

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

Université 20 Août 1955 Skikda

Faculté des Sciences

Département des Sciences Agronomiques



Filière : Sciences Agronomiques

Option : Amélioration des plantes

Mémoire de fin d'études :

En vue de l'obtention du diplôme de Master II en Sciences Agronomiques

Thème :

Réponse à la salinité de quelques paramètres physiologiques et biochimiques du blé dur (*Triticum durum* Desf.)

Présenté par :

- **Khelifa Nour**
- **Khenanaf Hanane**

Membres de Jury:

Mr : Souilah Nabila	(MCA)	Présidente	Université du 20 Août 1955 – Skikda
Mr : Hafsi Zakaria	(MCB)	Examineur	Université du 20 Août 1955 – Skikda
Mme : Larit Sabah	(MCB)	Promotrice	Université du 20 Août 1955 – Skikda

Année universitaire : 2021-2022



Remerciements


الحمد الذي هدانا لهذا وما كنا لنهتدي لولا أن هدانا الله

Tout d'abord, louange à « ALLAH » qui nous a donné le courage, nous guidé sur le droit chemin tout au long de ce travail et nous a inspiré les bons pas et les justes réflexes. Sans sa miséricorde, ce travail n'aurait pas abouti

Nous adressons l'expression de mes très vives gratitude et respects à notre encadreur, Madame Sabah Larit pour son soutien, pour ses conseils utiles et sa gentillesse et pour ses appréciations sur ce travail.

Nous remercions beaucoup les membres du jury : Mr. Hafsí Zakaría , Mme Souilah Nabila qui nous ont fait l'honneur de participer et de juger notre mémoire.

Nous remercions le chef de département : Massoud Al-Ayeb et les enseignants du département de science de la nature et la vie pour leurs aides et encouragements au cours de mes études.





Dédicace

Je dédie ce noble travail aux personnes chères à mon cœur y compris ma famille, Je n'aurais pas atteint le stade où je suis maintenant sans eux.

*A mes chers parents, père « **Hafid** » et mère « **Maalim Ratiba** » pour leur patience, leur soutien et leurs encouragements tout au long de mes études chemin, que Dieu les protège pour moi*

*A mes chers frères : « **Aymen** » « **Raid** » « **Mohamed** » pour m'avoir aidé avec tous mes besoins, et mes tantes en particulier « **Nacira** » et « **Fayet** » sans oublier mon cher oncle « **Ahmed** » je vous aime tellement*

*A mon cher fiancé : **Khaled**, Je le remercie pour son soutien*

*A mon amie et mon binôme dans ce travail ma copine de cinq ans « **Hanane** » et les amis du lycée, et à ce jour « **Anissa** » et « **Hadjer** » et « **Samira** » à mon chère amie lointain « **Mayada** »*

Je t'aime beaucoup.

Nour



Dédicace

Dieu soit loué que cette thèse ait été réalisée et je voudrais la dédier a mes chers parents , ma mère(Faríkha Hamza) et mon père (Al-Sassi), qui m'ont encouragé au cour de ce travail , mes deux visages d'étoiles et ils dirigeront toujours mon chemin. Merci pour ce que tu m'as appris et merci pour ce que tu as fait pour moi.

Merci à toutes mes frères « Zouhaír, Fateh, Khaled, Issam, Yahia, Hussam » et ma sœur « Mariem » et ma belle nièce « María »

A mon amie et mon binôme dans ce travail ma copine de cinq ans « Nour » et les amis du lycée, et à ce jour « Camélia » et « Nardjes » et « Moufida » à mon chère amie lointain « Malek »

Je t'aime beaucoup.

Je suis très chanceux de vous avoir dans ma vie, que dieu vous protège, merci beaucoup a tout

Hanane

RESUME EN FRANÇAIS

Résumé :

Dans notre travail, nous avons étudié le comportement de différentes variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) (Waha et sémito.) stressées à la salinité à des différentes doses (0, 50, 150 et 200 mM de NaCl). Les paramètres mesurés dans cette étude sont : longueur de la plante, surface foliaire, Longueur de l'épi sans barbe, la teneur relative en eau des feuilles, le dosage des chlorophylles (chlorophylle a, chlorophylle b, chlorophylle totale) au niveau de l'avant dernière feuille et le sucre soluble.

Le stress salin influe sur les paramètres morphologiques , physiologiques et biochimiques étudiés, qui nous permet de constater une réduction progressive de la longueur des plantes (LP) , la surface foliaire (SF), et également une diminution de teneur relative en eau (TRE), on observe aussi une réduction de chlorophylle a, b par contre une augmentation du sucre soluble.

En conclusion, l'étude a montré que le stress salin provoque les mêmes mécanismes de la réponse chez les deux génotypes mais à des degrés différents.

Mots clés : Salinité, Blé dur (*Triticum durum* Desf) , Caractère physiologique et biochimiques, chlorophylle, Sucres solubles.

RESUME EN ANGLAIS

SUMMARY

In this experiment, we studied the behavior of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) (Waha and Sémito.) stressed at salinity with NaCl at concentrations of (0, 50, 150 et 200 mM). The parameters measured in this experiment are the evolution(plant height, leaf surface, the relative water content of the leaves, the determination of the chlorophylls (chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll) at the level of the front last leaf and soluble sugar.

The salt stress influenced on the morphological , physiological and biochemical parameters to study, which allows and also notices the decrease on plant height, leaf surface, in relative water content we observe a reduction chlorophyll a, b , the increase of the soluble sugar.

En conclusion, the study showed that salt stress causes the same mechanisms of response in the three genotypes, but to different degrees.

Key words: salinity, durum wheat (*Triticum durum* Desf.) , Physiological and morphological character, chlorophyll, soluble sugars

RESUME EN ARABE

الملخص

في هذه التجربة، قمنا بدراسة سلوك نبات القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.) للصنفين Waha و Sémito تحت تأثير الإجهاد الملحي بإضافة كلوريد الصوديوم بتركيز 0 ملي مول و 50 ملي و 150 ملي و 200 ملي مول المعايير التي تم قياسها في هذه التجربة هي طول النبات ، المساحة الورقية ، المحتوى المائي النسبي للأوراق، تقدير الكلوروفيل (الكلوروفيل أ ، الكلوروفيل ب ، الكلوروفيل الكلي (على مستوى الورقة الأخيرة) و السكر القابل للذوبان. الإجهاد الملحي يؤثر على المعايير المورفو افيزيولوجية والبيوكيميائية المدروسة ، مما يسمح بملاحظة انخفاض

تدريجي

لطول النبات والمساحة الورقية و محتوى الماء النسبي كما نلاحظ انخفاضًا للكلوروفيل أ ، ب ، من ناحية أخرى و زيادة السكر القابل للذوبان.

