup> et Cl<sup>-</sup> sont accumulés dans les vacuoles de la cellule, les ions K<sup>+</sup> et les solutés organiques devraient s'accumuler dans le cytoplasme et les organites pour équilibrer la pression osmotique. Les solutés organiques qui s'accumulent le plus souvent sous stress salin sont la proline et la glycine bêtaïne, bien que d'autres molécules peuvent s'accumuler à des moindres degrés (Hasegawa et al., 2000). De même des sucres solubles comme les sucres simples (glucose, fructose...), les sucres alcool (glycérol et inositol) et les sucres complexes (tréhalose, raffinose et fructane) ont été identifiés comme des composés impliqués dans l'ajustement osmotique (Yokoi et al, 2002).

### **V.6.2 Tolérance au chlorure (Cl<sup>-</sup>)**

Pour les espèces qui accumulent de fortes concentrations de Cl<sup>-</sup> dans leurs feuilles et non pas de Na<sup>+</sup> (par exemple le soja et les espèces qui sont couramment cultivés sur des sols riches en Cl<sup>-</sup> tels que les vignes et les agrumes...), la toxicité de Cl<sup>-</sup> est plus importante que celle de Na<sup>+</sup>. Cependant, cette déclaration n'implique pas que Cl<sup>-</sup> est métaboliquement plus toxique que Na<sup>+</sup>, mais plutôt que ces espèces sont mieux adaptées à l'exclusion de Na<sup>+</sup> à partir des feuilles que le Cl<sup>-</sup>. Par exemple, la concentration de Na<sup>+</sup> n'augmente pas dans les limbes de la vigne même après culture de plusieurs années sur des sols salins, l'exclusion de Na<sup>+</sup> commence à s'effectuer à partir des racines, des tige, puis les pétioles, d'une manière à éviter son transport vers les feuilles, alors que la concentration de Cl<sup>-</sup> augmente progressivement dans le limbe et atteint des niveaux toxiques (Prior et al., 2007). Ainsi, Na<sup>+</sup> bien que plus toxique, est correctement géré par la plante que le Cl<sup>-</sup>, qui apparaît alors comme le composant le plus toxique. De nombreuses études ont été faites pour déterminer si Na<sup>+</sup> est plus, ou moins, toxique que Cl<sup>-</sup> par l'utilisation des différents sels a produits équivalent des ions Na<sup>+</sup> et Cl<sup>-</sup> mais n'ont pas abouti à des corrélations significatives, en raison de la difficulté à modifier la concentration extérieure d'un ion par un autre sans changer la pression osmotique de la solution externe ou le taux d'absorption d'autres ions. Pour le blé dur, la variation génétique de la tolérance à la salinité est en corrélation avec l'accumulation de Na<sup>+</sup> dans les feuilles, et n'ont pas avec l'accumulation de Cl<sup>-</sup> (Ogham et al, 1987 ; Gorham et al, 1990).

### **V.6.3 Synthèse des anti-oxydants**

Les espèces réactives d'oxygènes (ROS) sont habituellement générés par l'activité cellulaire normale avec des faibles concentrations, comme la photo respiration et la B-oxydation des acides gras, et en conditions des stress, dans ces conditions, la plante possède des enzymes et des métabolites antioxydants suffisants pour faire face à cette faible concentration (Yazici et al, 2007). De nombreux travaux montrent que des métabolites antioxydants enzymatiques telles que la vitamine C et la vitamine E, et non enzymatiques telles que les superoxyde-dismutases (SOD), les ascorbate peroxydases (APX), les catalases (CAT), des glutathion-S-transférases (GST) et les glutathion peroxydases (GPX) s'accumulent plus pendant le stress salin (Sudhakar et al, 2001).

Une conséquence des stress environnementaux, comprenant le stress salin, est l'apparition du stress oxydatif (Hernandez et al, 200), c'est-à-dire l'accumulation d'espèces réactives d'oxygène (ROS) à des concentrations élevées (Azevedo Neto et al, 2006), qui endommagent

les structures cellulaires (Parent et al, 2008 ; Smirnoff, 1993). Ces derniers sont à l'origine du dysfonctionnement de l'appareil photosynthétique et les autres troubles métaboliques (Rahnama et Ebrahimzadeh, 2005). La plupart d'entre eux sont des peroxydes d'hydrogène, des radicaux hydroxyles et des anions superoxyde (Neto et al, 2006). La tolérance des plantes à la contrainte saline est fortement corrélé à leur capacité de synthèse des antioxydants nécessaire pour faire face au ROS et de maintient leur concentration à faible niveau dans les cellules lors du stress (Reddy et al, 2004).

# **Partie expérimental**

## I. Matériels et méthodes :

### I.1 Matériel végétal :

Le matériel végétatif est un ensemble de grains de 3 céréales : Blé dur, Blé tendre, Orge, fournit par l'ITGC .



**Figure 6 :** Photo représentative des trois variétés étudiées (photos personnelles)

**Tableau 2 :** Fiche variétale

Variété	Vitron	Bni Sliman	El Fouara
Origine	Espagne	Mexique	Algérie
Demandeur	ITGC	ITGC	ITGC
Obtenteur	ITGC Sétif	Cymmit	ITGC Sétif
Année d'inscription	1997	2001	1997

ITGC GUELMA

**Tableau 3 :** agronomique et cultural de la variété Vitron (ITGC Guelma selon le bulletin)

Caractéristiques technique et agronomique	Caractéristique cultural
Rendement : élevé Qualité semoulière : bonne Poids de mille grains : élevé	Sensible : rouille brune Résistante : Oidium feuille, Oidium épi, moyennement a la septériorse.

ITGC GUELMA

**Tableau 4 :** caractéristique agronomique et culturale de la variété Bni Sliman (ITGC Guelma)

Caractéristiques technique et agronomique	Caractéristiques cultural
Rendement : élevé Qualité semoulière : bonne Poids de mille grains : élevé	Sensible : inconnues Résistante : inconnues

ITGC GUELMA

**Tableau :** caractéristique agronomique et cultural de la variété El Fouara (ITGC Guelma)

Caractéristiques technique et agronomique	Caractéristiques cultural
Rendement : élevé Qualité semoulière : bonne Poids de mille grains : élevé	Sensible : ! Résistante : oidium feuille, oidium épi, Helminthosporiose

ITGC GUELMA

## **II. Conduite et suivis des essais**

Tout le travail est fait à l'Université de 8 Mai 1945 Guelma, Faculté de science de la vie et de la nature et science de la Terre et l'univers.

Le déroulement du travail est devisé en deux parties :

L'animalerie et la serre pour le semi des grains, la croissance des plantes obtenues et l'application du stress,

Le laboratoire n2 pour l'étude des paramètres physiologiques et biochimiques.

## **III. L'expérimentation**

L'expérimentation a durée 42 Jours dans l'animalerie et la serre.

### **III.2 Etude Analytique**

Le coté analytique est basé sur la lecture spectrophotométrie des échantillons obtenus, dans les paramètres étudiés.

#### **III.2.1 La mise en Place du dispositif expérimental**

Le semis des grains dans des pots qui sont remplis de tourbe presque a moitié.

Note : La capacité aux champs n'a pas été mesurée.

#### **III.2.2 L'application du stress**

L'application du stress commence dès l'apparition de la 3<sup>ème</sup> feuille, et dure 28 jours.

On applique des différents niveaux de salinité aux plantes obtenues.

Le semis des grains se fait par trois blocs, identiques l'un à l'autre.

Chaque bloque est traité de quatre niveaux différents de salinité (25% 50% 75% 100%)

Soit 4 répétitions par niveau.

La quantité maximale de sel est de 11,8g/L qui représentent un taux de 100%.

La quantité minimale de sel est de 2,95g/L qui représentent un taux de 25%.

Une quantité de 5.9g /L pour un taux de 50%.

Une quantité de 8,85g/ L pour un taux de 75%.

