

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE IBN-KHALDOUN - TIARET

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE



Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de Master

En sciences biologiques

Spécialité : génétique moléculaire et amélioration des plantes

Thème

*Adaptation à la salinité chez blé tendre (*triticum aestivum l*) dans
une région semi-aride cas de Hemadna à Relizane*

Présentée par : M^{elle} Houdane ainouna

Devant le jury :

Président : Mr. Negadi M

MCB, Université Ibn Khaldoun -Tiarat

Examineur : Mr. Boufares K

MCB, Université Ibn Khaldoun-Tiarat

Promoteur : Mr. Boumaaza B

MCA, Université Ibn Khaldoun-Tiarat

Co-promoteur : Mr. Gacemi A

MCB, INRA d'El Hmadna

Année universitaire : 2020/2021

Remerciements

*Je remercie avant tout le Grand Dieu Allah, le plus puissant, le
miséricordieux.*

*Au terme de ce travail, je tiens tout d'abord à exprimer mes
remerciements à mon promoteur Monsieur **Boumaaza B** pour l'aide
précieuse qu'il m'a apportée et les conseils infiniment utiles qu'il m'a
prodigués pour la réalisation de ce travail.*

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

*Je tiens à exprimer mes plus sincères remerciements à co-promoteur
Monsieur **Gacemi A** et tout le personnel de l'INRAA de la station
Relizane (Hemadna).*

*Enfin, je remercie toutes les personnes qui m'ont aidé et qui m'ont
encouragé afin de finaliser ce travail.*

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

À mes parents,

À mes frères,

À mes sœurs,

À toute ma famille,

A mes amis,

Tous mes professeurs durant tous mes études,

*La promotion de master 2 génétique moléculaire et amélioration de
plante l'année universitaire 2020-2021 de Tiaret*

Houidane ainouna

Résumé

La salinité de sol constitue un obstacle majeur pour la production agricole en particulier dans les zones arides et semi arides. Dans cette carte, la présente étude vise à évaluer l'effet combinée de sulfate ferrique, Fumier, Gypse et sable sur la production d'une variété de blé tendre (AIN ABID) conduite sur sol salé afin d'améliorer le rendement et de ses composantes.

L'expérience a été menée au cours de la campagne agricole 2020/2021 sur le site de l'Institut National de Recherche Agronomique (INRA, El Hmadna). La variété a été soumise à des analyses de nombre plantes par m², le nombre épi par m², le nombre d'épi par plante, la hauteur des plantes, le nombre de grains/épis, la longueur de l'épi et le poids de mille grains. Les résultats obtenus de cette étude montrent que les paramètres suivants ; nombre plantes par m², nombre épi par m², nombre de grains/épis, n'a pas été influencé par cet application d'amendement. En revanche, la valeur moyenne des données a révélé que la hauteur de la plante (101.2 cm), la longueur d'épi (12.8 cm) et le poids de 1000 grains (45,66 g), étaient maximum dans les parcelles traitées par rapport aux témoins.

Mots clés : Blé tendre, amendement organique, amendement inorganique, rendement, sol salé.

Abstract

Soil salinity is a major obstacle for agricultural production, especially in arid and semi-arid areas. In this card the present study aims to evaluate the combined effect of ferric sulphate, manure, gypsum and sand on the production of a variety of soft wheat (AIN ABID) grown in saline soil in order to improve yield and its components.

The experiment was carried out during the 2020/2021 agricultural campaign on the site of the National Institute of Agronomic Research (INRA, El Hmadna). The variety was analyzed for number of plants per m², number of ears per m², number of ears per plant, height of plants, number of grain / ears, length of ears and 1000 grain weight. The results of this study show that the following parameters; number of plants per m², number of ears per m², number of ears per plant and number of grain / ears, was not influenced by this amendment application. In contrast, the mean value of the data revealed that plant height (101.2 cm), ear length (12.8 cm) and 1000 grain weight (45.66 g) and was maximum in the treated plots compared to control.

Keywords: Common wheat, organic amendment, inorganic amendment, yield, salinity soil.

ملخص

تعتبر ملوحة التربة عقبة رئيسية أمام الانتاج الزراعي خاصة في المناطق الجافة و الشبه جافة. في هذا السياق , تهدف دراستنا الى تقييم التأثير المشترك لكبريتات الحديدك, السماد, الجبس, و الرمل على انتاج صنف من أصناف القمح اللين المزروع في التربة المالحة من أجل تحسين المحصول و مكوناته.

أجريت التجربة خلال الحملة الزراعية 2020/2021 في موقع المعهد القومي للبحوث الزراعية حمادنة .

تم تحليل الصنف من حيث عدد النباتات في المتر المربع , عدد السنابل في المتر المربع , عدد السنابل في النبتة , ارتفاع النبات , عدد الحبوب في كل سنبله , طول السنبله , و وزن ألف حبة .

تظهر نتائج هذه الدراسة أن المكونات التالية ؛ عدد النباتات لكل متر مربع , عدد السنابل لكل متر مربع , عدد السنابل في كل نبتة و عدد الحبوب في السنبله لم تتأثر بهذه التعديلات. في المقابل, أوضحت القيمة المتوسطة للبيانات أن ارتفاع النبات (101.2 سم) , طول السنبله (12.8سم) ,وزن ألف حبة (45.66 جم) كانت الحد الأقصى في القطع المعالجة مقارنة بالشهود .

الكلمات المفتاحية : القمح اللين, التعديلات العضوية, التعديلات الغير عضوية, المحصول, التربة المالحة.

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction général 1

première partie: Revu bibliogrephiqueChapitre I- Le blé tendre (*Triticum aestivum l*) 3

1. Introduction..... 3

2. L'origine du blé tendre (*Triticum aestivum l*)..... 3

2.1. L'origine génétique..... 3

2.2. L'origine géographique 4

3. Classification botanique 5

4. Description de la plante du blé tendre 5

4.1. Appareil radiculaire 5

4.2. Appaeil aérien 5

5. La croissance et développement de la culture du blé 6

5.1. Période végétative..... 7

5.2. Période de reproduction 7

5.3. Période de maturation..... 8

6. Les exigences de la culture du blé 8

6.1. Exigences climatiques 8

6.1.a. Température 8

6.1.b. L'eau..... 8

6.2. Exigences édaphiques 8

7. Situation de la céréaliculture 9

7.1. Dans le monde 9

7.2. En Algérie 10

Chapitre II –stress salin	12
1. Introduction	12
2. Le stress salin	12
3. La répartition de la salinité dans le monde et en Algérie	13
4.1. Effet de la salinité sur la germination et la levée	14
4.2. Effet de la salinité sur la croissance et le développement	14
4.3. L'effet de la salinité sur les pigments photosynthétiques	14
4.4. L'effet de la salinité sur le taux des ions	15
4.5. L'effet de la salinité sur l'anatomie de la feuille	15
5. Stratégies d'adaptation et mécanismes de tolérance au stress salin	16
5.1. Homéostasie ionique	16
5.1.1. La compartimentation vacuolaire	16
5.1.2. Exclusion et inclusion des ions toxiques	16
5.2. Stratégie osmotique	17
5.2.1. La proline	17
5.3. Les anti-oxydants et protéines de détoxification	17
5.3. Induction des hormones	17
6. Mise en valeur des sols salés	18

deuxième partie: la partie expérimental

Chapire I : Matériels et méthodes	19
1. Introduction	19
2. Matériels	19
2.1. Localisation du site d'essai	19
2.1.1. Caractéristiques climatiques	20
2.1.2. Caractéristiques pédologiques	22
2.2. Matériel végétal	22
3. Méthodes	23

3.1. Protocole expérimentale	23
3.2. Conduite d'essai	24
4. Paramètres étudiés	24
5. Analyse statistique	25
Chapitre II : Résultats et discussion	26
1. Introduction	26
2. Résultats	26
2.1. Effet du traitement (sulfate ferrique, fumier, gypse et sable) sur la longueur des pieds (cm)	26
2.2. Effet du traitement (sulfate ferrique, fumier, gypse et sable) sur la longueur d'épi (cm)	27
2.3. Effet du traitement (sulfate ferrique, fumier, gypse et sable) sur la densité levée (plantes/m²)	27
2.4. Effet du traitement (sulfate ferrique, fumier, gypse et sable) sur le nombre d'épi par mètre carré	28
2.5. Effet du traitement (sulfate ferrique, fumier, gypse et sable) sur le nombre de d'épis par plante	29
2.6. Effet du traitement (sulfate ferrique, fumier, gypse et sable) sur le nombre de grain par épi	30
2.7. Effet du traitement (sulfate ferrique, fumier, gypse et sable) sur le poids de 1000 grains	30
3. Discussions	31
Conclusion général	34
Références bibliographiques	35
Annexes	43

Liste des figures

Figure 01 : Relations phylogénétiques entre les blés cultivés et leurs ancêtres sauvages . . .	4
Figure 02 : le cycle de développement du blé	7
Figure 03 : Quantité de production de blé des principaux pays producteurs de blé (millions de tonnes)).	10
Figure 04 : Localisation du site expérimental	20
Figure 05 : Schéma de protocole expérimental	24
Figure 06 : Effet du traitement combiné de sulfate ferrique, fumier, gypse et sable sur la longueur des pieds.	26
Figure 07 : Effet du traitement combiné de sulfate ferrique, fumier, gypse et sable sur la longueur d'épi.....	27
Figure 08 : Effet du traitement combiné de sulfate ferrique, fumier, gypse et sable sur la densité levée (plante/m ²) de blé tendre.	28
Figure 09 : Effet du traitement combiné de sulfate ferrique, fumier, gypse et sable sur le nombre d'épi/m ²	29
Figure 10 : Effet du traitement combiné de sulfate ferrique, fumier, gypse et sable sur le nombre d'épi / plante.....	29
Figure 11 : Effet du traitement combiné de sulfate ferrique, fumier, gypse et sable sur le nombre de grain / épi.	30
Figure 12 : Effet du traitement sulfate ferrique , fumier, gypse et sable sur le poids de 1000 grain.	31

Liste des tableaux

Tableau 01 : Quantité de production de blé en Algérie (milliers de tonnes). 11

Tableau 02 : Superficie affectée par la salinité dans le monde 13

Tableau 03 : Données climatiques de la station d'inra d'al hmadna durant la campagne
2020-2021..... 21

Tableau 04 : Les propriétés physique et chimique de sol. 22

Tableau 05 : les principales caractéristiques du matérieles végétal utilisé. 22

Liste des abréviations

ABA : l'acide abscissique.

ANOVA : Analyse de la variance.

Cl: Calcium.

cm: Centimétr.

FAO: Food and agriculture organization.

g : gramme.

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie.

m² : metre carré.

MADR : Ministère d'agriculture et de développement rural.

Na⁺ : Sodium.

P : probabilité.

PMG : le poid de mille grain.

R : répétition.

ROS : Espèces Réactives D'oxygène.

Introduction général

Introduction général

Le blé est l'une des céréales les plus importantes dans l'alimentation humaine, ce qui augmente sa pertinence alors que la population mondiale devrait augmenter de 30% en 2050 (Nations Unies, 2019). Ainsi, une augmentation continue de la demande de blé est attendue, qui sera principalement satisfaite par l'amélioration du rendement des cultures par unité de surface (Neumann et al., 2010) car l'expansion des terres cultivées est peu probable en raison des impacts sociaux et environnementaux négatifs (Foley et al., 2011). À l'échelle mondiale, l'écart de rendement du blé (écart entre le rendement réel et le rendement potentiel) a été estimé à 36% (Neumann et al., 2010), mais cet écart de rendement est beaucoup plus important dans des régions comme le sud des États-Unis des Grandes Plaines (Lollato et al., 2017).

Le stress environnemental croissant sur la production de blé associé au changement climatique affectera à la fois le rendement et la qualité de la production de blé. Parmi les facteurs abiotiques, la salinité des sols survenant dans les terres agricoles arides, humides, côtières et même irriguées représentent de grandes menaces pour la sécurité alimentaire durable dans le monde. (Munns et Tester, 2008), Particulièrement le bassin méditerranéen et l'Afrique du nord, ce phénomène est considéré comme un facteur abiotique le plus important qui limite la croissance et la productivité des plantes. (Khan et Panda., 2008).

La salinité peut être définie comme étant un processus pédologique suivant lequel le sol s'enrichit anormalement en sels solubles acquérant ainsi le caractère salin (Gregory, 2005). Un sol salé est caractérisé par un surplus de sels est en particulier l'ion Na^+ dans le profil (Schut, 1996).

L'application d'amendements inorganiques et organiques est souvent nécessaire pour récupérer les sols salins.

Les amendements organiques contribuent aux améliorations physiques, chimiques et biologiques des sols salins, augmentant ainsi l'ampleur de leur remise en état. (Garcia et al., 2004 ; Tejada et al., 2006).

En outre, les amendements inorganiques et organiques agissent comme des sources importantes de nutriments essentiels pour les plantes. Différents chercheurs ont découvert que les engrais organiques appliqués en intégration avec les engrais inorganiques donnaient un rendement plus élevé que les seuls engrais chimiques (Sarwar et al., 2008).