في الختام اظهرت الدراسة ان الاجهاد الملحي يسبب نفس اليات الاستجابة عند الصنفين ولكن بدرجات مختلفة

الكلمات المفتاحية: الملوحة ، القمح الصلب (*Triticum durum* Desf) ، الخصائص الفيزيولوجية والبيوكيميائية ، الكلوروفيل ، السكريات القابلة للذوبان

Liste des abréviations

FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
Av J-C	Avant Jésus-Christ
CIA	Central Intelligence Agency
C°	Celsius
qx/ha	Quintaux par hectare
V1	Variété 1 (Waha)
V2	Variété 2 (Simeto)
R	Répétition
Con	Concentration
Chlo a	Chlorophylle a
Chlo b	Chlorophylle b
SF	Surface foliaire
TRE	Teneur relative en eau
Var	Variété
Meq	Le milliéquivalent
Ug/g MF	Teneur en chlorophylle
nm	Nanomètre
PF	Poids frais
PS	Ppoids sec
PT	Poids à pleine turgescence
ANOVA	Analyse de la variance

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
1	Classification botanique de blé dur	06
2	Les deux géotypes étudient leurs origines et leurs principales caractéristiques.	26
3	La distribution des unités expérimental et les répétitions composées dans les pots	28

Liste des Figures

N°	Titre	Page
01	Origine et diffusion de (<i>Triticum turgidum</i>)	04
02	Origine généalogie du blé	05
03	Production mondiale de blé par pays	07
04	Histologie du grain de blé	08
05	Germination de blé	11
06	La phase de montaison Gonflement	12
07	Stade épiaison du blé	13
08	Courbe étalon du dosage des sucres solubles	32
09	La longueur de la plante pour les deux variétés de blé dur soumises aux différentes concentrations de Na Cl	34
10	La teneur relative en eau pour les deux variétés de blé dur soumise aux différentes concentrations de Na Cl	37
11	La surface foliaire pour les deux variétés de blé dur soumise aux différentes concentrations de Na Cl	38
12	Effet de la concentration de Na Cl sur la longueur de l'épi sans barbe chez les deux variétés de blé dur	40
13	Effet de la concentration de Na Cl sur la longueur de l'épi avec barbe chez les deux variétés de blé dur	41
14	Effet de la concentration de Na Cl sur la teneur en chlorophylle a chez les deux variétés de blé dur	43
15	Effet de la concentration de Na Cl sur la teneur en chlorophylle b chez les deux variétés de blé dur	44
16	Effet de la concentration de Na Cl sur la teneur en chlorophylle (a+b) chez les deux variétés de blé dur	46
17	Effet de la concentration de Na Cl sur la teneur en sucre soluble chez les deux variétés de blé dur	48

Liste des photos

N°	Titre	Page
01	Photo représente les graines des deux variété testées	25
02	Essai de croissance dans les pots et sous serre	28
03	Essai de la surface foliaire	29
04	Essai de teneur en chlorophylle	31
05	Essai de la teneur en sucre soluble	33
06	L'effet de la concentration de Na Cl sur la longueur des plantes	36

Table des matières

Remerciement

Dédicace

Liste de abréviations

Liste de tableaux

Liste des figures

Liste des photos

Sommaire

1.Introduction **1**

Partie 1 : Revue bibliographique

Chapitre I : Présentation de l'espèce étudiée **3**

I. Le blé dur **3**

I.1.Difinition **3**

I.2.Historique de blé dur **3**

I.3. Origine géographique et génétique du blé dur **3**

I.3.1. Origine géographique **3**

I.3.2. Origine génétique **4**

I.4.Classification botanique **5**

I.5.Importance et production du blé dur dans le monde et en Algérie **6**

I.5.1. Dans le monde **6**

I.5.2. En Algérie **7**

I.6.Biologie et cycle de développement du blé dur **8**

I.6.1. Caractère morphologique **8**

I.6.1.1. Structure et composition du grain de blé **8**

I.6.1.2. Les enveloppe et la couche a aleurone **9**

I.6.1.3. Le germe **9**

I.6.1.4. L'albumen ou amande **10**

I.6.2. L'appareil végétatif **10**

I.6.2.1. L'appareil racinaire **10**

I.6.2.2. L'appareil aérien **10**

I.6.2.3. L'appareil reproducteur **10**

I.6.3. Croissance et développement	11
I.6.3.1. Germination-levée	11
I.6.3.2. Le tallage	11
I.6.3.3. Montaison-gonflement	12
I.6.3.4. Epiaison-floraison	12
I.6.3.5. Remplissage du grain	13
I.7. Exigence du blé	14
I.7.1. Les exigences édaphiques	14
I.7.2. Les exigences climatiques	14
Chapitre II : La salinité	15
II.1. Généralité sur la salinité	16
II.1.1. Définition	16
II.1.2. L'origine de la salinité	16
II.1.3. L'importance de la salinité	17
II.2. La salinité et la plante	18
II.2.1. Stress	18
II.2.1.1. Définition de stress	18
II.2.1.2. Stress salin	19
II.2.2. Mécanisme de toxicité du chlorure de sodium	19
II.2.3. L'effet de la salinité sur les plantes	21
II.2.3.1. L'effet de la salinité sur la germination	21
II.2.3.2. L'effet de la salinité sur la croissance	21
II.2.3.3. L'effet de la salinité sur la morphologie des plantes	22
II.2.3.4. L'effet de la salinité sur le comportement biochimique de la plante	23
II.2.4. La tolérance des plantes a la salinité	24

Deuxième partie : Etude Expérimentale

Chapitre 1 : Matériel et Méthode

1. L'objectif de l'essai	25
2. Présentation du site de l'essai	25
3. Matériel et Méthode	25
3.1. Semences de blé dur	25
3.2. Origine et caractéristiques des variétés	26
4. Méthode d'étude	27

4.1. Solution salinée de Na Cl	27
4.2. Préparation de grain	27
4.3. Dispositif expérimentale	27
4.4 Application de stresse	29
5. Paramètre étudiés	29
5.1. La surface foliaire	29
5.2. Teneur moyenne en eau TME (%)	30
5.3. Longueur des plantes	30
5.4. Longueur de l'épi avec barbe	30
5.5. Longueur de l'épi sans barbe	30
5.6. Teneur en chlorophylle	30
5.7. Teneur en sucre soluble	31
6. Analyse des données	33

Chapitre 2 : Résultats et discussion

1. La longueur de la plante	34
2. Teneur relative en eau	36
3. Surface foliaire	38
4. Longueur de l'épi sans barbe	39
5. Longueur de l'épi avec barbe	41
6. Teneur en chlorophylle a et b et (a+b)	42
6.1. Teneur en chlorophylle a	42
6.2. Teneur en chlorophylle b	44
6.3. Teneur en chlorophylle (a+b)	46
7. Teneur en sucre	47
Conclusion	50
Référence bibliographique	51
Annexe	

INTRODUCTION

Introduction

Les céréales occupent, à l'échelle mondiale, une place primordiale dans les programmes de recherche agricole, les céréales sont les principales sources de la nutrition humaine et animale dans le monde. Le blé occupe la première place pour la production mondiale et la deuxième, après le riz, comme source de nourriture pour les populations humaines (**Slama et al.,2005**), les estimations de la FAO indique maintenant 1,445 millions de tonnes pour les céréales secondaires et 763 millions de tonnes pour le blé (**FAO,2019**).

En Algérie, le blé dur occupe 45% de la superficie réservée aux céréales, soit 1,6 Mha (**ONFA, 2017**), 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**).

La salinisation enregistrée dans l'écosystème aride et semi-aride résulte de la forte évaporation d'eau à partir du sol (**Munns et al, 2006**) et d'une irrégulière et insuffisante pluviométrie (**Mezni et al,2002**). Cette salinisation provient aussi de l'irrigation, le plus souvent mal contrôlée (**Bennaceur et al,2001**)

En région méditerranéenne, la salinité constitue une contrainte dans beaucoup de périmètres de grandes cultures où la qualité de l'eau joue un rôle majeur et où la recherche de plantes adaptées à des seuils élevés de salinité devient un impératif pour la production agricole, (**Arbaoui et al, 2000**), L'Algérie, qui offre toutes les variantes du climat méditerranéen, n'échappe pas à ce phénomène, où la sécheresse, observée depuis longtemps a conduit manifestement au processus de salinisation des sols sur 3.2 millions hectares affectés (**Benmahioul et al., 2009**)

La réponse à la salinité se manifeste généralement chez la plupart des plantes cultivées par un effet dépressif sur la croissance et le développement, Cette réponse varie considérablement en fonction du genre, de l'espèce et même de l'écotype ou de la variété.