Le dispositif est expliqué dans le schéma suivant (Figure 07)

### Bloc A

C0	V <sub>R1</sub>	V <sub>R2</sub>	V <sub>R3</sub>	V <sub>R4</sub>
C1	V <sub>R1</sub>	V <sub>R2</sub>	V <sub>R3</sub>	V <sub>R4</sub>
C2	V <sub>R1</sub>	V <sub>R2</sub>	V <sub>R3</sub>	V <sub>R4</sub>
C3	V <sub>R1</sub>	V <sub>R2</sub>	V <sub>R3</sub>	V <sub>R4</sub>
C4	V <sub>R1</sub>	V <sub>R2</sub>	V <sub>R3</sub>	V <sub>R4</sub>

### Bloc B

C0	A <sub>R1</sub>	A <sub>R2</sub>	A <sub>R3</sub>	A <sub>R4</sub>
C1	A <sub>R1</sub>	A <sub>R2</sub>	A <sub>R3</sub>	A <sub>R4</sub>
C2	A <sub>R1</sub>	A <sub>R2</sub>	A <sub>R3</sub>	A <sub>R4</sub>
C3	A <sub>R1</sub>	A <sub>R2</sub>	A <sub>R3</sub>	A <sub>R4</sub>
C4	A <sub>R1</sub>	A <sub>R2</sub>	A <sub>R3</sub>	A <sub>R4</sub>

### Bloc C

C0	O <sub>R1</sub>	O <sub>R1</sub>	O <sub>R2</sub>	O <sub>R4</sub>
C1	O <sub>R1</sub>	O <sub>R2</sub>	O <sub>R2</sub>	O <sub>R4</sub>
C2	O <sub>R1</sub>	O <sub>R2</sub>	O <sub>R2</sub>	O <sub>R4</sub>
C3	O <sub>R1</sub>	O <sub>R2</sub>	O <sub>R2</sub>	O <sub>R4</sub>
C4	O <sub>R1</sub>	O <sub>R2</sub>	O <sub>R2</sub>	O <sub>R4</sub>

**V** : Vitron, **A** : Bni Slimane, **O** : El fouara.

**C0** : Témoin.

**C1** : traitement avec un taux de 25%.

**C2** : traitement avec un taux de 50%.

**C3** : traitement avec un taux de 75%.

**C4** : traitement avec un taux de 100%.

**R** : répétition.

**Figure 07** dispositif expérimental



**Figure 8** : Plantes de Blé et orge (Photos personnelles)

### **III.2.3 Paramètres étudiés :**

#### **III.2.3.1 Paramètres morphologiques :**

##### **III.2.3.1.1 Etude du développement foliaire et racinaire**

Les hauteurs des plantes et la longueur des racines, ont été mesurées à l'aide d'un papier millimétré.

##### **III.2.3.1.2 La surface foliaire**

La surface moyenne de la feuille la plus développée (avant dernière feuille = la plus jeune adulte feuille), est déterminée moyenne du limbe des 10 feuilles,  $l$  est la longueur du limbe moyenne du limbe des 10 feuilles,  $L$  est la longueur et 0.709 représente le coefficient de correction, étant donné que la feuille a une forme triangulaire (Mefti et al, 2008). à partir d'un échantillon de dix plantules par traitement, par la formule suivante:

$$SF (cm^2) = L \times l \times 0.709$$

##### **III.2.3.2 Paramètres physiologiques**

###### **III.2.3.2.1 La 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. (Temagoult, 2009).

Les teneurs moyennes en chlorophylle a et b sont déterminées par la méthode de Rao et LE BLANC (1965). L'extraction de la chlorophylle est réalisée par broyage de 0.5g de matière fraîche de la feuille de chaque échantillon qui est additionnée de carbonate de calcium et d'acétone (20ml à 80%). La solution obtenue est filtrée à l'abri de la lumière pour éviter l'oxydation de la chlorophylle. On procède ensuite aux mesures spectrophotométriques à deux longueurs d'onde  $\lambda_1 = 645$  et  $\lambda_2 = 663$ nm).

- Le calcul de la qualité de la chlorophylle est obtenu par la formule suivante :
- Chl a :  $12,7 (DO\ 663) - 2,69 (DO\ 645)$ .
- Chl b :  $22,9 (DO\ 645) - 4,86 (DO\ 663)$ .

### III.2.3.3 Paramètres biochimiques

Les paramètres biochimiques consistent à mesurer les quantités des constituants des organes biologiques en général, sucres solubles ; protéines totales ; acides aminées ; proline ; lipides ...etc.

#### III.2.3.3.1 Dosage des sucres solubles << $\mu\text{g}/100\text{mg MF}$ >>

Les sucres solubles totaux (saccharose, glucose, fructose, leurs dérivés méthyles et les polysaccharides) sont dosés par la méthode au phénol de Dubois et al. (1956). Elle consiste à prendre 100 mg de matière fraîche, placées dans des tubes à essais, on ajoute 3 ml d'éthanol à 80% pour faire l'extraction des sucres.

On laisse 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 20ml d'eau distillée à l'extrait. C'est la solution à analyser. Dans des tubes à essais propres, on met 2ml de la solution à analyser, on ajoute 1ml de phénol à 5% (le phénol est dilué dans de l'eau distillée), on ajoute rapidement 5ml d'acide sulfurique concentré à 96%.

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 min et on les place au bain-marie 10-20min à une température de 30 degré C. (La couleur de la réaction est stable pendant plusieurs heures). Les mesures d'absorbances sont effectuées à une longueur d'onde de 485 nm. Enfin, les résultats de la densité optique sont traduit par une courbe étalon des sucres solubles (glucose)

$$y=2.4189x+0.2752$$

# **Résultats et Discussion**

## **I. Résultats**

Les résultats obtenus des différents paramètres étudiés sur trois variétés de céréales sous un stress salin, révèle une variabilité de réponse entre les genres, et entre les concentrations :

### **I. Paramètres morphologiques**

Les différentes concentrations de NaCl appliquées, ont un impact direct sur l'aspect morphologique des genres étudiés incluant la hauteur des plantes, la longueur du système racinaire et la surface foliaire. L'évolution des plantes irriguées avec différentes concentrations de sel était relative à ces dernières.

#### **I.1. Hauteurs des plants**

##### **Le blé dur (Vitron)**

Une variabilité au niveau de la hauteur des plantes, qui commence pour le témoin par une moyenne de 33,5 cm.

Au fur et à mesure, que la concentration des sels augmente dans les solutions d'irrigation la hauteur des plantes diminue. Ce qui nous donne les résultats suivants :

La moyenne de 28,9 cm pour la faible concentration, 24,3 cm pour la concentration de 50 % de Na Cl ; 20,33 cm pour la concentration de 75 % ; Et enfin 17,75 cm pour la concentration de 100%

##### **Le blé tendre (ARZ) :**

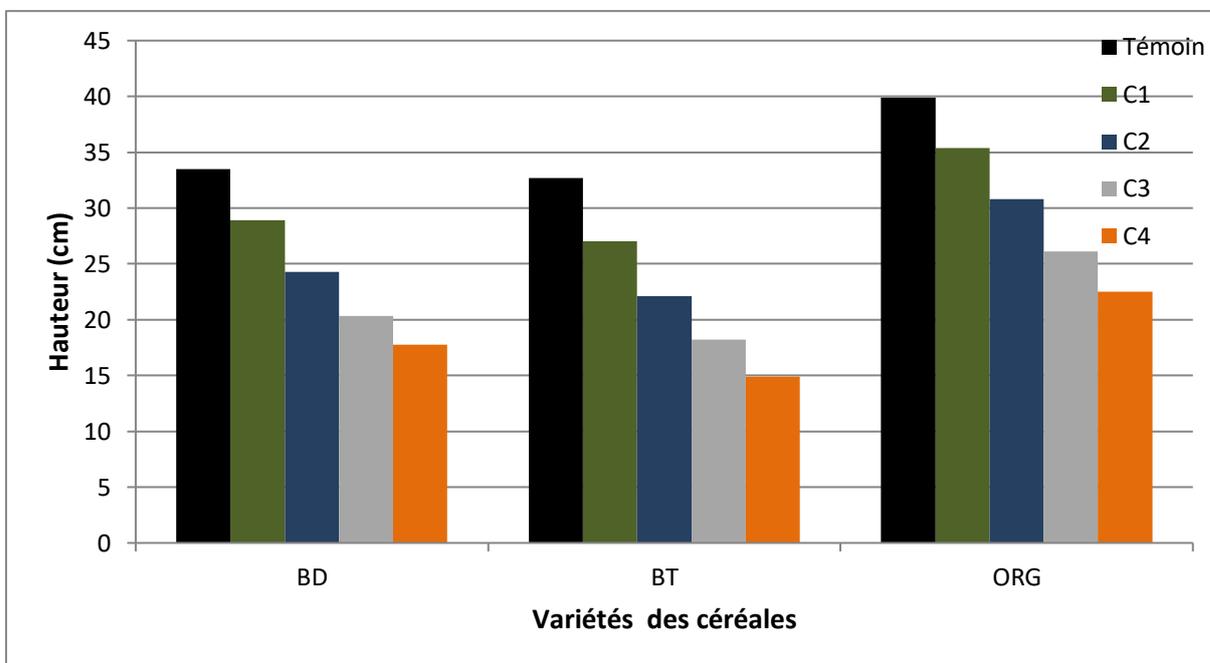
La même remarque s'observe tout au long de l'expérimentation pour la variété de blé tendre. Les hauteurs commencent par une moyenne de 32,7 cm pour les témoins ; 27 cm pour la première concentration ; 22,1 cm pour la deuxième concentration ; 18,2 cm pour la troisième concentration et enfin 14,9 cm pour la quatrième concentration