Par conséquent, l'application d'amendements organiques en combinaison avec l'application judicieuse d'amendements inorganiques peut être une meilleure approche pour améliorer les propriétés du sol et la réponse de la plante au stress salin pour une production agricole durable et la sécurité alimentaire.

À la base des résultats expérimentaux obtenus lors de la campagne 2020-2021. L'objectif de notre travail est d'évaluer l'effet combinée de sulfate ferrique, Fumier, Gypse et sable sur la production d'une variété de blé tendre (AIN ABID) conduite sur sol salé afin d'améliorer le rendement et de ses composantes.

En générale, cette recherche est divisée en deux parties distinguées :

La partie bibliographique qui contient deux chapitres, le premier chapitre sur le blé tendre et deuxième chapitre sur la salinité.

La partie expérimentale qui contient deux chapitre, le premier chapitre décrit les matériels et méthodes utilisées dans notre travail et le deuxième chapitre présente les résultats obtenus de notre travail et leurs discussions.

Enfin, les perspectives de ce travail sont présentées dans la conclusion général.

Revue bibliographique

Chapitre I- Le blé tendre
(*Triticum aestivum l*)

Chapitre I- Le blé tendre (*Triticum aestivum* L)

1. Introduction

Le blé est l'une des céréales plus anciennes cultivées et améliorées depuis des milliers d'années à ce jour (Wolde et al., 2019). Il occupe la première place pour la production mondiale et la deuxième après le riz, comme source de nourriture pour les populations humaines (Bajji, 1999).

Sur le plan alimentaire, on estime que le blé constitue environ 20% des protéines et des calories consommées par l'homme (Zohary and Hopf, 1988). Le grain de blé est utilisé comme matière première dans de nombreuses industries alimentaires, tels que l'alimentation du bétail ou pour produire de la farine servant à la production de pain, de pâtes ou de biscuits, L'amidon peut également être purifié et utilisé dans de nombreux domaines (cosmétique, papèterie, production de bioéthanol et de matériaux plastiques biodégradables) (Poitrat, 1999).

2. L'origine du blé tendre (*Triticum aestivum* L)

2.1. L'origine génétique

Le blé tendre appartient au genre *Triticum* espèce *aestivum* L, le genre *Triticum* regroupe de nombreuses autres espèces chaque d'elle est composée d'un grand nombre de variétés, à savoir, l'espèce diploïde ($2n=14$ chromosome) avec le génome AA telles que Engrain (*triticum monococcum* L), l'espèce tétraploïde ($2n=18$ chromosome) avec le génome AA, BB comme le l'amidonnier (*Triticum diccoccum*) et le blé dur (*Triticum durum* Desf) et enfin l'espèce hexaploïde ($2n=42$ chromosome) avec le génome AA, BB, DD comme le blé tendre (*Triticum aestivum* L) (Moule, 1980).

Le blé tendre *T. aestivum* possède les trois génomes A, B et D constitué chacun de sept paires de chromosomes homologues provenant de trois espèces diploïdes différentes. L'identification de ces espèces a été rendue possible par l'étude d'hybrides entre les différents blés puis entre ces blés et des espèces voisines appartenant au genre *Aegilops*. Kerby et Kuspira (1987) ont fait la synthèse des travaux réalisés :

- le génome A provient de *Triticum monococcum* ou *T. urartu* ;
- le génome B d'un *Aegilops* aurait été apporté par un *Aegilops* de la section *Sitopsis* ou *Aegilops searsii* ;
- le génome D d'*Aegilops squarrosa* ;

Selon **MacFadden et Sears (1946)** Les blés tendres cultivés (AA BB DD) seraient issus également d'un croisement naturel entre le blé tétraploïde cultivé *T. turgidum ssp. Dicoccum* (génome AA BB) et la graminé sauvage *Aegilops tauschii (Aegilops squarrosa)* à génome DD comme le montre **la figure 01**.

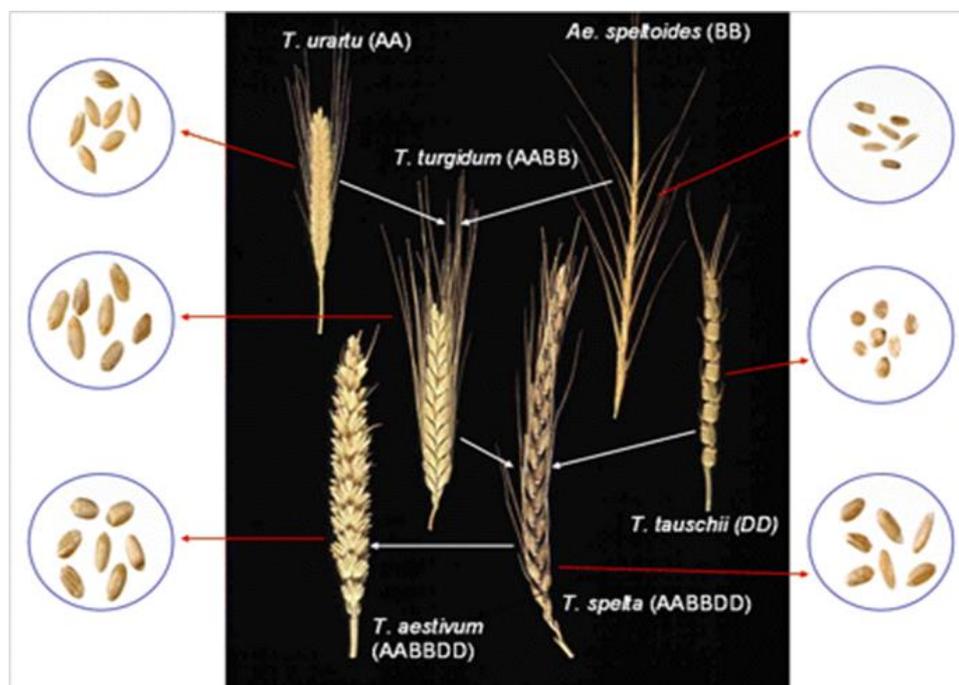


Figure 01 : Relations phylogénétiques entre les blés cultivés et leurs ancêtres sauvages (**Shewry, 2009**).

2.2. L'origine géographique

La plupart des recherches archéologiques confirment que l'origine du blé se situe dans les zones du croissant fertile l'Irak, la Syrie, Palestine et la Turquie. Il est possible que le blé tendre *T. aestivum* soit apparu entre 7000 et 8000 avant JC dans les zones de culture des blés tétraploïdes communes avec l'aire de distribution d'espèce sauvage *A. squarrosa* (**Badr et al, 2000 ; Bonjean, 2001**). À partir de ce centre d'origine, la culture du blé s'est diffusée vers l'ouest de l'Europe depuis 5000 ans avant JC, celle du blé tendre est très récente, cette introduction s'est faite en 1529 par les Espagnols au Mexique. Quant à l'Australie par les Anglais en 1788 à partir des pools génétiques européennes (**Doussinault et al, 2001**).

3. Classification botanique

Le blé tendre (*Triticum aestivum* L) est une monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille des Gramineae. C'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscent, appelé caryopse, constitué d'une graine et de téguments selon la classification botanique de **Feillet (2000)** suivante :

- **Régne:** Plantae
- **Embranchement:** Spermatophyta
- **Division:** Magnoliophyte (Angiospermes)
- **Classe:** Liliopsida (Monocotyledons)
- **Ordre:** Cyperales
- **Famille :** Graminées Et/Ou Poaceae
- **Tribu:** Triticeae
- **Genre:** *Triticum*
- **Éspèce:** *Triticum aestivum* L

4. Description de la plante du blé tendre

4.1. Appareil racinaire

Le système racinaire du blé est fasciculé avec quelque racine primaire (ou séminale) produites par la plantule durant la levée et des racines secondaires qui en dérivent. La structure végétative de la plante est constituée d'une succession d'unités morphologiques similaires, les phytomeres chaque phytomeres est composé d'un nœud, d'un entre nœuds et d'une feuille (**Vincent, 2014**).

4.2. Appareil aérien

La tige ou talle de la plante est cylindrique, comprend cinq ou six inter- nœuds, qui sont séparés par des structures denses appelées nœuds d'où naissent les feuilles. La tige est creuse ou pleine de moelle (**Soltner, 1988**).

Les feuilles sont alternes, chacune d'elles comprend deux parties ; une portion inférieure enveloppant l'entre nœuds correspondant, la gaine et une portion supérieure, le limbe (**Moule, 1980**).

L'épi de blé est composée d'une succession d'épillets attachés à un rachis commun et séparés par des entre nœuds et chaque épillet est constitué de deux glumes qui renferment plusieurs fleurs (généralement trois à quatre fleurs), chaque fleur dépourvue de pétales et est entourée de deux glumelles. Elle contient trois étamines et un ovaire surmonté de deux styles plumeux (**Vincent, 2014**).

Le grain de blé (caryopse) est un fruit sec indéhiscent dont la graine (amande) est soudée à l'enveloppe (péricarpe) par son tegument. Il est principalement composé d'une enveloppe (péricarpe), d'un embryon, ainsi que de tissus nourriciers regroupés sous la dénomination d'albumen comprenant l'albumen amylicé et la couche à aleurone. Sur sa phase dorsale, le grain porte une brosse à l'extrémité opposée à l'embryon, et comporte un sillon en phase ventral (**François,2015**). Ses réserves sont contenues dans l'albumen composé majoritairement d'amidon ($\approx 65\%$), de protéines ($\approx 15\%$), d'eau ($\approx 15\%$) et de divers micro éléments (Fe, Zn, acides gras, vitamines...). La structure et la composition de l'amidon et des protéines conditionnent les propriétés physico-chimiques de la pâte obtenue après ajout d'eau à la farine (**Bogard,2011**).

5. La croissance et développement de la culture du blé

Le cycle de développement du blé se subdivise selon **Boyardieu (1999)** en trois périodes : La période végétative, la période reproductrice et la période de maturation. Chaque période comporte des stades. Selon **Bogard (2011)** L'observation du cycle de développement du blé a conduit à l'identification de stades clés du développement décrits et normalisés par certains auteurs selon des échelles de développement (échelle de Zadock, figure 02, échelle de Feek,).

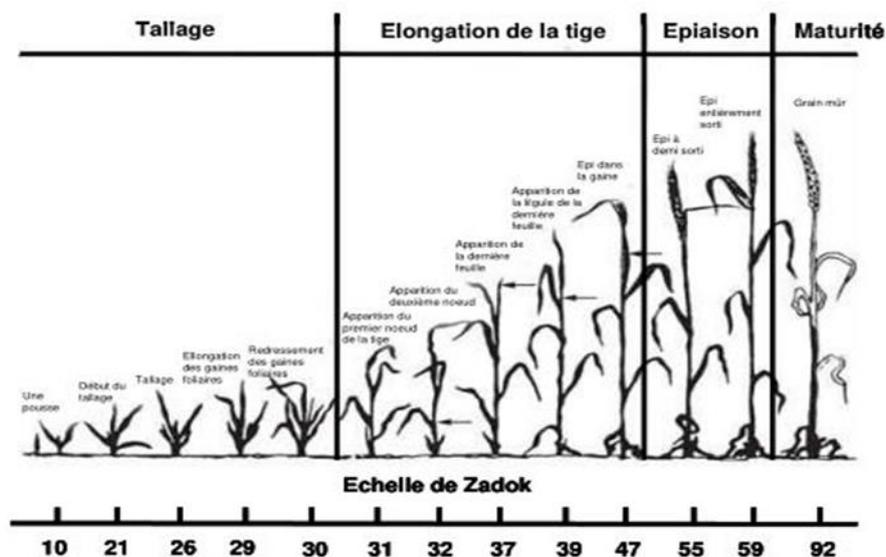


Figure 02 : le cycle de développement du blé (Zadoks et al., 1974).

5.1. Période végétative

Elle débute par la germination qui La racicule et les racines séminales s'étendent d'abord, suivies de la coléoptile (Moule, 1980). Le levé est début lorsque la coléoptile émerge du sol, sa croissance s'arrête et la première vraie feuille pousse à travers la pointe. Le stade début tallage est repéré dès que la plante possède trois à quatre feuilles et une tige sur le maître brin à l'aisselle de la feuille la plus âgée (Gate, 1995).

5.2. Période de reproduction

Cette période se caractérise par la formation et la croissance de l'épi. Elle s'étend du stade épi-1cm, montaison, au stade de la floraison. La montaison débute à la fin du tallage. Elle se distingue par l'allongement des entre-nœuds et la différenciation des pièces florales (Grandcourt et prats, 1971).

L'épiaison débute quand la gaine éclate laisse apparaître l'épi qui va se dégager peu à peu de celle-ci. À ce stade, on parle de gonflement, le nombre total d'épi est défini, de même que le nombre total de fleur par épi (Babba, 2011).

5.3. Période de maturation

Cette période est caractérisée par trois stades successifs : le stade grain laiteux où les enveloppes des futurs grains sont formées, puis vient le stade grain pâteux qui correspond au remplissage des cellules par translocation des assimilats provenant de la photosynthèse, et enfin le stade de maturité physiologique ; à ce stade il n'y a plus de migration de la matière sèche vers le grain et le poids sec et définitif du grain est atteint (**Gate, 1995**).