La diminution de la croissance est une réponse à la déshydratation ; elle contribue à la conservation des ressources en eau, ce qui permet la survie de la plante (**Chakib et al, 2002**).

INTRODUCTION

Dans ce contexte, l'objectif de notre travail est la réponse à la salinité de quelques paramètres physiologique et biochimique du blé dur (*Triticum durum* Desf.).

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

-La première partie (I), avec ces deux 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.

-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

Chapitre I : Présentation de l'espèce étudiée

I. Le blé dur

I.1 Définition

Le blé dur (*Triticum durum* Desf.), est une plante annuelle monocotylédone de la famille des graminées, de la tribu des triticées du genre *Triticum* (Feillet,2000).

En termes de production commerciale et d'alimentation humaine, cette espèce est la deuxième plus importante du genre *Triticum* après le blé tendre. Leur famille comprend 600 genres et plus de 5000 espèces (Feillet,2000).

I.2.Historique de blé

Le blé est l'une des premières espèces cultivées par l'homme. Depuis plus de 7000 à 10000 ans le blé occupe le croissant fertile, zone couvrant la Palestine, la Syrie, l'Irak et une grande partie de l'Iran (Croston et Williams, 1981). Historiquement le blé dur (*Triticum durum*) a été toujours cultivé dans les régions à climat de types méditerranéen telles que l'Afrique du nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Égypte), le sud de l'Europe, et le Moyen Orient (Hannachi et al.,2013).

Le blé dur espèce connue depuis la plus haute antiquité, appartient au groupe des tétraploïdes, du genre *Triticum* qui comprend de nombreuses espèces. Le blé (*Triticum*) avec le riz (*Oryza* L.) et le Maïs (*Zea mays* L.) Constituent la base alimentaire des populations du globe et semblent avoir une origine commune : issues d'une même espèce ancestrale qui aurait contenu tous les gènes dispersés chez les trois espèces actuelles (Yves et Buyser, 2000).

I.3.Origine géographique et génétique du blé dur

I.3.1 Origine géographique

Le blé dur a été découverts dans plusieurs sites archéologiques en Syrie et remonte à environ 8000 avant J-C. L'amidonnier devenu le blé prédominant cultivé dans le croissant fertile (la Turquie méridionale, le nord de l'Irak et les régions voisines en Irak et Syrie), se répandent dans la majeure partie de l'Asie, de l'Afrique du nord et de l'Europe c'est le principale type de blé depuis plusieurs milliers d'années, des blés à grain nus, tels que le blé dur, vivent le jour par une accumulation de mutations et des sélections ultérieures effectuées à partir de l'amidonnier, au début

Partie 1 : Revue bibliographique

de l'ère chrétienne que le blé dur a remplacé l'amidonnié dans la plupart des régions productrices de blé du monde antique. A l'heure actuelle le blé dur est l'espèce la plus importante du *Triticum Turgidum* et également une culture très répandue en Afrique du nord (du Maroc et l'Égypte), en Europe méditerranéenne (italien, sud de la France) en Turquie, au Proche-Orient (Syrie, Jordanie et Irak), en Russie, en Asie (Iran, Afghanistan, Inde, Chine), en Amérique du Nord (Canada et États-Unis) et en Argentine. (Brink *et al.*,2006)

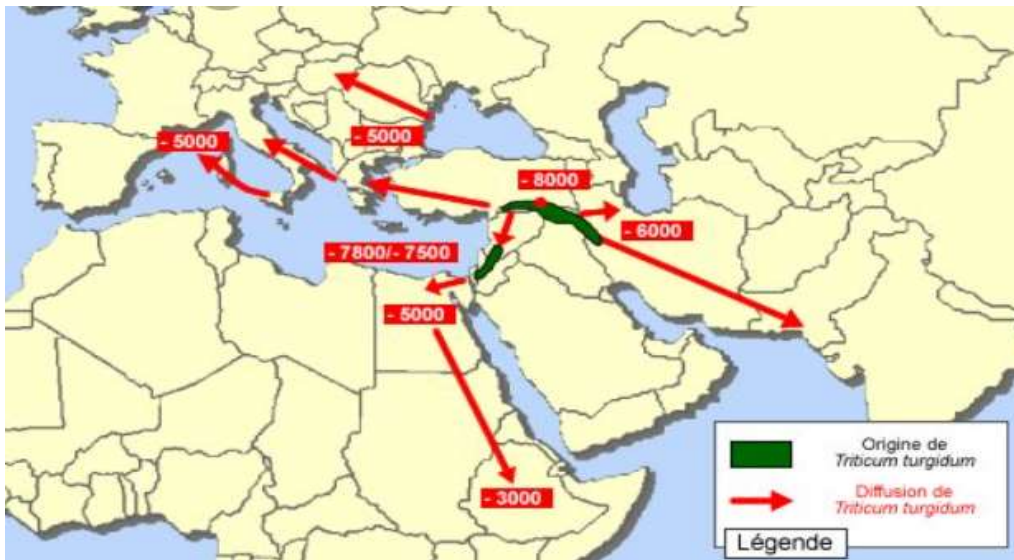


Figure1 : Origine et diffusion de *Triticum turgidum* (Bonjean,2001)

I.3.2 Origine génétique

Génétiquement, (Cherdur,1999) a confirmé que le scientifique (Sakamura,1918) avait connu pour la première fois l'origine génétique du blé dur, et il a été le premier à déterminer le nombre correct de chromosomes dans différents types de blé.

Le blé dur est allo tétraploïde (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

Partie 1 : Revue bibliographique

génétique de gènes inhibiteurs. Les chercheurs ont identifié un certain nombre de gènes inhibiteurs, mais le gène Ph1 situé sur le long bras du chromosome 5B est considéré comme le gène inhibiteur critique (Wall *et al.*,1971).

Les gènes de blé sont regroupés selon (Van Slageren.,1994) sous trois groupes, à savoir :

- 1) Blé diploïde ($2n=2x=14$ AA, BB)
 - 2) Blé tétraploïde ($2n=4x=28$ AABB)
 - 3) Blé hexaploïdie ($2n=6x=42$ AABBDD)
- Hoyt,1992 confirmé que le quaternaire et l'hexagone blés sont actuellement cultivé.

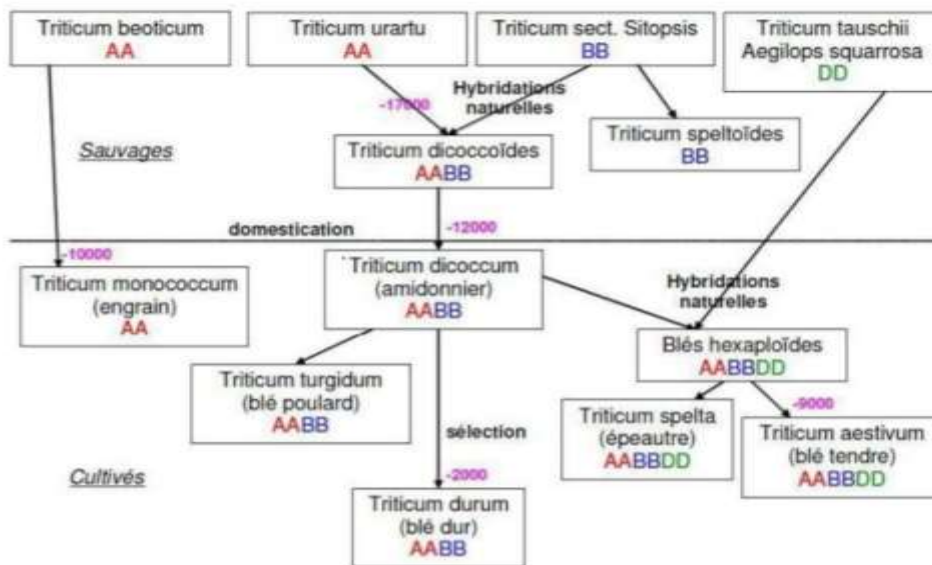


Figure 2 : Origine généalogie du blé (Naville, 2005)