##### **L'Orge**

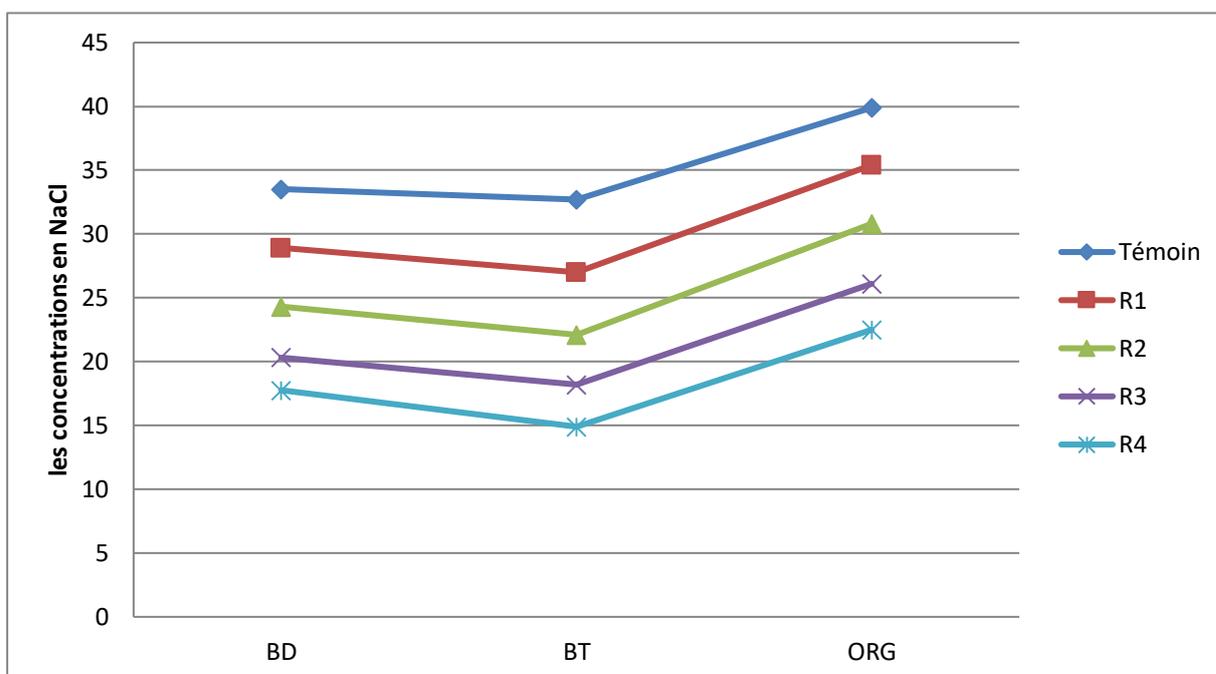
Pour ce paramètre la même observation est faite pour l'orge. Les résultats obtenues, à partir du témoin jusqu'au dernier traitement, sont dans un ordre décroissant de concentration comme suit :

Une moyenne de 39,93cm pour les témoins, suivit par une diminution pour la première concentration à une moyenne de 35,42 cm, pour la deuxième concentration une moyenne de 30,23 cm, et en fin pour les troisième et quatrième concentrations, on a obtenu les moyennes

de 26,1 cm et 22,5 cm respectivement. les résultats obtenus pour ces trois genres sont représentés dans les graphes 07 et 08 :



**Graphe 1 :** Hauteurs des plantes des trois variétés



**Graphe 2 :** comparaison entre la hauteur des plantes

Dans la comparaison des hauteurs des plantes (graphes 1 et 2) les résultats varient dans la même variété selon la concentration, et varient d'un genre à un autre selon les taux de tolérances de chaque céréale. Les hauteurs des plantes diminuent au fur et à mesure que les concentrations de Na Cl augmentent. Selon le graphe 02 nous remarquons que l'orge est le genre le plus tolérant aux stress salin des trois céréales. Alors que les résultats obtenus pour les blés dur et tendre sont approximatifs.

## **I.2 Longueur des racines**

Les longueurs des racines des plantes exposées au traitement salin de Na Cl présentent des diminutions dans la mesure où les concentrations de sel augmentent chez les trois céréales.

### **Le blé dur (Virton)**

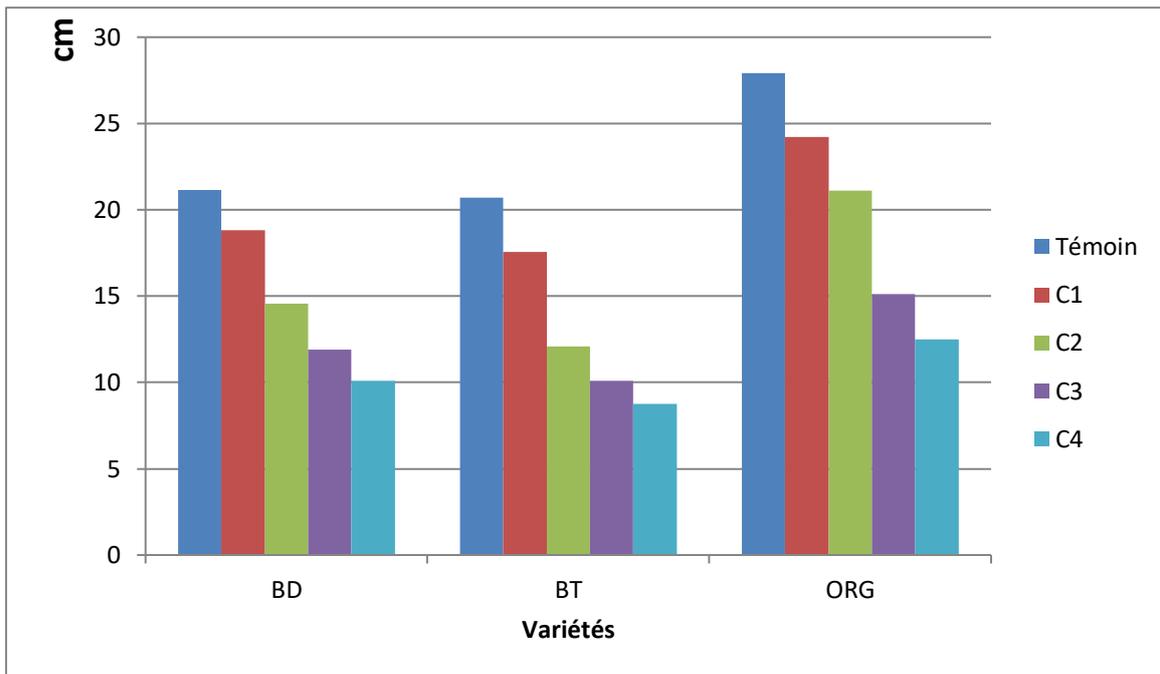
Les longueurs de racines pour le blé dur commencent avec la longueur de 21,16 cm pour les témoins et diminue à 18,8 cm pour le premier traitement, 14,58 pour le deuxième traitement, 11,9 cm pour le troisième traitement et 10,1cm pour le dernier

### **Le blé tendre (ARZ)**

Pour la variété étudiée du blé tendre les longueurs des racines changent selon la concentration à partir de 20,7cm et diminue à 17,55 cm pour le premier traitement, puis 12,1 pour le deuxième traitement, 10,1 pour le troisième et enfin 8,75cm pour le dernier traitement.

### **L'Orge**

L'orge a les longueurs racinaires les plus élevées des trois céréales étudiées, la longueur des racines commencent avec 27,93 cm pour le témoin, 24,2 cm pour le premier traitement, 21,11 cm pour le deuxième traitement, 15,1 cm pour le troisième et 12,5 cm pour le dernier traitement



**Graphe 3** : La longueur des racines des trois variétés

Le graphe 09 nous montre l'évolution des longueurs des racines selon les concentrations des traitements salins , la longueur donc diminue avec l'augmentation des concentrations salines chez les trois céréales avec un seuil de tolérance beaucoup plus élevé chez l'orge par rapport aux blé dur et au blé tendre dont les valeurs restent rapprochées avec une légère baisse pour le blé tendre

### **I.3 Surface foliaire**

Pour ce paramètre on observe une évolution des surfaces chez les trois genres étudiés qui suit le sens contraire des concentrations salines utilisées dans cette étude.

#### **Le blé dur (Virton)**

Une différence observable pour la surface foliaire des plantes de cette variété, dans les différentes concentrations salines employées : le résultat des plantes témoins est de 23,3 cm<sup>2</sup> ; puis 15,73 cm<sup>2</sup> pour les plantes traitées avec la première concentration, 12,4 cm<sup>2</sup> pour les plantes traité avec la deuxième concentration, la surface diminue au maximum dans les deux derniers traitements voir 9,1cm<sup>2</sup> pour la troisième concentration jusqu'à 5,3cm<sup>2</sup> pour la dernière

