

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université 20 Aout 1955 Skikda

Faculté des sciences

Département de sciences Agronomiques



**Filière :** Sciences Agronomique

**Option :** Sciences du sol

**Mémoire de fin d'études :**

En vue de l'obtention du diplôme de Master II en sciences d'agronomie

**Thème :**

**Effet de la salinité sur la fertilisation du blé dur (*Triticum durum* Desf. )**

**Présenté le :**

- Saad djaballah Sarra
- Chikh Amani
- Mokhbi Yasmine
- Boubakour Esma

**Membre de Jury:**

|                            |       |             |                                     |
|----------------------------|-------|-------------|-------------------------------------|
| M <sup>eme</sup> SOUILAH N | (MCA) | Présidente  | Université du 20 Août 1955 – Skikda |
| Mr HAFSI Z                 | (MCB) | Examineur   | Université du 20 Août 1955 – Skikda |
| M <sup>eme</sup> LARIT S   | (MCB) | Promoterice | Université du 20 Août 1955 – Skikda |

**Année universitaire : 2022-2023**

## REMERCIEMENT

*Tout d'abord, grâce à « ALWWAHID » qui nous a créé, nous a protégé, qui est toujours avec nous qu'il ne nous laisse jamais seule.*

*Nous remercions les plus profonds à notre encadreur **Dr Larit Sabah**, qui a suivi et dirigé ce travail, nous la remercions pour sa gentillesse, sa patience, ses conseils et ses commentaires afin de mener à terme cette mémoire .*

*Nous remercions les membres du jury qui ont accepté de juger ce modeste travail : **Mme SOULAH NABILA** comme présidente et **Mr Hafsi Zakaria** comme examinateur.*

*On tient à remercier profondément tout les techniciens et les ingénieurs de laboratoire et la serre pour ses aides et ses précieux conseils.*

*Toute ma gratitude à mes collègues de promotion ainsi qu'à d'autres étudiants. Enfin, ce travail n'aurait pas été mené à terme sans les concessions et les encouragements de nos Parents auxquels nous disons tout simplement merci.*





## Dédicace



*Tout d'abord, je remercie dieu qui ma donne la force et le pouvoir pour réaliser ce travail.*

*Je me fais le plaisir de dédier affectueusement ce modeste travail à toutes les personnes qui sont les proches à mon cœur :*

*La meilleur enseignante madame larit Sabah qui soutenu dans les moments les plus difficiles avec leur conseil.*

*A mes chère parents : mon père Salah et ma mère Razzika qui sont toujours près de moi dans le moment les plus difficiles avec leurs conseils et leurs encouragements.*

*A mon cher frère Adel qui est toujours près de moi , et sa fiancée khawla et mon petite frère Kamel*

*A mes chères sœurs : Meriem, Noura, khaoula et bien sûr je didié se travail a les enfants de ma sœur Meriem : islam, serine, ouassime et ton marie Kamel, et aussi je didie a mes enfants de ma sœur Noura : Adam, Alaa*

*A tout ma famille grande et petit, surtout mes grands-pères et mes grandes mères.*

*Et bien sûr à mon amie et ma collègue de travail Amani, Yasmine et Esma*

*A mes amis les plus proches à mon cœur : Rima, Amani, Ikram, Amira, sana, Asma,*



# Dédicace

Avec joie, fierté et respect, Je dédie ce mémoire:

À mon très cher père hamid que dieu me le garde et me le protège

à ma très chère maman souad qui a toujours été là pour moi J'espère qu'ils seront récompensés de tous les efforts Qu'ils ont déployés pour mon éducation.

et mes frère mohamed et hani et Ma grande mère halima  
À mes tantes et mes oncles À mes cousins et mes cousines  
; À toute la famille

Et un grand merci à notre encadreur : Mm larit sabah

Je ne saurai terminer sans citer mes amis : takwa,  
meriem, Amina, mayssa , loulou



# *Dédicaces*

J'ai l'honneur de dédie ce travail à mes très chères parents :

À mon très chère père **Mahmoud**, qui m'a aidé tous mes études et m'a bien élevé et m' pousser à devenir se que je suis.

À mon très douce maman **Zakia**, la source d'amour dans notre famille, et m'a donné beaucoup de courage.

À ma grande maman **Zayneb**, et ma belle chère sœur **Selma**, et mon petit **Rabeh** <<ROUFI>>.

À mes chers frères **Mouad** et **Abderahman** .

À mon mari **Djamel eddine**, m'a donné beaucoup de courage, et il a toujours été favorable.

À l'âme de ma grand-mère, et tout la famille **Boubakour Belkassem**, et **Bouchareb Salah**.

À mes copines et meilleurs amis **yassmin**, **Amani**, et **Sara**.

À mes enseignants et mes collègues de promotion 2023 science du sol.

Et tous Cues qui ont une relation de proche ou de loin avec la réalisation du présent mémoire.

**Esma**

# *Dédicace*



*Avec joie, fierté et respect, Je dédie ce mémoire:*

*À mon très cher père hamid que dieu me le garde et me le protège et à ma très chère maman zohra qui a toujours été là pour moi J'espère qu'ils seront récompensés de tous les efforts Qu'ils ont déployés pour mon éducation.*

*Et mes souers ismahene et maissa Et mon frère chems edine et a mon chère fiancée bessam*

*À mes tantes et mes oncles À mes cousins et mes cousines ; À toute la famille*

*Et un grand merci à notre encadreur : Mm larit sabah*

*Je ne saurai terminer sans citer mes amis : wiam mouna youssra wisseem achwak*



## RESUME EN FRANÇAIS

### Résumé

La présente étude a été conduite au cours de l'année universitaire 2022/2023 pour comparer l'effet de différents doses de la salinité comme suit: C<sub>0</sub> (Témoin), C<sub>1</sub> (50 mM), C<sub>2</sub> (100 mM), C<sub>3</sub>(150 mM), sur la fertilisation de blé dur (*Triticum durum* Desf.) **Sémito et Waha**

Notre travail porte sur l'étude de plusieurs paramètres morphologique et physiologiques : longueur de la tige, la surface foliaire , la hauteur des plantes, longueur de l'épi et la Teneur en eau

L'étude des caractéristique morphologique et physiologique de plant de blé dur , montre qu'il y a une diminution dans : la longueur de plante , la surface foliaire , longueur de l'épi

Et montre que quelque soit la dose utilisée des engrais ,les paramètres morphologiques et physiologiques restent faible. et les deux variétés **Sémito** et **Waha** étudiés ont utilisés les mêmes stratégies de la réponse au stress salin mais avec des fréquences différentes.

**Mots clés:** La fertilisation, Blé dur (*Triticum durum* Desf.) , Caractère physiologique et morphologique, salinité

## RESUME EN ENGLAIS

### **Abstract**

The present study was conducted during the academic year 2022/20223 to compare the effect of different doses of salinity as follows: C0 (Control), C1 (50m Mol), C2 (100 m Mol) C3 ( 1501m Mol) , on the fertilization of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) **Sémito et Waha**

Our work focuses on the study of several morphological and physiological parameters: stem length, leaf area, plant height, ear length and water content.

The study of the morphological and physiological characteristics of the durum wheat plant shows that there is an decrease in the length of the plant, leaf surface, length of the ear

And shows that whatever the dose of fertilizer used, the morphological and physiological parameters remain low. and the two varieties Semito and Waha studied used the same salt stress response strategies but with different frequencies.

**Key words:** fertilization , Durum wheat (*Triticum durum* Desf.) , Physiological and morphological character, salinity

## RESUME EN ARABE

### المخلص

أجريت الدراسة خلال العام الدراسي 2023/2022 لمقارنة تأثير تركيزات مختلفة من الملوحة على النحو التالي :  
(C0) الشاهد، C1ميلي مول ، C2 ميلي مول، C3 ميلي مول على التسميد للقمح الصلب (*Triticum durum* Desf.)  
Waha و Semito صنف

يركز عملنا على دراسة العديد من الخصائص المورفولوجية والفيسيولوجية: طول الساق ، ومساحة الورقة ،  
وطول النبات ، وطول العنق ، ومحتوى الماء النسبي

أظهرت دراسة الخصائص المورفولوجية والفيسيولوجية لنبته القمح المدروس أن هناك انخفاض في: طول النبات ،  
مساحة الورقة ، طول السنبل

وتبين انه مهما كانت تراكيز الاسمدة المستعملة تظل الخصائص المورفولوجية والفيسيولوجية المدروسة منخفضة تحت  
تأثير الملوحة وان الصنفين لهما نفس الاستجابة للملوحة لكن بترددات مختلفة

**الكلمات المفتاحية :** التسميد ، القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.) ، الخصائص الفيزيولوجية والمورفولوجية ،  
الملوحة

## Liste des Abréviations

### **ANOVA** Analyse de la variance

|              |                              |
|--------------|------------------------------|
| <b>Cm</b>    | Centimètre                   |
| <b>C°</b>    | Degré Celsius                |
| <b>C0</b>    | Concentration témoin         |
| <b>g</b>     | Gramme                       |
| <b>LEB</b>   | Longueur de l'épi avec barbe |
| <b>LESB</b>  | Longueur de l'épi sans barbe |
| <b>LP</b>    | Longueur de plante           |
| <b>LT</b>    | Longueur de tige             |
| <b>Mg /L</b> | Milligramme / Litre          |
| <b>Mm</b>    | Millimètre                   |
| <b>M Mol</b> | Concentrations de NaCl       |
| <b>MO</b>    | Matière organique            |
| <b>PH</b>    | Potentiel d'hydrogéné        |
| <b>SF</b>    | Surface foliaire             |
| <b>TRE</b>   | Teneur relative en eau       |
| <b>V1</b>    | Simeto                       |
| <b>V2</b>    | Waha                         |
| <b>%</b>     | Pourcentage                  |

Liste des tableaux

| <b>N°</b> | <b>Titre</b>   | <b>Page</b> |
|-----------|--|-------------|
| <b>1</b>  | Classification du blé dur  | <b>05</b>   |
| <b>2</b>  | Éléments nutritifs principaux et éléments nutritifs à état de traces, pour les plantes | <b>12</b>   |
| <b>3</b>  | La distribution des unités expérimentales et les répétitions composées dans les pots   | <b>29</b>   |
| <b>4</b>  | Caractéristique physico-chimique du sol  | <b>36</b>   |

## Liste des Figures

| <b>N°</b> | <b>Titre</b>  | <b>Page</b> |
|-----------|---|-------------|
| <b>01</b> | Évolution de la production mondiale des principales céréales  | <b>03</b>   |
| <b>02</b> | Évolution de la production des céréales en Algérie  | <b>04</b>   |
| <b>03</b> | Le cycle de développement du blé  | <b>07</b>   |
| <b>04</b> | Schéma de la fertilisation  | <b>13</b>   |
| <b>05</b> | Photo représentative d'un deux variété étudié   | <b>28</b>   |
| <b>06</b> | Le dispositif expérimental de l'essai de la croissance dans les pots  | <b>29</b>   |
| <b>07</b> | PH-mètre  | <b>32</b>   |
| <b>08</b> | Calcimètre de BERNARD   | <b>34</b>   |
| <b>09</b> | La surface foliaire (cm <sup>2</sup> ) pour les deux variétés de blé dur soumise aux différentes concentrations de NaCl (m Mol).              | <b>37</b>   |
| <b>10</b> | Teneur relative en eau (cm <sup>2</sup> ) pour les deux variétés de blé dur soumise aux différentes concentrations de NaCl (m Mol).           | <b>38</b>   |
| <b>11</b> | La longueur de plante (cm <sup>2</sup> ) pour les deux variétés de blé dur soumise aux différentes concentrations de NaCl (m Mol)             | <b>40</b>   |
| <b>12</b> | La longueur de plante (cm <sup>2</sup> ) pour les deux variétés de blé dur soumise aux différentes concentrations de NaCl (m Mol).            | <b>41</b>   |
| <b>13</b> | La longueur de l'épi avec barbe (cm <sup>2</sup> ) pour les deux variétés de blés durs soumis aux différentes concentrations de Na Cl (mMol). | <b>43</b>   |
| <b>14</b> | La longueur de l'épi sans barbe (cm <sup>2</sup> ) pour les deux variétés de blé dur soumise aux différentes concentrations de Na Cl (m Mol). | <b>44</b>   |

Remerciement

Dédicace

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des photos

|  | Page      |
|--|-----------|
| <b>Introduction</b>  | <b>01</b> |
| <b>Partie1 : Etude Bibliographique</b>                         |           |
| <b>Chapitre I : Généralité Sur Le Blé Dur</b>                  |           |
| 1. Situation de la céréaliculture                              | 03        |
| 1.1. Situation de la céréaliculture dans le monde              | 03        |
| 1.2. La situation de la céréaliculture en Algérie              | 04        |
| 2. La biologie du blé dur                                      | 05        |
| 2.1. L'origine du blé dur                                      | 05        |
| 2.2. Classification du blé dur                                 | 05        |
| 2.3. L'appareil végétatif                                      | 06        |
| 2.3.1 Le cycle biologique                                      | 06        |
| 2.3.2. L'architecture végétale de la plante                    | 08        |
| 2.3.3. La croissance et le développement de la culture du blé  | 08        |
| 2.3.3.1. La période végétative                                 | 08        |
| 2.3.3.2. La période reproductive                               | 09        |
| 2.3.3.3 La période de maturation                               | 10        |
| <b>Chapitre II : Généralité Sur La fertilisation</b>           |           |
| 1. La fertilisation des céréales                               | 11        |
| 2. Les engrais   | 11        |
| 2.1. Définition des substances nutritives                      | 11        |
| 2.2. Types des engrais   | 12        |
| 3. Eléments nutritifs nécessaires à la croissance de la plante | 13        |
| 3.1. Les macro éléments N.P.K                                  | 14        |
| 3.1.1. L'azote   | 14        |
| 3.1.1.1. Rôle physiologique de l'azote                         | 14        |
| 3.1.1.2. L'azote dans le blé                                   | 15        |

|   |    |
|---|----|
| 3.1.1.3. Formes d'azote absorbé par les plantes | 15 |
| 3.1.1.4. Sources d'azote                        | 16 |
| 3.1.2. Le phosphore et le végétal               | 16 |
| 3.2.2. Importance du phosphore                  | 16 |
| 3.3.2 Rôle physiologique du phosphore           | 17 |
| 3.4.2. Dynamique du phosphore dans le sol       | 17 |
| 4. Potassium                                    | 18 |
| 4.1.1. Sources du potassium                     | 18 |
| 4.2. Les forme du potassium dans le sol         | 18 |
| 4.3Cycle du potassium dans le sol               | 18 |
| 4.4. Le potassium et la plante                  | 18 |
| 4.5 Fertilisation potassique                    | 19 |

### **Chapitre III : La Salinité**

|  |    |
|--|----|
| 1. Définition de la salinité   | 20 |
| 2. La salinité dans le monde et en Algérie                             | 20 |
| 3. L'origine de la salinité  | 21 |
| 3.1. La salinisation primaire  | 21 |
| 3. 2. La salinisation secondaire                                       | 22 |
| 4. Effet du stress salin sur la plante                                 | 22 |
| 4.1. Effet du stress salin sur morphologie de la plante                | 22 |
| 4.2. Effet du stress salin sur partie racinaire                        | 24 |
| 4.3. Effet du stress salin sur la physiologie de la plante             | 25 |
| 4.4. Effet du stress salin sur la photosynthèse et les échanges gazeux | 25 |
| 4.5. Effet du stress salin sur la physiologie de la reproduction       | 25 |
| 4.6. Effet du stress salin sur la germination                          | 26 |
| 4.7. Effet du stress salin sur la croissance et le développement       | 26 |
| 5. Mécanismes de la tolérance des plantes à la salinité                | 26 |

## **Partie 2 : Etude Expérimentale**

### **Chapitre I : Matériels et méthodes**

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 1. L'objectif de l'essai           | 27 |
| 2. Présentation du site de l'essai | 27 |
| 3. Matériel végétal                | 27 |

|  |           |
|--|-----------|
| 4. Méthodes d'étude                                    | 28        |
| 4.1. Solutions salées                                  | 28        |
| 4-2- Les Engrais utilisés                              |           |
| 4.3 .Dispositif expérimental                           | 28        |
| 4.4. Préparation de la région de la d étude            | 30        |
| 5. Le mode de culture et condition de croissance       | 30        |
| 6. Paramètres étudiés                                  | 30        |
| 6.1. Sur le sol  | 30        |
| 6.2. Analyse granulométrique L'analyse granulométrique | 30        |
| 6.2.1. Mesure du pH :                                  | 31        |
| 6.2.2. Analyse de matières organiques                  | 32        |
| 6.2.3. Dosage du calcaire total                        | 33        |
| 7. Mesure sur la plante                                | 34        |
| 7.1. Teneur relative en eau TRE(%)                     | 34        |
| 7.2. Longueur de tige                                  | 35        |
| 7.3. Longueur de la plante                             | 35        |
| 7.4. Longueur de l'épi avec barbe                      | 35        |
| 7.5 Longueur de l'épi sans barbe                       | 35        |
| 8. Analyse des données                                 | 35        |
| <b>Chapitre II : Résultats et discussions</b>          |           |
| 1. Analyses du sol                                     | 36        |
| 2. Caractéristiques agronomiques                       | 36        |
| 2.1 Surface foliaire                                   | 36        |
| 2.2. Teneur relative en eau                            | 38        |
| 2.3. Longueur de tige                                  | 39        |
| 2.4. Longueur de plante                                | 41        |
| 2.5. Longueur de l'épi avec barbe                      | 42        |
| 2.6. Longueur de l'épi sans barbe                      | 44        |
| <b>Conclusion Générale</b>                             | <b>45</b> |
| <b>Références Bibliographique</b>                      | <b>46</b> |
| <b>Annexe</b>  |           |

# INTRODUCTION

## Introduction :

Le blé dur (*Triticum durum Desf.*) est la deuxième espèce plus importante du genre *Triticum* après le blé tendre en tant que une source importante de protéines dans les pays en voie de développement. Les zones de production de cette espèce sont surtout localisées dans le bassin méditerranéen d'une part (Europe du Sud, Moyen orient, Afrique du Nord), et en Amérique du Nord d'autre part (*Canada central et Nord des USA*), où est produit le quart du blé dur mondial (Clerget, 2011).