I.4.Classification botanique

Selon (Feillet,2000) ; le blé dur est une plante annuelle monocotylédone qui appartient à la famille des graminées leur famille comprend 600 genres et plus de 5000 espèces dont la classification botanique est la suivante :

Partie 1 : Revue bibliographique

Tableau 1 : Classification botanique de blé dur (Prats,1960 ; Crete,1965 ; Feille,2000)

Embranchement	Angiospermes
Sous embranchement	Spermaphytes
Classe	Monocotylédones
Ordre	Glumiflorales
Super ordre	Comméliniflorales
Famille	Gramineae
Tribu	Triticeae
Sous tribu	Triticinae
Genre	<i>Triticum</i>
Espèce	<i>Triticum durum</i> Desf.

I.5.Importance et production du blé dans le monde et en Algérie

I.5.1. Dans le monde

La production mondiale de céréales secondaires en 2021 est en hausse de 18,9 millions de tonnes sur une base annuelle, presque exclusivement en raison d'une augmentation de la production de maïs qui a plus que compensé une baisse substantielle de la production mondiale d'orge. La production mondiale de blé devrait atteindre 777 millions de tonnes, un niveau pratiquement identique à celui de 2020. (FAO ,2021)

Le blé joue un rôle essentiel dans l'alimentation directe et également indirecte d'une très large fraction de l'humanité. C'est actuellement la céréale la plus cultivée dans le monde, c'est également la céréale la plus commercialisée sur le marché mondiale (Jean-paul,1977) En effet, la majeure partie de la production est (Inde, Moyen-Orient, Afrique du Nord) utilisée directement par les producteurs eux même sous forme de pain, de galettes, de pates ou de plants locaux tels que couscous ou chapatis (Griganac,1974).

Dans le monde, l'Union européenne (principalement l'Italie, l'Espagne et la Grèce) est le plus grand producteur de blé dur, avec une récolte annuelle moyenne de huit millions de tonnes métrique. Le Canada arrive au deuxième rang avec 4,6 millions de tonnes métriques par année, suivie de la Turquie et des Etats-Unis, avec 4 et 3,5 millions de tonnes métriques respectivement

Partie 1 : Revue bibliographique

La campagne 2005/2006 est caractérisée par une consommation de 616 millions de tonnes alors que la production est estimée à 600 millions de tonnes, il en résulte une nouvelle baisse des stocks mondiaux qui passent à 136 millions de tonnes (C.I.A,2002)



Figure 03 : Production mondiale de blé par pays (FAO Stats,2019)

I.5.2 En Algérie

En Algérie les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale. (Djermoun, 2009). Le blé dur est la première céréale cultivée en Algérie et le blé algérien produit est considéré parmi les meilleurs occupant la moitié d'une superficie de 3 millions hectares (Haddad and al,2016). L'Algérie, deuxième consommateur africain de blé et cinquième importateur mondial de céréales-derrière l'Egypte, la chine, l'Indonésie et la Turquie (Ecomnewsmed.com,2022), Le département américain de l'agriculture a estimé la consommation de blé de l'Algérie pour la campagne 2020/2021 entre 10,7 et 11 millions de tonnes, soit une baisse de 5 pour cent par rapport à la production de la campagne 2019/2020, ce qui a incité l'Algérie importera entre 7 millions de tonnes pour subvenir à ses besoins, le département américain de l'agriculture s'attend à ce que l'Algérie maintienne les mêmes niveaux d'importations de blé en 2022 (Kahal,2022).

Partie 1 : Revue bibliographique

I.6. Biologie et cycle de développement du blé dur

I. 6.1. Caractère morphologique

I.6.1.1. Structure et composition du grain de blé

Le blé est un fruit sec et indéhiscence contenant la graine, appelé « caryopse ». La coupe longitudinale de grain révèle de l'extérieure vers l'intérieur les parties suivantes : les enveloppes, le germe et l'albumen ou amande (**Pomeranz,1988**). Sur le plan morphologique, le grain a une forme ovoïde de coloration blanchâtre à brunâtre avec un sillon sur la face ventrale, il est de taille de 6.5 à 8.5 mm de long et son diamètre de 3 à 4mm. Histologiquement, le grain de blé dur est formé de trois types de tissus le germe (3% du poids du grain), les enveloppes (17%) et l'albumen (80%) (**Fredot,2005**).

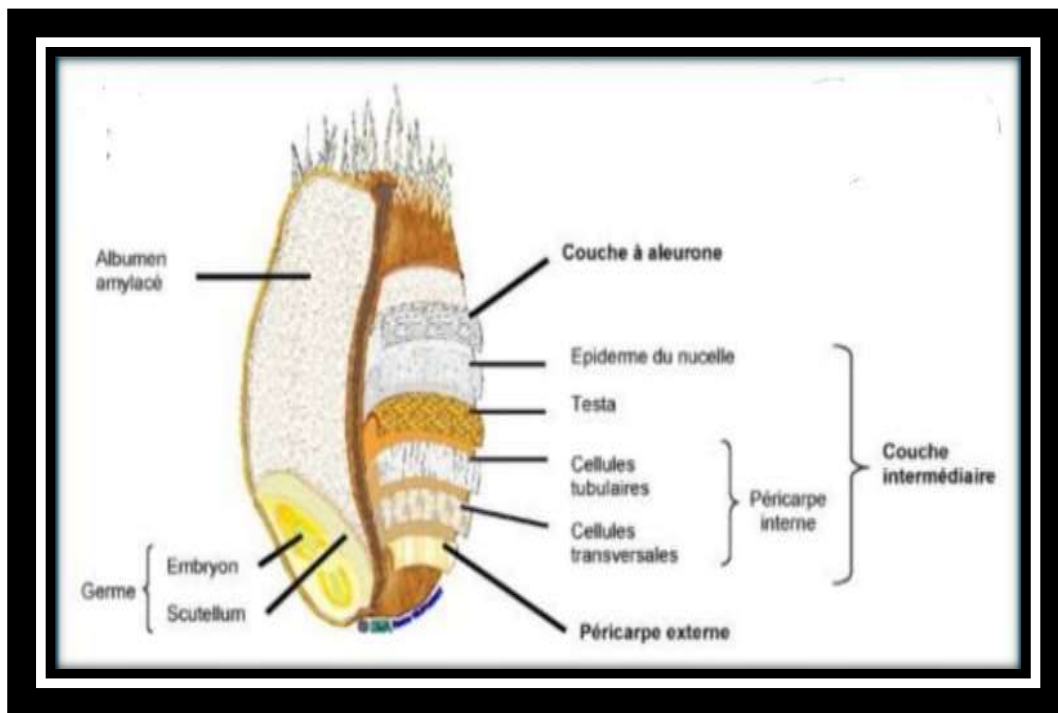


Figure 04 : Histologie du grain du blé (Surget et Barron.,2005)

Partie 1 : Revue bibliographique

I.6.1.2. Les enveloppe et la couche a aleurone

➤ Les enveloppes

Elles représentent 14 à 16% du poids du grain. Elles sont constituées de l'extérieur vers l'intérieur par :