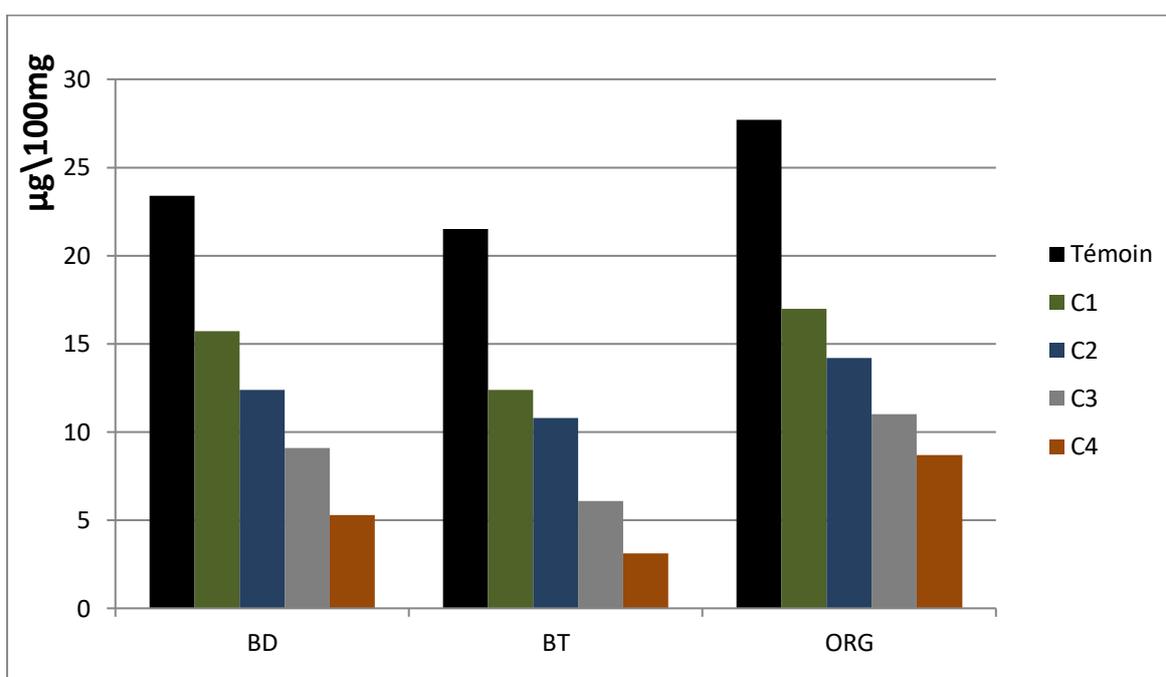
## Le blé tendre (ARZ)

Les surfaces foliaires des plantes du blé tendre suivent le même chemin que ceux du blé dur, et les résultats sont ainsi obtenus comme suit :

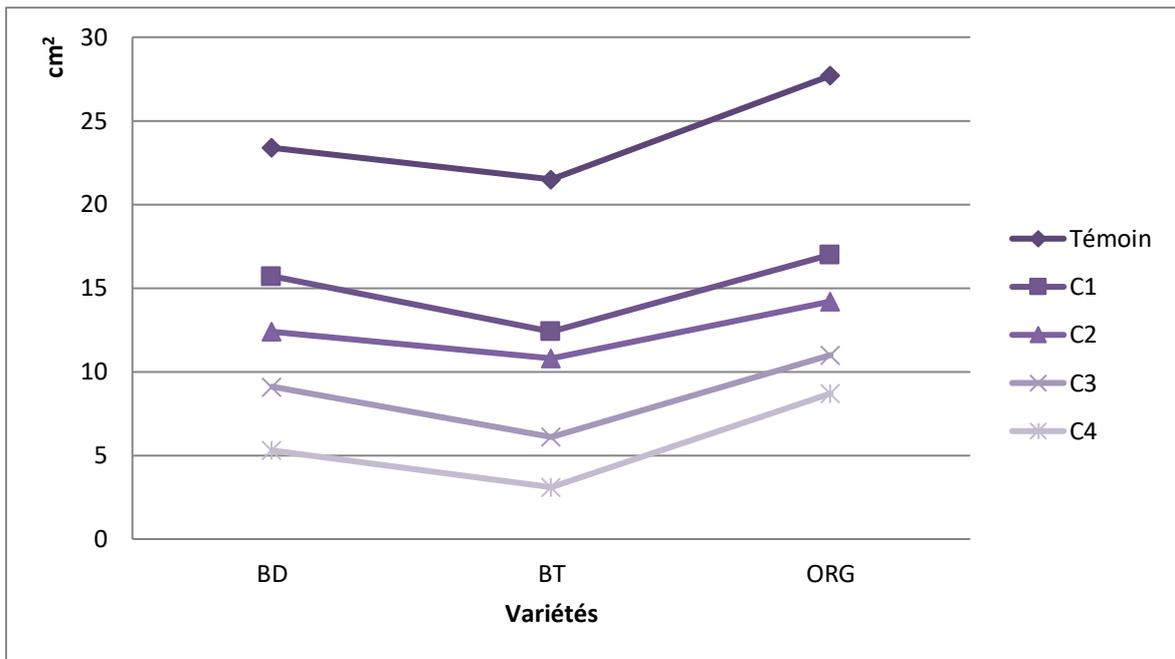
Le témoin affiche une surface foliaire de 21,5cm<sup>2</sup>, cette surface diminue à 12,5cm<sup>2</sup> dans le premier traitement, atteint 10,8 cm<sup>2</sup> au deuxième traitement et va jusqu'à 6,1cm<sup>2</sup> voir 3,1cm<sup>2</sup> pour le troisième et quatrième traitement respectivement

## L'Orge

L'orge aussi présente des variations dans la surface foliaire, au fur et à mesure que la concentration du traitement augmente la surface diminue et ceci selon les résultats suivants : 27,7 cm<sup>2</sup> pour le témoin, puis suivent les surfaces 17cm<sup>2</sup>, 14,2cm<sup>2</sup>, 11cm<sup>2</sup> et 8,7cm<sup>2</sup> pour les premiers, deuxièmes, troisièmes et quatrièmes traitements respectivement.



**Graphe 4** : surface foliaire des trois variétés exprimée en cm<sup>2</sup>



**Graphe 5 :** comparaison entre les surface foliaires des trois variétés

Selon les graphes 10 et 11 et qui représentent l'évolution des surface foliaires chez les trois céréales dans différentes concentration de salinité, nous pouvons remarquer que l'orge est le plus tolérant des trois céréales, puis vient le blé dur et en fin le blé tendre en dernier dont les résultats ne sont pas très loin de ceux du blé dur.

## II. Paramètres Physiologique

### II.1 Teneur en chlorophylle

Dans ce paramètre les trois céréales ont adoptés des comportements similaires dans les concentrations salines, c'est-à-dire des diminutions dans les taux de chlorophylle dans les feuilles des plantes au fur et à mesure que la concentration en sel augmente

#### Le blé dur (Virton)

Les teneurs en chlorophylle commencent par 60.21 pour le témoin, puis diminuent à 55.80 pour le premier traitement, 50.33 pour le deuxième, 40.55 pour le troisième et en fin 30.82 pour le dernier traitement.

#### Le blé tendre (ARZ)

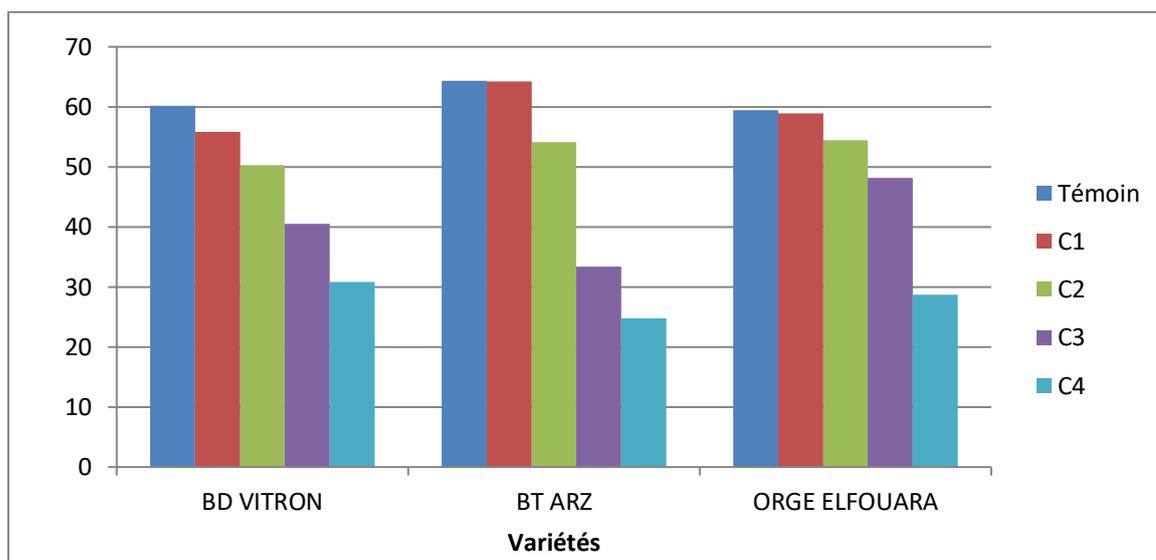
Pour le blé tendre nous remarquons une légère hausse pour ce paramètre par rapport aux autres céréales, les teneurs sont comme suit : 64.35 pour le traitement 1, 64.27 pour le

traitement 2, 54.12 pour le troisième traitement et une chute vers 33.37 et 24.71 pour les traitements 4 et 5 respectivement