En Algérie le blé dur occupe 45% de la sole réservée aux céréales, soit 1,6Mha (ONFA, 2017), et qui offre une production de 2,5millions de tonnes (GIG, 2016). Une moyenne de 2 MT de blé dur est importée chaque année (USDA, 2017). La productivité agricole est limitée principalement par la sécheresse dans les régions arides et semi-arides (Mir *et al*, 2012), comme la zone méditerranéenne, est caractérisée par des précipitations irrégulières (Habash *et al*, 2009), le déficit hydrique et les températures élevées de fin de cycle, deux majoritaires contraintes influençant la culture de blé dur en Algérie (Mekhlouf *et al*, 2006).

Les plantes poussant dans les conditions où le sol est affecté par la salinité subissent des perturbations d'ordre physiologiques et biochimiques. L'amélioration génétique du blé des zones sèches reste basée sur la recherche d'une meilleure tolérance aux stress abiotiques, pour adopter la plante à la variabilité du milieu de production (Amokrane, 2001). La tolérance à la présence des sels tel que le chlorure de sodium (NaCl), est alors une qualité largement Recherchée chez les végétaux d'intérêt agronomique afin d'élargir leur culture dans ces Régions (Marani Alaoui *et al*, 2013). Dans ce contexte, le processus de sélection nécessite la Connaissance des mécanismes responsables de la tolérance du végétal à la salinité (Arbaoui *et al*, 2000). La tolérance des végétaux aux sels est un phénomène complexe qui implique des particularités morphologiques et développementales avec des mécanismes physiologiques et Biochimiques variés. En effet, le degré de réponse à la salinité des espèces végétales dépend de la concentration en sel, de l'espèce elle-même, de sa variété et du stade de développement de la plante (Ben Naceur *et al* ,2001). Sous les conditions de stress salin, la germination des graines et la première phase de la croissance des plantules sont des stades critiques pour l'établissement des plantes (Khan *et Gulzar*, 2003).

La fertilisation doit permettre une alimentation minérale équilibrée de la plante, son raisonnement est basée sur les exigences des cultures et la disponibilité du milieu en éléments fertilisants en période de forte utilisation (**Mihoubé, 2009**)

Le blé a besoin d'éléments essentiels notamment l'azote, le phosphore, et le potassium, la fertilisation minérales, essentiellement la fertilisation azotée. La fertilisation des céréales doit s'orienter d'après le niveau de rendement et la qualité à obtenir, en tenant compte des conditions de sol.

Dans ce contexte, l'objectif de notre travail est la réponse à la salinité sur la fertilisation du blé dur (*Triticum durum* Desf.). Variétés **Simeto et Waha**

Ce mémoire est structuré en deux grandes parties, à savoir :

**-La première partie (I)**, avec ces trois chapitres a été réservée à une étude Bibliographique, pour cerner toutes les données de la problématique.

- **Le chapitre I**, a porté sur une présentation et description de l'espèce Étudiée.
- **Le chapitre II**, la salinité et les mécanismes morpho-physiologiques de l'adaptation de blé dur au stress salin.
- **Le chapitre III**, étudie les sols et la fertilisation

**-La deuxième partie (II)**, a été consacré pour l'étude expérimentale, elle est composée d'un

- **Chapitre Matériel et Méthodes** : ensemble du matériel et des méthodes utilisés pendant notre expérimentation.
- **Un deuxième chapitre** est l'ensemble des différents résultats et discussions des paramètres étudiés.

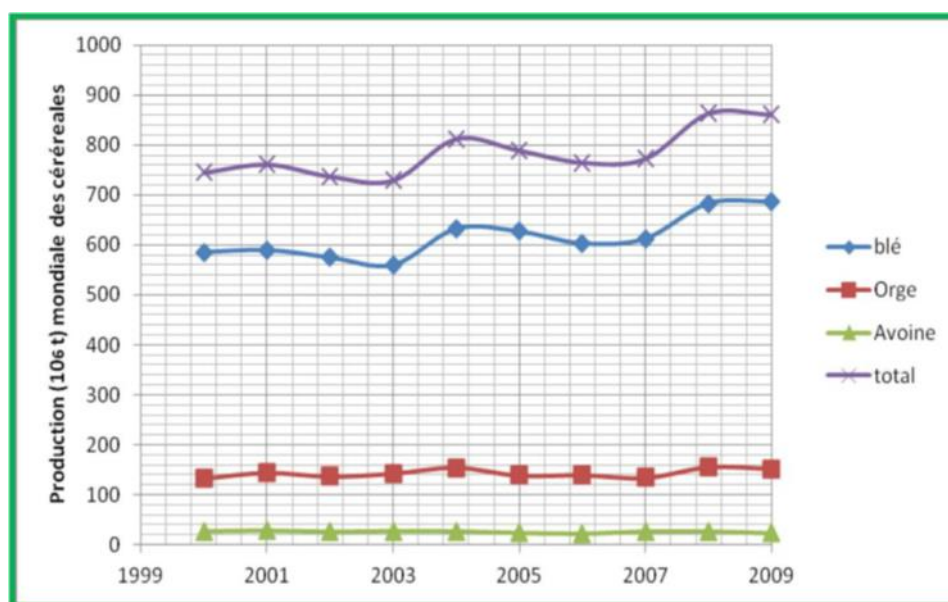
Le mémoire est achevé, par une conclusion et des perspectives, suivies de la liste de références bibliographiques et des annexes.

**PREMIERE PARTIE : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE**

## 1. Situation de la céréaliculture

### 1. 1. Situation de la céréaliculture dans le monde

La culture des céréales représente un secteur économique important. En effet, c'est un aliment de base d'une très grande partie de la population mondiale. Les pays importateurs et exportateurs de céréales dépendent les uns des autres et ont intérêt à garantir l'approvisionnement de cette denrée alimentaire et à maintenir des prix stables au niveau mondial. Ils collaborent avec les organisations internationales, en particulier le Conseil International des Céréales (CIC), dont le siège est à Londres (**Kellou, 2005**). La situation de la céréaliculture est liée à l'évolution des superficies, des productions et par conséquent des rendements des céréales obtenus. Le classement de l'année 2012 des dix premiers producteurs indique que la Chine vient en première position. Par contre les États unis se situent en troisième position (tableau1). Sept pays assurent les 3/4 des exportations mondiales et ce sont dans l'ordre les États-Unis (20%), l'Australie (12.1%), la France (11.3%), le Canada (10.1%), l'Argentine, la Russie et l'Ukraine (FAO, 2012). La production mondiale des trois principales céréales a connu une fluctuation de production. L'année la plus prédictive est 2008/2009 avec une production totale de 863.77 Millions de Tonnes répartie en 683,19 MT de blé (79.09%), 51.55 d'Orge (17.91%) et d'avoine (2.99%) (**Figure 1**), (**FAO, 2012**).

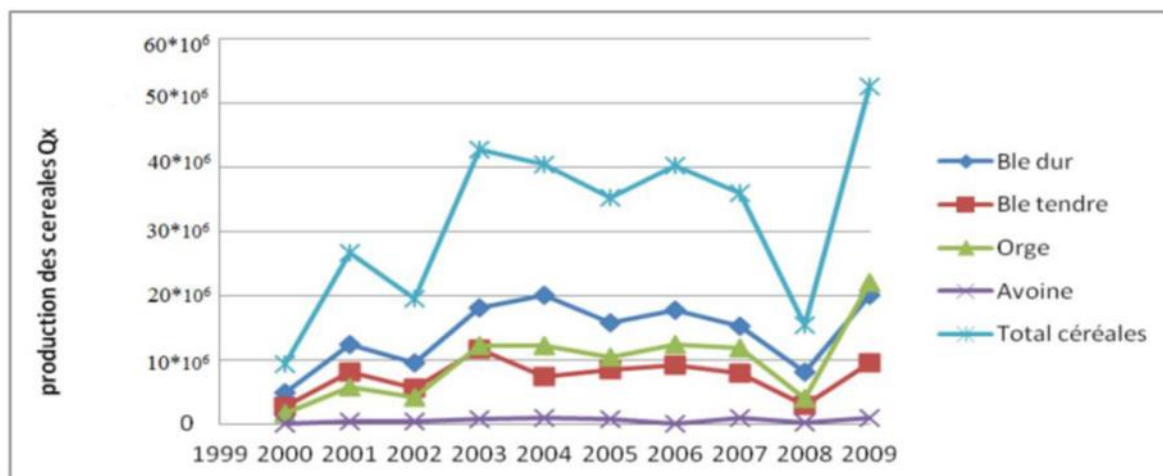


**Figure N°1 : Évolution de la production mondiale des principales céréales (FAO, 2012)**

## 1.2 La situation de la céréaliculture en Algérie

La superficie totale de l'Algérie est de 238 millions d'hectares dont 191 millions sont occupés par le Sahara. La superficie agricole représente 3% de ce total, la surface agricole utile (SAU) est de 7,14 millions d'hectares, dont près de la moitié est laissée en jachère chaque campagne agricole. Les cultures herbacées couvrent 3,8 millions d'hectares. La céréaliculture constitue la principale activité, notamment dans les zones arides et semi-arides (**Anonyme, 2015**).

Les terres annuellement emblavées représentent 3,6 millions d'hectares, soit 50% des terres labourées. Les grandes cultures, notamment les céréales, les légumineuses alimentaires, les fourrages et les oléagineux sont des produits alimentaires de première nécessité dans l'agriculture algérienne elles constituent la consommation de base qui est estimée à environ 228 kg par habitant et par an pour les céréales comparativement à l'Égypte dont la moyenne est de 131 kg/hab/an et à la France dont la moyenne est de 98 kg/hab/an. La production totale des céréales est très variable d'une année à une autre sous l'effet des facteurs du climat, en particulier le manque d'eau (**figure 2**). La production totale des céréales est loin de couvrir la demande qui est de plus en plus importante elle est d'ordre de 6.5 MT (**FAO, 2005**).



**Figure N° 2 :** Évolution de la production des céréales en Algérie (**Anonyme, 2015**)

## 2. La biologie du blé dur

Le cycle biologique du blé est une succession de périodes subdivisées en phases et en stades. (Figure 03).

### 2.1. L'origine du blé dur

Le blé dur appartient au genre *Triticum*. Ce genre comporte de nombreuses espèces autres que le blé qui se répartissent en trois groupes distincts selon leur nombre de chromosomes.

Le groupe diploïde ( $2n=14$ chromosomes), ou groupe *Triticum monococcum*, et le groupe Tétraploïde ( $2n=28$ chromosomes), ou groupe *Triticum dicococcum* dans lequel on trouve *Triticum durum* (blé dur).

Ces espèces forment une série allopolyploïde ayant pour base les génomes A et B et celles du groupe haploïde possèdent les génomes A B et D. Les trois génomes descendent

Vraisemblablement d'un ancêtre commun (Feuillet, 2000).

Génétiquement, le blé dur est allotétraploïde (deux génomes : AABB), comptant au total 28 Chromosomes ( $2n = 4x = 28$ ), contenant le complément diploïde complet des chromosomes de chacune des espèces souches. Comme telle, chaque paire de chromosomes du génome (A) a une paire de chromosomes homologues dans le génome (B), à laquelle elle est étroitement apparentée. Toutefois, durant la méiose, l'appariement des chromosomes est limité aux chromosomes homologues par l'activité génétique de gènes inhibiteurs (Wall et al. 1971 cité in Abdellaoui, 2007).

### 2.2. Classification du blé dur

Tableau N°1 : Classification du blé dur d'après (Feuillet, 2000).

|                           |                             |
|---------------------------|-----------------------------|
| <b>Embranchement</b>      | Angiospermes                |
| <b>Sous-embranchement</b> | Spermaphytes                |
| <b>Classe</b>             | Monocotylédones             |
| <b>Ordre</b>              | Glumiflorales               |
| <b>Super ordre</b>        | Comméliniflorales           |
| <b>Famille</b>            | Gramineae = Poaceae         |
| <b>Genre</b>              | <i>Triticum</i>             |
| <b>Espèce</b>             | <i>Triticum Durum</i> Desf. |

### 2.3. L'appareil végétatif

L'appareil végétatif comprend l'appareil aérien et l'appareil racinaire :

#### L'appareil racinaire :

Il est de type fasciculé, deux systèmes se forment au cours du développement de la plante :

Un système primaire (racines séminales) : ce système de racines fonctionne de la germination à la ramification de la plante c'est-à-dire au tallage. Ces racines sont d'origines embryonnaires cependant associés dans le grain aux différents parties de l'embryon ce sont :

- Une racine principale résultant de l'allongement de la radicule.
- Deux paires de racines latérales.
- Une racine épiblastique (**Grignac, 1965**).

Système secondaire (racines adventives) : c'est un système de racines coronaires ou système de racines de tallage. Il se forme dès le tallage et se substitue parallèlement au système séminal (**Grignac, 1965 ; Hazmoune, 1994 ; Hamadache, 2001**).

#### L'appareil aérien :

L'appareil **aérien** est formé d'un certain nombre d'unités correspondantes aux talles, partant d'une zone à la base de la plante appelée plateau de tallage, chaque talle, après développement complet de la plante est formée de tige et de feuilles.

Le chaume du blé est une tige cylindrique, formée d'entre nœuds séparés par des nœuds plus ou moins saillants. Chaque nœud est le point d'attache d'une feuille.

La feuille du blé est simple, allongée, alternée et a nervures parallèles ; elle se compose de deux parties :

- La partie inférieure entourant la jeune pousse qui est la gaine
- La partie supérieure en forme de lame qui est le limbe

#### 2.3.1 Le cycle biologique

La période végétative Elle se caractérise par un développement strictement herbacé et s'étend du semis jusqu'à fin de tallage

### ✓ Phase germination-levée

La germination de la graine se caractérise par l'émergence du coléorhize donnant naissance à des racines séminales et de la coléoptile qui protège la sortie de première feuille fonctionnelle. La levée se fait réellement de la sortie des feuilles à la surface du sol.