- ✓ **Le péricarpe** paroi de l'ovaire qui comprend l'épicarpe, le mésocarpe et l'endocarpe
- ✓ **Le tégument ou le testa** enveloppe de la graine qui comprend le tégument séminal et la bande hyaline.
- ✓ **L'assise protéique** qui représente 60% du poids des enveloppes et constitué des dix cellules aleurone riche en protéique (**Soltner, 1987**)

➤ La couche a aleurone

La couche a aleurone est un tissu monocellulaire et sans espace intercellulaire localisée à la périphérie du grain de blé entre l'albumen amylicé et les enveloppes, l'unique tissu vivant du grain mature et permet son développement au cours de germination. Elle assure à la fois un rôle nourricier via le stockage de métabolites et la synthèse d'enzymes d'hydrolyse des réserves, et un rôle de protection grâce à sa structure pariétale résistante. La couche à aleurone est un tissu complexe qui renferme des concentrations importantes de molécules d'intérêt nutritionnel, le diamètre moyen des cellules a aleurone varie de 20 à 50 um (**Carole et al.,2002**)

I.6.1.3 Le germe

Le germe constitue un organe de réserve riche en protéines et en lipides pour la jeune plantule forme environ 2,5 % à 3% (**Surget et Barron,2005**), comprend deux parties :

- **Le cotylédon** ou scutellum, séparé de l'amande par une assis diastasique destinée à la digestion future de l'albumen au profit de la plantule.
- **La plantule**, avec sa gemmule recouverte d'un étui, la coléoptile, sa tigelle courte, et sa radicule, recouverte d'un étui, la coléorhize (**Soltner,1987**)

Enfin le germe est riche en vitamine B1, B6 (**Surget et Barron, 2005**).

Partie 1 : Revue bibliographique

I.6.1.4. L'albumen ou amande

Le grain de blé est composé majoritairement d'albumen ,80-85 % d'albumen amylicé et couche à aleurone (**Carole and al.,2002**), et composé de 70%d'amidon et de 7%de gluten. Chez le blé dur l'albumen est corné et vitreux, un peu comme celui du riz. L'albumen joue un rôle essentiel dans la composition de la semence ; il sert de réserve et ne sera complètement utilisé qu'au moment de la germination (**Guergah et al., 1997**)

I.6.2. L'appareil végétatif

I.6.2.1. L'appareil racinaire

Le système racinaire comprend des racines séminales produit par la plantule durant la levée, ainsi que des racines adventives (latérale) qui se forment plus tard à partir des nœuds à la base de la plante et constituent le système racinaire permanent (**Bozzini, 1988**).

I.6.2.2. L'appareil aérien

Le système aérien est formé d'un certain nombre d'unité biologique, les talles, les feuilles et les graines, la talle est formé d'une tige feuillée ou chaume portant à son extrémité une inflorescence (**Clarke et al., 2002**). Les feuilles se composent d'une base (gaine) entourant la tige, d'une partie terminale qui s'aligne avec les nervures parallèles et d'une extrémité pointue. Au point d'attache de la gaine de la feuille se trouve une membrane mince et transparente (ligule) comportant deux petits appendices latéraux, les oreillettes. (**Bozzini,1988**)

I.6.2.3. L'appareil reproducteur

- ❖ L'inflorescence du blé : est un épi, Ce dernier est constitué d'unité de base.
- ❖ L'épillet : est une petite grappe d'un à cinq fleurs enveloppées chacune par deux glumelles (inférieur et extérieur). La grappe est incluse entre deux bractées ou glumes. Les fleurs sont attachées sur le rachis Chaque fleur comporte en général 3 étamines et un ovaire. Les fleurs sont hermaphrodites, le blé est une plante autogame : le pollen d'une fleur pollinise l'ovaire de la même fleur (**Anonyme, 1994**).

Partie 1 : Revue bibliographique

I. 6.3. Croissance et développement

I. 6.3.1. Germination-levée

* **La germination** se traduit par la sortie des racines séminales de la coléorhize et, à l'opposé, par la croissance d'une préfeuille, la coléoptile. Celui-ci sert de manchon protecteur et perforateur du sol pour la première feuille qui sera fonctionnelle et percera le sommet de la coléoptile peu après l'apparition de ce dernier au niveau du sol (**Moule,1971**), la germination commence lorsque le grain absorbe un quart de son poids d'eau (**Cirad, 2010**) et eu lieu à des températures de 4° à 37°C

***Le levée** commence quand la plantule sort de la terre et que la première feuille pointe au grand jour son limbe (**Henry et al.,1995**)

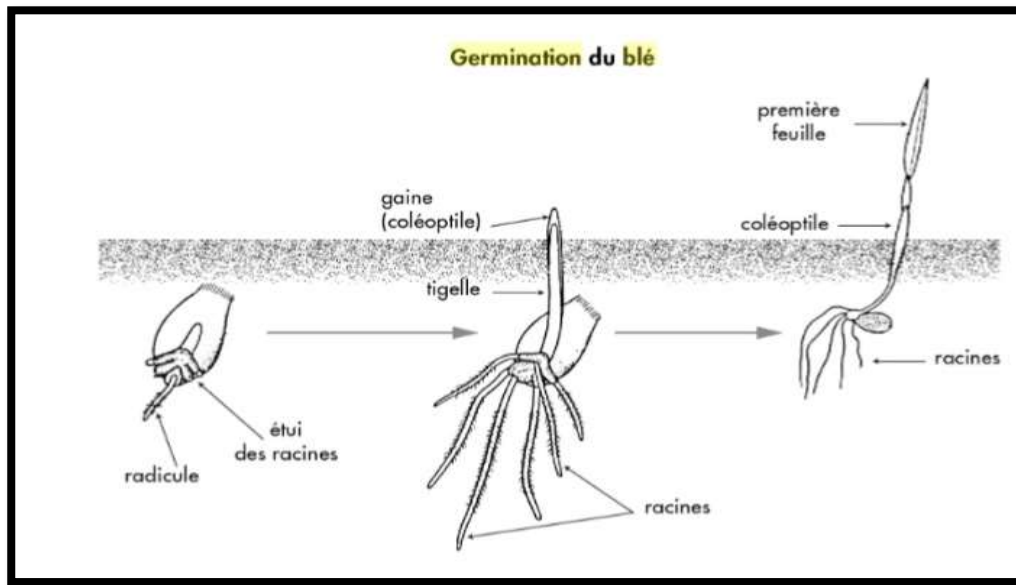


Figure 5 : Germination de blé (Cirad,2006)

I. 6.3.2. Le tallage

Le tallage commence à la fin de l'hiver et se poursuit jusqu'au début de printemps, c'est un mode de développement propre aux graminées, caractérisé par la formation du plateau du tallage, l'émission de talles et la sortie de nouvelle racine (**Soltner,1988**). La durée de cette période varie de 31 à 89 jours pour des températures moyennes de 09° à 32°C respectivement (**Mekliche,1983**),

Partie 1 : Revue bibliographique

il est caractérisé par la formation de talles et l'initiation florale qui se traduit par l'apparition de la future ébauche de l'épi (**Martin-Préval et al.,1984**).

Le fin tallage est celle de la fin de la période végétative, elle marque le début de la phase reproductive, conditionnée par la photopériode et la vernalisation qui autorisent l'élongation des entre-nœuds (**Cherfia, 2010**).