6. Les exigences de la culture du blé

6.1. Exigences climatiques

6.1.a. Température

La température requise pour le blé pendant la saison de croissance est d'environ 15,5 ° C. Le temps doit être chaud et humide au début de la croissance et ensoleillé et sec aux stades ultérieurs. La température moyenne du mois le plus chaud ne doit pas dépasser 20 ° C. Une période sans gel de 100 jours est généralement nécessaire, mais certaines variétés à maturation rapide peuvent arriver à maturité seulement en 90 jours (**Soltner, 1988**).

6.1.b. L'eau

L'eau est un facteur limitant de la croissance du blé. Ce dernier exige l'humidité permanente durant tout le cycle de développement. Les besoins en eau sont estimés à environ 800 mm (**Soltner, 1988**).

En zone aride, les besoins sont plus élevés au vu des conditions climatiques défavorables. C'est de la phase épi 1 Cm à la floraison que les besoins en eau sont les plus importants. La période critique en eau se situe 20 jours avant l'épiaison jusqu'à 30 à 35 jours après la floraison (**LOUE, 1982**).

6.1.c. La lumière

C'est un facteur qui agit directement sur le bon fonctionnement de la photosynthèse et le comportement du blé. Selon Pour garantir un bon tallage il faut placer le blé dans les conditions optimales d'éclairement (**Grandcourt et prats,1971**).

6.2. Exigences édaphiques

Selon **Grandcourt et prats, (1971)**. Le blé exige des sols de limon, argilo-siliceuses et argilo-calcaires qui sont les favorable, par leur structure stable et coagulée, leur perméabilité et leur réaction voisine de la neutralité. Les caractéristiques des bonnes terres à blé sont

extrêmement variables quant à la composition granulométrique. L'important est en fait que la terre soit profonde pour permettre le développement complet du système racinaire.

Les paramètres concernant les éléments minéraux sont importants pour le développement du blé. Pour produire 1 quintal de récolte fraîche total (paille et grain), on estime ces besoins à : 2,1 à 2,7 kg d'azote ; 1 à 1,6 kg de phosphore ; 2,2 à 4,8 kg de potassium et 0,5 à 1 kg calcium.

Les minéraux sont utiles pendant tout le cycle de développement mais tout particulièrement durant les phases du tallage et de la floraison car il y a une forte croissance de la biomasse (feuille/tige ou grain) (**Bonneuil et Demeulenaere, 2007**).

7. Situation de la céréaliculture

7.1. Dans le monde

Plus d'un tiers de la population de la terre dépend du blé comme aliment de base. Lorsqu'elles sont moulues en farine, les céréales représentent près de 20% des calories et des protéines consommées par les humains, plus que toute autre source de nourriture.

La Chine est le premier pays producteur de blé au monde. En 2020, la production de blé en Chine était de 134 250 000 tonnes, soit 21,06% de la production mondiale de blé. Les 5 premiers pays (les autres sont l'Inde, la Fédération de Russie, les États-Unis d'Amérique et le Canada) en représentent 64,63%. La production mondiale totale de blé était estimée à 637 497 milliers de tonnes en 2020.

		2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012
1	Chine	134 250	133 590	131 430	134 334	133 271	132 639	128 321	123 710	122 540
2	Inde	107 592	103 600	99 870	98 510	87 000	86 527	95 850	93 506	94 882
3	Russie	85 300	73 610	71 685	85 167	72 529	61 044	59 080	52 091	37 720
4	États Unis	49 691	52 581	51 306	47 380	62 832	56 117	55 147	58 105	61 298
5	Canada	35 183	32 670	32 352	30 377	32 140	27 647	29 442	37 589	27 246
6	Australie	30 000	15 200	17 598	20 941	31 819	22 275	23 743	25 303	22 856
7	Ukraine	25 500	29 171	25 057	26 981	26 791	27 274	24 750	22 278	15 761
8	Pakistan	25 200	24 300	25 100	26 600	25 633	25 086	25 979	24 211	23 473
9	dinde	18 250	17 500	19 000	21 000	17 250	19 500	15 250	18 750	16 000
dix	Argentine	17 200	19 780	19 500	18 500	18 400	11 300	13 930	10 500	9 300
11	L'Iran	16 750	16 800	14 500	14 000	14 500	14 500	13 000	14 000	13 800
12	Kazakhstan	14 256	11 452	13 947	14 802	14 985	13 748	12 996	13 941	9 841
13	Egypte	8 900	8 770	8 450	8 450	8 100	8 100	8 300	8 250	8 500
14	Ouzbékistan	6 510	6 800	6 000	6 941	6 940	6 965	7 150	6 800	6 700
15	Brésil	6 250	5 200	5 428	4 264	6 730	5 540	6 000	5 300	4 380
16	Ethiopie	5 300	4 925	4 239	4 796	4 538	4 651	4 232	3 925	3 435
17	L'Afghanistan	5 010	5 000	3 600	4 281	5 100	5 000	5 025	5 000	5 050
18	Irak	4 635	4 800	3 000	4 000	4 225	4 410	3 500	3 300	2 100
19	Syrie	4 500	4 800	2 000	2 200	2 400	3 500	2 500	4 000	3 700
20	Algérie	3 900	3 950	3 940	2 400	2 000	2 700	1 900	3 302	3 400

Figure 03 : Quantité de production de blé des principaux pays producteurs de blé (millions de tonnes)). <https://knoema.com/atlas/embed/topics/Agriculture/Crops-Production-Quantity-tonnes/Wheat-production>".

La production mondiale de blé a augmenté d'environ 7 millions de tonnes (0,9%) en 2017-2018 par rapport à son passé. La principale source de l'augmentation de la production est principalement attribuée à l'augmentation de la productivité suivie d'une augmentation marginale de la superficie dans les principaux pays producteurs de blé.

7.2. En Algérie

La consommation de blé de l'Algérie a augmenté plus tôt cette année en réaction à la pandémie de coronavirus (COVID-19). Beaucoup se sont précipités pour acheter des aliments de base tels que la farine et la semoule, craignant des pénuries et des ruptures d'approvisionnement. Pour éviter ces problèmes, les moulins algériens ont travaillé sept jours sur sept pour répondre à la nouvelle demande et l'Office algérien des céréales (OAIC) a fourni les moulins à pleine capacité au cours de cette semaine. Normalement, les transformateurs privés recevraient 50% de leurs besoins, selon le rapport.

Le ministère de l'agriculture et développement rural prévoit une légère baisse de la production céréalière de l'année de marché 2016-17 en raison des conditions de sécheresse et du manque de pluie dans les zones de production de l'Algérie.

Comme indiqué en mars, l'est de l'Algérie a bénéficié de précipitations généralisées, tandis que de vastes étendues de terres normalementensemencées en céréales dans l'ouest de l'Algérie ont souffert de conditions de sécheresse en raison d'un manque de précipitations.

En 2020, la production de blé pour l'Algérie était de 3 900 milliers de tonnes (**Tableau 1**). Bien que la production de blé de l'Algérie ait considérablement fluctué ces dernières années, elle a eu tendance à augmenter pendant la période 1971-2020 se terminant à 3900000 tonnes en 2020.

Tableau 01 : Quantité de production de blé en algérie (milliers de tonnes). (MADR, 2020).

Année	Quantité (milliers de tonnes)
2020	3 900
2019	3 950
2018	3 940
2017	2 400
2016	2 000
2015	2 700
2014	1 900
2013	3 302
2012	3 400
2011	2 800
2010	2 900
2009	3 560

Chapitre II-Sress salin

Chapitre II –stress salin

1. Introduction

Les plantes dans leur habitat sont exposées à des contraintes environnementales telles que les faibles et les hautes températures, un déficit hydrique et salinité (**Hopkins, 2003**). Ces stress environnementaux affectent les cultures et provoquent une chute de croissance des plantes (**Munne-bosch et al, 2004**).

La salinité est considérée comme un facteur majeur affectant l'agriculture. C'est l'un des facteurs abiotiques les plus courants sur planète et limite sévèrement l'agriculture en particulier dans les régions arides et semi-arides où les précipitations sont limitées et le transport de sel n'est pas disponible dans le profil des racines des plantes (**Khales et Baaziz, 2006**).

2. Le stress salin

Le terme stress chez les plantes est défini comme la contrainte environnementale qui conduit à l'inhibition du fonctionnement morphologique, physiologique et biochimique des plantes affectant négativement leur croissance et leur développement. (**Langridge et al., 2006**)

La salinisation du sol est appelée accumulation de sels solubles dans les sols (**Mermoud, 2006**). Ceci est particulièrement favorisé par les climats arides et semi-arides avec des volumes d'évapotranspiration supérieurs aux volumes de précipitations tout au long de l'année.

Les sels peuvent apparaître naturellement dans le sous-sol (salinisation primaire) par exemple les inétempéries, les dépôts atmosphériques et l'intrusion d'eau mer. 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. Ou être introduits par l'homme (salinisation secondaire), par exemple les méthodes d'irrigation et les pratiques de gestion des sols et surtout une irrigation avec de l'eau saumâtre (**Antipolis, 2003**).

Le stress salin est l'un des stress environnementaux les plus néfastes, qui entraîne simultanément une toxicité ionique, un stress osmotique et un stress oxydatif (**Greenway et Munns, 1980 ; Cheong et Yun, 2007**). Il diminue la productivité agricole du sol et entraîne une baisse des rendements des cultures (**Hu et al., 2006**). On suppose que 20% de toutes les

terres cultivées et près de la moitié de toutes les terres irriguées sont affectées par le stress salin, ce qui diminue la production en dessous du potentiel génétique (Ren et al., 2005). Des concentrations élevées de sel peuvent avoir des conséquences néfastes sur le métabolisme des plantes, interrompant l'homéostasie cellulaire et déconnectant des processus physiologiques clés.

3. La répartition de la salinité dans le monde et en Algérie

Plus de 20% (954.8 millions d'hectares) des terres du monde utilisées pour la production végétale sont affectées par une concentration élevée de sel (Hardy, 2004). (Tableau 2). Notamment dans les régions arides et semi-arides. (Hamdy, 1999).

En Algérie, les sols salés sont répandus dans les régions arides, soit 3,2 millions d'hectares (Hamdy, 1999). Les sols salins sont répandus dans les basses plaines de l'Oranie, dans la vallée de la Mina près de Relizane, sur les hautes plaines Sud de Sétif et de Constantine et aux bords de certains chotts comme le chott Melghir. Ils ont aussi une grande extension dans les régions sahariennes au sud de Biskra jusqu'à Touggourt, Ouargla et au-delà (Durand, 1983). D'après Daoud (1993), les sols situés au Sud sont nettement plus sodiques que ceux du Nord.

Tableau 02 : Superficie affectée par la salinité dans le monde (Hardy, 2004).

Régions	Superficie en million d'hectares
Australie	357.3
Asie centrale et du Nord	211.7
Amérique du Nord	15.7
Asie du Sud	87.6
Afrique	80.5
Europe	50.8
Asie du Sud. Est	20
Amérique du Sud	129.8
Mexique et Amérique central	2
Total	954.8

4. Effet de la salinité sur les plantes

L'effet de la salinité se manifeste généralement chez la plupart des plantes cultivées par une réduction de la croissance et le développement (Munns et al., 1983). Cet effet néfaste se traduit par des changements morphologiques, physiologiques, biochimiques et moléculaires qui affecte négativement la croissance et la productivité végétale (Ashraf et Harris, 2004).

4.1. Effet de la salinité sur la germination et la levée

La germination des graines est l'une des étapes vitales de la plante mais elle est empêchée par la salinité. (Abdelly, 2006). Le stress salin a des effets négatifs sur l'imbibition des plantes et la croissance des racines. La diminution de la germination induite par la salinité et la réduction de la croissance des racines des plantes sont liées à la toxicité ionique et au stress osmotique (Munns, 2002). Une diminution de la germination est observée chez les plantes poussant sous salinité. Surtout la tomate parmi les cultures, est gravement affectée par la salinité et une diminution de la germination est observée. La salinité retarde également le temps de germination (Bozouk, 1981).

4.2. Effet de la salinité sur la croissance et le développement

Le stress salin a modifié les processus physiologiques des plantes en diminuant la photosynthèse, l'assimilation de l'azote et la division cellulaire, arrêtant ainsi finalement la croissance des plantes (Anjum et al., 2011). Une concentration élevée de sel appliquée de manière exogène entraîne une diminution de la croissance des feuilles, réduit la conductance des stomates, provoque une disproportion du rapport ionique et inhibe la photosynthèse (Wani et al., 2013).

4.3. L'effet de la salinité sur les pigments photosynthétiques

Une concentration élevée de sel dans le sol crée un potentiel osmotique élevé dans la plante en limitant l'atteinte de l'eau de la plante, mais avec une diminution du potentiel hydrique, le stress osmotique dans la plante se produit. Le transport d'électrons photosynthétiques est affecté négativement. Avec la toxicité ionique causée par Na^+ et Cl^- les ions, les nutriments essentiels ne peuvent pas être pris et cette situation conduit à une limitation de la photosynthèse et à la génération d'espèces réactives de l'oxygène (ROS). Les

modifications des activités enzymatiques entraînent également une diminution du taux de photosynthèse (Chaves et al., 2008).