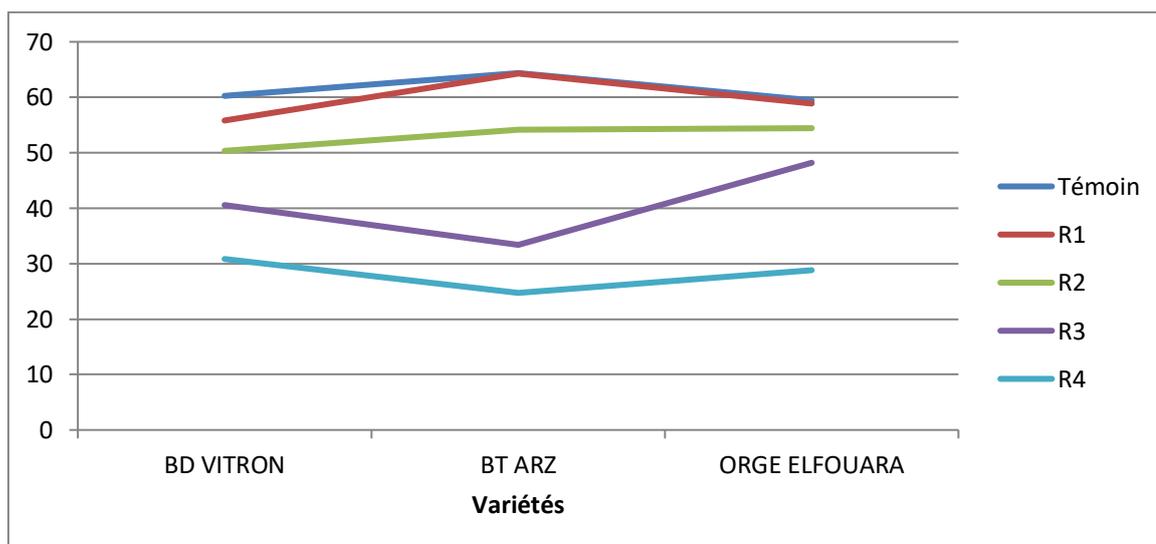
### L'Orge

La teneur en chlorophylle pour l'orge est légèrement plus basse que celle des blés, on note la teneur de 59.45 pour le témoin, et les mesures de 58.89, 54.42, 48.18 pour les traitements 1 ,2 et 3, et une chute pour le traitement 4 avec un taux de 28.75

La représentation des résultats de la teneur en chlorophylle pour les trois céréales est regroupée dans les graphes 12, et 13.



**Graphe 6 :** La teneur en chlorophylle des trois variétés



**Graphe 7 :** comparaison entre la teneur en chlorophylle des variétés

Selon ces graphes nous remarquons que la teneur de la chlorophylle est resté relativement élevée chez le blé tendre par rapport aux différents traitements employés pour chuter au 3eme traitement

### **III. Paramètre biochimique**

#### **III.1 Dosage des sucres totaux**

Le dosage des sucres solubles chez les trois céréales a révélé que les trois variétés ont réagies de la même manière à ce stress voir l'augmentation des quantités de sucre dans les cellules au fur et à mesure que les concentrations de sel augmentent dans le traitement

Les données obtenues sont comme suit :

##### **Le blé dur (Virton)**

Les teneurs en sucre commencent par 31.2µg/g pour le témoin, puis augmente progressivement à 36.9 µg/g pour le premier traitement, 3,9 µg/100mg pour le deuxième, 41.2 µg/g pour le troisième et en fin 46.6 µg/g pour le dernier traitement.

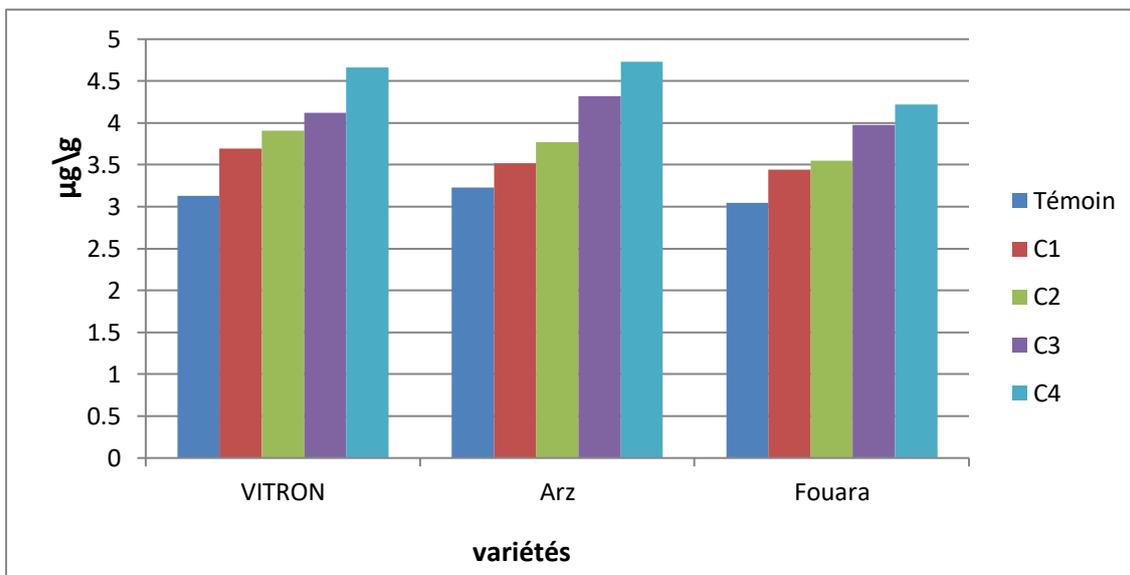
##### **Le blé tendre (ARZ)**

Pour le blé tendre, les quantités enregistrées pour ce paramètre par rapport aux autres céréales, sont les plus élevées, et les quantités sont comme suit : 32.2 µg/g pour le traitement 35.2 µg/g pour le traitement 37.6 µg/g pour le troisième traitement et augmente jusqu'à 43.1 µg/g et 47.3 µg/g pour les traitements 4 et 5 respectivement

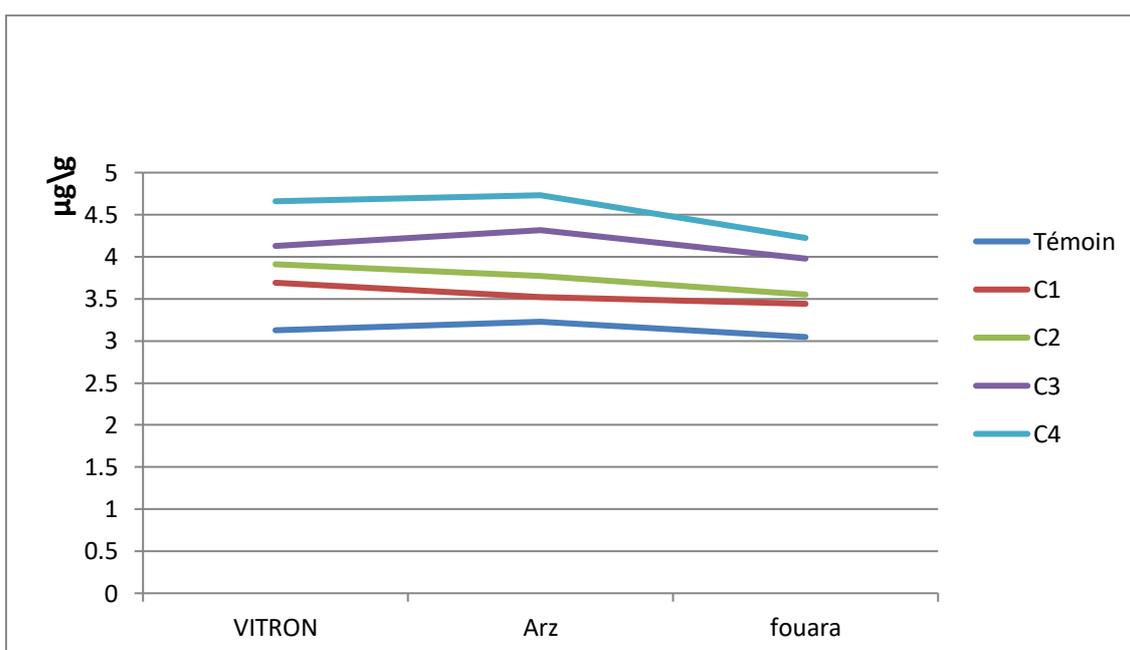
##### **L'Orge**

Les dosages de sucre pour l'orge est légèrement plus baisse que celles des blés, on note 30.4 µg/100mg pour le témoin, et les mesures de 34.4 µg/mg, 35.4 µg/100mg, 39.7 µg/g pour les traitements 1 ,2 et 3, et enfin un taux de 42.2 µg/g pour le dernier traitement.

Les résultats obtenus sont représentés dans les graphes 14 et 15



**Graphe 8 :** Teneur en Sucres solubles des trois variétés



**Graphe 9 :** comparaison des teneurs en sucres dans les trois variétés testées

Le dosage des sucres totaux, extraits à partir des feuilles des variétés étudiées, a montré qu'il y a généralement, une corrélation positive entre la quantité de sucres accumulés avec la concentration saline utilisée. Les variétés subissent une augmentation en sucres solubles en réponse au stress salin par rapport au témoin, une forte accumulation des sucres totaux solubles a été observée chez les trois genres. On a enregistré chez le blé tendre (ARZ) un taux plus élevé que chez le blé dur et chez l'orge où le taux est plus faible que les deux variétés de blé.