I. 6.3.3. Montaison-gonflement

La montaison se produit de fin de mars a fin d'avril, la durée de la phase est de 29 à 30 jours (**Clement et Prat., 1970**). Elle débute lorsque les entres nœuds de la tige principale se détachent du tallage ce qui correspond à la formation du jeune épi a l'intérieure de la tige (**Belaid,1986**) ; on assiste à l'allongement des entrenœuds. Le stade « épi a 1 cm » du plateau de tallage est caractérisé par une croissance active des talles (**Couvreur,1981**), cette période correspond à la différenciation des ébauches l'inflorescence, en cette période les besoins de la culture en fertilisation deviennent importants (**Prats et Clement,1971**).

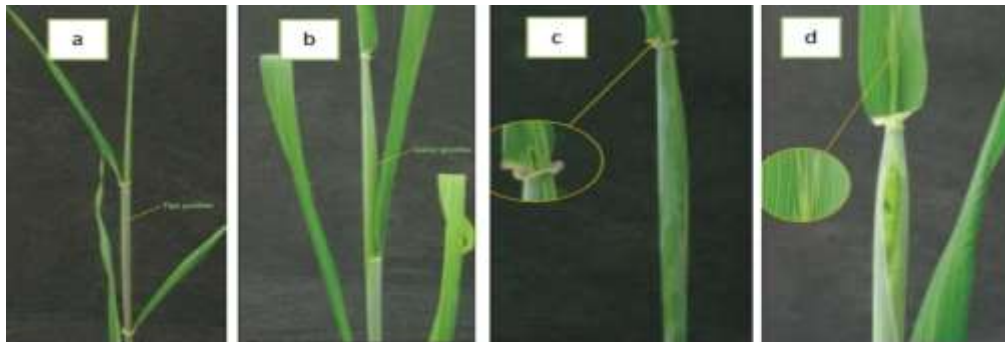


Figure 06 : La phase de Montaison-Gonflement (**Jamie et al., 2012**)

I. 6.3.4. Epiaison-floraison

L'épiaison est déterminée par l'apparition de l'épi hors de la gaine de la dernière feuille. Les épis dégainés fleurissent généralement entre 4 à 8 jour après l'épiaison (**Bahlouli et al.,2005**). Les basses températures au cours de ce stade réduisent fortement la fertilité des épi (**Abbassenne et al., 1998**)



Figure 07 : Stade épiaison du blé (Haddad,2010)

I. 6.3.5. Remplissage du grain

Cette phase marque la modification du fonctionnement de la plante qui sera alors orientée vers le remplissage des grains à partir de la biomasse produite. Au début, le grain s'organise, les cellules se multiplient. Les besoins des grains sont inférieurs à ce que fournissent les parties aériennes (plus de $\frac{3}{4}$ de la matière sèche sont stockés au niveau des tiges et des feuilles). Par la suite, les besoins augmentent et le poids des grains dans l'épi s'élève, alors que la matière sèche des parties aériennes diminue progressivement. Seulement 10% à 15% de l'amidon du grain peut provenir de réserves antérieures à la floraison (Boulelouah, 2002).

A l'issue de cette phase, 40 à 50 % des réserves se sont accumulées dans le grain qui, bien qu'il ait atteint sa taille définitive, se trouve encore vert et mou, c'est le stade « grain laiteux ». L'autre partie des réserves se trouve encore dans les tiges et les feuilles qui commencent à jaunir. Les réserves du grain proviennent en faible partie de la photosynthèse nette qui persiste dans les dernières feuilles vertes. Chez les variétés tardives, cette quantité est de 12 % contre 25 % chez les précoces. La majeure partie des réserves accumulées vient des tiges et les feuilles jaunissantes, mais non encore desséchées (Boulelouah, 2002).

Partie 1 : Revue bibliographique

I.7.Exigence du blé

I. 7.1. Les exigences édaphiques :

D'après (Soltner,2000) ; le blé dur préfère les sols du type argilo-calcaire ou limoneux a limono-argileux à cause de son système racinaire fasciculées. Les sols qui conviennent le mieux au dur sont :

- 1) Les sols profonds (plus de 60 cm de profondeur.
- 2) Les sols suffisamment riches en matières organiques et minérales
- 3) Les sols bien drainés pour éviter tout développement de maladies
- 4) Les sols capables de maintenir une réserve en eau suffisant pour assurer une bonne alimentation au moment de l'accumulation des réserves dans le grain

I.7.2. Les exigences climatiques :

❖ La température :

Le blé correspond à un temps modérément froid pendant les phases initiales de croissance, ainsi qu'à des températures modérées dans les phases maturité. Et le blé a la capacité de germer à basse température et la germination est lente et Plus la température est élevée, plus les plantes apparaissent rapidement à la surface de la terre (Arhim, 2002), la germination nécessite une température totale de de 15 C° (Gat ,1995), pour la floraison du blé la température environ 18 degrés 'mais la température élevée surtout s'il y'a un manque d'humidité du sol, affecte négativement le processus de photosynthèse (Oulmi,2015).

L'eau

De plus, l'eau est facteur limitant de la croissance de blé. Ce dernier exige l'humidité permanente durant tout le cycle de développement. Les besoins en eau sont estimés à environ 800 mm en zone aride les besoins sont élevés au vu des conditions climatiques défavorables c'est de la phase épis 1 cm à la floraison que les besoins en eau sont les plus importants .la période critique en eau situe 20 jours avant l'épiaison jusqu'à 20 a 35 jours après la floraison (OEOno, 2014).

Partie 1 : Revue bibliographique

❖ La lumière

Le blé est considéré comme l'une des plantes de jours longs, et les plantes ont besoin d'une période de lumière plus longue que la limite critique pour stimuler la floraison et expulser les épis. Et cela affecte directement le bon fonctionnement du processus de photosynthèse et le comportement du blé. De plus, un bon tallage est assuré si le blé est placé dans des conditions d'éclairage optimales (**Soltner,1990**).

Chapitre II : La salinité

II. 1. Généralité sur la salinité

Dans le monde, il y a plus de 800 millions d'hectares de terre infectée par la salinité (FAO - Food and Agriculture Organisation, 2008). Ce chiffre représente plus de 6% de la superficie totale du monde. La plupart de ces terres infectées est due à des causes naturelles ou à l'accumulation de sels dans les zones arides et semi-arides (Rengasamy, 2002).

L'altération des roches mères libère différents types des sels solubles, principalement des chlorures de sodium, de calcium, de magnésium, et une quantité moins importante des sulfates et carbonates (Munns et Tester, 2008). Le chlorure de sodium est le sel le plus soluble et abondamment libéré. L'autre cause de l'accumulation de sel dans le sol est le dépôt de sels océaniques réalisé par le vent et la pluie. L'eau de pluie contient 6 - 50 mg.kg⁻¹ de chlorure de sodium, la concentration diminue avec la distance de la côte. La pluie contenant 10 mg. Kg⁻¹ de chlorure de sodium déposerait 10 kg. Ha⁻¹ de sel pour chaque 100 mm de précipitations par an (Munns et Tester, 2008).

II. 1.1. Définition

La salinité est la quantité de sels secs dissous dans l'eau ,et elle est également définie comme la surcharge en sels minéraux solubles de l'eau d'irrigation ou de la solution du sol, ces sels sont représentés en grande partie par la combinaison de trois cations (Ca²⁺, Mg²⁺ et Na⁺) et trois anions (Cl⁻, SO₄²⁻ et HCO₃⁻). En général, le chlorure de sodium (Na Cl) est le plus fréquent et représente plus de 90 % des sels.

On définit en général deux types de salinité : la salinité primaire et la salinité secondaire (Mohammed *et al.*,2014)

II.1.2. L'origine de la salinité

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

➤ La salinisation primaire

La salinisation primaire ou naturelle est le résultat de l'accumulation des sels sur une longue période de temps dans le sol ou les eaux souterraines (Antipolis,2003).