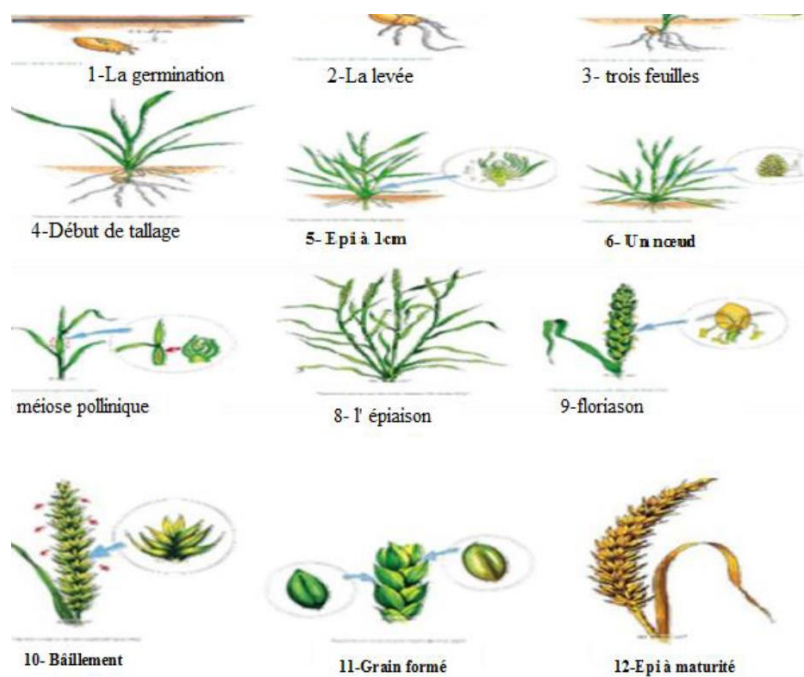
Au sien d'un peuplement, la levée est atteinte lorsque la majorité des tiges de semis sont visibles (**Gate, 1995**). Durant la phase semis-levée l'alimentation de la plante dépend uniquement de son système racinaire primaire et des réserves de la graine. La réalisation de cette phase dépend de la chaleur, l'aération et l'humidité (**Eliard, 1979 in Nadjem, 2012**).

### ✓ Phase levée-tallage

La production de talle commence à l'issue du développement de la troisième feuille, à 45 jours environ après la date du semis (**Moule, 1971 in Nadjem, 2012**) les talles secondaires peuvent apparaître et être susceptibles d'émettre des talles tertiaires.

Le nombre de talles produites est fonction de la variété, du climat, de l'alimentation

Minérale et hydrique de la plante, ainsi que de la densité de semis (**Masale, 1980 in Nadjem, 2012**).



**Figure N°3 : Le cycle de développement du blé (Belaid, 1996)**

### 2.3.2 L'architecture végétale de la plante

L'appareil végétatif est constitué de talles émises depuis le plateau de tallage situé à la base de la plante (**figure 3**). Ces talles se développent à partir du bourgeon principal (talle principale) et des bourgeons axillaires (talles secondaires). Chaque talle se compose de différents phytomères formés de tige, gaine, limbe foliaire, un bourgeon axillaire qui porte à son sommet un épi formé de deux rangées d'épillet situés de part et d'autre du rachis (**Boyeldieu, 1999**).

L'épillet regroupe trois à quatre fleurs à l'intérieur de deux glumes. Chaque fleur est dépourvue de pétales, entourée de deux glumelles. Elle contient trois étamines et un ovaire surmonté de deux styles plumeux. La fleur du blé est dite cléistogame, c'est-à-dire que, le plus souvent, le pollen est relâché avant que les étamines ne sortent de la fleur. Du fait du caractère cléistogame de la fleur, l'autofécondation est le mode de reproduction le plus fréquent (autogamie).

Les glumes et les glumelles sont éliminées au moment du battage pour libérer le grain. Le grain, ou caryopse, est à la fois le fruit et la graine du fait que les enveloppes du fruit sont soudées à celle de la graine. Ses réserves sont contenues dans l'album en composé de 65% d'amidon, 15% de protéines, de 15% d'eau et de divers micro éléments comme le Fe, Zn, les acides gras et les vitamines (**Bogard, 2011**). La qualité de la pâte de la farine est liée à la structure et à la composition de l'amidon.

### 2.3.3. La croissance et le développement de la culture du blé

La culture de blé suit trois phases distinctes de l'ensemencement jusqu'à la récolte : l'installation (**Yara France**)

#### 2.3.3.1. La période végétative

##### ➤ La germination

La germination est une étape par laquelle la plantule qui est en vie ralentie dans la graine, entre en vie active et commence à se développer grâce aux réserves contenues dans la graine (**Foudili es Gasmi, 2017**). **I** In **kenza(2021)** Les déchirures des téguments, la première feuille, recouverte d'une enveloppe appelée coleorhiza, apparaît, suivi de la sortie des racines et feuilles apparaissent. La durée de cette phase varie avec une température de 8 à 15 j (**Clément et (and) part. 1970**)

➤ **Levé :**

La levée est caractérisée par le nombre de feuilles de la jeune plante et leur stade de développement (**Giban et al, 2003**)

➤ **Tallage :**

La protection de talle commence à l'issue du développement de la troisième feuille selon (**cherfia, 2010**), ensuite une formation des tiges latérales appelées talle. Etal fin du tallage indique la fin de période végétative.

### 2.3.3.2 La période reproductive

Selon **feillet, (2000)**, la période reproductive comporte les phases montaison, épiaison, floraison et maturation

➤ **Montaison :**

La montaison débute lorsque les entres nœuds de la tige principale se détachent du plateau (**Belaid, 1987in salmi, 2015**).

➤ **L'épiaison :**

C'est la sortie de l'épi de la gaine de dernière feuille, on note l'épiaison quand l'épillet terminal apparait au-dessus de la gaine de la dernière (**feuille Giban at, al 2003**).

Les températures élevées et la sécheresse au cours de l'épiaison et de la floraison peuvent réduire la viabilité du pollen et ainsi réduire le nombre de grain (**Herbek et Lee, 2009**)

➤ **La floraison :**

Est manquée par la sortie des étamines lors des épillets et se termine dès que toutes les étamines sont extériorisées (**Giban et al, 2003**).Le blé commence à changer de couleur il perd sa couleur verte pour tourner plus jaune doré bronze (**Soltner, 2005, In bendjebel et benslama 2021**)

➤ **Maturation :**

La phase de maturation succède au stade pâteux (45%d'humidité), elle correspond à la phase au cours de laquelle le grain va perdre progressivement son humidité en passant par divers stade (**Giban et al, 2003**). Elle débute à la fin du palier hydrique marqué par la stabilité de la teneur en eau des grains pendant 10 à15 jours (**Giban et al, 2003**).

Aude là de cette période, le grain ne perdra que l'excès d'eau qu'il contient et passera progressivement au stade rayable à l'angle (20% d'humidité) puis, cassant sous la dent (15 à 16% d'humidité) (Giban et al, 2003). In (bendjebel et benslama, 2021).

### 2.3.3.3. La période de maturation

A ce stade, l'élongation du dernier entre-noeud assure l'élévation de l'épi au-dessus de la Dernière feuille. Le stade gonflement du grain est marqué par une photosynthèse intense pour l'élaboration des substances de réserve, l'amidon qui migre vers l'albumen du grain qui grossit tandis que l'embryon se forme. Cette migration nécessite une circulation d'eau, il peut y avoir échaudage en cas de stress hydrique. Le grain subit trois stades, du grain laiteux au pâteux au grain dur. Entre les stades laiteux et pâteux, la quantité d'eau contenue dans le grain est stable, c'est le palier hydrique (Moule, 1998).

Par définition, l'indice foliaire (leaf area index) qui mesure la taille de l'appareil assimilateur représente le rapport entre la surface foliaire totale d'un couvert (L) et la surface de sol correspondante (A) :  $LAI = L \times A^{-1}$ . La quantité d'énergie lumineuse interceptée est liée à la grandeur de ce rapport. Boyeldieu (1999) considère que dans le cas des céréales, un indice foliaire de valeur de 4 indique que le feuillage intercepte 95% d'énergie lumineuse.

Cependant, si l'indice continue à croître, le gain en énergie se réduit pour devenir négligeable d'où résultent des risques de verse, de parasites et qui sont à l'origine du microclimat humide à la base du couvert. Les feuilles inférieures dépérissent lorsque l'intensité lumineuse est devenue trop faible pour couvrir les pertes de CO<sub>2</sub> par respiration, tombant ainsi en dessous du point de compensation.

L'élaboration du rendement implique l'enchaînement de multiples mécanismes liés à la croissance et au développement du peuplement cultivé à travers la morphogénèse et le Fonctionnement des organes, en relation avec les facteurs et conditions du milieu. (Mekhlouf et Bouzerzour ,2000) considèrent que le rendement est un caractère complexe, résultant des Caractères impliqués directement et indirectement dans sa formation, tel que le poids du grain, le nombre de grains par épi, le nombre d'épis par unité de surface et la biomasse aérienne.

## 1. la fertilisation des céréales

La fertilisation, c'est action qui consiste à effectuer des apports engrais organique ou minéraux, nécessaires au bon développement des végétaux. Elle peut donc être réalisée sous forme amendements humifères (organique) ou minéraux (chimique). Les engrais sont des substances, le plus souvent des mélanges éléments minéraux, destinées à apporter aux plantes des compléments d'éléments nutritifs, de façon à améliorer leur croissance, et à augmenter le rendement des cultures et la qualité des produits. Les engrais furent utilisés dès l'Antiquité, où on ajoutait au sol, de façon empirique, les phosphates des os, azote des fumures animales, le potassium des cendres. Les engrais permettent apporter en quantité voulue, un ou plusieurs éléments fertilisants comme azote, le phosphore, la potasse, le calcium, le magnésium... ainsi que des oligo-éléments le fer, le manganèse, le zinc, le cuivre. Le bore, le molybdène (Anonyme, 2017).

## 2. Les engrais

-Un engrais est une substance destinée à fournir aux plantes par intermédiaire du sol, un ou plusieurs éléments minéraux jugés insuffisamment abondants ou disponibles pour nourrir les cultures (Soltner, 2003).

-Un engrais est une substance contenant une certaine proportion éléments fertilisants qui, apportée au sol, est destinée à nourrir la plante cultivée (Prévost, 1990).

### 2.1-Définition des substances nutritives

Des éléments ou des composés, que les organismes utilisent pour vivre ou se multiplier.

Les substances nutritives des plantes peuvent être partagées entre les substances nutritives principales et des substances nutritives à état de traces ; en fonction des quantités liées à leurs besoins (Tableau 04).

**Tableau 02** : Éléments nutritifs principaux et éléments nutritifs à état de traces, pour les plantes (Bliefert et Perraud, 1997).

| Élément nutritifs.                             | Formes les plus importantes. sous lesquelles ils sont absorbés                         |                                    |
|--|--|------------------------------------|
| <b>Substances nutritive principes.</b>         |  |                                    |
| H.   | H <sub>2</sub> O.  |                                    |
| C.   | CO <sub>2</sub> , HCO <sub>3</sub> .   | éléments nutritifs organiques      |
| O  | O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub>   |                                    |
| N.   | NO <sub>3</sub> , NH (NH <sub>3</sub> , NO <sub>3</sub> , N <sub>2</sub> )             |                                    |
| P.   | H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> , HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>                        |                                    |
| S  | SO <sub>4</sub> (SO <sub>2</sub> )   |                                    |
| K.   | K <sub>+</sub>   |                                    |
| Mg.  | complexes de Mg <sub>2+</sub> , Mg <sub>2+</sub>                                       |                                    |
| Ca.  | complexes de Ca <sub>2+</sub> , Ca <sub>2+</sub>                                       |                                    |
| <b>Substances nutritive à l'état de trace:</b> |  | <b>éléments nutritifs minéraux</b> |
| B  | H <sub>2</sub> BO <sub>3</sub> , [B(OH) <sub>4</sub> ], H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> |                                    |
| Cl.  | Cl. (HCl)  |                                    |
| Mn.  | complexes de Mn <sub>2+</sub> , Mn <sub>2+</sub>                                       |                                    |
| Fe   | complexes de Fe <sub>2+</sub> , Fe <sub>3+</sub> , Fe <sub>2+</sub>                    |                                    |
| Cu.  | complexes de Cu <sub>2+</sub> , Cu <sub>2+</sub>                                       |                                    |
| Zn.  | complexes de Zn <sub>2+</sub> , Zn <sub>2+</sub>                                       |                                    |
| Mo.  | MoO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>   |                                    |

## 2.2 type des engrais

### ➤ les engrais simple

Engrais n'ayant qu'un seul élément fertilisant majeur (N, P, K) avec une teneur déclarable

### ➤ les engrais composés

Ils contiennent au minimum deux éléments fertilisants majeurs avec des teneurs déclarables et ont été obtenus par réaction chimique, par mélange ou par combinaison des deux :

### ➤ les engrais de complexes

Ce sont des engrais composés obtenus par réaction chimique et dont chaque granulé contient tous les éléments fertilisants de la composition déclaré

### ➤ les engrais de mélange

Ils sont obtenus par mélange à sec différents d'engrais sans réaction chimique (kordek, 2005).

### 3. Eléments nutritifs nécessaires à la croissance de la plante

Pour se développer, la grande majorité des plantes exigent 16 éléments nutritifs provenant de l'air et du sol qui les entourent. Les éléments ci-après proviennent

- **de l'air** : Le carbone(C) sous forme de  $\text{CO}_2$  (Anhydride carbonique)
- **de l'eau** : hydrogène (H) et oxygène (O) à état d'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ )
- **Du sol et des engrais minéraux et organiques** :

**Des éléments de base (macro éléments)** : L'azote (N), le phosphore (P), le potassium(K)

➤ Des éléments secondaires : Le calcium (Ca), le magnésium (Mg), le soufre ((S).

➤ Des oligo-éléments : Le fer(Fe), le manganèse (Mn), le zinc (Zn), le cuivre(Cu), le bore(B), le molybdène (Mo), et le chlore (Cl).

Les éléments secondaires et les oligo-éléments se trouvent habituellement en quantité suffisante dans le sol, et ne devraient être ajoutés qu'en cas de constatation de carence (Anonyme, 2017).

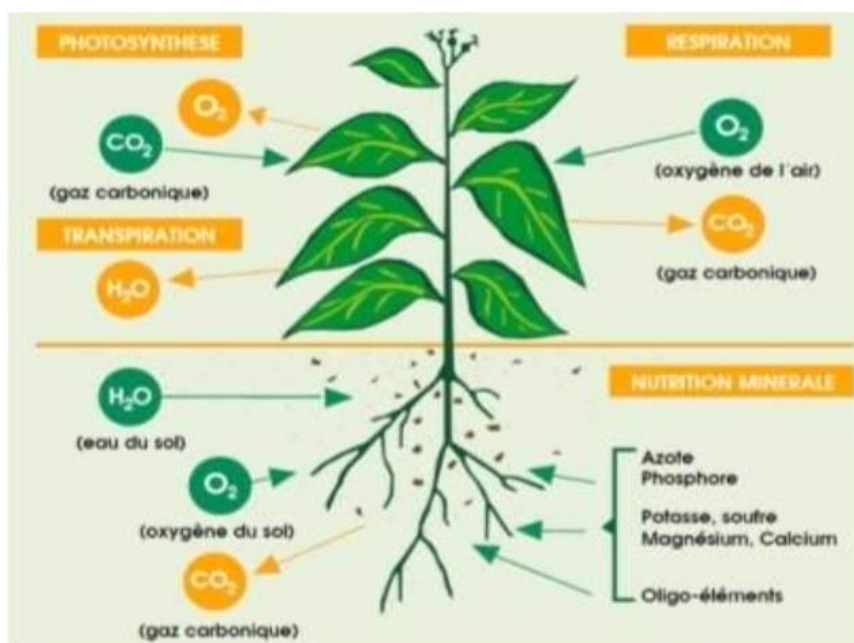


Figure N°4 : Schéma de la fertilisation (Anonyme, 2017)

### 3.1. Les macro éléments N. P. K

Les engrais composés ; en apportent au moins deux sinon les trois.

En plus des éléments N.P.K, les engrais simples et composés apportent souvent d'autres éléments dits secondaire (Ca, Mg, S, Na...) et des oligo-éléments. **(Soltner, 2003)**.

Les engrais composés sont obtenus soit par mélange d'engrais simple, soit par réaction chimique (solubilisation nitrique des phosphates naturels par exemple).Ce dernier procédé donne naissance aux dits <complexes> **(Gauthier, 1991)**.

#### 3.1.1. L'azote

La plupart des systèmes de culture non légumineuse exigent l'apport d'azote, particulièrement les variétés récentes à haut rendement.

Pour toutes les autres plantes, la nutrition azotée se fait quasi exclusivement à partir des nitrates présents dans la solution du sol **(Anonyme, 2017)**.