4.4. L'effet de la salinité sur le taux des ions

L'azote, le P, le K, le Ca et le Mg jouent des fonctions physiologiques importantes chez les plantes et leur remplacement par Na^+ et Cl^- peut entraîner des déséquilibres nutritionnels. Des teneurs élevées en Na et Cl dans la rhizosphère peuvent interférer avec l'absorption des éléments essentiels, conduisant à leurs déficiences ou déséquilibres notamment le K^+ (Orcutt et Nilsen, 2000).

L'effet spécifique de ces ions affecte la perméabilité membranaire, ce qui augmente la diffusion des électrolytes dans le milieu extérieur et réduit la sélectivité membranaire (Orcutt et Nilsen, 2000). Dans les cas extrêmes, l'excès de Na^+ provoque des lésions membranaires, en particulier par le remplacement excessif des ions bivalents Ca^{++} (Cramer et al., 1985).

4.5. L'effet de la salinité sur l'anatomie de la feuille

En dehors des altérations physiologiques et biochimiques, les modifications anatomiques comme l'épaississement des feuilles, augmentation de l'épaisseur épidermique, changements dans la distribution des stomates, les variations des éléments du xylème de la tige et des racines, etc. sont induites par la salinité (Vijayan et al., 2008). Ces modifications conduisent à un ajustement osmotique et ionique des cellules dans des conditions de salinité élevée. L'ajustement osmotique de la cellule peut également être obtenu par une compartimentation intracellulaire substantielle et soutenue du sel entre le cytoplasme et la vacuole. L'augmentation de la succulence des feuilles et la présence de glandes salines sont des éléments essentiels pour la régulation des concentrations de sels de feuilles chez les espèces halophytes.

Les stomates sont les principales structures responsables du contrôle des échanges gazeux, et le stress salin affecte non seulement l'ouverture stomatique, mais aussi leur taille et leur densité, entraînant une diminution de la conductance stomatique. Par conséquent, les taux de transpiration (c.-à-d. Perte d'eau) et de photosynthèse (absorption de CO_2) sont également réduits. En effet, dans les cotonniers soumis à des traitements de stress salin, une réduction substantielle de la photosynthèse a été associée à une diminution de la teneur totale en chlorophylle et à une distorsion dans les ultrastructures chlorophylles (Zhang et al., 2014). Il a également été évoqué que l'inhibition de la rétroaction du puits à la source

modérerait le taux de photosynthèse pour correspondre à la demande réduite résultant de l'inhibition de la croissance (Paul et Foyer, 2001).

5. Stratégies d'adaptation et mécanismes de tolérance au stress salin

5.1. Homéostasie ionique

5.1.1. La compartimentation vacuolaire

En raison de l'accumulation excessive dans le sol des ions Na^+ du cytoplasme sont évacués vers la vacuole afin d'éviter leur effet toxique (Flowers et al., 1977). Lorsque l'ion Na^+ pénètre dans le cytoplasme, il veut se déplacer vers les vacuoles et ce transport est effectué par des antiporteurs Na^+ / H^+ . Dans le métabolisme cellulaire de la plante, l'autre rôle est l'homéostasie cytoplasmique K^+ . Sous stress salin, la concentration de K^+ subit une forte diminution. Les ions de K^+ , qui peuvent être transmissibles aux cellules par les transporteurs K^+ et les canaux membranaires, ont une faible concentration sous un stress de salinité. Lorsque la concentration extracellulaire de K^+ est faible, les transporteurs K^+ médiant une affinité élevée des mécanismes d'absorption de K^+ permettent une affinité si la concentration extracellulaire de K^+ est élevée. Grâce à ce mécanisme de compartimentation vacuolaire, la cellule parvient à maintenir une faible concentration de sodium dans le cytoplasme, minimisant ainsi son effet toxique ; et d'autre part, l'augmentation de la concentration de sodium dans la vacuole va engendrer une forte pression osmotique qui va favoriser l'absorption d'eau et donc améliorer la turgescence des cellules (Apse et Blumwald., 2007).

5.1.2. Exclusion et inclusion des ions toxiques

L'autre stratégie permettant aux plantes de survivre en condition de stress salin consiste à exclure le sodium du cytoplasme vers l'extérieur de la cellule (Munns et al., 2006). Dans ce cas, les plantes limitent l'entrée des éléments salins et les rejettent dans le compartiment apoplasmique (Munns, 2005). La régulation qualitative et quantitative du transport des ions permet de maintenir la concentration ionique dans une gamme de valeurs compatibles avec un métabolisme cellulaire normal. L'exclusion commence avec la sélectivité de la membrane racinaire, ce qui peut résulter d'une réduction de la perméabilité passive, de la présence de transporteurs sélectifs et d'un transport vers le milieu extérieur des ions déjà absorbés (Apse et Blumwald, 2007). L'exclusion du sodium est réalisée par l'action combinée d'une série de protéines de type SOS (Salt Overly Sensitive) (Zhu, 2003). Il existe une corrélation

positive entre l'exclusion des sels et la tolérance à la salinité chez plusieurs espèces dont le blé (Storey et Walker, 1999., Munns et al., 2006).

5.2. Stratégie osmotique

5.2.1. La proline

Les sucres en plus d'être des nutriments agissent en outre comme des superviseurs principaux dans des fonctions majeures telles que le métabolisme, la croissance, les réponses au stress et contribuent au développement général du corps végétal du stade de l'embryogenèse à la sénescence. De nombreux processus physiologiques comme la germination des graines, la photosynthèse, la floraison et la sénescence sont régulés par les sucres des plantes soumises à des stress abiotiques.

Le stress salin induit chez plusieurs espèces de plantes une accumulation plus ou moins importante des sucres solubles totaux (saccharose, glucose et fructose), qui jouent un rôle important dans l'ajustement osmotique (Rhodes, 1987). L'accumulation des sucres et des polyols, principalement suite à l'hydrolyse de l'amidon, était stimulée par un stress salin chez différentes espèces végétales (Majumder et al., 2010).

5.3. Les anti-oxydants et protéines de détoxification

Le métabolisme antioxydant, y compris les enzymes antioxydantes et les composés non enzymatiques, joue un rôle essentiel dans la détoxification des ROS induits par le stress de salinité. La tolérance à la salinité est positivement corrélée avec l'activité des enzymes antioxydantes, telles que la superoxyde dismutase (SOD), la catalase (CAT), le glutathion peroxydé (GPX), l'ascorbate peroxydase (APX) et la glutathion réductase (GR) et avec l'accumulation d'antioxydant non enzymatique composés (Gupta et al., 2005).

5.3. Induction des hormones

L'accumulation d'ABA peut atténuer l'effet inhibiteur de la salinité sur la photosynthèse, la croissance et la translocation des assimilats (Popova et al., 1995). La relation positive entre l'accumulation d'ABA et la tolérance à la salinité a été au moins partiellement attribuée à l'accumulation de K^+ , Ca^{2+} et des solutés compatibles, tels que la proline et les sucres, dans les vacuoles des racines, qui s'opposent à l'absorption de Na^+ et Cl^- (Gurmani et al., 2011). L'ABA est un signal cellulaire vital qui module l'expression d'un certain nombre de gènes

sensibles au déficit en sel et en eau. **Fukuda et Tanaka (2006)** ont démontré les effets de l'ABA sur l'expression de deux gènes, HVP1 et HVP10, pour la vacuolaire H^+ -inorganique pyrophosphatase, et de HvVHA-A, pour la sous-unité catalytique (sous-unité A) de la vacuolaire H^+ -ATPase à *Hordeum vulgare* sous stress de salinité. Le traitement ABA chez le blé a induit l'expression de gènes de type MAPK4, TIP 1 et GLP 1 sous stress de salinité (**Fraguire et al., 2011**).

6. Mise en valeur des sols salés

La restauration des sols salins et leur mise en valeur nécessitent des investissements très importants qu'il faille évaluer afin de justifier sur le plan de rentabilité des investissements nécessaires pour les différentes phases (**Oustani, 2006**).

Selon **FAO (2020)**. Une bonne utilisation agricole des sols salés nécessite :

- Lixiviation directe des sels : application d'une petite quantité d'excès d'irrigation. Les exigences de lixiviation doivent être minimisées autant que possible ;
- L'amélioration de la surface, du sous-sol et du drainage vertical du sol ;
- L'utilisation des plantes résistantes à la salinité ;
- La reconstitution de la fertilité par des amendements organiques et minéraux tels que le matériel composté pour augmenter la matière organique du sol, le fumier de ferme (après un compostage approprié pour réduire le risque de pollution du sol).

Partie expérimental

Chapitre I : Matériels et méthodes

Chapitre I : Matériels et méthodes

1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter les matériels expérimental et les méthodes utilisées pour atteindre l'objectif de ce travail qui est d'évaluer l'effet combiné des de sulfate ferrique, Fumier, Gypse et sable sur la production des semences de blé tendre cultivé en sol salin pour l'amélioration du rendement et de ses composantes.

2. Matériels

2.1. Localisation du site d'essai

La zone d'étude est la station expérimentale de l'Institut National de Recherche Agronomique d'El H'madena INRAA. D'une superficie de 77 ha, elle est située à 3km de la partie nord-ouest de la ville d'El H'madena. Elle se trouve dans la plaine du Bas-Cheliff au nord-ouest de l'Algérie. Elle se trouve à 35°54°Nord et 0°45°avec une altitude maximale de 79m. par la route (RN4), elle se situe à 270 km d'Alger, à environ 70 km de la ville de Chlef et 30 km de la Relizane (**Figure 04**).

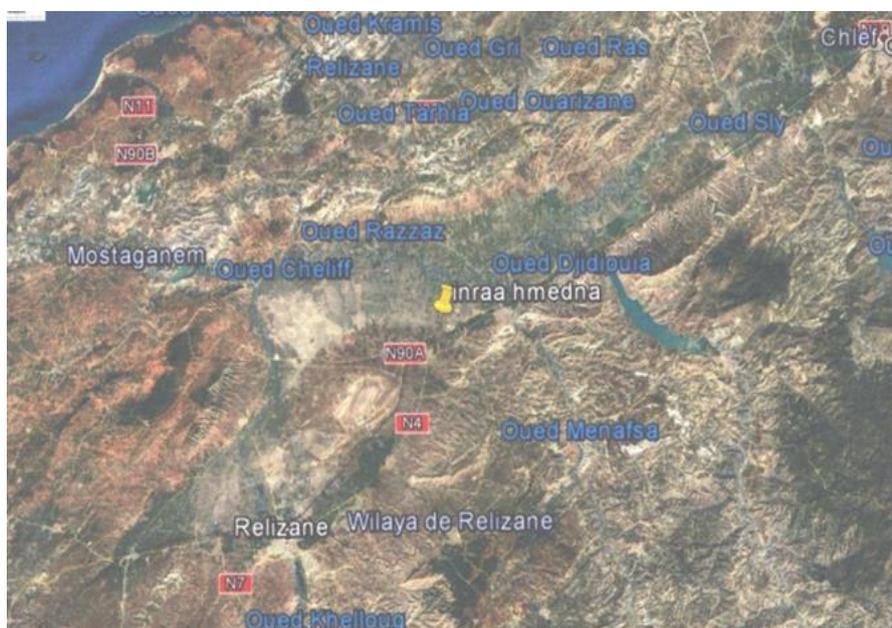




Figure 04 : Localisation du site expérimental (INRA, 2020).

2.1.1. Caractéristiques climatiques

Les paramètres météorologiques ont un effet limitant sur la culture du blé, tous les stades de la plante sont susceptibles d'être gravement affecté par une pluviométrie insuffisante ou une température en dehors de l'intervalle optimal de son développement.

Le climat de la région d'El Hmadna est spécifique, contrasté, caractérisé par des étés très chauds et des températures basses en hiver. D'après la carte des étages bioclimatiques du bassin du Chélif, l'étage bioclimatique de la région de d'El Hmadna est aride. Selon l'INSID (2005), l'évapotranspiration potentielle annuelle de la région est de l'ordre de 1600 mm/an.

Nous présentons les principaux paramètres météorologiques qu'on a pu récolter auprès de la station météorologique d'INRA - d'El Hmadna.

La campagne 20/21 s'est caractérisée par des précipitations importantes (**Tableau 3**). Le cumul pluviométrique enregistré durant la campagne agricole septembre 20–juin 2021 s'élève à 175 mm. L'analyse de la répartition de ces pluies a montré qu'un déficit pluviométrique a été enregistré pendant le mois de septembre et mai par rapport à la

moyenne. Ceci, n'a pas eu d'effet négatif sur la levée, car le semis a été effectué le mois novembre.

Les températures relatives à la période de l'essai de la campagne 20/21 sont relativement basses. Une température minimale de 4.5°C est enregistrée en janvier. En ce qui concerne les températures maximales, elles sont dans l'ensemble légèrement inférieures à celles de la moyenne de la campagne 19/20. Elles sont en général de 15 à 32°C en moyenne. Pour ce qui est des températures moyennes, elles sont en général voisines à celles des moyennes enregistrées durant la campagne 19/20.