Partie 1 : Revue bibliographique

La salinisation primaire concerne tous les facteurs naturels qui produisent des sels dissous (altération et dissolution des minéraux contenue dans les sols et les roches, fusion magmatique et rejets volcaniques, décomposition des êtres vivants). Des agents naturels les transportent (pluie, rivières, eaux souterraines, eaux de la mer, eaux géothermales, vents) et les accumulent dans l'eau des sols (nappe salée peu profonde, dépôts éoliens d'embruns et d'aérosols) (**Jean-pierre,2018**)

➤ La salinisation secondaire

La salinisation secondaire est le résultat des activités humaines , par ses activités variées, l'homme apporte des sels supplémentaires qui perturbent l'équilibre naturel des sols , l'influence anthropique renforce la salinisation naturelle des sols ou bien salinise des sols non encore affectes(**Ghassemi and al,1995**).on peut citer certaines modification d'écosystèmes (déforestation ,construction de barrages) qui font remonter les nappes phréatiques salées vers la surface des sols, les pratique intensives qui intensifient la production de biomasse, l'utilisation d'eaux d'irrigation d'origines et de salinités diverses (eaux usées agricole , industrielle et domestique). Par ailleurs, en région froide ou montagneuse les sels de déneigement ou de déverglaçage sont d'autres causes de salinisation secondaire. La salinisation secondaire est à l'origine d'environ 20 % des sols salées. Parmi les activités humaines qui conduisent à une salinisation, l'irrigation des sols agricoles tient une place prépondérante (**Jean-pierre,2018**).

II.1.3. L'importance de la salinité :

La teneur en sel est le critère le plus important pour évaluer la qualité de l'eau irrigation. Ce contenu peut être exprimé en termes de conductivité électrique ou en ppm ou mEq/L. La concentration globale est plus importante car la plupart des cultures répondent à la concentration ionique totale du milieu de croissance (l'effet osmotique) à la place Uniquement pour un ion spécifique. En général, une augmentation de la teneur en sel de l'eau l'irrigation augmentera la salinité de la solution du sol (**Kherfiw et Brahmi, 2011**)

La vitesse et le degré de cette augmentation dépendront de :

Lessivage, c'est-à-dire la quantité d'eau que l'irrigation ou la pluie y apporte exigences des cultures et efficacité de la filtration.

Partie 1 : Revue bibliographique

La composition ionique de l'eau d'irrigation et la tendance de certains ions ; Comme précipitation après l'extraction de l'eau du sol. Propriétés physiques du sol telles que la percolation ; Propriétés de l'eau et drainage. (**Antipolis, 2003**).

La salinité, selon la dose, peut avoir des effets stimulants distincts Croissance et développement des plantes. La salinité a des effets bénéfiques sur la germination et certaines espèces poussent à des niveaux très bas (bien que Certaines espèces poussent à des niveaux très bas (bien que non quantifiés par les auteurs) de NaSo₄, Na Cl, MgSo₄ et NaCo₃ (**Menacer, 2007 in Gasmi et Dhiri,2017**)

II.2. La salinité et la plante

II. 2.1. Stress

II. 2.1.1. Définition de stress

Le stress est fondamentalement un concept de mécanique, définie comme étant une force exercée par une unité de surface d'un objet ; autrement dit « une force ou une influence hostile qui tend à empêcher un système normal de fonctionner ». Cette définition est subjective et vraie en fonction des espèces et même des écotypes (**Hopkins,2003**).

La notion du stress biologique est le changement plus ou moins brusque par rapport aux conditions normales de la plantes ou de l'animal, et la réaction sensible de l'individu dans les différents aspects de sa physiologie laquelle change sensiblement avec l'adaptation a la nouvelle situation a la limite de dégradation menant à une issue fatale (**Leclerc,1999**), On appelle stress toute pression dominante exercée par un paramètre, perturbant le fonctionnement habituel de la plante. En revanche, la réponse du végétale dépend, entre autres, de ces paramètres environnementaux (le type de contrainte, son intensité, sa durée) et caractéristiques génétiques (espèce et génotype) (**Hopkins,2003**).

Partie 1 : Revue bibliographique

II.2.1.2. Stress salin

Le stress salin est un excès en particulier, mais pas exclusivement, aux ions Na⁺ et Cl⁻ (**Hopkins,2003**). Le stress salin est dû à la présence de quantités importantes de sels, il Réduit fortement la disponibilité de l'eau pour les plantes, on parle alors de milieu « physiologiquement sec » (**Tremblun,2000**). La quantité de sels dans le sol que les plantes peuvent supporter sans grand dommage pour leur culture, varie avec les familles, les genres et les espèces (**Levigneronet et al.,1995**)

Les plantes qui croissent sur des sols très salins sont nommées halophytes (**Hopkins,2003**).

II.2.2. Mécanisme de toxicité du chlorure de sodium

➤ Stress osmotique

Le stress osmotique est une circonstance défavorable, qui dérange ou est susceptible de perturber le fonctionnement physiologique normal de la plante, qui affecte la croissance immédiatement et est causée par le sel à l'extérieur des racines (**Munns, 2005 ; Munns et Tester, 2008**). L'eau circule dans la plante du sol vers les feuilles où elle passe à l'état gazeux au niveau des parois cellulaires des cellules du mésophylle avant de s'échapper dans l'air ambiant en traversant l'épiderme, principalement par les stomates. Cette circulation dépend du gradient de potentiel hydrique. Le stress salin exerce une contrainte primaire immédiatement et non spécifique par une baisse de potentiel hydrique du sol

➤ Stress nutritionnel

Certains sels peuvent affecter la balance nutritionnelle chez les plantes s'ils sont présents en concentration excessive ou en proportion anormale (**Snoussi et Halitim.,1998**). La présence excessive d'ions sodique, chlorique et borique peut provoquer une augmentation du pH du sol, ce qui a un effet indirect sur l'impossibilité d'absorption des ions ferreux, phosphate, zinc et manganèse indispensable pour la croissance des plantes (**Maillard, 2001**). Des concentrations

Partie 1 : Revue bibliographique

salines trop fortes dans le milieu provoquent une altération de la nutrition minérale des plantes (Levigneron *et al.*, 1995) (Haouala *et al.*, 2007). D'après (Haouala *et al.*, 2007) l'accumulation des ions Na^+ dans la plante limite l'absorption des cations indispensables tels que K^+ et Ca^{2+} . Il y aurait une compétition entre Na^+ et Ca^{2+} pour les mêmes sites de fixation apoplasmique. Ainsi ; l'augmentation de la concentration en Na^+ s'accompagne d'une réduction de la concentration en Mg, K, N, P et Ca dans la plante. Ce déséquilibre nutritionnel est une cause possible des réductions de croissance en présence de sels lorsque des ions essentiels comme K^+ , Ca^{2+} ou NO_3^- deviennent limitant (Haouala *et al.*, 2007). Selon (Tester and Davenport., 2003 in Jabnourne, 2008) les effets osmotiques du stress salin peuvent également limiter la croissance des racines, ce qui limite les possibilités d'absorption des éléments nutritifs du sol.

➤ Stress ionique

Le stress ionique se développe au fil du temps et est dû une combinaison de l'accumulation d'ions dans la partie aérienne et une incapacité à tolérer les ions qui se sont accumulés dans les tissus végétaux (Munns et Tester, 2008). Le stress ionique est spécifique du stress salin. Il a moins d'effet par rapport au stress osmotique, en particulier à faible concentration en sel. Il accélère la sénescence et la maturité des feuilles.