##### 3.1.1.1. Rôle physiologique de l'azote

L'azote est l'élément nutritif le plus déficient dans les systèmes de productions agricoles à Travers son rôle dans :

A. La synthèse de la matière vivante à partir de la matière minérale

B. Pour **Soltner (2003)**, l'azote est un constituant essentiel du cytoplasme car il favorise

- La synthèse des glucides grâce à l'augmentation du nombre de chloroplastes.
- La constitution des réserves azotées dans les graines.
- La multiplication cellulaire donc la croissance des tissus.
- La multiplication des chloroplastes, puisque la chlorophylle est substance azoté d'où la couleur vert foncée des plantes après un apport d'azote.
- C'est un facteur de rendement, et parfois de qualité, puisque il augmente la teneur en protéines des céréales.

L'azote est donc nécessaire à tous les stades de la plante : jeune, croissance, reproduction et

Mise en réserve.

### 3.1.1.2. L'azote dans le blé

L'action de l'azote sur les céréales dépend surtout de l'époque de son apport. En effet, tous les chercheurs dont Remy et Viaux (1980) qui se sont préoccupés des apports azotés admettent que pour avoir de bons résultats, il est nécessaire que l'azote soit disponible en quantité suffisante sous forme assimilable au début montaison.

Lors du gonflement floraison, la matière végétale augmente rapidement et par conséquent les besoins en azote du blé deviennent importants (**Grignac, 1981**). Un manque en azote à cette période se traduit par une floraison précoce qui peut répercuter sur les rendements.

Pendant la maturation, l'azote minéral du sol en quantité insuffisante ne peut pas couvrir les Besoins du blé (**Masle, et Meynard, 1981**).

Globalement l'absorption d'azote suit le développement du blé et ceci durant les quatres

Phases :

- Herbacée jusqu'à la montaison avec une absorption de l'ordre de 4,5 Kg d'azote/quintal.
- Élongation avec une activité intense de croissance, cette phase se termine à la

Floraison

- Fructification où l'absorption se ralentit et où les phénomènes de translocation

Deviennent importants.

- Maturation avec la sénescence des tissus suivie d'une perte d'eau, de matière sèche et même d'azote (**Soltner, 2003**).

### 3.1.1.3. Formes d'azote absorbé par les plantes

Dans les sols agricoles, l'azote se trouve à une proportion de 95 % sous forme organique.

L'azote sous forme minérale, forme essentiellement assimilable par les plantes, ne représente que 100 à 200 Kg par hectare dans les régions tempérées.

Les plantes absorbent les formes ioniques solubles dans la solution du sol seulement qui se

Trouvent sous formes :

1. Nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) constituant la forme préférentielle d'absorption de l'azote par les cultures.
2. Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) : une grande partie de l'ammonium dans le sol est convertie en nitrate Par les microorganismes du sol et d'autres parties sont absorbées directement par les racines (Soltner, 2003).

#### 3.1.1.4. Sources d'azote

Les sources d'azote pour les cultures peuvent être :

- La matière organique du sol par minéralisation.
- Les amendements organiques : fumier, compost et autres déchets ; sous-produits

Agroalimentaires,...etc.

- L'azote de légumineuses (luzerne, fève) et autres espèces fixatrices de l'azote

Moléculaire.

- Les engrais verts, spécialement des légumineuses.
- Les engrais minéraux (Soltner, 2003).

#### 3.1.2. Le phosphore et le végétal

#### 3.2.2. Importance du phosphore

Le phosphore est un élément fondamental parmi les trois éléments majeurs (N, P, K) apportés Par les engrais et le plus anciennement connu.

Le phosphore se trouve dans la plante sous forme minérale (Duteil, 1973). Mais il est

Beaucoup plus fréquemment présent combiné sous forme organique.

Sa répartition dans les tissus est très inégale et augmente généralement avec la teneur en azote (Gervy, 1970).

D'après Gervy (1970) La teneur des végétaux en phosphore est soumise à des variations fort importantes elle dépend principalement de la nature de l'espèce, de l'âge de la plante et de l'organe analysé elle dépend également, mais dans une moindre mesure, de la richesse du sol en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> elle dépend enfin très faiblement de la présence d'autres éléments donnant lieu à des antagonismes avec l'acide phosphorique .

### 3.3.2. Rôle physiologique du phosphore

Le phosphore joue également plusieurs rôles dans la vie des plantes. Il est considéré comme un constituant essentiel des chromosomes, il intervient partout où il y a multiplication cellulaire d'où l'importance du phosphore dans les phénomènes de croissance et de reproduction. Il joue également un rôle déterminant dans le transfert d'énergie, il est indispensable à la photosynthèse et aux processus chimio-physiologiques de la plante (Lambert, 1979).

### 3.4.2. Dynamique du phosphore dans le sol

La connaissance de la dynamique d'un élément est indispensable au diagnostic de la fertilité d'un sol et à l'estimation des correctifs à apporter (Bosc, 1976).

Le croquis «dynamique du phosphore dans le sol» permet une visualisation de ces différentes formes du phosphore dans le sol (Gros, 1979).

D'après (Gros, 1977), il existe un équilibre permanent entre les divers états du phosphore dans le sol. Ainsi la matière organique, à son tour, libère du phosphore dans la solution du sol après Minéralisation.

L'équilibre le plus rapide et le plus important existe entre le phosphore dissout dans la solution du sol et le phosphore échangeable, et estime que ces deux dernières formes représentent la réserve alimentaire en phosphore (Duthil, 1976).

Donc le phosphore peut être absorbé, précipité, comme il peut être dissout. Le phosphore organique peut être minéralisé ou réorganisé.

L'emploi de l'isotope P<sup>32</sup>, met en évidence trois phénomènes dans le sol : L'adsorption de

L'anion phosphorique sur le complexe, la mobilisation et la rétrogradation (**Gros, 1979**).

## **4 Potassium**

### **4.1. Sources du Potassium**

Dans la nature, le potassium se trouve sous diverses combinaisons telle que les silicates, les végétaux. Une partie appréciable du potassium se trouve dans l'eau de mer. Les produits de la Mer sont riches en potassium d'où l'utilisation par l'homme des gisements déposés (**Cottignies, 1977**).

### **4.2. Les formes du potassium dans le sol sont**

- sous forme d'ions  $K^+$  adsorbés sur le complexe argilo- humique. Il constitue la fraction immédiatement échangeable, qui participe aux relations d'équilibre avec la phase liquide du sol.

- sous forme d'ions  $K^+$  et de sels minéraux présents dans cette phase liquide (solution du sol).

- à l'origine, il se trouve dans de nombreuses roches : granite, schistes, car il entre dans la composition des feldspaths et micas. Les sols calcaires et tourbeux sont les plus pauvres.

(**Diehl, 1975**). Le potassium rétrogradé à l'intérieur des molécules d'argile (la rétrogradation représente ici le passage de l'état utilisable à l'état inutilisable (**Prévoste, 1990**)).

### **4.3. Cycle du potassium dans le sol**

Le cycle du potassium est surtout un cycle minéral et les végétaux interviennent de façon considérable au niveau de l'altération des minéraux. Une autre intervention importante de la biosphère, consiste en un stockage de potassium et en sa libération lors du lessivage des litières et de la décomposition des résidus organiques (**Anonyme, 1988**). Le potassium peut être en outre apporté par les eaux pluviales (**Duchaufour, 1979**).

### **4.4. Le potassium et la plante**

#### **a. État du potassium dans la plante**

Le potassium se trouve généralement dans les organes végétaux vivants sous la forme

Minérale et organique. Il peut s'y trouver aussi en combinaisons complexes avec les colloïdes

Cellulaires, mais ces derniers ne sont pas stables et non permanents (**Duthil, 1973**).

### **b. la nutrition potassique de la plante**

L'alimentation potassique des plantes s'effectue généralement au niveau de la solution du sol Par les poils absorbants des racines. Aussi par l'absorption directe des ions fixés sur le Complexe par contrat entre les racines et les particules du sol.

On remarque que le maximum d'absorption se situe, en général, au moment du remplissage du grain. Une forte perte de potassium est constatée à partir des organes aériens au moment de la formation du grain (**Duthil, 1973**).

**Figure 07** : Courbe d'absorption de K<sub>2</sub>O chez les céréales (**Duthil, 1973**).

## **4.5. Fertilisation potassique**

Pour déterminer le niveau de la fumure potassique, il faut tenir compte :

### **a. La teneur du sol en Potassium**

La teneur en potassium échangeable est donnée par l'analyse du sol. Si la terre est suffisamment pourvue, on appliquera une fumure d'entretien afin de maintenir l'équilibre, dans le cas contraire, on utilise une fumure de correction pour augmenter le niveau de réserve.

### **b. Exportation de potassium**

Chaque fois qu'on effectue une récolte, on prélève dans le sol une partie de son stock alimentaire (**Bayens, 1967**).Le seul retour au sol de quantités d'éléments minéraux égales aux exportations d'une culture, sous forme de fumure organique et d'engrais minéraux, ne suffit pas à améliorer la fertilité, donc les rendements. Ainsi, on doit tenir compte des pertes en éléments fertilisants par lessivage, érosion.

Par exemple les pertes en zones humides peuvent être les suivantes :

- 0 à 10 Kg/ha de K<sub>2</sub>O en terre argileuse.
- 10 à 20 Kg/ha de K<sub>2</sub>O en terre limoneuse.
- 20 à 30 Kg/ha de K<sub>2</sub>O en terre sableuse.

## 1. Définition de la salinité

La salinité peut être définie comme étant la quantité globale des sels contenus dans « la solution du sol (Imalet, 1979).

Elle constitue l'un des facteurs abiotiques les plus répandus au niveau de la planète et qui

limite fortement les rendements agricoles, notamment dans les régions arides et de semi-arides, où les précipitations sont limitées et ne sont pas suffisantes pour transporter les sels du profil racinaire. Des plantes (Khaless et Baaziz, 2006 et Schulze et al, 2005).

La salinité se produit après l'évaporation de l'eau dans son état pur laissant derrière elle les sels.

Et l'autre substance (Carter, 1975). Elle se produit en raison de l'augmentation des concentrations de ces sels comme le chlorure de sodium (Sun et al, 2007).

## 2. La salinité dans le monde et en Algérie

La salinisation des terres est un problème majeur à l'échelle mondiale. Selon la FAO et les estimations les plus récentes, elle affecte déjà au moins 400 millions d'ha et en menace gravement une surface équivalente. Elle est donc très importante quantitativement puisque, encore une fois, nous n'avons qu'un milliard et demi d'ha cultivés sur la Terre. Généralement, le monde perd en moyenne 10 ha de terres cultivables par minute dont 3 ha (plus de 1,5 Mha par an) à cause de la salinisation. Aujourd'hui, il y a à peu près 400 Mha des terres qui sont affectées par la salinisation (Bot et al. 2000). En Afrique, près de 40 Mha y sont affectés, soit près de 2% de la surface totale. Au Proche-Orient, près de 92 Mha soit environ 5% de la surface totale (FAO, 2008).

Selon (Duran, 1958), en Algérie, les sols agricoles sont dans leur majorité, affectés par la salinité ou susceptibles de l'être. Les sols salins sont très répandus dans les basses plaines de l'Oranie, dans la vallée de Mina près de Relizane, dans le bas Chelif, sur les hautes plaines au sud de Sétif et de Constantine, aux bords de certains chotts. Ils ont aussi une grande extension.

Dans les régions sahariennes au sud de Biskra jusqu'à Touggourt, Ouargla et au-delà.

### 3. Origine de la salinité

Près de 80 % des terres salinisées ont une origine naturelle « édaphique », on qualifie alors La salinisation de «primaire».

Dans ce cas, celle-ci est due à la formation des sels pendant L'altération des roches ou à des apports naturels externes :

- Dans les régions côtières, intrusion de l'eau salée ou submersion des terres basses.
- Inondation périodique par de l'eau de mauvaise qualité.
- Remontée d'une nappe phréatique salée près de la zone racinaire **(Mermoud, 2006)**.

Ce type de sol est très fréquent dans les zones arides dû à une évapotranspiration Potentielle Qui dépasse largement la quantité d'eau arrivée au sol **(Antipolis, 2003)**.

On parle d'une salinisation naturelle **(chamekh, 2010)**, elle est résultat de l'accumulation des Sels sur une longue période de temps,dans le sol ou dans les eaux sou terrains **(Antipolis,2003)**.Provenant de l'altération de la roche mère saline par les facteurs d'érosion,la Dissolution par les eaux de ruissellement des roches sédimentaires qui sont riche en chlorures , Sulfate et carbonate , ainsi que provoquée par l'eau de pluie souvent acide ( $H_2CO_3$ ),mais aussi par des agents physiques **(Hammou, 2010)**.

#### 3.1. La Salinisation primaire

La salinisation primaire résulte du processus d'altération des roches et la migration, et le dépôt des sels dissous dans l'eau dépendent des caractéristiques du milieu naturel et des précipitations. Dans les régions arides ou semi arides, le lessivage et le transport en profondeur des sels dissous n'existent plus et l'évapotranspiration importante favorise la concentration des sels dans le sol. Dans les régions côtières l'intrusion d'eaux salées et la submersion des terres basses par l'eau de mer provoquent la salinisation de l'eau souterraine et celle des sols **(Lallemand-Barrés, 1980)**, 80% des terres salinisées ont une origine naturelle, due aux sels se formant lors de l'altération des roches ou des apports naturels externes **(IPTRID, FAO, CISEAU, 2006)**.

### 3.2 Salinisation secondaire

Des sols irrigués due à l'accumulation des sels solubles dans le sol. Elle résulte de divers facteurs dont l'irrigation avec des eaux de mauvaise qualité, un lessivage insuffisant, un drainage inefficace, un taux important d'évaporation, des remontées du niveau des nappes (**Lallemand-Barrés, 1980**), 20% des terres salinisées, soit près de 15 Mha sur le continent Africain, ont une origine anthropique, induite par l'activité humaine, liée aux pratiques agricoles en particulier à l'irrigation (**IPTRID, FAO, CISEAU, 2006**).

## 4. Effet du stress salin sur la plante

Le stress salin a un triple effet sur la plante : il réduit leur potentiel hydrique, il cause un déséquilibre ionique ou des perturbations en homéostasie ionique, il provoque une toxicité ionique. Cet état hydrique altéré conduit à une croissance réduite et à la limitation de la productivité végétale. Depuis que le stress salin implique aussi bien le stress osmotique qu'ionique, l'arrêt de la croissance est directement relié à la concentration des sels solubles ou au potentiel osmotique de l'eau du sol (**Snoussi et Abbad, 2012**).

### 4.1. Effet du stress salin sur la morphologie de la plante

Des seuils élevés de salinité vont affecter toutes les parties de la plante, mais il semblerait que cela ait une incidence plus marquée sur la croissance foliaire comparativement à la croissance racinaire. Et ceux chez plusieurs espèces de plantes cultivées telles que l'orge et le blé (**Xu, 1990, Gouia et al. 1994, Munns et, Termaat ,1986**), signalent que le stress salin a pour effet immédiat la limitation de la croissance par le biais de messages hormonaux partant des racines en direction des feuilles. L'hormone impliquée étant probablement l'acide abscissique (Kefu et al. 1991). D'une manière générale ; cela retarde la croissance des pousses et l'émergence des nouvelles feuilles, réduit la longueur des feuilles et des coléoptiles et diminue la hauteur et le nombre de talles (**Maas et Poss, 1989, Brahimi, 2017**).

La salinité diminue la croissance des plantes en provoquant un déséquilibre hydrique des tissus, ce phénomène est associé à une baisse de turgescence, suite à une diminution du gradient de potentiel hydrique entre la plante et le milieu. (**Ouerghi et al, 2000**). L'entrée du sel dans la plante provoque aussi un déséquilibre ionique qui se traduit (suivant l'espèce) par des carences ou des excès en certains éléments. Ce dernier provoque une altération de la nutrition minérale (**Levigneron et al, 1995**).

Ces perturbations sont une cause possible des réductions de la croissance des parties racinaires et foliaires de la plante (Haouala et al, 2007).

#### 4.2. Effet du stress salin sur la partie racinaire

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

#### 4.3. Effet du stress salin sur la physiologie de la plante

Les effets néfastes de la salinité sur la croissance des plantes sont généralement associés au faible potentiel osmotique de la solution du sol et au niveau élevé de toxicité du sodium qui provoque des perturbations multiples sur le métabolisme, la croissance et le développement des plantes aux niveaux moléculaires, biochimiques et physiologiques (Yamaguchi et Blumwald, 2005). Ainsi, la réaction d'une plante face à un stress commence par la perception puis la transduction des signaux par des messagers afin d'activer les gènes de réponse et activer les réponses physiologiques et métaboliques nécessaires pour maintenir la viabilité.