L'accumulation des sucres solubles est un moyen adopté par les plantes en cas de stress, afin de résister aux contraintes du milieu. En effet, la tolérance à la salinité, dans le cas d'un abaissement du potentiel hydrique, s'exprime par un maintien de la turgescence (Garg et al, 2002), (Moinuddin et al, 2005) grâce au phénomène d'ajustement osmotique et s'exprime par la capacité d'un végétal à accumuler, des composés organiques tels que les sucres solubles (Ottow et al, 2005). Les résultats vérifiés montrent qu'il existe des élévations de la teneur en sucres solubles des deux variétés de blé dur et de blé tendre ainsi que l'orge soumis à différentes concentrations salines en une corrélation positive. En comparant le blé tendre accumule plus que le blé dur et l'orge ce qui signifie qu'il est le moins tolérant aux stress salin que blé dur et l'orge. Les sucres solubles protègent les membranes contre la déshydratation, en condition de déficit hydrique, ils participent en grande partie à l'abaissement du potentiel osmotique chez le blé. Les plantes stressées ont réagi par l'augmentation des quantités de sucres solubles au niveau de leurs cellules (Hireche, 2006). En condition de concentration externe élevée du sel, celui-ci pénètre au niveau des cellules racinaires, provoque une augmentation proportionnelle d'accumulation de sucre soluble au niveau des feuilles. Les sucres sont considérés par plusieurs auteurs comme de bons osmorégulateurs qui peuvent jouer un rôle important dans l'ajustement osmotique et l'adaptation des plantes au stress osmotique selon (Morgan, 1984) et (Gamal et al, 2012).

# Conclusion

## Conclusion

Notre étude de la tolérance des variétés de céréales dont le blé dur « Vitron », blé tendre (ARZ) et l'orge (Fouara) à la salinité s'est appuyée sur l'analyse d'un certain nombre de paramètres morphologiques, physiologiques et biochimiques.

Les réponses des trois genres aux conditions de stress salin appliqués montrent que l'orge est le genre le plus tolérant en comparant avec les résultats obtenus pour les deux autres variétés de blé dur et tendre.

Les trois genres ont réagi de la même façon pour tous les critères étudiés

Les résultats des paramètres morphologiques dont la hauteur des plants, la longueur des racines ainsi que la surface foliaire indiquent les meilleurs taux de réponse chez l'orge, le blé dur puis le blé tendre comme espèce la plus sensibles des céréales étudiées.

Pour l'aspect physiologique, dont la teneur en chlorophylle les taux les plus élevés sont enregistrés chez le blé tendre ce qui nous confirme que c'est l'espèce la plus sensible, de plus la chute brusque de ces taux au niveau du troisième traitement (celui à 75%), indique que c'est le seuil de tolérance pour les trois variétés. Ces résultats sont confirmés par le paramètre biochimique étudié qui est la teneur en sucres totaux, ou l'accumulation la plus élevée était observé chez le blé tendre.

La tolérance à la salinité est un phénomène complexe, faisant intervenir, face à la pression erratique des contraintes environnementales, de nombreux mécanismes interactifs, et a déterminisme génétique complexe. Ce modeste travail nous a donc permis de dire que l'orge est une espèce tolérante à la salinité, et que le seuil obtenu ici est la concentration de 8,85 g/L un résultat qui reste à confirmer avec d'autres travaux.

Ce qui nous emmène à ouvrir des perspectives concernant cet axe, qui serait :

Utiliser plus de variétés pour chaque genre (blé dur, blé tendre et orge)

Essayer le traitement salin sur des périodes plus précoces (germination)

Etudier plus de paramètres et faire un traitement statistique pour une meilleure appréciation des résultats.

# Résumé

## Références

**Alem C., Labhilili M., Brahimi K., Jlibene M., Nasrallah N., and Filali-Maltouf A.,** Adaptations hydrique et photosynthétique du blé dur et du blé tendre au stress salin. 2002 C. R. Biologies, Vol. 325 pp :1097-1109.

**Allagui M., Andreotti V., Cuartero J.** Détermination de critères de sélection pour la tolérance de la tomate à la salinité, à la germination et au stade plantule 1994. Ann INRAT 1994 ; Vol 67, pp : 45-65.

**Allen R.D.** Dissection of oxidative stress tolerance using transgenic plants 1995. Plant Physiol. Vol 107, pp:1049-1054.

**Amtmann A. and Sanders D.** Mechanisms of Na<sup>+</sup> uptake by plant cells 1999. Adv. Bot. Res. Vol 29,pp : 76-112.

**Antipolis S.,** Les menaces sur les sols dans les pays méditerranéens 2003. Les cahiers du plan bleu, Vol.2,pp: 44-49.

**Ashraf M.,** Breeding for salinity tolerance in plant 1994. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants.Plant Sci., 166 pp: 3-6.

**Ayliffe M., Mitchell H., Deuschle K. and Pryor A.** Comparative analysis in cereals of a key proline catabolism gene 2005. Mol Gen Genomics. pp :494-505.

**Azevedo Neto A., Prisco J., Eneas-Filho J., De Abreu C., Gomes- Filho E.,** () Effect of salt stress on antioxidative enzymes and lipid peroxidation in leaves and roots of salt-tolerant and saltsensitive maize genotypes 2006. Environ Exp Bot. pp : 87-94.

**Benaceur M., Rahmoun C., Sdiri H., Medahi M. and Selmi M.,** Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production de grains de blé2001. Secheresse, pp : 167-174.

**Bizid E. Zid E. and Grignon C.,** 1988. Tolérance à NaCl et sélectivité K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> 1988 ; Vol 8 pp :7-23.

**Binet P.,** , Production primaire et accumulation des bio-éléments au niveau d'une population pure d'*Atriplex hastata* L. des rives de l'estuaire de la seine1982,pp :219-230.

**Blumwald, E. Aharon G., and Apse M.,** Sodium transport in plants. Biochim. Biophys2000. Acta 1465,pp: 140-151.

**Blumwald E.** Sodium transport and salt tolerance in plant cells 2000. *Current Opinion in Cell Biology*. Vol 12,pp: 431-434.

**Bot A., Nachtergaele F, and Young A.** Land resource potential and constraints at regional and country levels 2000. *World Soil Resources Report N° 90*. Rome: FAO of UN.

**Boyer J.S.,** *Science* 1982, 218, pp: 443 - 448.

**Bryssine:** la salinité du sol et ses problèmes 1961.

**Cheeseman J.M.,** Mechanisms of salinity tolerance in plants 1988. *Plant Physiology* pp:87-147- chloride and sodium sulphate. *Physiologia Plantarum* pp : 482-490.

**Chinnusamy V., Schumaker K. and Zhu J. K.** Molecular genetics perspectives on cross-talk and specificity in abiotic stress signalling in plants 2004. *Journal of Experimental Botany*. pp: 225-236.

**Claire P., Nicolas C. and James D.** Formes réactives de l'oxygène, stress et mort cellulaire chez les plantes 2008. *C. R. Biologies* 331 (2008) pp: 255-261.

**Cramer G.R. and D.C. Bowman.** Cell elongation control under stress conditions 1993. In: *Handbook of Plant and Crop Stress*, M Pessaraki (Ed.). Marcel Dekker, New York, pp : 303-319.

**Devron J. and Sifi B.** Fixation symbiotique de l'azote et développement durable dans le bassin méditerranéen 2003. Editions Quae,417 p.

**Dietz KJ., Tavakoli N., Kluge C., Mimura T., Sharma S., Harris G., Chardonnens A., Golldack D.** Significance of the V-type ATPase for the adaptation to stressful growth conditions and its regulation on the molecular and biochemical level 2001. *J Exp Bot*, pp :1969-1980.

**Ehret D., Radmann R., Harvery B., Cipywnyk A.** Salinity induced calcium deficiencies in wheat and barley 1990. *Plant Soil* 128,pp: 143-151.

**Epstein E., Norlyn J.D. , Ruch D.W. , Kinsbury R.W. , Cunningham A.F. , Wrona A.F.** Saline culture of crops 1980. a genetic approach *Science*, pp: 399-404.

**Essington M.E.** Soil and water chemistry, an integrative approach 2004. CRC Press, USA. -. The mechanism of salt tolerance in halophytes. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 28, pp:89-121.

**Garcia-Legaz MF., Ortiz JM., Garcia-Lidon A., Cerda A.,** Effect of salinity on growth, ion content and CO<sub>2</sub> assimilation rate in lemon varieties on different rootstocks 1993. *Physiologia Plantarum*, pp : 427-32.

**Garg A., Kim K., Owens J., Ranwala T., Choi A., Kochian Y.V. and Wu R.J.** Trehalose accumulation in rice plants confers high tolerance levels to different abiotic stresses 2002. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 99.

**Goldhirs A., Hankamer B. and SLirs SH.** Hydroxyproline and proline content and cell wall of Sunflower, Peanut and Cotton under salt stress 1990. *Plant Sci.* 69.

**Gorham J., Hardy C., Wyn Jones R. G., Joppa L. R. ,Law C.N.** Chromosomal location of K/Na discrimination character in the genome of wheat 1987.. *Theorie of genetics applications* pp :584- 88 .