Tableau 03 : Données climatiques de la station d' INRA d'al hmadna durant la campagne 2020-2021.

Mois	Précipitation mm	Température			Phénomènes Accéidentelles (Nombre de jours)		
		mini	maxi	moy	Gelée	Neige	Grèle
Sep	1	19.3	32.3	27.2			
Oct	10.6	13.3	26.8	21.4		0	
Nov	27.8	7.05	24.6	15.9			
Déc	8.1	6.51	17	11.75			
Jan	32.2	4.5	15.8	10.6	1 mm		1.3 mm
Fév	9.5	7.6	22.4	16			1.2 mm
Mar	31.4	10	22	17.5			
Avr	26.5	13.5	23.8	20.1			
Mai	1.2	15.4	30.5	25.3			
Juin	26.7	18.5	32.4	27.6			
juil	-	-	-	-	-	-	-
Aout	-	-	-	-	-	-	-

2.1.2. Caractéristiques pédologiques

Tableau 04 : Les propriétés physique et chimique de sol.

Le tableau suivant représente les propriétés du sol du site expérimental avant ajout des amendement.

cm	K meq/100g	Na meq/100g	Mg meq/100g	Ca meq/100g	P ppm	N % ISO 13878	pH ISO 10390	Carb total %
0_10	0,34	2,41	2,08	8,18	29,40	0,145	8,3	20,25
10_20	0,40	2,06	2,13	10,00	27,00	0,139	8,3	21,16
20_40	0,32	2,66	3,16	7,52	15,00	0,175	8,5	17,26
cm	M.O %	Sable	Argile	Limon	caco3% iso 10693	patte saturée mS/cm	CEC cmol/kg	Cond mS/cm ISO 11265
0_10	1,56	8	64	28	13,25		30,96	2,83
10_20	1,33	16	64	20	13,86		30,96	2,87
20_40	2,21	20	56	24	13,86	8,98	31,90	2,58

Source : INRA de station Hmadna.

2.2. Matériel végétal

Notre étude a porté sur une variété de blé tendre (AIN ABID), la semence utilisée pour l'essai est une récolte de la campagne 2020-2021.

Tableau 05 : les principales caractéristiques du matérieles végétal utilisé.

Morphologie	Tolérance aux maladies	Technologie
Forme de la graine : ovoïde Épi : -aspect : assez compact Couleur : blanc Paille: moyenne, creuse	Rouille brune : - Oïdium sur feuille : résistante Oïdium sur épi : - Septoriose : résistante Fusariose : résistante	Teneur en protéines : - PMG : élevé Mitadinage : rendement : élevé

3. Méthodes

3.1. Protocole expérimentale

Le dispositif expérimental est conçu en bloc aléatoire complet (**figure 05**). La parcelle d'essai a été subdivisée en trois blocs de dimensions égales, chaque bloc est ensuite subdivisé en deux unités parcelaires élémentaires (parcelle avec témoin sans traitement et une parcelle traitée avec fumier, sable, gypse et sulfate ferreux). La dimension de la parcelle élémentaire est de 50 m de long et de 12 m de large soit 600 m². Les Blocs sont espacés de 2 m. La dose de semis est de 150 kg/ha.

La dose en **sulfate ferrique** apportées ont été estimées sur la base des besoins de la culture de blé et un objectif de rendement de 60 quintaux / ha.

Amendements

Fumier 120 m³/ha

Sulfate Ferreux 4600 kg/ha

Gypse 7500 kg/ha

Sable 60000 kg/ha

Traitement

Témoin : Sans traitement

T1 : Fumier+ Sable + Gypse + Sulfate ferreux

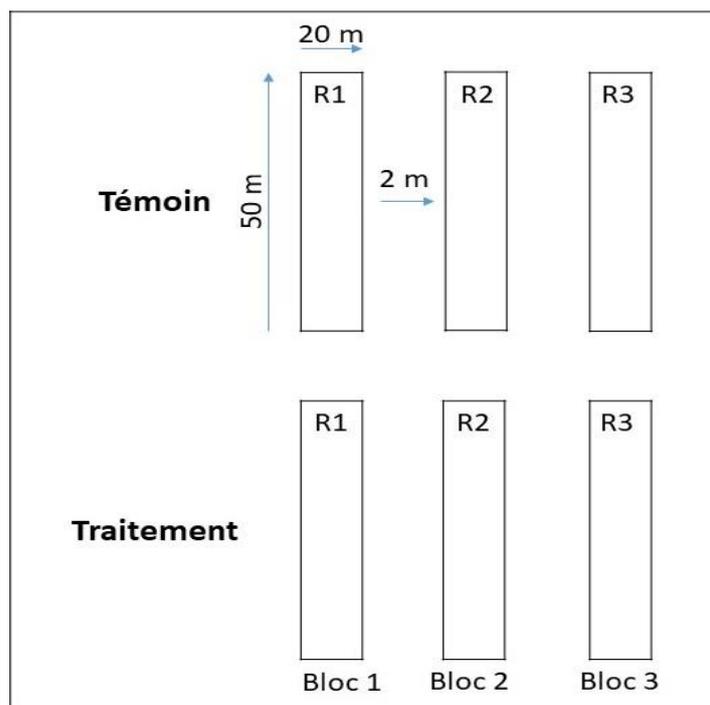


Figure 05 : Schéma de protocole expérimental.

3.2. Conduite d'essai

L'expérimentation s'est déroulée en plein champ, sur un sol argileux-limono

La préparation du sol a comporté un labour profond à la charrue à soc réalisé au mois de septembre 2020 suivi de 02 Recroisage au mois de novembre et un hersage. Le semis a été effectué le 26 novembre 2020 par un semoir expérimental à une profondeur de 4 cm. La dose de semis est de 150 kg/ha soit une densité de 350 grains/m² (Les graines ont une faculté germinative de 98%). Un roulage a été effectué juste après semis pour assurer une bonne adhérence graines –sol. L levée a eu lieu le 19.12.2020.

4. Paramètres étudiés

- **Longueur des pieds (cm) :** Nous avons mesuré la longueur des pieds au stade maturité à l'aide d'une règle graduée, à partir de la base de la plante jusqu'au barbes de l'épi d'un échantillon de cinq plantes prise au hasard pour toutes les parcelles.
- **Longueur de l'épi (cm) :** Nous avons mesuré la longueur de l'épi au stade maturité à l'aide d'une règle graduée, à partir de la base de l'épi jusqu'au barbes de l'épi d'un échantillon de cinq épi prise au hasard pour toutes les parcelles.

- **Nombre plantes par m²** : le nombre de plantes par mètre carré a été déterminé par le comptage de tous les plantes dans un cadran d'un mètre carré de chaque parcelle élémentaire.
- **Nombre épi par m²** : le nombre d'épis par mètre carré a été évalué par le comptage de tous les épis dans un cadran d'un mètre carré de chaque parcelle élémentaire.
- **Nombre d'épi par plante** : le nombre d'épis par plante a été évalué par le comptage des moyennes d'épis d'un échantillon de cinq plante prise au hasard pour chaque parcelle.
- **Nombre de grains par épis** : le nombre de grains par épis a été évalué au stade maturité physiologique par le comptage des moyennes de grains d'un échantillon de cinq épis prise au hasard pour chaque parcelle.
- **Poids de mille grains (g)** : le poids de mille grains a été évalué au stade maturité (grains durs et vitreux) en pesant 03 échantillons composés de 1000 grains pris de chaque parcelle élémentaire avec une balance de précision.

5. Analyse statistique

L'ensemble des résultats recueillis ont été saisis et analysés au moyen du logiciel STATBOX 6.0.4, grimmertot en utilisant l'analyse de la variance ANOVA. Les données sont significatives lorsque $p < 0,05$. Les résultats sont présentés sous forme d'histogrammes.

Chapitre II : Résultats et discussions

Chapitre II : Résultats et discussion

1. Introduction

Dans ce chapitre qui s'intitule : (résultat et discussion) présent les résultats de notre protocole expérimental et les interprétations, d'après les données obtenues par l'incorporation des sulfates ferriques, Fumier, Gypse et sable au sol salé pour étude de son l'influence sur la production de blé tendre et leur composant de rendements.

2. Résultats

2.1. Effet du traitement (sulfate ferrique, fumier, gypse et sable) sur la longueur des pieds (cm)

Des mesures de hauteur ont été réalisées au dernier stade. Le traitement (sulfate ferrique, Fumier, Gypse et sable) enregistre un allongement le plus élevé (101.2cm), et le plus faible allongement de plante est observé chez le témoin (89.2cm) (**figure 06**).

L'analyse de la variance montre un effet significatif au seuil 'erreur 5 % $p=0,01883$ (**annexe 01**).

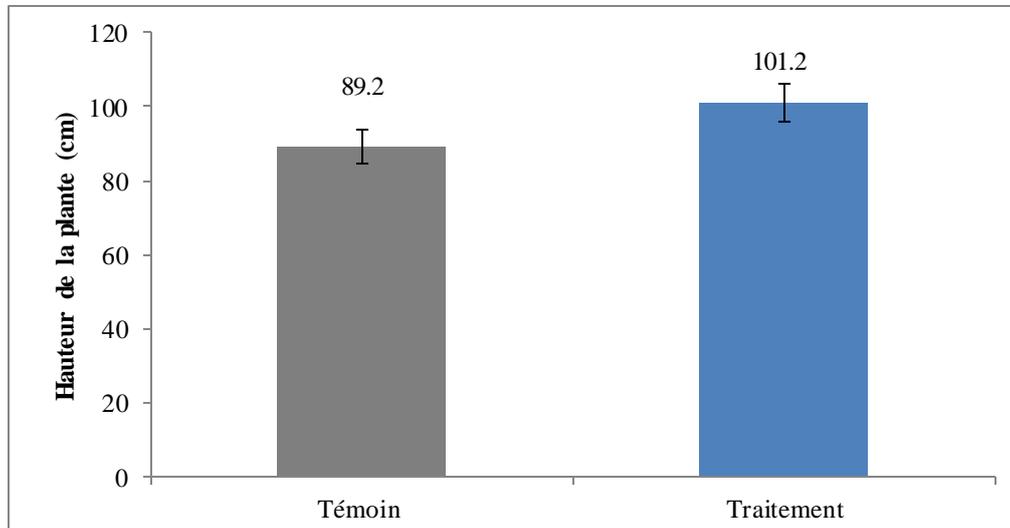


Figure 06 : Effet du traitement combiné de sulfate ferrique, fumier, gypse et sable sur la longueur des pieds.

2.2. Effet du traitement (sulfate ferrique, fumier, gypse et sable) sur la longueur d'épi (cm)

Les résultats de l'effet du traitement (sulfate ferrique, Fumier, Gypse et sable) sur la longueur d'épi (cm) sont présentés dans la figure 07

D'après la Figure 07, on remarque que la longueur d'épi est de 10.9cm avec la parcelle non traitée, et de 12.8cm avec la parcelle traitée. L'analyse de la variance montre un effet significatif au seuil d'erreur 5 % $p=0,02415$ (**annexe 02**).

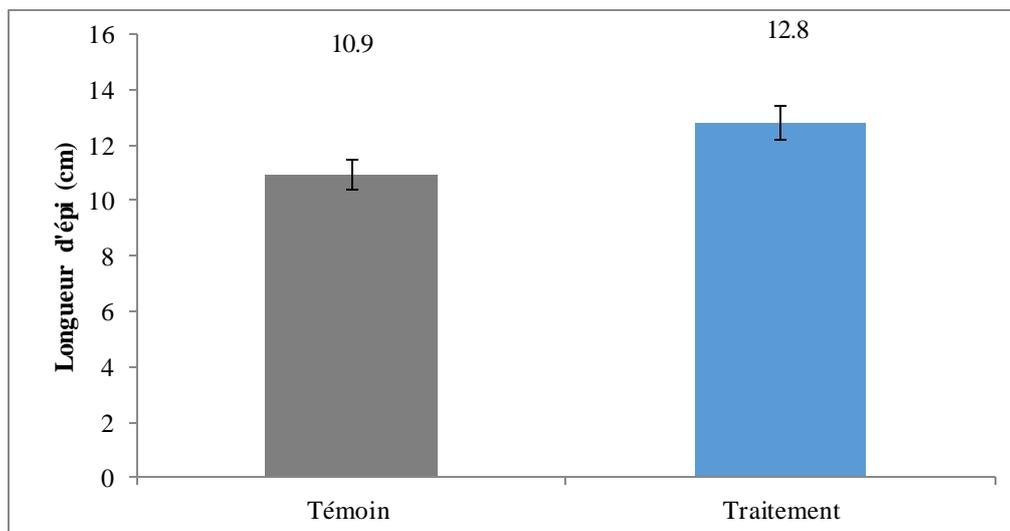


Figure 07 : Effet du traitement combiné de sulfate ferrique, fumier, gypse et sable sur la longueur d'épi.

2.3. Effet du traitement (sulfate ferrique, fumier, gypse et sable) sur la densité levée (plantes/m²).

Les résultats de l'effet du traitement (sulfate ferrique, Fumier, Gypse et sable) sur le nombre de plante au m² sont présentés dans la figure 08.