Le développement d'une gestion efficace des pratiques de lutte contre la salinité nécessite une bonne compréhension des effets de la salinité sur les plantes.

En termes physiologiques, l'effet dépressif du sel (NaCl) du milieu sur la physiologie de la plante peut s'exercer de manières différentes. Une forte concentration saline entraîne une diminution du potentiel osmotique dont l'objectif est d'empêcher le potentiel hydrique cellulaire de devenir supérieur à celui des milieux extérieurs et extracellulaires.

Ce phénomène assure, d'une part, la continuité de l'absorption de l'eau du sol, et d'autre part, la rétention de l'eau et le maintien de la turgescence cellulaire. Lorsque l'ajustement osmotique cellulaire n'est pas suffisant, l'eau a tendance à quitter les cellules, ce qui induit un déficit hydrique et une perte de la turgescence (**Gorham et al, 1990**).

#### **4.4. Effet du stress salin sur photosynthèse et les échanges gazeux**

D'après (**Alem et al, 2002**) la salinité affecte l'activité physiologique de la feuille, et plus particulièrement la photosynthèse, qui présente la cause principale de la réduction de la productivité végétale. (**Selon Munns, 2008**), la réduction de la photosynthèse est liée à la diminution du potentiel hydrique foliaire, qui est à l'origine de la fermeture des stomates (**Price et Hendry, 1991, Allen, 1995**), qui cause la réduction de la conductance stomatique (**Orcutt et Nilsen, 2000**). La diffusion du CO<sub>2</sub> à l'intérieur des stomates devient alors limitée et sa fixation au niveau des chloroplastes diminue par conséquent la régénération du RuBP (Ribulose Biphosphate) devient limitée.

#### **4.5. Effet du salin sur la physiologie de la reproduction**

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

#### **4.6. Effet de la salinité sur la germination**

La germination est considérée comme une étape critique dans le cycle de développement de la plante. En effet, elle conditionne l'installation de la plantule, son branchement sur le milieu, et probablement sa productivité ultérieure. La salinité diminue la vitesse de germination et réduit le pouvoir germinatif Cet effet dépend de la nature de l'espèce, de l'intensité du stress salin. La réduction du pouvoir germinatif est due à l'augmentation de la pression osmotique de la solution du sol. Qui ralentit l'imbibition et limite l'absorption de l'eau nécessaire au déclenchement des processus métaboliques impliqués dans la germination (**Hajlaoui et al, 2007**).

Le stade germination est souvent limité par la salinité du sol et se montre plus sensible que

Les autres stades (**BOUDA et HADDIQUI 2011**).

La réaction des plantes à la salinité est très différente selon que l'on s'intéresse à la phase de la germination ou à celle du développement. La germination devient un facteur déterminant pour la réussite de la croissance des plantes dans les milieux salés. Bien que les halophytes possèdent une teneur très élevée en sel dans leurs tissus au stade adulte, leurs graines ne sont pas aussi tolérantes au sel au stade germination (**BELKHODJA et BIDAL, 2004**).

#### **4.7. L'effet de la salinité sur la croissance et le développement**

La salinité est une contrainte majeure qui affecte la croissance et le développement des Plantes (**BOUAOUINA et al, 2000**). La réponse immédiate du stress salin est la réduction de la vitesse de l'expansion de la surface foliaire ce qui conduit à l'arrêt de l'expansion si la concentration du sel augmente. Le stress salin résulte aussi dans la diminution de la biomasse sèche et fraîche des feuilles, tiges et racines (**CHARTZOULAKIS et KLAPAKI, 2000**). De même le sel diminue la croissance de l'appareil végétatif par la réduction du nombre des feuilles, réduit la surface foliaire (**BEN KHALED et al, 2007**),

La salinité diminue la croissance des glycophytes en modifiant l'équilibre hydrique et ionique des tissus, Au niveau des feuilles, ce phénomène est associé à une baisse de turgescence, suite à une diminution du gradient de potentiel hydrique entre la plante et le milieu. La compartimentation des ions entre les organes (racines/parties aériennes), les tissus (épiderme/mésophylle), ou encore entre les compartiments cellulaires (vacuole/cytoplasme) est l'un des mécanismes d'adaptation à la contrainte saline (**OUERGHI et al, 2000**).

La salinité accrue est accompagnée par une réduction dans la biomasse racinaire, la hauteur de la plante, le nombre de feuilles par plante, la longueur des racines et la surface racinaire (**MOHAMMAD et al, 1998**).

Les effets de la salinité sur la croissance des plantes varient en fonction du type de salinité, De la concentration du sel, de l'espèce, de la variété, de l'organe de la plante, ainsi que de son stade végétatif (**LEVIGNERON et al, 1995**).

### **5. Mécanismes de la tolérance des plantes à la salinité**

#### **5.1. Exclusion des ions**

Selon (**Sentenac et Berthomieu, 2003**), la plante empêche le sel de remonter jusqu'aux feuilles. Une première barrière existe au niveau de l'endoderme, couche interne de cellules

De la racine. Cependant, cette barrière peut être interrompue, en particulier lors de l'émergence des ramifications de la racine. D'autres mécanismes limitent le passage de sel

Des racines vers les feuilles mais les gènes qui les gouvernent sont encore largement inconnus.

Il est aussi indiqué que la capacité d'exclusion de ( $\text{Na}^+$ ) et/ou ( $\text{Cl}^-$ ) des tiges est bien corrélée au degré de tolérance au sel. Le maintien d'une faible concentration de ( $\text{Na}^+$ ) dans les feuilles peut être dû à un mécanisme d'exclusion qui provoque une accumulation de ( $\text{Na}^+$ ) dans les racines, évitant une translocation excessive aux tiges ; mais, il peut être aussi lié à une mobilité élevée de cet élément dans le phloème. Cependant, certaines mesures physiologiques concordent pour suggérer l'existence d'une expulsion active du sodium cytoplasmique vers l'apoplasme ou vers la vacuole, protégeant ainsi les équipements enzymatiques du cytoplasme dans les organes aériens (**Greenway et Munns, 1980**).

## **Deuxième Partie : Etude Expérimentale**

# **CHAPITRE 1 : Matériel et Méthode**

## Chapitre I : Matériels et méthodes

### 1. L'objectif de l'essai

Cet essai a été réalisé sur le blé dur (*Triticum durum* Desf.) Variétés (**Simeto et Waha**) sur le sol soumises à trois Concentrations différentes de chlorure de sodium (NaCl) :50mMol, 100 mMol, 200 MMol et un traitement n'ayant pas reçu de Na Cl constitue le témoin.

L'objectif de cette étude est de déterminer l'effet de la salinité sur la fertilisation du blé dur.

### 2. Présentation du site de l'essai

Effectuer la recherche a été réalisé au laboratoire et la serre d'agronomie de la faculté des sciences de la nature et la vie département d'agronomie l'Université 20 août 1955 Skikda au cours de l'année académique 2022-2023.

#### \*Caractéristique technique de la serre

Largeur : 6.66 m.

Longueur : 12.00 m

Hauteur sous chenaux : 2.80 m

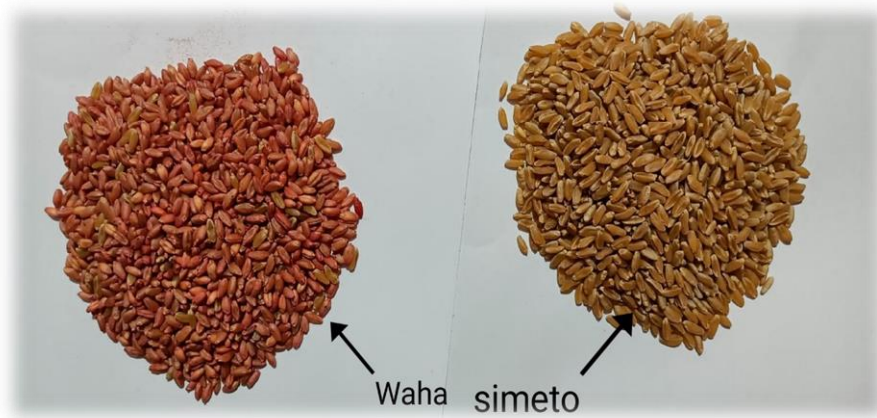
Hauteur au faîtage : 4.10 m

Pente de la toiture cintre : 42%

La surface totale est de : 82.00 m<sup>2</sup>Repartie en 01 chappel.

### 3. Matériel végétal

Notre étude a été portée sur deux variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) **Simeto** et **Waha** ont été fournies par (ITGC) d'El Kherroubi Constantine dont les origines respectives sont le CIMMYT, et l'Italie. (**Figure N°5**).



**Photo 01** : Photo représentative d'une deux variété étudié (**photo personnelle, 2023**)

## 4. Méthodes d'étude

### 4.1. Solutions salées

Concentration des solutions salines utilisées

Concentration témoin C0 : 0M mol de NaCl.

Concentration C1 : 50M mol de NaCl.

ConcentrationC2 : 100M mol de NaCl.

Concentration C3 : 200 M mol de NaCl.

### 4-2- Les Engrais utilisés :

Lurée                      46 %

K2so4                      50%

Superphosphate        40%

### 4.3 .Dispositif expérimental

L'expérimentation est conduite sous serre durant 65 jours, du au 29 JANVIER 2023 jusqu'au AVRIL 2023. (**Tableau 03 et photo 05**).

Nous avons réalisé des répétitions un taux de 4 fois pour chaque concentration dans soulevait  $4 \times 4 \times 2 = 32$  unités expérimentales sur un seulet typesde sol.

**Tableau 03 :** La distribution des unités expérimentales et les répétitions composées dans les pots.

|    | C0     | C1     | C2     | C3     | C0     | C1     | C2     | C3     |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| R1 | V1R1C0 | V1R1C1 | V1R1C2 | V1R1C3 | V2R1C0 | V2R1C1 | V2R1C2 | V2R1C3 |
| R2 | V1R2C0 | V1R2C1 | V1R2C2 | V1R2C3 | V2R2C0 | V2R2C1 | V2R2C2 | V2R2C3 |
| R3 | V1R3C0 | V1R3C1 | V1R3C2 | V1R3C3 | V2R3C0 | V2R3C1 | V2R3C2 | V2R3C3 |
| R4 | V1R4C0 | V1R4C1 | V1R4C2 | V1R4C3 | V2R4C0 | V2R4C1 | V2R4C2 | V2R4C3 |

L'étude a été mise en pratique sur «32» unités expérimentales Les concentrations :

C0:0 g/l

C1:2.92g/l

C2: 8, 77 g/l

C3:11,61g/l

Les répétitions : R1, R2, R3, R4



**Figure N°6 :** Le dispositif expérimental de l'essai de la croissance dans les pots (photo personnelle, 2023)

#### 4.4. Préparation de la région de la d étude

La communauté a été sélectionnée pour mener une étude sur un échantillon du sol entre zones jardaine boutanique al-hadayek -skikda Un échantillon du sol a été apporté devant les laboratoires des sciences nature et de la vie de luniversité de skikda : **20 AOÛT 1955 IL a été séché à l'air puis tamisé avec un tamis de 2 mm de diamètre, puis mélangé pour obtenir un sol homogène.**

#### 5. Le mode de culture et condition de croissance

##### • Préparation des pots

La culture des plantes a été réalisé dans des pots en plastique d'une capacité de 3 Kg, ayant une hauteur de 11.5 cm et dont les diamètres supérieurs et inférieurs sont respectivement de 14.5 cm et de 9 cm. le fond des pots a été perforé, puis tapissé de 300 g de gravier fin. Sur cette couche est déposé un filet de plastique perforé pour retenir le sol.

Le sol utilisé a subi un tamisage afin d'éliminer les débris végétaux, animaux et gravier pour n'obtenir que du sol fin. Ensuite, il est mis dans des pots à raison de 3 Kg par pot.

#### 6. Paramètres étudiés

##### 6.1. Sur le sol

Analyses du sol Les analyses du sol ont été effectuées au niveau du laboratoire de l'université de août 1955Skikd.Ces analyses ont porté sur la granulométrie, le pH, matière organique, conductivité, calcaire total.

##### 6.2. Analyse granulométrique

Est l'opération consistant à étudier la répartition des différents grains d'un échantillon, en fonction de leurs caractéristiques (poids, taille). Pour déterminer la grosseur et les pourcentages pondéraux respectifs des différentes familles des grains constituant l'échantillon.

##### a. Principe de l'essai

L'analyse granulométrique : consiste à classer les différents grains constituant l'échantillon en utilisant une série de tamis, pour la fraction sableuse et la sédimentation dans l'eau avec la pipette de Robinson pour les fractions fines. (MAURICE, S) L'essai s'effectue sur une masse supérieure à 25g avec  $600 D \geq m \geq 200 D$  avec : m : masse de l'échantillon exprimé en grammes.

D : dimension maximale des plus gros éléments appréciée visuellement et exprimée en millimètres.

### **B .But de manipulation :**

C'est la détermination de la répartition en poids des éléments d'un matériau suivant leurs dimensions. Le tamisage à sec portera sur les particules dont le diamètre est supérieur à 63  $\mu\text{m}$  d'un matériau pulvérulent.

### **C. Mode opératoire**

- Peser l'échantillon (sol EL hadayek).
- Emboîter les tamis les uns sur les autres, dans un ordre tel que la progression des

Ouvertures soit croissante du bas vers le haut.

- En partie inférieur, on dispose un fond qui permettra de récupérer les fillers pour une analyse complémentaire.
- Tamiser l'échantillon.
- Peser les refus.

#### **6.2.1. Mesure du pH :**

Le pH des sols, qui traduit l'acidité des sols s'échelonne de 1 à 14, il nous renseigne sur la nature des roches sur lesquelles s'est formé le sol. Le pH (abréviation de "potentiel Hydrogène") indique un degré d'acidité (de 0 à 6,5) ou d'alcalinité (de 7,5 à 14) d'une solution, 7 indiquant la neutralité. (MAURICE, S)

##### **a. Matériel de pH :**

1. tamisés à 2 mm
2. 10 g des sols par chaque échantillon
3. pH-mètre
4. Bécher en 50 ml, par échantillon
5. Baguettes de verre
6. Éprouvette

7. Agitateur magnétique.

**b. Mode opératoire de pH :**

Dans un bêcher de 50 ml, peser 10g de terre fine à 0,01g près et ajouter 25 ml (éprouvette) d'eau déminéralisée. Agiter durant 10 minutes (agitateur magnétique). Mesurer le pH(H<sub>2</sub>O). Il faut attendre la stabilité des chiffres donnés par l'appareil avant de faire la lecture. Les électrodes ne réagissent pas instantanément dans un tel milieu.



**Figure N°7 : PH-mètre (photo personnelle, 2023)**

### 6.2.2. Analyse de matières organiques

**a. Dosage de la matière organique :**

La teneur en MO peut s'obtenir par la méthode de la perte au feu. Cette méthode est déconseillée pour les échantillons possédants beaucoup de calcaire. Le domaine d'étalonnage de cette méthode varie de 1 à 50% de MO (Fournier, 2012).

**b. Mode opératoire :**

L'échantillon de sol doit être broyé et tamisé à 2 mm pour cette méthode :

- Prendre le poids du creuset vide « Mo » ajouter 10 g de sol séché .Noter le poids final
- Sécher l'échantillon de sol pendant une 24 h à l'étuve à 105 °c. Puis laissez refroidis Au dessiccateur pendant du 10 minute et noter le poids final (M1)
- Calciner le sol au four à moufle à 250 °c pendant 4h.
- Laisser refroidir dans un dessiccateur et peser le creuset contenant le sol calciné (M2).

- Calciner une autre fois le sol au four à moufle à 450 °c pendant 4h.
- Laisser refroidir dans un dessiccateur et peser le creuset contenant le sol calciné (M3).

### 6.2.3 Dosage du calcaire total

#### A. Principe :

Le dosage du calcaire total est fondé sur la réaction caractéristique du carbonate de Calcium au contact de l'acide chlorhydrique :



Il s'agit de comparer le volume Ce (CO) dégagé par le contact d'HCl avec un certain poids

Connu de terre à analyser, avec celui dégagé par le contact d'HCl avec CaCO<sub>3</sub> pur et sec en quantité connue. Les conditions du milieu (température et pression atmosphérique) restent inchangées.