**Gorham J., Wyn Jones R. G and Bristol A.,.** Partial characterization of the trait for enhanced K<sup>+</sup> and Na<sup>+</sup> discrimination in the D genome of wheat. *Planta* 1990 .pp: 97.

**Greenway H., and Munns R.,.** Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes 1980, *Ann. Rev. Plant Physiol.* 31, pp: 149-190.

**Grennan A. K.** High Impact Abiotic Stress in Rice. An «Omic» Approach; *Plant Physiology*, April 2006, Vol. 140, pp. 1139-1141.

**Hasegawa P.M., Bressan R. A., Zhu J. K. and Bohnert H. J.,.** Plant cellular and molecular responses to high salinity 2000. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 51, pp: 463-499.

**Hernandez J.A., Ferrer M.A., Jimenez A., Ros-Barcelo A., and Sevilla F.,.** Antioxidant systems and O<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> production in the apoplast of *Pisum sativum* L. leaves: its relation with NaCl induced necrotic lesions in minor veins 2001. *Plant Physiol.*, 127: 817-31. -Hillel D.,. *Salinity Management for Sustainable Irrigation* 2000. The World Bank, Washington, D.C.

**Horie T. and Schroeder JI.,** Sodium transporters in plants. Diverse genes and physiological functions 2004. *Plant Physiology* 136, pp: 2457-2462.

**Hu Y., Fricke Y.W. and Schmidhalter U.** Salinity and the growth of non-halophytic grass leaves: the role of mineral nutrient distribution 2005. *Funct. Plant Biol.* pp :973- 985.

**Jabloun, M., et Sahli, A.** MABIA-ETo : Un logiciel pour l'estimation de l'évapotranspiration de référence. 11ème Journées Scientifiques sur les Résultats de la Recherche Agronomique 2004.

**Jabloun, M., et Sahli, A.** Evaluation of FAO-56 methodology for estimating reference evapotranspiration using limited climatic data, Application to Tunisia 2008. Agricultural Water Management. pp : 707-715.

**Karmous C.** Contribution à l'étude des mécanismes de tolérance à la salinité au stade juvénile chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.) : aspects physiologique, biochimique et moléculaire. Thèse de doctorat en agronomie et science de la production végétale 2007. INAT, Tunis, 211.

**Kafkai U.** Root growth under stress. In: Waisel Y., Eshel A. & Kafkafi U., eds. Plant roots: the hidden half 1991. New York, USA: Marcel Dekker, pp: 375-391.

**Keren R.** Salinity 2000. Handbook of Soil Science. CRC Press, NY,USA, pp: 3-25.

**K. Latiri-Souki, C. Aubry, T. Doré and M. Sebillotte ..** Élaboration du rendement du blé dur en conditions semi-arides en Tunisie : relations entre composantes du rendement sous différents régimes de nutrition azotée et hydrique. Agronomie 1992. Vol. 12 No. 1 pp :31

**Leterme P ., Manichon H., Roger-Estrade J.,** 1994. Analyse intégrée des rendements du blé tendre et de leurs causes de variation dans un réseau de parcelles d'agriculteurs du Thymerais. Agronomie 1994, pp :341.361.

**Levigneron A., Félice L., Gérard V., Pierre B., Pierre F. and Francine C.D.,** 1995. Les plantes face au stress salin. Cahiers Agricultures 1995, pp : 263-73.

**Levy G.J., 2000. Sodcity. In: Sumner M.E.** (Ed). Handbook of Soil Science. CRC Press, NY, USA, pp G27-G62.

**Maalej-Mallek E., Boulesnam F. and Ben Salem M.,** 1998. Effet de la salinité sur la germination de graines de céréales cultivées en Tunisie. Cahiers Agricultures 1998 ; 2 : 153-6.

**Meynard J.M., Sebillotte M.,** 1994. L'élaboration du rendement du blé, base pour l'étude des autres céréales à paille. In : Le Point sur l'élaboration du rendement (D Picard, L Combe, eds), Éditions INRA, Paris, pp : 31-51.

**Maas E.V., and Poss J.A.,** 1989a. Salt sensitivity of wheat at different growth stages. Irrig. Sci. pp: 29-40.

- Mermut A.R., and Arshad M.A.**, 1987. Significance of sulfide oxidation in soil salinization in southern Saskatchewan, Canada. *Soil Sci. Amer. J.* 51:247-251.
- Malasses L.**, 1996. *Economie de production et de consommation*; Ed ujas; pp 32-40.
- Mashali A., Suarez D. L., Nabhan H. and Rabindra R.** 2005. Integrated management for sustainable use of salt-affected soils. *FAO Soils Bulletin*.
- Martinez JP., Silva H., Ledent JF., and Pinto M.**, 2007. Effect of drought stress on the osmotic adjustment, cell wall elasticity and cell volume of six cultivars of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) *European journal of agronomy*. Jan., Vol. 26, pp: 30-38.
- Maser P., Gierth M., and Schroeder J. I.**, 2002. Molecular mechanisms of potassium and sodium uptake in plants. *Plant and soil*, Vol. 247 pp: 43-54.
- Maser P., Eckelman B., Vaidyanathan R., Horie T., Fairbairn DJ, Kubo M., Yamagami M., Yamaguchi K., Nishimura M., Uozumi N.** et al.: Altered shoot/root Na<sup>+</sup> distribution and bifurcating salt sensitivity in *Arabidopsis* by genetic disruption of the Na<sup>+</sup> transporter AtHKT1. *FEBS Lett* 2002, 531:157-161.
- Maurel C., and Chrispeels MJ.**, 2001. Aquaporins, a molecular entry into plant water relations. *Plant Physiol.* pp : 135-138.
- Moinuddin A., Fischer R., Sayre K. and Reynolds MP.** 2005. Osmotic Adjustment in Wheat and Relation to Grain Yield under Water Deficit Environments. *Agro.J.*97:1062-1071. - Montero E., Cabot C.,
- Poschenrieder Ch. and Barcelo J.**, 1998. Relative importance of osmotic stress and ion-specific effects on ABA-mediated inhibition of leaf expansion growth in *Phaseolus vulgaris*. *Plant Cell and Environment*. pp: 54-62.
- Morant-Manceau A., Pradier E. and Tremblin G.**, 2004. Osmotic adjustment, gas exchanges and chlorophyll fluorescence of a hexaploid triticale and its parental species under salt stress. *J. Plant Physiol.* pp: 25-33
- Munns R., Greenway H. and Kirst G.O.**, 1983. Halotolerant eukaryotes. In *Physiological Plant Ecology. III. Responses to the Chemical and Biological Environment*. Eds. O L Lange, P S Nobel, CB Osmond and H Zeigler. pp. 59-135. *Encycl. Plant Physiol., New Series*, Vol. 12C. Springer, Berlin.

- Munns R.**, 1993. Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses. *Plant, Cell and Environment* pp: 15-24.
- Munns, R. and Rawson H.M.**, 1999. Effect of salinity on salt accumulation and reproductive development in the apical meristem of wheat and barley. *Aust. J. Plant Physiol.* 26 pp: 459-464.
- Munns R.**, 2002. Comparative physiology of salt and water stress; *Plant, Cell and Environment* pp: 239-250.
- Munns R.**, 2005. Genes and salt tolerance: bringing them together. *New Phytol.* 167:645-63
- Munns R., Richard A.J. and Lauchli A.**, 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 57, No. 5, pp. 1025-1043,
- Munns R.**, 2008. Sodium excluding genes from durum wheat and sea barleygrass improve sodium exclusion of bread wheat. 2nd International Salinity Forum Salinity, water and society-global issues, local action.
- Navarro A. R. and Rubio F.**, 2006. High-affinity potassium and sodium transport systems in plants *Journal of Experimental Botany*; 57(5) pp; 1149-1160.
- Niu X., Bressan R.A., Hasegawa P.M. and Pardo J.M.**, (1995): Ion homeostasis in NaCl stress environments. *Plant Physiology* 109 pp:735-742.
- Orcutt D.M. and Nilsen E.T.**, (2000): *Physiology of plants under stress*. John Wiley & Sons Inc., New York, NY, USA.
- Ottow E., Brinker M., Fritz E., Teichmann T., Kaiser W., Brosche M., Kangasjarvi J., Jiang X. and Polle A.**, 2005. *Populus euphratica* Displays Apoplastic Sodium Accumulation, Osmotic Adjustment by Decreases in Calcium and Soluble Carbohydrates, and Develops. - Parida A.K. and Das A.B., 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: *A.Rev.Ecotoxicol.nviron. Safety*,pp :324-349.
- Parent C., Capelli N. and Dat J.**, 2008. Formes réactives de l'oxygène, stress et mort cellulaire chez les plantes. *C. R. Biologies* 331 (2008) pp: 255-261.
- Pitman MG. and A. Läuchli.** 2002. Global impact of salinity and agricultural ecosystems. In: *Salinity: Environment - Plants - Molecules*, A. Läuchli and U. Lüttge (Eds.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 3-20.