Les résultats de l'analyse de la variance montrent qu'il n'y a aucun effet significatif du traitement sur le nombre de pieds /m² $p=0.48237$ (**annexe 03**).

Cependant la figure 08 montre que le nombre de plante/m² passe de 109 plante/m² pour le témoin à 104.333 pieds/m² pour le traitement.

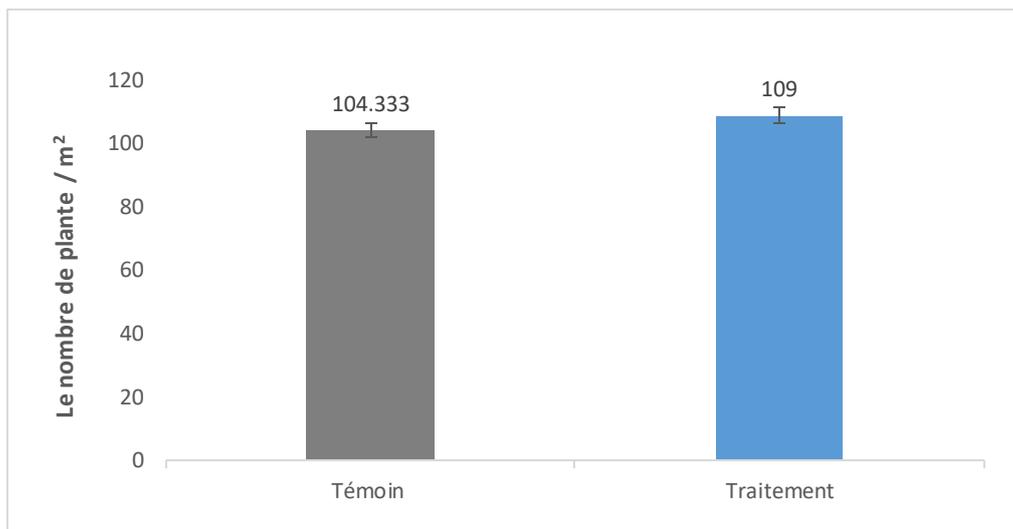


Figure 08 : Effet du traitement combiné de sulfate ferrique, fumier, gypse et sable sur la densité levée (plante/m²) de blé tendre.

2.4. Effet du traitement (sulfate ferrique, fumier, gypse et sable) sur le nombre d'épi par mètre carré

Le nombre d'épis/m² est une composante essentielle dans la formation du rendement final puisqu'il détermine le nombre de grain/m². La densité épi dépend directement du nombre de plantes levées et du tallage.

La figure 09 représente les résultats de l'impact du traitement combiné de Sulfate ferrique, Fumier, Gypse et Sable sur le nombre d'épi/m² de blé tendre.

De même, l'effet du traitement (sulfate ferrique, fumier, gypse et sable) est non significatif $p=0,68441$ (**annexe 04**), le nombre d'épi /m² passe de 309.66 à 318.66 d'épi /m² (**figure 09**).

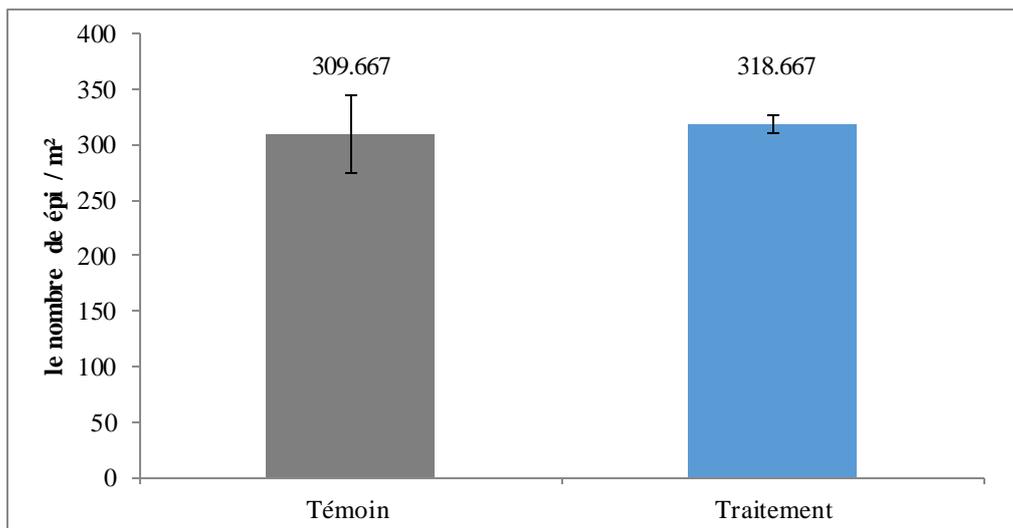


Figure 09 : Effet du traitement combiné de sulfate ferrique, fumier, gypse et sable sur le nombre d'épi/m².

2.5. Effet du traitement (sulfate ferrique, fumier, gypse et sable) sur le nombre de d'épis par plante

Les résultats d'analyse de la variance ne révèlent aucune différence significative du nombre d'épis par plante du traitement (sulfate ferrique, fumier, gypse et sable) $p=0.33355$ (annexe 05). Cependant le nombre passe de 2.8 épis/plante (Témoin) à 3.6 épis/plante obtenu avec la parcelle traitée (Figure 10).



Figure 10 : Effet du traitement combiné de sulfate ferrique, fumier, gypse et sable sur le nombre d'épi / plante.

2.6. Effet du traitement (sulfate ferrique, fumier, gypse et sable) sur le nombre de grain par épi.

Effectivement, comme cela a été évoqué pour le paramètre nombre d'épi au m², le nombre de grain par épi ne présente aucune différence significative ($p=0.072650$) (**annexe 06**). Toutefois ; le nombre de grain par épi (**figure 11**) montre que le traitement (sulfate ferrique, Fumier, Gypse et sable) présente la meilleure valeur avec 67.6 grain par épi par rapport au témoin (56.8 grain/épi).

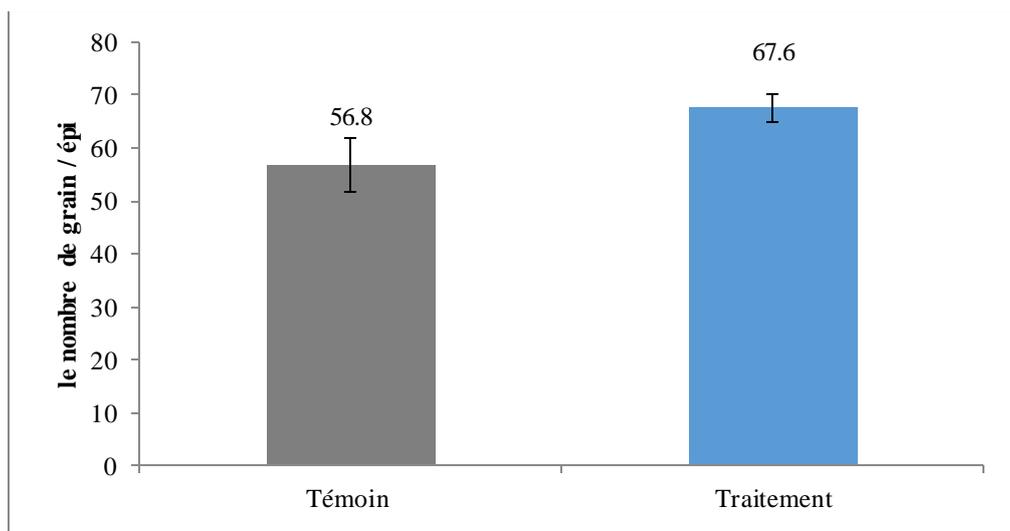


Figure 11 : Effet du traitement combiné de sulfate ferrique, fumier, gypse et sable sur le nombre de grain / épi

2.7. Effet du traitement (sulfate ferrique, fumier, gypse et sable) sur le poids de 1000 grains

L'importance de ce paramètre sur le rendement de la culture, fait qu'il est utilisé directement dans l'estimation du rendement. Ce paramètre est un indicateur de la productivité propre à chaque variété, il est l'objectif final du processus d'amélioration ou la sélection.

Dans le cadre de cette étude, le poids de mille grains varie de 40 g, valeur observée chez la parcelle non traitée à 45.6g valeur moyenne mesurée chez la parcelle traitée (**figure 12**). L'analyse de la variance montre un effet significatif au seuil d'erreur 5 % $p= 0,0221$ (**annexe 07**).

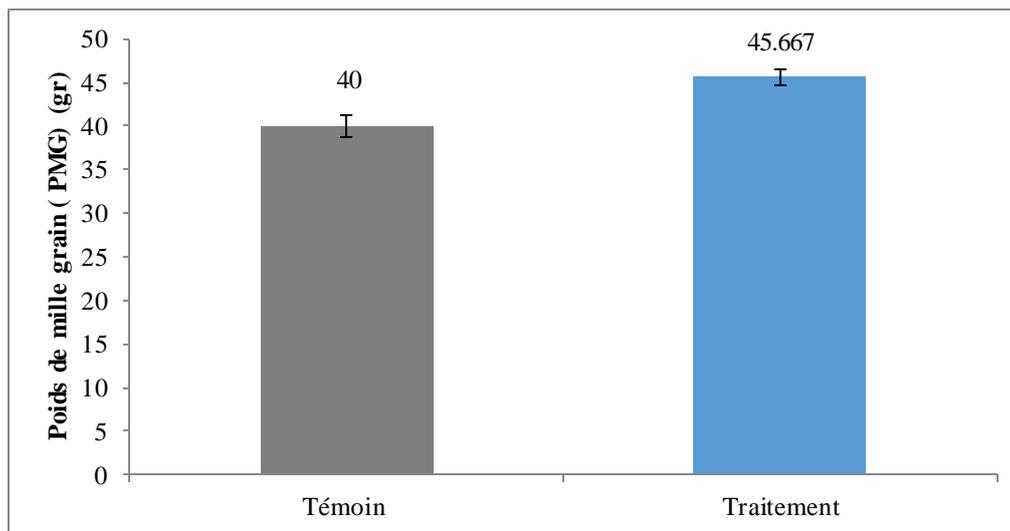


Figure 12 : Effet du traitement sulfate ferrique , fumier, gypse et sable sur le poids de 1000 grain.

3. Discussions

La salinité du sol est l'un des facteurs limitant de l'agriculture aride en Algérie. L'aménagement des sols salés pour la culture est une technique que les agriculteurs suivent pour atteindre le rendement maximum possible. La sécheresse dans ces régions aggrave encore le rendement en raison dans le contexte du changement climatique, avec des conséquences socio-économiques majeures.

Par conséquent, l'incorporation d'amendements organiques et inorganique peut améliorer la teneur en matière organique du sol, conduisant à une conservation excessive de l'humidité et à la disponibilité des éléments nutritifs des plantes.

Il a été démontré que l'augmentation des concentrations de matière organique dans le sol améliore le rendement des céréales (**Sarwar, 2005**), améliore les propriétés du sol, à savoir la densité du sol, l'aération du sol et améliore la capacité de rétention en eau du sol pour la croissance des plantes et le développement des racines (**Zia et al., 1998**).

Au cours d'un essai de recherche sur un sol salé, les amendements organique et inorganique ont influencé de manière significative le rendement de blé tendre. Les résultats suggèrent que le traitement (Sulfate ferrique, Fumier, Gypse et Sable) a considérablement amélioré les paramètres suivants ; l'allongement de la plante, la longueur d'épi, et le poids de 1000 grains.

La densité levée (plantes/m²), le nombre d'épi par mètre carré, le nombre d'épi par plante, le nombre de grain par épi, après la récolte ont montré aucun effet significatif.

Ces résultats obtenus pourraient s'expliquer par que le traitement (Sulfate ferrique, Fumier, Gypse et Sable) n'affecte pas positivement sur le nombre de plante par m², le nombre d'épi par m², le nombre d'épi par plante et le nombre de grain par épi.

L'application d'amendements organiques et inorganiques a entraîné une variation significative de la hauteur des plants de blé. Des résultats similaires ont été trouvés par d'autres chercheurs, par exemple, **Sohu et al. (2015)** ont rapporté que la hauteur des plantes était significativement plus élevée dans les traitements d'engrais inorganiques par rapport aux engrais organiques et aux témoins. Des plantes considérablement plus hautes ont été enregistrées avec l'application d'engrais inorganiques et de fumier de ferme par **Muhammad et al. (2014)**. Les plantes les plus élevées pourraient avoir été attribuées à la plus grande division cellulaire en raison de la disponibilité accrue des nutriments, en particulier de N (**Song et al., 2000**).

La réponse aux amendements pratiquée sur la base du rendement grain est positive et significative, avec de meilleures augmentations relatives à la hauteur des plants. Cette réponse est accompagnée par une amélioration significative de la longueur d'épi. L'amélioration de longueur d'épi présente aussi des liaisons positives avec le rendement grain. Ces résultats suggèrent que le poids de mille grains dans l'étude a montré un effet significatif. **Rehman et al. (2008)** ont enregistré le poids de mille grains le plus élevé par l'application de FYM. De même, **Hossain et al. (2002)** et **Brown et Petrie (2006)** ont signalé une augmentation du poids de milliers de grains par l'application de FYM et d'engrais inorganiques.