#### B. Mode Opérateur

Introduire 0,3g, de Ca CO, pur et sec (sortant de l'étuve) au fond de l'erlenmeyer et mouiller par quelques gouttes d'H<sub>2</sub>O distillée (pour favoriser le contact avec l'HCl).

- mettre 5 ml, d'HCl 6 NA l'aide d'une petite pipette dans le petit tube à essai et l'introduire avec précaution dans l'erlenmeyer.
- boucher convenablement l'erlenmeyer en le raccordant à la colonne.
- la pince étant ouverte, ajuster la position de l'ampoule mobile jusqu'à ce que le niveau du liquide coloré soit au niveau zéro dans la colonne graduée.
- maintenir l'ampoule à ce niveau, fermer la pince et incliner l'erlenmeyer de manière A reprendre HCl contenu dans le tube à essai sur Ca CO 3
- agiter calmement l'erlenmeyer pour favoriser la réaction, le CO<sub>2</sub> se dégage et comprime le niveau du liquide dans la colonne.
- abaisser l'ampoule mobile pour suivre la dénivellation dans la colonne.
- la réaction terminée (fin du bouillonnement), ajuster les niveaux et noter le volume V en ml, de CO<sub>2</sub> dégagé.



**Figure N°8 :** Calcimètre de BERNARD (photo personnel 2023)

## 7. Mesure sur la plante

### 7.1. La surface foliaire (SF) :

La surface foliaire est estimée par la méthode de Paul et al. (1979), qui consiste à :

- placer les feuilles sur du papier calque.
- découper les contours de la feuille.
- peser le papier du calque représentant la feuille (pf) à l'aide d'une balance de précision.
- déterminer par pesée le poids (pq) correspondant à une surface sq. connue d'un carré de 1 cm de côté du même papier calque.
- déduire la surface de la feuille SF par la formule suivante :  $SF = \frac{pf \cdot sq}{pq}$

### 7.2. Teneur relative en eau TRE(%) :

La teneur relative en eau (TRE) est déterminée d'après la méthode de Barrs (1968), décrite par Bajji et al. (2001). L'avant dernière feuille de chaque plantule est prélevée, puis mise dans papier aluminium pour limiter les pertes d'eau transpiration. Les échantillons foliaires sont pesés directement pour avoir le poids frais (PF). Ils sont ensuite mis dans des tubes à essai remplis à moitié d'eau distillée, stockés au frais et sous obscurité. Le poids turgide (PT) est déterminé 24 heures après. Le poids sec (PS) est déduit suite à la mise des échantillons foliaires dans une étuve ventilée dont la température est portée à 90°C, pendant 48 h. La TRE est déduit par la formule suivante :  $TRE(\%) = 100 \left[ \frac{PF - PS}{PT - PS} \right]$

**7.3. Longueur de tige**

La longueur de la tige est mesurée depuis le sol jusqu'à la base de l'épi.

**7.4. Longueur de la plante**

Elle est mesurée du ras du sol jusqu'au sommet de la plante à l'aide d'un ruban mètre.

**7.5. Longueur de l'épi avec barbe**

Elle est mesurée à partir de la base de l'épi (1er article du rachis) jusqu'à l'extrémité supérieure des barbes.

**7.6 Longueur de l'épi sans barbe**

Elle est mesurée sur des épis avec des barbes coupées à partir de la base de l'épi jusqu'au sommet de l'épillet terminal.

**8. Analyse des données**

Afin de pouvoir caractériser les différences qui existent entre les variétés étudiées concernant les différents paramètres mesurés, nous avons calculé certains paramètres statistiques à l'aide du logiciel d'analyse et traitement statistique des données « Exel STAT ».

## **Chapitre II : Résultats et Discussion**

## II. Résultats et discussions

### 1. Analyses du sol

Les résultats des analyses physico-chimiques du sol sont représentés dans le tableau N4

**Tableau N 04** : Caractéristique physico-chimique du sol

| Caractéristiques du sol        | Valeur            |
|--------------------------------|-------------------|
| Texture du sol                 | Limoneux argileux |
| Taux de matière organique (MO) | 2,47              |
| Ph                             | 7,83              |
| Conductivité                   | 0,6               |
| Dosage du calcaire total       | 7,2               |

D'après de ces résultats on constate que Le sol étudié présente respectivement une teneur en argile 17,13 % limons 68,38% et un taux de sable fin 11,79% et de sable grossier 2,69 % Selon les résultats, le sol étudié présente une texture légère et limoneux - sableux (**Annexe 01**), Ce type de sol, de texture limono - argileux, est considéré lourd possède une bonne rétention pour l'eau. Nous pouvons dire qu'il est favorable au blé Dur (**Soltner, 2000**).

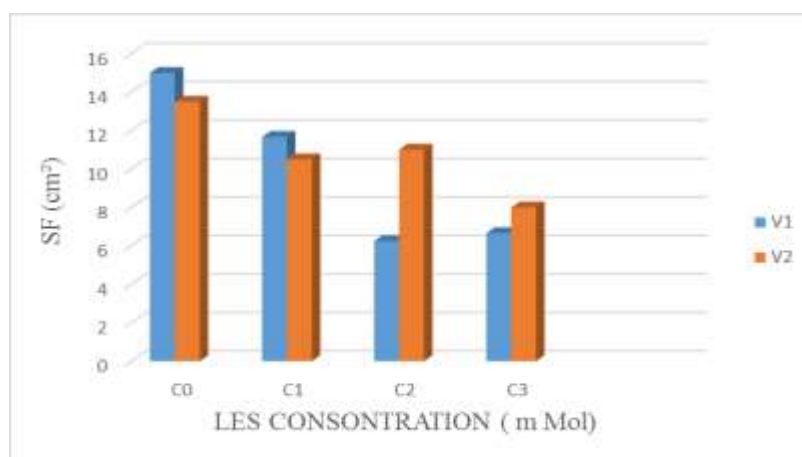
Un taux de matière organique modere pour le sol étudiée selon (normes : 4% À 5%, selon (**Sharmen and Roper, 2000**), Les résultats de l'analyse de ph chez le sol 1 (7.83) Est un sol légèrement alcalin. Pour la culture blé le pH du sol le plus adéquat est compris entre 5.8 et 7.5 (**Labreuche et al, 2006**). Une conductivité électrique faible qui n'a aucun effet sur le rendement et une teneur faible en carbonates de calcium.

### 2. Caractéristiques agronomiques

#### 2.1 Surface foliaire

A partir des résultats **la Figure (09)**, l'analyse de la variance montre que la surface foliaire est fortement affectée par le sel les mesures de la surface foliaire présentent des variations notables qui sont illustrées dans **la figure (09)**, La hauteur moyenne de la surface foliaire dans le témoin en l'absence de sel a été enregistrée entre 14.99 cm<sup>2</sup> et 13,5 cm<sup>2</sup>, respectivement, pour les cultivars (**Simeto et waha**). La variété traitée a une concentration de (150 m Mol) Na Cl est

provoquer une diminution de taux de la surface foliaire avec des pourcentages -55.57 % et -40.74 % comparativement aux témoins respectivement pour les variétés (**waha et simeto**).



**Figure 09** : La surface foliaire (cm<sup>2</sup>) pour les deux variétés de blé dur soumise aux différentes concentrations de NaCl (m Mol).

L'analyse de la variance (ANOVA) se surface foliaire, donne un résultat hautement significatif dans la salinité et non significative entre le génotype et le facteur interaction (Variété x Con). (Annexe 01).

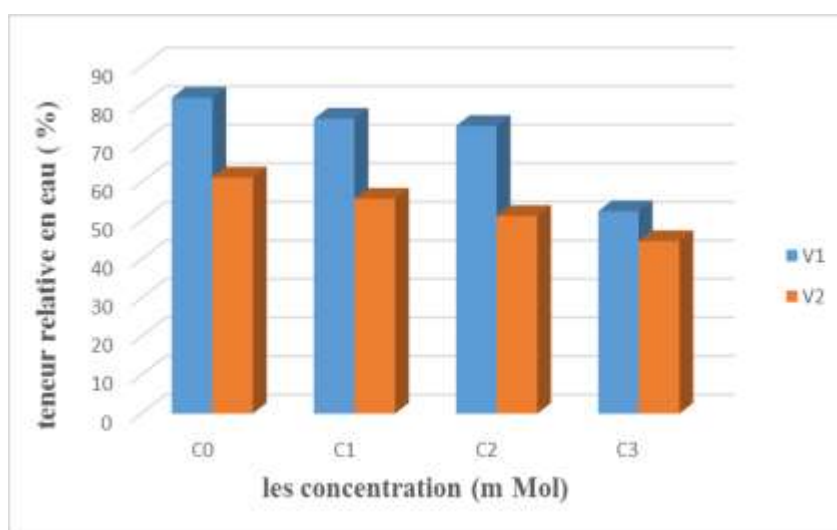
Le test **NEWMAN-KEULS** au seuil 5%, class le facteur variété a un seul groupe (A). Le groupe (A) porte le génotype Simeto avec une moyenne générale maximale de 9,89% et Waha avec une moyenne générale de 10.87%.

Test **NWEMAN-KEULS** au seuil 5% pour le facteur salinité indique Quatre groupes homogènes. Le premier groupe (A) correspond au témoin avec une moyenne générale de 14.24%. Le deuxième groupe (B) et au traitement de stress qui ont 50 m Mol avec un moyenne générale de 11 ,08 %. Le troisième groupe (BC) correspond une moyenne générale de 8 ,87 % avec un traitement de stress qui ont 100 m Mol et le dernier groupe (C) correspond à un traitement de stress qui ont 150 m Mol a une moyenne générale de 7.33 %.

Des résultats similaires ont été obtenue (**Alem et al. 2002**), la réduction de la surface foliaire, sous l'effet de la salinité, peut être également considérée comme étant une stratégie adaptative utilisée par les génotypes de blé dur et de blé tendre face à la contrainte saline. Ces mêmes auteurs soulignent que la réponse immédiate au stress salin est la réduction du taux d'expansion de la surface foliaire jusqu'à sa cessation avec l'augmentation des concentrations de sels. De même (**Bernácer et al, 2001**), ont rapporté une réduction de la surface foliaire chez quelques variétés de blé arrosées avec de l'eau salée.

## 2.2. Teneur relative en eau

Une comparaison entre l'évolution de la teneur en eau des deux variétés de blé dur étudiées a montré que la teneur relative en eau diminue au fur et à mesure que le stress salin s'accroît (**figure 10**). Les teneurs en eau les plus élevées sont notées chez les témoins, en l'absence de sel a été enregistrée entre 81.96 cm<sup>2</sup> et 61.25 cm<sup>2</sup>, respectivement, pour les cultivars (Semito et waha). La variété traitée a une concentration de (150 m Mol) Na Cl est provoquer une diminution de taux de la surface foliaire avec des pourcentages -35.94 % et -26.93 % comparativement aux témoins respectivement pour les variétés (**waha et simeto**).



**Figure 10 :** Teneur relative en eau (%) pour les deux variétés de blé dur soumise aux différentes concentrations de NaCl (m Mol).

L'analyse de la variance (ANOVA) se surface Teneur relative en eau, donne un résultat non significative dans l'interaction (**Variété x Con**). Et hautement significative entre le génotype et la salinité. (**Annexe 02**).

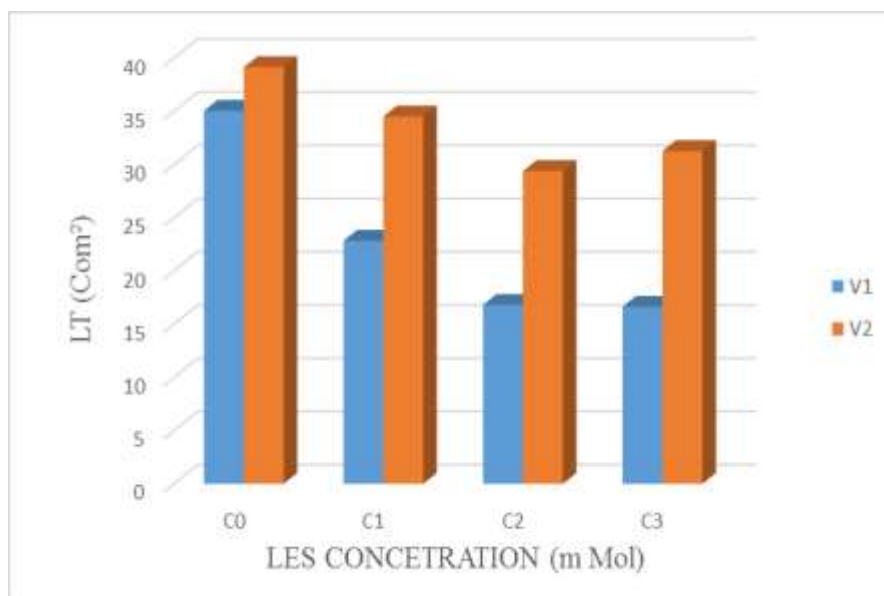
Le test **NEWMAN-KEULS** au seuil 5%, class le facteur variété a un seul groupe (A). Le groupe (A) porte le génotype Simeto avec une moyenne générale maximale de 71.39% et Waha avec une moyenne générale de 53.25%.

Test **NWEMAN-KEULS** au seuil 5% pour le facteur salinité indique trois groupes homogènes. Le premier groupe (A) correspond au témoin avec une moyenne générale de 71.60%.Le deuxième groupe (B) et au traitement de stress qui ont 50 m Mol avec un moyenne générale de 66.12 %. Le troisième groupe (C) correspond une moyenne générale de 48.62 %

L'augmentation de la teneur en NaCl dans les solutions d'arrosage provoque la réduction de la hauteur de la plantule, de la surface foliaire et des biomasses des variétés étudiées. Cet effet, fréquent chez les glycophytes, a précédemment été observé chez d'autres génotypes (**Chartzoulakis et Klapaki, 2000**). La diminution de la croissance de l'appareil végétatif observée chez les plantules de blé peut être expliquée par le fait que le NaCl agit par augmentation de la pression osmotique du milieu, ce qui empêche l'absorption de l'eau par le système racinaire. Ceci entraîne, par conséquent, une réduction de la croissance qui est le résultat, au niveau cellulaire, d'une baisse du nombre de divisions cellulaires (**Benamar et al, 2009**). La réduction de la croissance peut résulter de l'augmentation de la concentration en acide abscissique dans la partie aérienne ou d'une réduction des concentrations en cytokinine (**Itaii, 1999**). En plus du contrôle de la croissance par les signaux hormonaux, la réduction de croissance résulte de la dépense de ressources dans les stratégies d'adaptation (**Binzel et al, 1985**). La réponse immédiate du stress salin est la réduction de la vitesse de l'expansion de la surface foliaire ce qui conduit à l'arrêt de l'expansion si la concentration du sel augmente (**Wang et Nil, 2000**).

### 2.3. Longueur de tige

Concernant, La Longueur de tige. Illustré par la **Figure (11)**, l'analyse de la variance montre que la longueur de tige est fortement affectée par le sel. Les mesures de la longueur de tige présentent des variations notables, La hauteur moyenne de tige dans le témoin en absence de sel a été enregistrée entre 35,02 cm<sup>2</sup> et 39,12 cm<sup>2</sup>, respectivement, pour les cultivars (Simeto et waha). La variété traitée a une concentration de (150 m Mol) Na Cl est provoquer une diminution de taux de la tige avec des pourcentages -52,53 % et -20,12% comparativement aux témoins respectivement pour les variétés (**waha et simeto**).



**Figure 11 :** La Longueur de tige (cm<sup>2</sup>) pour les deux variétés de blé dur soumise aux différentes concentrations de NaCl (m Mol) .

L'analyse de la variance (ANOVA) se longueur de tige, donne un résultat hautement significatif dans la salinité et non significative entre le génotype et le facteur interaction (Variété x Con). Et hautement significative entre le génotype et la salinité. (Annexe 03).

Le test NEWMAN-KEULS au seuil 5%, le facteur variété class La longueur de tige a un seul groupe (A). Le groupe (A) porte le génotype Simeto avec une moyenne générale maximale de 22.81% et Waha avec une moyenne générale de 33.56%.