- Price A.H. and Hendry G.A.F.**, 1991. Iron-catalysed oxygen radical formation and its possible contribution to drought damage in nine native grasses and three cereals. *Plant Cell Environ.* pp :477-484.
- Prior L. D., Grieve A. M., Bevington K. B., Slavich P. G.**, 2007. Long-term effects of saline irrigation water on 'Valencia' orange trees: relationships between growth and yield, and salt levels in soil and leaves. *Aust. J. Agric. Res.* pp :349-58.
- Pujol J.A., Calvo J.F. and RamírezDíaz L.**, 2001. Seed germination, growth and osmotic adjustment in response to NaCl in a rare succulent halophyte from south eastern Spain. *Journal: Wetlands*, Vol.: 21, N° 2, pp: 256-264.
- Rachidai A., Driouich A., Ouassou A., El Hadrami I.** . Effet du stress salin sur la germination du blé dur (*Triticum durum* Desf.). *Rev Amélior Prod Agr Milieu Aride* 1994 ; 6 : 209-28.
- Rahnama H., Ebrahimzadeh H.**, 2005. The effect of NaCl on antioxidant enzyme activities in potato seedling. *Biol Plant* 49 pp: 93-97.
- Ramanjulu S. and Bartels D.**, 2002. Drought and desiccation-induced modulation of gene expression in plants. *Plant Cell Env* 25 pp: 141-151.
- Reddy AR., Chaitanya KV. and Vivekanandan M.**, 2004. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *J Plant Physiol* 161:1189-1202. - Rhodes D., Nadolska-Orczyk A., Rich P.J., 2002. Salinity, osmolytes and compatible solutes. In *Salinity: Environment Plants Molecules*, ed. A L•auchli, U L•uttge, pp. 181-204. Dordrecht, Netherlands: Kluwer.
- Rodriguez M., Canales E., and Borrás-Hidalgo O.**, 2005. Molecular aspects of abiotic stress in plants. *Biotechnol. Aplicada* 22 pp : 1-10.
- Romero JM., Maronon T. and Murillo.** 1994. Long term responses of *Melilotus segatalis* to salinity. II Nutrient absorption and utilization. *Plant Cell Environment*. 17: 1249-1255. - Rus A., Yokoi S., Sharkhuu A., Reddy M., Lee BH., Matsumoto TK., Koiwa H., Zhu JK., Bressan RA., Hasegawa PM., AtHKT1 is a salt tolerance determinant that controls Na<sup>+</sup> entry into plant roots. *Proc Natl Acad Sci USA* 2001, pp:14150-14155.

**Sakurai J., Ishikawa F., Yamaguchi T., Uemura M., and Maeshima M., 2005.** Identification of 33 rice aquaporin genes and analysis of their expression and function. *Plant Cell Physiol.* 46 pp : 15-68-77.

**Sarda X., Vansuyt G., Tousch D., Casse-Delbart F., Lamaze T., 1993,** Les signaux racinaires de la régulation stomatique, Tolérance à la sécheresse des céréales en zones méditerranéenne. *Diversité génétique et amélioration variétale, Éditions Inra, Paris (Les colloques, n° 64), pp. 75-79.*

**Schachtman D. and Liu W ., 1999.** Molecular pieces to the puzzle of the interaction between potassium and sodium uptake in plants. *Trends Plant Sci.* 4, 281-287.

**Schroeder JI., Allen GJ., Hugouvieux V., Kwak JM. and Waner D., 2001.** Guard cell signal transduction. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology.* 52: pp: 627-658

**Sibole JV., Montero E., Cabot C., Poschenrieder Ch. and Barcelo J.** Role of sodium in the ABA mediated long-term growth response of bean to salt stress 1998. *Physiologia Plantarum.* 104: 299-305.

**Sibole JV., Montero E., Cabot Cn., Poschenrieder Ch. and Barcelo J.** Relationship between carbon partitioning and Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> and ABA allocation in fruits of salt-stressed bean. 2000. *Journal of Plant Physiol.* 157 pp : 637-642.

**Sibole JV., Cabot C., Poschenrieder C., and Barcelo J.,.** Efficient leaf ion partitioning, an overriding condition for abscisic acid-controlled stomatal and leaf growth responses to NaCl salinization in two legumes 2003. *Journal of Experimental Botany.* 54. pp: 21 11 21 19

**Song J., Feng G., Tian C., and Zhang F.** Strategies for Adaptation of Suaeda physophora, Haloxylon ammodendron and Haloxylon persicum to a Saline Environment During Seed-Germination Stage 2005. *Annals of Botany.* 96. pp :399-405

**Sudhakar C., Lakshmi A., Giridarakumar S.,.** Changes in the antioxidant enzyme efficacy in two high yielding genotypes of mulberry (*Morus alba* L.) under NaCl salinity *Plant* 2001 pp; 613-619

**Suga S., Komatsu S. and Maeshima M.,.** Aquaporin isoforms responsive to salt and water stresses and phytohormones in radish seedlings 2002. *Plant Cell Physiol.* pp : 1229-1237.

**Teakle N., Flowers L., Real T.J., D and Colmer. Lotus tenuis** tolerates the interactive effects of salinity and waterlogging by 'excluding' Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> from the xylem T. D., 2007. Journal of Experimental Botany, published online on May 17, 2007.

**Termaat A., Munns R.** Use of concentrated macronutrient solutions to separate osmotic from NaCl-specific effects on plant growth 1986. Australian Journal of Plant Physiol. 13: pp: 509-522.

**Tyerman S.D. and Skerrett IM.** Root ion channels and salinity 1999. Sci. Hort. 78, pp:175-235.

**White P. J. and Broadly M. R.** Chloride in soils and its uptake and movement within the plant: a review 2001. Ann. Bot. pp: 88, 967-988.

**Wyn Jones RG., Gorham J.,** Intra- and inter-cellular compartmentation of ions 2002. In: Läuchli A, Lüttge U, eds. Salinity: Environment - Plants - Molecules. Dordrecht, the Netherlands: Kluwer, pp : 159-180.

**Xiong L. and Zhu, J.K.** Molecular and genetic aspects of plant responses to osmotic stress. Plant, cell and Environment 2002 pp :131-139.

**Yakoubi-Tej M.** 1992. Rôle des interactions ioniques dans la tolérance du triticale à NaCl. Tunis : Faculté des Sciences de Tunis, pp : 63.

**Yazici I., Turkan F., Sekmen A.H., and Demiral T.,** Salinity tolerance of purslane 2007 (Portulaca oleracea L.) is achieved by enhanced antioxidative system, lower level of lipid peroxidation and proline accumulation. Environ Exp Bot 61 (1) pp: 49-57.

**Yeo A.R. and Rowers T.J.,** Accumulation and localization of sodium ions within the shoots of rice 1998 varieties differing in salinity resistance. Physiol. Plant. 56 pp : 343-348.

## **Résumé :**

Parmi les principaux facteurs influençant le taux de rendement agronomique on trouve la salinité qui exerce un pouvoir de dégradation et de détérioration de la quantité et la qualité des plantes.

L'étude vise à étudier le comportement de trois variétés de céréales, Blé dur, Blé tendre et Orge, sous quatre différentes concentrations de Na Cl.

Les résultats obtenus indiquent que la salinité a des effets néfastes sur la croissance et le développement des plantes des variétés étudiées (la morphologie générale, la physiologie et les différents mécanismes biochimiques).

Les différentes variétés ont montré un seuil de tolérance grâce aux différents métabolismes qui se déroulent à l'intérieur des plantes ce qui a été confirmé dans l'expérimentation. Prenons en considération que l'orge (FOUARA) est la variété la plus résistante des trois variétés.

**Mots clé :** Salinité, Croissance, développement, variétés, résistance

**Abstract:**

Among the main factors influencing the agronomic rate of return is salinity, which has a capacity to degrade and deteriorate the quantity and quality of plants.

The study aims to study the behavior of three cereal varieties under four different concentrations of NaCl.

The results obtained indicate that salinity has adverse effects on the growth and development of plants of the varieties studied (general morphology, physiology and various biochemical mechanisms).

The different varieties showed a tolerance threshold thanks to the different metabolisms that take place inside the plants, which was confirmed in the experiment. Consider that barley (FOUARA) is the most resistant variety of the three varieties.

**Key words:** salinity, growth, development, variety, resistance.

## المخلص:

من بين العوامل الرئيسية التي تؤثر على معدل العائد الزراعي الملوحة ، والتي لديها القدرة على دهوره كمية ونوعية النباتات.

تهدف الدراسة إلى دراسة سلوك ثلاثة أنواع من الحبوب تحت أربعة تراكيز مختلفة من الملح.

تشير النتائج التي تم الحصول عليها إلى أن الملوحة لها آثار ضارة على نمو وتطور النباتات من الأصناف التي تمت دراستها (التشكل العام وعلم وظائف الأعضاء وآليات الكيمياء الحيوية المختلفة).

أظهرت الأصناف المختلفة حدًا للتسامح بفضل الأيضات المختلفة التي تحدث داخل النباتات ، والتي تم تأكيدها في التجربة. ضع في اعتبارك أن الشعير. هو الأصناف الأكثر مقاومة للأصناف الثلاثة

## الكلمات المفتاح

الملوحة نمو تطور الاصناف المقاومة