L'ajout de tels amendements au sol salé à l'étude a amélioré relativement leurs propriétés chimiques qui à leur tour favorisent la croissance des plantes, améliorent la vigueur générale des plantes et encouragent leurs rendements. En effet, les amendements organiques peuvent compenser le manque de qualité des éléments nutritifs souvent subi par les cultures à haut rendement (**Fan et al., 2008**).

Plusieurs auteurs ont démontré que la combinaison gypse x amendements organiques est plus efficace que celle avec gypse simple. **Singh et al. (1989)** ont signalé que l'application de gypse réduisait le pH et améliorait les propriétés physiques du sol, ce qui, ensemble, se répercutait sur le rendement et que cet effet était accru lorsque le gypse était combiné à du

fumier organique. **Zia et al. (2007)** a rapporté que le gypse associé à l'amendement organique améliore la conductivité électrique (CE), et la forme de la salinité. Ces résultats sont confirmés par **Muhammad et Khattak (2011)**, qui souligne que le gypse associé à d'autres amendements organiques est efficace pour diminuer la salinité des sols salins. En effet, le gypse, grâce à l'apport de calcium, permet de lutter contre les effets néfastes du sodium sur la structure du sol. Le calcium (Ca^{2+}) apporté au sol se fixe alors sur les colloïdes du sol, et à chaque fois qu'un ion calcium est fixé, il y'a un ion de sodium (Na^+) qui est évacué progressivement du sol pour passer en solution. **El-Banna et al. (2004)** ont mentionné que l'amendement de gypse peut être oxydé biologiquement en présence de matière organique dans le sol pour produire du pH favorable aux cultures. Un rendement relativement plus élevé avec le gypse peut être dû à ses effets favorables sur les propriétés physiques et chimiques du sol (par exemple, l'amélioration de la perméabilité du sol, la conductivité hydraulique), en particulier avec des rapports $\text{Ca}^{2+} : \text{Na}^+$ favorables dans la solution du sol (**Murtaza et al., 2009**).

L'ajout de sulfat ferrique a permis d'améliorer la fertilité de sol et de réduire la salinité. Le sulfate ferrique est l'un des éléments essentiels pour les plante, en plus de l'utiliser pour traiter le sol salé, il agit ajuster le pH du sol et apporte de nombreux nutriments pour les plantes.

Un apport de sable pour améliorer la texture du sol trop argileux est la solution la plus efficace, d'autant que l'argile est indispensable pour produire des complexes colloïdaux avec l'humus. Étant donné que le sable crée plus d'espace entre les particules de sol et améliore l'aération ou la teneur en oxygène entre les racines, il permet également à l'excès d'eau de s'écouler rapidement afin que les racines ne soient pas saturées d'eau.

Conclusion général

Conclusion général

Le blé tendre est considéré comme l'une des cultures agricoles les plus cultivées. Il est considéré comme la base de l'alimentation dans de nombreux pays du monde, mais les facteurs environnementaux constituent un obstacle à l'avancement de la production agricole.

La salinité de sol est un facteur limitant majeur pour la production agricole, en particulier les régions aride et semi aride. L'incorporation des amendements organiques et inorganiques dans le sol salin est l'une des solutions utilisées pour surmonter le stress salin et améliorer le rendement agricole.

Le travail réalisé dans cette étude, nous a permis d'avoir certains renseignements sur les différents amendements de sulfate ferrique, Fumier, Gypse et sable sur la production d'une variété de blé tendre (AIN Abid) conduite sur sol salé afin d'améliorer le rendement et de ses composantes.

Les résultats dégagés de cette étude permettent de conclure que les paramètres suivants ; le nombre plantes par m², le nombre d'épi par m², le nombre d'épi par plante et le nombre de grains/épis, n'a pas été influencé par cet application d'amendement. En revanche, la valeur moyenne des données a révélé que la hauteur de la plante, la longueur d'épi, le poids de 1000 grains et le rendement en grain étaient maximum dans les parcelles traitées par rapport aux témoins.

Enfin, il serait intéressant de poursuivre cette étude d'autres années afin de cerner le comportement de cette variété vis-à-vis d'une amendement organique combinée avec les autres éléments fertilisants sous les conditions de la salinité. Cependant vu la variabilité pédo-climatique de la région (Salinité, sécheresse), il est conseillé de pratiquer la sélection sur la base de la tolérance. Notons que cette expérience ne représente que les résultats d'une seule variété de blé tendre (Ain Abid).

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. **Abdelly, C. (2006)**. Caractérisation des halophytes pour le dessalement des sols salins et le traitement des eaux salines. Rapport d'activités 2007. Centre de biotechnologie à la technopole de Borj-Cedria, Tunisie, 28-31.
2. **Anjum, S. A., Xie, Y., Wang, L. C., Saleem, M. F., Man, C., and Lei, W. (2011)**. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *Afr. J. Agri. Res*, 6, 2026–2032.
3. **Antipolis, S. (2003)**. Les menaces sur les sols dans les pays Méditerranéens. Les cahiers du plan bleu, Vol.2 : 44-49.
4. **Apse M. P., and Blumwald, E. (2007)**. Na⁺ transport in plants. *FEBS Letters*, 581(12): 2247-2254.
5. **Ashraf, M., et Harris. (2004)**. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Sci*, 166, 3-6.
6. **Badr, A., Muller, K., Schafer-Pregl, R., El Rabey, H., Effgen, S., Ibrahim, H.H., Pozzi, C., Rohdi, W., and Salamini, F. (2000)**. On the origin and domestication history of barley (*Hodeum vulgare*). *Mol. Biol. Evol*, 17(4) :499-510.
7. **Bajji, M. (1999)**. Étude des mécanismes de résistance au stress hydrique chez le blé dur : caractérisation de cultivars différant par leurs niveaux de résistance à la sécheresse et de variants somaclonaux sélectionnés in vitro. Thèse de doctorat, faculté des sciences, université catholique de Louvain.
8. **Beba, S., (2011)**. Essai de comportement de deux variétés de blé dur (*Tritium durum* Lara Carioca et vitro) conduite sous palmier dattier au niveau de région d'Ourgla. Université Merbah, Ourgla. Ingénieur d'état agronomie saharienne, 9.
9. **Bogard, M. (2011)**. Analyse génétique et Eco physiologique de l'écart à la relation teneur en protéines – rendement en grains chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.). École doctorale science de la vie, santé, agronomie et environnement, Thèse doctorat, 19-20.
10. **Bonjean, A. (2001)**. Histoire de la culture des cereals et en particulier de celle de blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Eds. Le Perche S, Guy P et Fraval A. Agriculture et biodiversité des plantes. Dossier de l'environnement de l'INRA, (21) : 29-37.
11. **Bonneuil, C., et Demeulenaere, E. (2007)**. Vers une génétique de pair à pair. L'émergence de la sélection participative, 1–18.

12. **Boyeldieu, J. (1999).** Encyclopédie des techniques agricoles : production végétale - Blé Tendre. Ed, Paris, 20-20.
13. **Bozouk, S., (1981).** Effects of kinetine and salinity on germination of tomato barley and cotton seeds. *Annals of Botany*, 48, 81-84, in Abstract 8632, 51 (11).
14. **Brown, B.D., et Petrie, S. (2006).** Réponse du blé de force irrigué à l'application d'azote en automne au printemps et en fin de saison. *Grandes cultures Rés*, 96, 260-268.
15. **Chaves, M., Manuela., Jaume, F., and Carla, P. (2008).** Photosynthesis Under Drought and Salt Stress: Regulation Mechanisms from Whole Plant to Cell. *Annals of Botany*, 103(4): 551-60.
16. **Cheong, M.S., and Yun, D.J. (2007).** Salt-Stress Signaling. *Journal of Plant Biology*, 50,148-155.
17. **Cramer, G.R., A. Lauchi, A., and Polito, V.S. (1985).** Displacement of Ca²⁺ by Na⁺ from the plasmalemma of root cells. A primary response of salt stress. *Plant Physiol.*, 79, 207-211.
18. **DAOUD Y. 1993-** Contribution à l'étude des sols plaines du cheliff. Le phénomène de salinisation, conséquences sur les propriétés physiques des sols argileux, thèses Doct d'Eta. INA Alger,233p.
19. **Doussinault, D., Pavoine, M.T., Jaudeau, B., et Jahier, J. (2001).** Évolution de la variabilité génétique chez le blé. INRA – station d'Amélioration des plantes n°2, 91-103.
20. **Durand, J.H., Renty, Y. (1983).** Les sols irrigables. Etude pédologique, 190.
21. **El-Banna, I.M.M., Abou El-Defan, TA., Selem, M.M.I., et El-Maghraby, T.A. (2004).** Interactions fertilisation potassique et amendements du sol et leurs effets sur le blé irrigué avec différentes qualités d'eau. *J. Agric. Sci., Mansoura Univ*, 29, 5953 – 596.
22. **Fan, M.S., Zhao, F.J., Fairweather-Tait, S.S., Poulton, R.P., Dunham, S.J., et McGrath, S.P. (2008).** Preuve d'une diminution de la densité minérale dans le grain de blé au cours des 160 dernières années. *J. Trace Elem. Méd. Biol*, 22, 315-324.
23. **FAO. (2019).** Les multiples roles du sol au Proche-Orient et en Afrique du Nord.
24. **Feillet, P. (2000).** Le grain de blé. Composition et utilisation. Mieux comprendre. INRA, ISSN: 1144-7605.ISBN :2-738060896-8 :23-308.
25. **Flowers, T. J., Troke, P. F., and Yeo A. R. (1977).** The mechanisms of salt tolerance in halophytes. *Annual review of plant physiology*, 28(1): 89-121.

26. **Foley, J. A., N. Ramankutty., K. A. Brauman., E. S. Cassidy., J. S. Gerber., M. Johnston., N.D. Mueller., C. O'Connell., et al. (2011).** Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 477, 337–342.
27. **Fragnière, C., Mario, S., and Eliane, A.M. (2011).** Salicylic acid and its location in response to biotic and abiotic stress *FEBS letters*, 585(12):1847-52 Follow journal.DOI: 10.1016/j.febslet.2011.04.039
28. **François, T. (2015).** Analyse écophysiological et génétique de l'absorption d'azote post-floraison chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) en relation avec la concentration en protéines des grains. École doctorale science de la vie, santé, agronomie et environnement, Thèse doctorat, France, 6-7.
29. **Fukuda, A., and Yoshiyuki, T. (2006).** Effects of ABA, auxin, and gibberellin on the expression of genes for vacuolar H⁺-inorganic pyrophosphatase, H⁺-ATPase subunit A, and Na⁺/H⁺ antiporter in barley. *Plant Physiology and Biochemistry*, 44(5-6):351-8 Follow journal.DOI: 10.1016/j.plaphy.2006.06.012
30. **García-Gil, J.C., Plaza, C., Senesi, N., Brunetti, G., and Polo, A. (2004).** Effects of sewage sludge amendment on humic acids and microbiological properties of a semiarid Mediterranean soil. *Biology and Fertility of Soils*, 39(5): 320-328.
31. **Gate, P., (1995).** Ecophysiology du blé. Ed. ITCF. Technique et Documentation. Lavoisier, Paris, 419
32. **Greenway, H., Munns, R. (1980).** Mechanisms of salt tolerance in non-halophytes. *Annual Review of Plant Physiology*, 31, 149 - 190.
33. **Gregory.B., (2005).** Écophysiology de semis de conifères ectomycorhizés en milieu salin et sodique. Thèse de mémoire. Université Lava Canada, Chapitre 1.
34. **Gupta, R.K, Kesari, A.N, Watal, G., Murthy, P.S., Chandra, R., and Tandon, V. (2005).** Nutritional and hypoglycemic effect of fruit pulp of *Annona squamosa* in normal healthy and alloxan-induced diabetic rabbits. *Ann Nutr Metab*, 49, 407–413.
35. **Hamdy, A., (1999).** Saline irrigation and management for a sustainable use. In *Advanced Short Course on Saline Irrigation Proceeding*, Agadir, Marocco, 152-227.
36. **Hardy, S. (2004).** Growing lemons in Australia- a production manual. Department of Primary.
37. **Hopkins, W.G. (2003).** Physiologie végétale. Traduction de la 2e édition américaine, Édition DE BOECK université, 451-473.
38. **Hossain, S.M.A., Kamal, A.M.A., Islam, M.R., et MA Mannan, M.A. (2002).** Effets de différents niveaux d'engrais chimiques et organiques sur la croissance, le