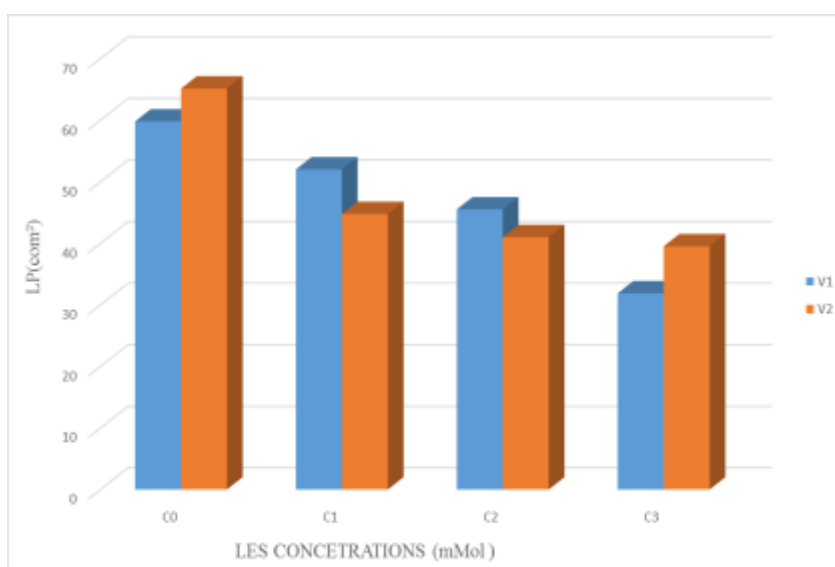
Test NWEMAN-KEULS au seuil 5% pour le facteur salinité indique trois groupes homogènes. Le premier groupe (A) correspond au témoin avec une moyenne générale de 37.05%. Le deuxième groupe (B) et au traitement de stress qui ont 50 m Mol avec un moyenne générale de 28.66 %. Le dernier groupe (C) correspond une moyenne générale de 23.08 % avec un traitement de stress qui ont 100 m Mol Plusieurs études ont révélé l'effet nocif du sel sur la croissance de la tigelle dont celle de (kadri et al. 2009), effectuée sur quelques variétés d'orge qui a montré que la longueur de l'épocotyle et de la racine est fortement i'nfluencée par le stress salin. De même Ben (Naceur et al, 2001), ont rapporté un effet variable de la salinité sur l'épi cotyle de nombreuses variétés de blé.

Des résultats similaires ont été obtenu par (Hamdoud, 2012), sur la féverole (vicia fabal.) la diminution de la croissance peut s'expliquer par une baisse de nombre de division cellulaire lors d'un stress salin ou stress hydrique (Benmahioul et al, 2009). De même l'étude de Mani et hannachi (2015), sur l'effet du stress salin sur le comportement physiologique du piment de

Cayenne (*Capsicum frutescens*) a montré que l'ajout du NaCl dans l'eau d'irrigation a un effet inhibiteur sur la longueur de la tige surtout aux fortes concentrations de NaCl.

#### 2.4. Longueur de plante

Concernant, La Longueur de Plante. Illustré par la **Figure (12)**, l'analyse de la variance Montre que la longueur de plante est fortement affectée par le sel. Les mesures de la longueur de plante présentent des variations notables, La hauteur moyenne de la longueur de plante dans le témoin en absence de sel a été enregistrée entre 59,77 cm<sup>2</sup> et 65,12 cm<sup>2</sup>, respectivement, pour les cultivars (Simeto et waha). La variété traitée a une concentration de (150 m Mol) Na Cl est provoquer une diminution de taux de la longueur de plante avec des pourcentages -47,68 % et -39,35% comparativement aux témoins respectivement pour les variétés (**waha et simeto**).



**Figure 12** : La longueur de plante (cm<sup>2</sup>) pour les deux variétés de blé dur soumise aux différentes concentrations de NaCl (m Mol).

L'analyse de la variance (ANOVA) se longueur de plante, donne un résultat hautement significatif dans la salinité et non significative entre le génotype et le facteur interaction (**Variété x Con**). Et hautement significative entre le génotype et la salinité. (**Annexe 04**).

Le test NEWMAN-KEULS au seuil 5%, le facteur variété class La longueur de plante a un seul groupe (A). Le groupe (A) porte le génotype Simeto avec une moyenne générale maximale de 47.28% et Waha avec une moyenne générale de 47.59%.

Test **NWEMAN-KEULS** au seuil 5% pour le facteur salinité indique Quatre groupes homogènes. Le premier groupe (A) correspond au témoin avec une moyenne générale de

62.45%. Le deuxième groupe (B) et au traitement de stress qui ont 50 m Mol avec une moyenne générale de 48.37 %. Le troisième groupe (C) correspond à une moyenne générale de 43.25 % avec un traitement de stress qui ont 100 m Mol et le dernier groupe (D) correspond à un traitement de stress qui ont 150 m Mol à une moyenne générale de 35.68%.

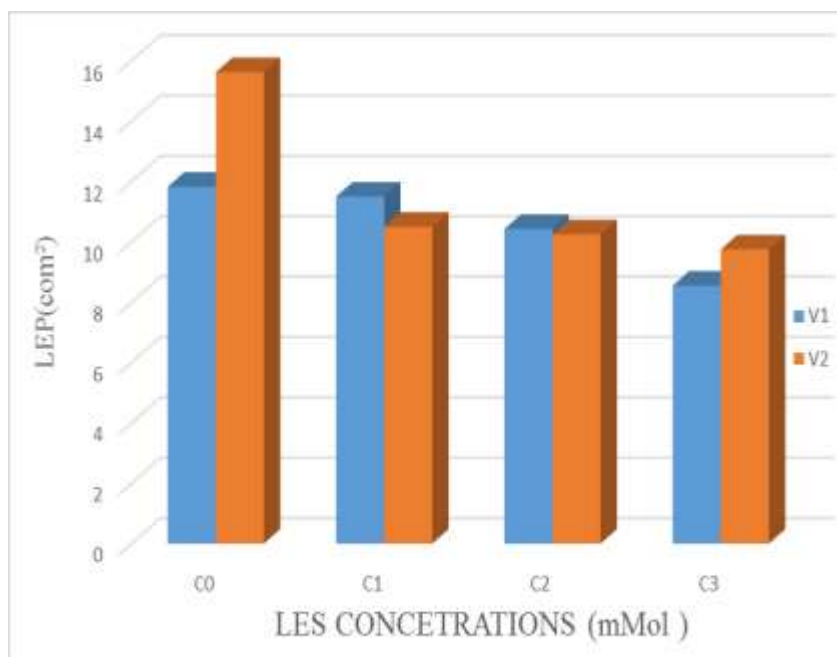
L'effet dépressif du sel (NaCl) du milieu sur la physiologie de la plante peut s'exercer de manières différentes. Une forte concentration saline entraîne une diminution du potentiel osmotique dont l'objectif est d'empêcher le potentiel hydrique cellulaire de devenir supérieur à celui des milieux extérieurs et extracellulaires.

Ce phénomène assure, d'une part, la continuité de l'absorption de l'eau du sol, et d'autre part, la rétention de l'eau et le maintien de la turgescence cellulaire. Lorsque l'ajustement osmotique cellulaire n'est pas suffisant, l'eau a tendance à quitter les cellules, ce qui induit un déficit hydrique et une perte de la turgescence (**Gorham et al, 1990**).

### 2.5. Longueur de l'épi avec barbe

Concernant, La Longueur de l'épi avec barbe. Illustré par la **Figure (13)**, l'analyse de la variance montre que la longueur de l'épi avec barbe est fortement affectée par le sel.

Les mesures de la longueur de l'épi avec barbe présentent des variations notables, La hauteur moyenne de l'épi avec barbe dans le témoin en absence de sel a été enregistrée entre 11,82 cm<sup>2</sup> et 15,62 cm<sup>2</sup>, respectivement, pour les cultivars (**Simeto et waha**). La variété traitée à une concentration de (150 m Mol) Na Cl est provoquer une diminution de taux de la longueur de l'épi avec barbe avec des pourcentages -27,66 % et -37,58% comparativement aux témoins respectivement pour les variétés (**waha et simeto**).



**Figure 13 :** La longueur de l'épi avec barbe (cm<sup>2</sup>) pour les deux variétés de blé dur soumise aux différentes concentrations de Na Cl (m Mol).

L'analyse de la variance (ANOVA) se longueur de l'épi avec barbe, donne un résultat hautement significatif dans la salinité et non significative entre le génotype et le facteur interaction (Variété x Con). Et hautement significative entre le génotype et la salinité. (Annexe 05).

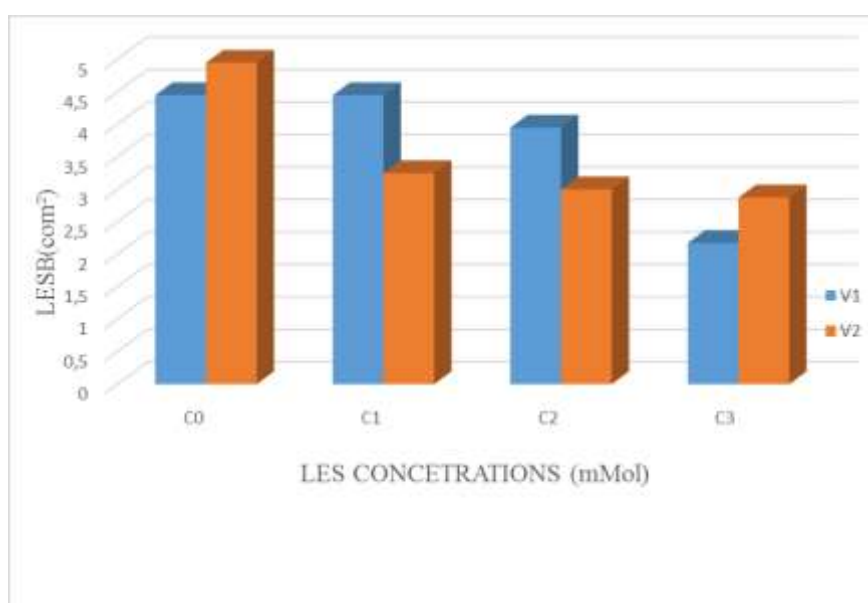
Le test NEWMAN-KEULS au seuil 5%, le facteur variété class La longueur de l'épi avec barbe a un seul groupe (A). Le groupe (A) porte le génotype Simeto avec une moyenne générale maximale de 12.32% et Waha avec une moyenne générale de 11.53%.

Test NWEMAN-KEULS au seuil 5% pour le facteur salinité indique deux groupes homogènes. Le premier groupe (A) correspond au témoin avec une moyenne générale de 13.72%. Le deuxième groupe (B) et au traitement de stress qui ont 50 m Mol avec un moyenne générale de 11.00 %.

D'après Barkatmalika, une longueur élevée de l'épi est un paramètre prédictif d'un indice de récolte et d'un potentiel de rendement élevé. De même plusieurs auteurs montrent le rôle important d'un épi son bar long dans la photosynthèse et la transpiration ainsi à la contribution à la production des assimilât pour le remplissage de grains (Blum and Pnuem, 1990).

## 2.6. Longueur de l'épi sans barbe

Concernant, La Longueur de l'épi sans barbe. Illustré par la **Figure (14)**, l'analyse de la variance montre que la longueur de l'épi sans barbe est fortement affectée par le sel. Les mesures de la longueur de l'épi sans barbe présentent des variations notables La hauteur de l'épi sans barbe dans le témoin en absence de sel a été enregistrée entre 4,6 cm et 5 cm<sup>2</sup> respectivement, pour les cultivars (**simeto et waha**) La variété traitée a une concentration de (150 m Mol) NaCl est provoquer une diminution de taux de la longueur de l'épi sans barbe avec des pourcentages (-51,13% et -41,92%) comparativement aux témoins respectivement pour les variétés (**waha simeto**)



**Figure 14** : La longueur de l'épi sans barbe (cm<sup>2</sup>) pour les deux variétés de blé dur soumise aux différentes concentrations de **Na Cl (m Mol)**.

L'analyse de la variance (**ANOVA**) se longueur de l'épi sans barbe, donne un résultat hautement significatif dans la salinité et non significative entre le génotype et le facteur interaction (**Variété x Con**). Et hautement significative entre le génotype et la salinité. (**Annexe 06**).

Le test **NEWMAN-KEULS** au seuil 5%, le facteur variété class La longueur de l'épi sans barbe à un seul groupe (A). Le groupe (A) porte le génotype Simeto avec une moyenne générale maximale de 3.75% et Waha avec une moyenne générale de 3.51%.

Test **NWEMAN-KEULS** au seuil 5% pour le facteur salinité indique trois groupes homogènes. Le premier groupe (A) correspond au témoin avec une moyenne générale de

4.70%.Le deuxième groupe (B) et au traitement de stress qui ont 50 m Mol avec un moyenne générale de 3.85 % et correspond une moyenne générale de 3.47% avec un traitement de stress qui ont 100 m Mol et le dernier groupe (C) correspond à un traitement de stress qui ont 150 m Mol a une moyenne générale de 2.52%.

D'après Barkatmalika, une longueur élevée de l'épi est un paramètre prédictif d'un indice de récolte et d'un potentiel de rendement élevé .De même plusieurs auteurs montrent le rôle important d'un épi son bar long dans la photosynthèse et la transpiration ainsi à la contribution à la production des assimilât pour le remplissage de grains (**Blum and Pnuem ,1990**).

# CONCLUSION

### Conclusion Générale

Les engrais sont des facteurs et moyen déterminants pour le développement agricole en vue de promouvoir la sécurité alimentaire et de maintenir la productivité agricole des sols.

L'objectif principal de ce travail est d'étudier la réponse à la salinité sur la fertilisation du blé dur (*Triticum durum Desf.*). Variétés Simeto et Waha à différentes concentrations de NaCl à savoir : 50 mM, 100 mM, 150 mM, par analyse comparative de quelques paramètres morphologiques. Et également les analyses du sol durant la campagne agricole 2022- 2023.

L'examen de l'ensemble des résultats obtenus dans cette partie de l'étude permet de mettre en évidence les points suivants :

La première partie porte sur l'analyse granulométrique de sol de la région de la wilaya de Skikda université 20 out 1955 (jardin botanique). Nous avons constaté que la nature de sol limoneux argileux, avec un taux de matière organique élevé 2,47

On a pu observer une diminution significativement avec l'augmentation de la Concentration en NaCl. Il a également un effet sur la longueur de tige, longueur de la plante et la longueur de l'épi avec barbe et sans barbe, cette diminution est plus importante chez les plantes fortement stressées.

Ces résultats confirment que les variétés du blé dur examinées sont sensibles face au stress salin, et cette sensibilité s'est traduite par leurs modifications physiologiques jusqu'à la croissance de ces génotypes, et les deux variétés Simeto et Waha étudiés ont utilisés les mêmes stratégies de la réponse au stress salin mais avec des fréquences différentes. Ces critères peuvent être utilisés comme paramètres de sélection et d'amélioration du rendement de blé dur dans les régions aride.

En conclusion on peut dire que les résultats obtenus, ne peuvent être considérés que Comme résultats préliminaires qui ne nous permettent en aucun cas de déduire le niveau de Tolérance à la salinité des variétés étudiées, car d'autres paramètres constituent des indices plus fiables peuvent être utilisée dans la détermination du niveau de tolérance au stress. Pour Cela cette étude doit être complétée par d'autres travaux portés sur plusieurs variétés en Utilisant une gamme de concentrations de NaCl plus large et en testant d'autres paramètres.

# Références bibliographiques

## Références Bibliographique

### (A)

**Anonyme, 2017.** D'utilisation des engrais Guident cultures. Arboriculture.

**Anonyme, 2017** .Raisonnement de la fertilisation azotée phospho-potassique NPK de la culture de blé dur (*Triticum durum* Desf) dans la région de Guelma Université 8 Mai 1945 Guelma p 15 -23-24

**Anonyme ,2006** La salinisation primaire et secondaire, Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi, Synthèse bibliographique sur l'effet du stress sur la germination et la croissance du blé dur p 9.

### (B)

**Baeyens J. 1967** : Nutrition des plantes de culture ou physiologie appliquée aux plantes agricoles Ed. Nauwelaerts p278

**Bartels et Nelson 1994.** Étude de l'effet de la germination de quatre variétés d'orge (*Hordeum vulgare* L) p. 18

**Bayens 1967.** Raisonnement de la fertilisation azotée phospho-potassique NPK de la culture de blé dur (*Triticum durum* Desf) dans la région de Guelma Université 8 Mai 1945 Guelma p : 24

**Bayuelo, 2002** Salinity tolerance of Phaseolus species during early vegetative growth. Crop Science 42: 2184-2192.

**Ben mahioul 2009** ; Etude de paramètres morphologiques, physiologiques due aux stress salin chez deux variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) sur deux types de sol .p 35

**Ben Mbarek, Boubaker ,2017** Généralité sur le blé dur, Appareil végétatif, Université de Guelma, approche bibliographique de l'effet du stress hydrique sur la réponse oxydative chez le blé dur p 7.