- rendement et la teneur en protéines du blé. *J. Biol. Sci*, 2, 304-306.
<https://doi.org/10.3923/jbs.2002.304.306>.
39. **Hu, X., Chen, J., Guo, J. (2006).** Two phosphate- and potassium-solubilizing bacteria isolated from Tianmu Mountain. Zhejiang, China. *World J Microb Biotechnol*, 22: 983-990.
 40. **Kerby, K., and Kuspira, J. (1987).** The phylogeny of the polyploidy wheat *Triticum aestivum* L. (bread wheat) and *Triticum turgidum* (macaroni wheat). *Genome*, 29 :722-737.
 41. **Khales, A., et Baaziz, M. (2006).** Etude des peroxydases d'écotypes d'*Opuntia Ficus indica* L. en relation avec le développement dans les conditions de stress Salin. Congrès international de Biochimie, Agadir, 133-136.
 42. **Khan, M.H., and Panda, S.K. (2008).** Alterations in root lipid peroxidation and anioxidative reponses in two rice cultivars ubder NaCl- Salinty stresse. *Acta physyol plant*, 30, 90-89.
 43. **L'INSID. (2005).** Institut national du sol irrigation et drainage. Elmatmar Relizane.
 44. **Langridge, P., Paltridge, N., Fincher, G. (2006).** Fonctionnal genomics of abiotic stress tolerance in cereals. *Brief Funct Genomic Proteomic* 4, 343-354.
 45. **Lollato, R. P., Edwards, J. T., Ochsner, T. E. (2017).** Meteorological limits to winter wheat productivity in the U.S. Southern Great Plains, *Field Crops Res*, 203, 212–226. doi: 10.1016/j.fcr.2016.12.014.
 46. **LOUE, A., (1982).** Le potassium et les céréales. Dossier K2O, SCPA n°22, 1-40
 47. **Mac Fadden, E.S., and SEARS, E.S. (1946).** The origin of *Triticum spelta* and its free threshing hexaploid relatives. In K.S QUISENBERRY & L.P. R EITZ: *Wheat and Wheat Improvement*, Madison, USA, 19-87.
 48. **Majumder, A. L., Sengupta, S., and Goswami, L. (2010).** Osmolyte regulation in abiotic stress. In: *Abiotic stress adaptation in plants, Physiological, molecular and genomic foundation*. Sous la direction de A. Pareek., S. K, Sopory., H. J, Bohnert., and Govindjee, Chap. 16, 349-370.
 49. **Mermoud, A. (2006).** Cours de physique du sol : Maîtrise de la salinité des sols. Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, 23.
 50. **Moule, C. (1980).** Les céréales. Ed. La maison rustique, Paris, 25-74-75p
 51. **Muhammad, D., and Khattak, R.A. (2011).** Wheat yield and chemical composition as influenced by integrated use of gypsum, pressmud and FYM in saline-sodic soil. *Journal of the Chemical Society of Pakistan*, 33.

52. **Muhammad, H., Zaman, A., Khalil, S.K., et Shah, Z. (2014).** Effet des microbes bénéfiques (BM) sur l'efficacité des engrais N organiques et inorganiques sur les cultures de blé. *Sarhad J, Agric*, 30(1): 7 – 14.
53. **Munné-Bosch, S., Alegre, L., and Let, L. (2004).** leaf senescence contributes to plant survival under drought stress. *Functional Plant Biology*, 31, 203–216
54. **Munns, R., (2005).** Genes and salt tolerance: bringing them together. *New phytologist*, 167(3): 645-663.
55. **Munns, R., and Tester, M. (2008).** Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59, 651-681.
56. **Munns, R., et al. (1983).** Halotolerante ukaryotes. In *Physiological Plant Ecology, III. Responses to the Chemical and Biological Environment, Encycl, Plant Physiol, New Series, Springer, Berlin, Vol. 12C: 59-135.*
57. **Munns, R., James, R. A., and Lauchli, A. (2006).** Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of experimental botany*, 57(5): 1025-1043.
58. **Munns., R. (2002).** Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*, 25, 239-250.
59. **Murtaza, G., Ghafoor, A., Kahlon, U.Z., Bhatti, A.S., Sabir, M. (2009).** Évaluation des cultivars de riz et de blé pour la tolérance à la salinité et à la sodicité dans le sol. *Communications en science du sol et analyse des plantes*, 40, 1268-1281.
60. **Nations Unies. (2019).** <https://www.un.org/fr/>.
61. **Neumann, K., Verburg, P.H., Stehfest, E., Müller, C. (2010).** The yield gap of global grain production: a spatial analysis. *Agric. Syst*, 103 (5), 316–326, <http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2010.02.004>.
62. **Orcutt, D.M., and Nilsen, E. T. (2000).** *Physiology of plants under stress.* John Wiley & Sons.
63. **Oustani, M. (2006).** Contribution a l'étude de l'influence de certains amendements organiques sur propriétés microbiologiques des sols sableux non salé et salé dans les régions saharienne (Cas de Ouargla). Thèse Magister, Université Ouargla.
64. **Paul, M.J., and Foyer, C.H. (2001).** Sink regulation of photosynthesis. *J. Exp. Bot*, 52, 1383–1400.
65. **Poitrat, E. (1999).** The potential of liquid biofuels in France. *Renewable Energy*, 16(1 4) :1084–1089.

66. **Popova, L. P., Losanka, P., Zhivka, G. Stoinova, L., Todorova, L., and Todorova, M. (1995).** Involvement of abscisic acid in photosynthetic process in *Hordeum vulgare* L. during salinity stress. *Journal of Plant Growth Regulation*, 14(4):211-218.
67. **Prats, J., et Grandcount, M. C. (1971).** Les céréales. 2^{ème} éd, Coll d'enseignement Agricole, 288.
68. **Rehman, S., SK Kahlil, S.K., Rehman, A., et Saljoqi, A.U. (2008).** Les engrais organiques et inorganiques augmentent les composants du rendement du blé et la biomasse en condition pluviale. *Sarhad J, Agric*, 24(1), 11-20.
69. **Ren, Z. H., Gao, J. P, Li, L. G., Cai, X. L., Huang, W., Chao, D.Y., Zhu, M.Z., Wang, Z.Y., Luan, S., and Lin, H.X. (2005).** A rice quantitative trait locus for salt tolerance encodes a sodium transporter. *Nat Genet*, 37, 1141-1146.
70. **Rhodes, David. M., Stumpf, P. (1987).** Metabolic responses to stress. Chemistry. London Academic Press.
71. **Sarwar, G., Sarwar, G., Nazir, H., Nazir, H., and Schmeisky, H. (2008).** Efficiency of various organic residues for enhancing rice-wheat production under normal soil conditions. *Pakistan Journal of Botany*, 40(5):2107-2113
72. **Sarwar, M., Khan, M.A., Nisa, M. (2005).** Chemical composition and feeding value of urea-treated corncobs ensiled with additives for sheep. *Aust. J. Agric. Res*, 56 (7): 685-690
73. **Schut, P. (1996).** manuel acidity, salinity and solonetzic soil canola responseteso acidity, salinity and solonetzic soil. ed john libbey eurentext, Canada, 8-23.
74. **Shewry, P. (2009).** Wheat. *Journal of experimental botany*, 60(6) :1537.
75. **Singh, S.P., Takkar, P.N., et VK Nayyar, V.K. (1989).** Effet du Cd sur le blé influencé par la chaux et le fumier et son niveau toxique dans les plantes et le sol. *Int. J. Environ, Goujon*, 33, 59 – 66.
76. **Sohu, I., Gandhi, A.W., Bhutto, G.R., Sarki, M.S., et R, Gandh, R. (2015).** Maximisation de la croissance et du rendement du pois chiche (*Cicer arietinum*) grâce à la gestion intégrée des éléments nutritifs appliquée au système de culture riz-pois chiche. *Sarhad J, Agric*.
77. **Soltner, D. (1988).** Les grandes productions végétales. Les collections sciences et
78. **Song, J.Y., T. Leung., L.K Ehler, C., Wang., et Liu, Z (2000).** Régulation de l'organisation des méristèmes et de la division cellulaire par TSO1, un gène

- d'Arabidopsis avec des répétitions riches en cystéine. Développement, 127(10) : 2207-2217.
79. **Storey, R., and Walker, R. R. (1999).** Citrus and salinity. Scientia Horticulturae, 78 (1-4): 39-81. Techniques agricoles, Ed. 16^{ème} éditions, 464.
80. **Tejada, M., Garcia, C., Gonzalez, J. L., and Hernandez, M.T. (2006).** Use of organic amendment as a strategy for saline soil remediation: influence on the physical, chemical and biological properties of soil. Soil Biology and Biochemistry, 38(6) : 1413-1421.
81. **Vijayan, K.K., Vijayan, Gandhi Doss Subramaniam Gandhi Doss Subramaniam, S. P., Chackra, P. (2010).** Character association in mulberry under different magnitude of salinity stress. Emirates Journal of Food and Agriculture, 22(1):318-325.
82. **Vincent, J. (2014).** Inférence des réseaux de régulation de la synthèse des protéines de réserves du grain de blé tendre en réponse à l'approvisionnement en azote et en soufre. Unis Balaise Pascal, Auvergne, Thèse de doctorat, 19-20.
83. **Wani, M. Y., Dhama, K., Barathidasan, R., Gowthaman, V., Tiwari, R., Bhatt, P., Mahajan, N. K., Chawak, M. M., Singh, S. D., and Kataria, J. M. (2013).** Molecular detection and epidemiology of chicken infectious anaemia virus in India. South Asian J. Exp. Biol, 3(4): 145-151.
84. **Wolde, G. M., Trautewig, C., Mascher, M., and Schnurbusch, T. (2019).** Genetic insights into morphometric inflorescence traits of wheat. Theoretical and Applied Genetics, 132, 1661–1676.
85. **Zadoks, J., Chang, T., and Konzak, C. (1974).** A decimal code for the growth stages of cereals. Weed research, 14(6) :415–421.
86. **Zhang, L, Gurmania, A.R., BanoSami, U.K., and al. (2011).** Alleviation of salt stress by seed treatment with abscisic acid (ABA), 6-benzylaminopurine (BA) and chlormequat chloride (CCC) optimizes ion and organic matter accumulation and increases yield of rice (Oryza sativa L.). Australian Journal of Crop Science, 5(10):1278-1285.
87. **Zhang, Mu., Zhang, Mu., Shuanhu, Tang Xu Huang Show. (2014).** Selenium uptake, dynamic changes in selenium content and its influence on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in rice (Oryza sativa L.). Environmental and Experimental Botany, 107.

88. **Zhu, J. K., (2003).** Regulation of ion homeostasis under salt stress. *Current opinion in plant biology*, 6(5): 441-445.
89. **Zia, M., Sabir, A., Ghafoor, G., et Murtaza. (2007).** Effectiveness of sulphuric acid and gypsum for the reclamation of a calcareous saline-sodic soil under four crop rotations. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 193, 262 -269.
90. **Zia, M.S., Baig, M.B., and Tahir, M.B. (1998).** Soil environmental issues and their impact on agricultural productivity of high potential areas of Pakistan. *Sci Vision*, 4, 56-61.
91. **Zohary, D. and Hopf, M. (1988).** Domestication of plants in the Old World. Oxford, Clarendon Press.

Annexes

Annexes

Annexe 01 : Analyse de variance de l'effet combiné de sulfate ferrique, fumier, gypse et sable sur la longueur des pieds.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	P	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	697,6	9	77,511				
VAR.FACTEUR 1	360	1	360	8,531	0,01883		
VAR.RESIDUELLE 1	337,6	8	42,2			6,496	6,82%

Annexe 02 : Analyse de variance de l'effet combiné de sulfate ferrique, fumier, gypse et sable sur la longueur d'épi.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	P	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	18,525	9	2,058				
VAR.FACTEUR 1	9,025	1	9,025	7,6	0,02415		
VAR.RESIDUELLE 1	9,5	8	1,188			1,09	9,20%

Annexe 03 : Analyse de variance de l'effet combiné de sulfate ferrique, fumier, gypse et sable sur le nombre de pieds/m² de blé tendre.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	P	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	247.333	5	49.467				
VAR.FACTEUR 1	32.667	1	32.667	0.609	0.48237		
VAR.RESIDUELLE 1	214.667	4	53.667			7.326	6.87%

Annexe 04 : Analyse de variance de l'effet combiné de sulfate ferrique, fumier, gypse et sable sur le nombre d'épi/m² de blé tendre.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	P	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	2674.833	5	534.967				
VAR.FACTEUR 1	121.5	1	121.5	0.19	0.68441		
VAR.RESIDUELLE 1	2553.333	4	638.333			25.265	8.04%

Annexe 05 : Analyse de variance de l'effet combiné de Sulfate ferrique, Fumier, Gypse et Sable sur le nombre d'épi/plante de blé tendre.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	P	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	13.6	9	1.511				
VAR.FACTEUR 1	1.6	1	1.6	1.067	0.33355		
VAR.RESIDUELLE 1	12	8	1.5			1.225	38.27%

Annexe 06 : Analyse de variance de l'effet combiné de Sulfate ferrique, Fumier, Gypse et Sable sur le nombre de grain/épi de blé tendre.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	P	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	847,6	9	94,178				
VAR.FACTEUR 1	291,6	1	291,6	4,196	0,07265		
VAR.RESIDUELLE 1	556	8	69,5			8,337	13,40%

Annexe 07 : Analyse de variance de l'effet combiné de Sulfate ferrique, Fumier, Gypse et Sable sur le poids de 1000 grains.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	P	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	98,833	5	19,767				
VAR.FACTEUR 1	48,167	1	48,167	3,803	0,0221		
VAR.RESIDUELLE 1	50,667	4	12,667			3,559	8,31%