**Benamar 2009** Effet du stress salin la germination et la croissance in vitro du pistachier (*Pistacia vera* L.). Comptes Rendus Biologies 332- 752-758-62- 89-93 p.

**Bendjebel et benslama 2021** ; Réponse physiologique a la fertilisation azote sur le blé dur dans deux type du sol differents. p 6

**Bliefert c et Péraud. 1997** .chimie de L'environnement .Air . Eau. Sals. Déchets. Lebed Espagne 447 p

**BOUAOUINA et al .2000, CHARTZOUL AKIS et KLAPAKI .2000, BENKHALED bouzerzour et al. 2006** Thème Diversité Génétique De Quelques Variétés De Blé Dur Provenant De Diverses Origines Agro-Ecologiques Sous Un Climat Semi-aride Face Aux Contraintes Abiotiques. Université Yahia Fares de Médéa. p 1

**Boyeldieu 1999, Mekhlouf et Bouzerzour** univrtsté 1945 guelma) pp 8 – 9 Oauli et douici, khalfi 2009 et, l fousfi 2015

**Boyeldieu, 1999, Bogard, 2011.** L'architecture végétale de la plante, Raisonnement de la

**Buckman. 1990** Agriculture et fertilisation Ed .norsk hydro a. s p 258

Buisset 2015, pp 10-11

(C)

**Carter 1975 Sun 2007** : étude de l'effet de la germination de quatre variétés d'orge (hardeum vulgare L) p, 18

**Chamekh 20102010** : étude de l'effet de la germination de quatre variétés d'orge (hardeum vulgare L) p, 19

**Chartzoulakis ET Klapaki, 2000** Response of two greenhouse. Clément, G., Prats J. (1970). Les céréales. Collection d'enseignement agricole. 2ème Ed.351 P.

**Cottignies ,1977 et Duthil ,1973** : Raisonnement de la fertilisation azoteé phospho-potassique NPK de la culture de blé dur (tritium durum desf) dans la région de gulema Univarsite 8 Mai 1945 gulema p 23.

**Cottignies 1977, Duchaufour1979, Soltner, 1987** Source de potassium et les formes du potassium dans le sol, Raisonnement de la fertilisation azotée phospho-potassique (NPK) de Cultures maraîchères et industrielle pp 10-14

(D)

- Duchaufour 1979, Sekhon, 1983** le dynamique de potassium et le cycle du potassium e dans
- Duteil, 1973** Importance du phosphore, Raisonnement de la fertilisation azotée phospho-potassique (NPK) de la culture de blé dur (*Triticum durum Desf*) dans la région de Guelma p16.
- Duthil J. 1973** Eléments d'écologie et d'agronomie T3. Ed. J.B.Baillièrè. p654Effet des sels sur la production de la biomasse et L'absorption des éléments minéraux chez l'orge (*Hordeum vulgare*) et Le blé dur (*Triticum durum*) université MOHMED KHIDER Biskra p 24

(F)

- FAO 2008, eillers et al 1979** : étude de l'effet de la germination de quatre variétés d'orge (*Hordeum vulgare* L) p 18
- Feuillet, 2000** Etude de paramètres morphologiques, physiologiques due aux stress salin chez deux variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.)Sur deux types du sol. Université 20 Août 1955-Skikda. P 4
- Feuillet, 2000 ; Wall. 1971 cités in Abdellaoui, 2007.** Etude de l'effet de la fertilisation chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.)(Variété Vitron) dans la région de Guelma. Université 8 Mai 1945 Guelma. P 7
- Foudili et Gasmi 2017** ; Réponse physiologique a la fertilisation azote sur le blé dur dans deux type du sol differents. p 5

(G)

- Gauthier 1977** . Raisonnement de la fertilisation azotée phospho-potassique NPK de la culture de blé dur (*Triticum durum* Desf) dans la région de gulema Univarsite 8 Mai 1945 gulema p 23
- Gery R. 1970** Les phosphates et l'agriculture Ed .DUNOD Paris p 298
- Giban et al (2003)** ; Réponse physiologique a la fertilisation azote sur le blé dur dans deux type du sol differents. p 6

**Gorham. 1990** Partial characterization of the trait for enhanced K<sup>+</sup>-Na<sup>+</sup> discrimination in the D-genome of wheat. *Planta*, 180, 590– 597.

**(H)**

**Habash. 2009** Thème Diversité Génétique De Quelques Variétés De Blé Dur Provenant De Diverses Origines Agro-Ecologiques Sous Un Climat Semi-aride Face Aux Contraintes Abiotiques. Université Yahia Fares de Médéa. p 1

**HAJLAOUI et al 2007 BOUDA et HADDIOUI. 2011, BELKHODJA et BIDAI 2004**

**Hamdoud 2012** : Etude de paramètres morphologiques, physiologiques due aux stress salin chez deux variétés de blé dur (*Triticum durum* desf) sue deux types du sol .p 35

**Hammou 2010** : étude de l'effet de la germination de quatre variétés d'orge (*Hordeum vulgare* L) p, 20

**Herbek et lee 2009** ; Réponse physiologique a la fertilisation azote sur le blé dur dans deux type du sol differents. p 7

**HU .2005, Munns et Rawson. 1999** Etude de l'effet de La salinités sur La germination de quatre variétés d'orge (*Hordeum vulgare* L) université larbi Ben Mhidi Oum-EL Bouaghi p25

**Hu et al. 2005** Salinity and the growth of non-halophytic grass leaves: the role of mineral nutriment distribution. *Plant Bio.* pp973- 985.

**(K)**

**Kellou, 2005 ; FAO, 2012 ; Anonyme, 2015 ; FAO, 2005.** Raisonnement de la fertilisation azotée phospho-potassique (NPK) de la culture de blé dur (*Triticum durum* Desf) dans la région de Guelma .Université 8 Mai 1945 Guelma .3, 4 P

**Khales et baaziz 2006 et schulzeet 2005** : étude de l'effet de la germination de quatre variétés d'orge (*Hordeum vulgare* L) p, 18

**Khan et Gulzar, 2003.** Effet du chlorure de sodium (NaCl) sur la germination et les paramètres de croissance du blé (*Triticum* sp). Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi - B.B.A. p 1 ,2

**Khodadadi 2011** Thème Diversité Génétique De Quelques Variétés De Blé Dur Provenant De Diverses Origines Agro-Ecologiques Sous Un Climat Semi-aride Face Aux Contraintes Abiotiques. Université Yahia Fares de Médéa. p 1

**Kordek, 2005** ; Raisonement de la fertilisation azoteé phospho-potassique NPK de la culture de blé dur (*triticum durum desf*) dans la région de gulema Univarsite 8 Mai 1945 gulema p : 15

La culture de blé dur (*Triticum durum Desf*) dans la région de Guelma

(L)

**Läuchli ET Epstein, 1990**, Plant responses to saline and sodic conditions. Agricultural Salinity Assessment and Management P 71-113-137.

Le sol, Raisonement de la fertilisation azotée phospho-potassique (NPK) de la culture de blé dur (*Triticum durum Desf*) dans la région de Guelma p22.

Les Céréales 2ème édition J. B Baillièrè et fils. Paris p 315

(M)

**Mani et hannachi 2015** ; Etude de paramètres morphologiques, physiologiques due aux stress salin chez deux variétés de blé dur (*Triticum durum desf*) sue deux types du sol .p 35

**Masle, et Meynard, 1981** L'élaboration du nombre d'épis chez le blé d'hiver. Influence de différentes caractéristiques de la structure du peuplement sur l'utilisation de l'azote et de la lumière. Thèse docteur ingénieur I.N.R. Paris. Grignon. France. 274 P.

**Mekhlouf et al. 2006** Thème Diversité Génétique De Quelques Variétés De Blé Dur Provenant De Diverses Origines Agro-Ecologiques Sous Un Climat Semi-aride Face Aux Contraintes Abiotiques. Université Yahia Fares de Médéa. p 1

**Mermoud 2006** : étude de l'effet de la germination de quatre variétés d'orge (*hardeum vulgare* L) p, 19

**Moule 1998** Raisonement de La fertilisation azotée phospho-potassique(NPk) de La culture de le blé dur (*Triticum durum desf*) dans la région Guelma Université 8 mai 1945 Guelma p8

**Mourice, s kadri 2009** ; Etude de paramètres morphologiques, physiologiques due aux stress salin chez deux variétés de blé dur (*Triticum durum desf*) sue deux types du sol .p 27

**Munns (2008)** Sodium excluding genes from durum wheat and sea barley grass improves sodium exclusion of bread wheat. 2dn International Salinity Forum Salinity, water and society-global issues, local action.

**Munns ET Rawson 1999** Effect of salinity on salt accumulation and reproductive development in the apical meristem of wheat and barley. Aust. J. Plant Physio. p4 59-464.

**Munns, 2002** .Comparative physiology of salt and water stress; Plant, Cell and environment 25, p239–250.

**Munns2002, Munns Rawson, 1999, Munns Rawson 1999** Effet du stress salin sur la morphologie de la plante Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi, Synthèse bibliographique sur l'effet du stress sur la germination et la croissance du blé dur p9- 10.

(P)

**Part S. 1971** : charles.1976= Diagnostic de la carence phosphorique des sols par symptomatologie végétale annales de L'INA. Vol 22 p 191-121

**Price ET Hendry, 1991, Allen, 1995** Iron-catalysed oxygen radical formation and its possible contribution to drought damage in nine native grasses and three cereals. Plant Cell Environ. P 14 -477-484.

(R)

**Remy et Viaux 1980** Evolution des engrais azotés dans le sol. Perspectives agricoles spéciales. p 35-67.

**Rubio 1995** : étude de l'effet de la germination de quatre variétés d'orge (hardeum vulgare L) p, 18

(S)

**Saidi 2004** : étude de l'effet de la germination de quatre variétés d'orge (hardeum vulgare L) p18.

**Saltner, 2003**, Les basses de la production végétale Ed. 23ème T1. Lsal et san Amélioration p 464

**Snoussi et Halitima. 1996** Valorisation des eaux salines pour la nutrition minérale des plantes cultivées Étude. Gst. Sols pp 289-298

**Soltner 2003** : Raisonement de la fertilisation azoteé phospho-potassique NPK de la culture de blé dur (tritium durum desf) dans la région de gulema Univarsite 8 Mai 1945 gulema p : 16

**Soltner 2003** Les basses des productions végétales. Ed. 23<sup>ème</sup> T1. Le sol et son amélioration. 464p.

**Soltner, 2003** Conséquences d'excès et de carence en azote, Raisonnement de la fertilisation azotée phospho-potassique (NPK) de la culture de blé dur (*Triticum durum Desf*) dans la région de Guelma p 16.

(Y)

**Yamaguchi et Blumwald, 2005** Effet du stress salin sur le comportement de quelques variétés de Blé dur cultivée dans la région de M'sila UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA P 21-22

(Z)

**Zegrari 2014, Moule 1971**, Généralité sur le blé dur, Cycle biologique du blé, Université de

**Annexe**

## Annexe

**Annexe 01** : L'analyse de la variance (ANOVA) se surface foliaire pour les deux variétés

| Source  | DDL | Somme des carrés | Moyenne des carrés | F      | Pr > F   |
|---------|-----|------------------|--------------------|--------|----------|
| con     | 3   | 216,148          | 72,049             | 11,877 | < 0,0001 |
| var     | 1   | 7,732            | 7,732              | 1,275  | 0,270    |
| con*var | 3   | 58,260           | 19,420             | 3,201  | 0,041    |

**Annexe 02** : L'analyse de la variance (ANOVA) se surface Teneur relative en eau pour les deux variétés

| Source  | DDL | Somme des carrés | Moyenne des carrés | F      | Pr > F   |
|---------|-----|------------------|--------------------|--------|----------|
| con     | 3   | 2308,976         | 769,659            | 28,820 | < 0,0001 |
| var     | 1   | 2634,110         | 2634,110           | 98,634 | < 0,0001 |
| con*var | 3   | 297,496          | 99,165             | 3,713  | 0,025    |

**Annexe 03** : L'analyse de la variance (ANOVA) se longueur de tige pour les deux variétés

| Source  | DDL | Somme des carrés | Moyenne des carrés | F      | Pr > F   |
|---------|-----|------------------|--------------------|--------|----------|
| con     | 3   | 986,286          | 328,762            | 16,967 | < 0,0001 |
| var     | 1   | 923,425          | 923,425            | 47,658 | < 0,0001 |
| con*var | 3   | 126,848          | 42,283             | 2,182  | 0,116    |

**Annexe 04** : L'analyse de la variance (ANOVA) se longueur de plante pour les deux variétés

| Source  | DDL | Somme des carrés | Moyenne des carrés | F      | Pr > F   |
|---------|-----|------------------|--------------------|--------|----------|
| con     | 3   | 3054,813         | 1018,271           | 46,379 | < 0,0001 |
| var     | 1   | 0,750            | 0,750              | 0,034  | 0,855    |
| con*var | 3   | 318,401          | 106,134            | 4,834  | 0,009    |

**Annexe 05** : L'analyse de la variance (ANOVA) se longueur de l'épi avec barbe pour les deux variétés

| Source  | DDL | Somme des carrés | Moyenne des carrés | F      | Pr > F |
|---------|-----|------------------|--------------------|--------|--------|
| con     | 3   | 90,206           | 30,069             | 10,912 | 0,000  |
| var     | 1   | 7,315            | 7,315              | 2,655  | 0,116  |
| con*var | 3   | 26,506           | 8,835              | 3,206  | 0,041  |

**Annexe 06** : L'analyse de la variance (ANOVA) se longueur de l'épi sans barbe pour les deux variétés

| Source  | DDL | Somme des carrés | Moyenne des carrés | F      | Pr > F   |
|---------|-----|------------------|--------------------|--------|----------|
| con     | 3   | 19,505           | 6,502              | 12,955 | < 0,0001 |
| var     | 1   | 0,451            | 0,451              | 0,899  | 0,352    |
| con*var | 3   | 5,714            | 1,905              | 3,795  | 0,023    |

|              |                       |                 |                  |
|--------------|-----------------------|-----------------|------------------|
| <b>Chikh</b> | <b>Saad djaballah</b> | <b>Mokhbi ,</b> | <b>Boubakour</b> |
| <b>Amani</b> | <b>Sarra</b>          | <b>Yasmine</b>  | <b>Esmâ</b>      |

**La date de soutenance : 22/06/2023**

**Titre : Sélection des génotypes tolérants au stress salin pendant la germination et la croissance chez l'orge (*Hordium vulgare L*) et le blé dur (*Triticum durum Desf*)**

Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Master en Sciences du sol

**Résumé :**

La présente étude a été conduite au cours de l'année universitaire 2022/2023 pour comparer l'effet de différents doses de la salinité comme suit: C0 (Témoin), C1 (50 mM), C2 (100 mM), C3(150 mM), sur la fertilisation de blé dur (*Triticum durum Desf.*) **Sémito** et **Waha** Notre travail porte sur l'étude de plusieurs paramètres morphologique et physiologiques : longueur de la tige, la surface foliaire , la hauteur des plantes, longueur de l'épi et la Teneur en eau L'étude des caractéristique morphologique et physiologique de plant de blé dur , montre qu'il y a une diminution dans : la longueur de plante , la surface foliaire , longueur de l'épi Et montre que quelque soit la dose utilisée des engrais ,les paramètres morphologiques et physiologiques restent faible. et les deux variétés Sémito et Waha étudiés ont utilisés les mêmes stratégies de la réponse au stress salin mais avec des fréquences différentes.

**Mots clés :** La fertilisation, Blé dur (*Triticum durum Desf.*) , Caractère physiologique et morphologique, salinité

**Jury d'évaluation :**

|                       |                                      |  |
|-----------------------|--------------------------------------|--|
| <b>Présidente :</b>   | <b>M<sup>me</sup> SOUILAH Nabila</b> | <b>Université du 20 Août 1955 – Skikda</b> |
| <b>Examinatrice :</b> | <b>Mr Hafsi Zakaria</b>              | <b>Université du 20 Août 1955 – Skikda</b> |
| <b>Promotrice :</b>   | <b>M<sup>me</sup> LARIT Sabah</b>    | <b>Université du 20 Août 1955 – Skikda</b> |

**Année Universitaire : 2022/2023**