Dans le cas du stress salin causé par Na Cl, il est dû la toxicité des ions Na^+ et Cl accumulés en excès dans la plante qui perturbe l'homéostasie des ions cytosoliques de l'organisme et affecte l'activité de certaines enzymes. Durant le stress salin pour la plupart des espèces, Na^+ atteint une concentration toxique avant Cl^- .

II.2.3. L'effet de la salinité sur les plantes

II.2.3.1. L'effet de la salinité sur la germination

La germination est la première phase physiologique affectée par la salinité, car de nombreuses études ont indiqué une diminution du pourcentage de germination.

La plupart des graines dans les terres salines résultent de l'incapacité biologique des graines à germer en raison de dommages aux organes embryonnaires. Et la forte pression de la solution du sol, qui entrave l'absorption de l'eau par les graines (**Al-Shahat,2000**).

Selon (**Mass et Hoffman.,1977**) ont confirmé que la sensibilité des variétés végétales a la salinité change avec le changement des étapes de leur cycle de vie, c'est-à-dire depuis le début de la germination au stade de pleine croissance, (**Ashraf et Idrees,1992**) ont expliqué qu'une salinité élevée affecte beaucoup sur le processus de germination dans des conditions de température élevée 41°C, tandis que le froid réduit l'effet négatif pour la salinité.

II.2.3.2. L'effet de la salinité sur la croissance

La salinité (Na Cl) diminue la croissance des plantes entières, retarde l'émergence des nouvelles feuilles et limite l'accumulation de K^+ et Ca^{2+} dans ces organes. L'accumulation de Na^+ présente un gradient décroissant des feuilles âgées vers les jeunes feuilles. Les paramètres de fluorescence chlorophyllienne, déterminés sur des feuilles matures, suggèrent que l'accumulation de Na^+ n'affecte pas l'intégrité fonctionnelle du photosystème II. Dans les cales cellulaires directement exposés au sel, la production de matière sèche est peu affectée par Na Cl, malgré la baisse d'hydratation cellulaire. L'effet dépressif du sel sur l'accumulation de K^+ et Ca^{2+} est évident et l'accumulation cellulaire de Na^+ augmente avec la concentration de Na Cl. Ces résultats suggèrent que le blé dur dispose de mécanismes de régulation permettant la restriction du transport et de l'accumulation de Na^+ dans les feuilles jeunes. (**Bouaouina et Zid et Hajji,2000**)

II.2.3.3. L'effet du sel sur la morphologie des plantes

❖ L'effet de la salinité sur la tige

La salinité éclipse les tiges principales et réduit la formation des branches latérales et conduit à la mort des branches nouvellement formées, et il inhibe également l'activité cambium et ce d'autant plus que sa concentration dans le milieu est élevée (**Al-Shahat, 2000**). Tandis que (**John,2001**) atteignait dans son étude menée sur certaines Variétés végétales de blé *Oum tabia*, *Mouhamed benbachir* que lorsqu'il est traité avec une solution saline (8 g/l), une augmentation En croissance pour la première classe par rapport au témoin, alors qu'il a remarqué une légère diminution de la croissance, en particulier la tige dans la deuxième classe. Selon (**Alikbar et Kobra,2008**), la salinité réduit les mêmes graines et inhibe la croissance de l'axe embryonnaire. De plus, la respiration des graines avait une association significative avec la croissance de l'axe embryonnaire. Et entre (**Abdel basset et al.,2010**) La croissance du pédoncule est inhibée à la concentration de 1 g/l, et cela a été confirmé par (**Ahmad,2010**).

❖ L'effet de la salinité sur les racines

Le tissu racinaire est plus exposé au stress salin (**Lin et Kao,1995**) et donc sa résistance à celui-ci s'arrête Sur l'efficacité du système mitochondrial dans la cellule racine et sa capacité à produire de l'énergie (**Heckthorn et Down,1998 ; Hernandez et al., 1993**) car la salinité est plus nocive (**Hamilton et al,2001**) et pour protéger Dommages à l'action du stress salin Il a été prouvé que la transmission électronique mitochondriale s'arrête Sur la production de régulateurs osmotiques dans la cellule (Sucre, Proline, Pretain), et d'autres matériaux . Quand a (**Khalid and al., 2009**) Étude sur une plante *Negella Sativa.L* que la salinité réduit le total végétatif contrairement à la longueur de Racines qui augmentent avec des concentrations élevées de salinité.

❖ L'effet de la salinité sur la masse fraîche des végétaux

La salinité affecte la capacité de production de la plante, en particulier dans la phase de préfloraison, qui Elle entraîne une déficience partielle de la production des fruits, donc leur taille, leur nombre et leur poids diminuent (**Mahmoud, 2004**), ce qui a été confirmé par (**Khalid et**

Partie 1 : Revue bibliographique

al.,2009). Considérant qu'une diminution du poids frais a été enregistrée dans la plante *Negella sativa* lorsqu'elle est traitée avec différentes concentrations de salinité.

❖ L'effet de la salinité sur la masse sèche des plantes

Le niveau élevé de salinité au milieu conduit à l'accumulation d'ions sodium dans la plante, ce qui affecte les fonctions La vitalité différente de la plante, en particulier le processus de photosynthèse, par lequel la diminution de la quantité de composé de matière organique dans le corps diminue La plante et donc une diminution de son poids sec se produit, et cela a été confirmé par (**Chiraz et al.,2011**) lors d'un troisième traitement Les cultivars d'eucalyptus avec différentes concentrations de salinité ont enregistré une diminution de la production de biomasse.

II.2.3.4. L'effet de la salinité sur le comportement biochimique de la plante

❖ L'effet de la salinité sur la teneur de chlorophylle

La chlorophylle est l'un des pigments végétaux les plus importants dans les chloroplastes et a la capacité d'absorber la lumière visible et convertissant l'énergie lumineuse du rayonnement solaire en énergie chimique utilisée dans la production de composés riches énergie qui contribue à la formation de matière organique (**Hopkins, 2003**).

Les concentrations élevées de salinité ont un effet négatif sur le processus de photosynthèse par leur effet sur la microstructure des chloroplastes, car les membranes de ces organites rétrécissent avec la distorsion des plaques de support pigment de chlorophylle, car sa concentration diminue à des concentrations élevées de salinité, et cela est dû au manque d'absorption des éléments nécessaire à la construction de la molécule de chlorophylle (**Al-Wahaibi, 2009**).

❖ L'effet de la salinité sur l'accumulation de proline

La proline est l'un des acides aminés les plus importants qui s'accumulent dans les plantes basses et haut de gamme lorsqu'elles sont exposées au stress hydrique et salin (**Alam et Azmi,1990**), joue un rôle prophylactique osmotique efficace (**Roosens,1998**), car la proline s'accumule chez les plantes à stress supérieur en stimulant sa synthèse et en stoppant le processus de sa destruction (**Delauneg et Verma,1993**), L'exposition des plantes a un excès de Na Cl entraîne l'accumulation de proline en grande quantité, ce qui entraîne une toxicité pour cette plante

Partie 1 : Revue bibliographique

et accompagnée d'une augmentation de la quantité de sucre. Afin de se débarrasser de la toxicité de la proline et de l'augmentation du Na Cl dans la cellule végétale a augmenté sa toxicité proline pour réduire cette toxicité, la proline doit être démolie en réduisant la proline hydrogénas car le catabolisme de la proline est inhibé dans les conditions du sel et le stress hydrique (**Peng et al.,1996**), la concentration de proline augmente avec l'augmentation des concentrations de la salinité (**Khalid et al.,2009**)

❖ L'effet de la salinité sur l'accumulation des sucres

Selon (**Locy et al.,1990**) ont trouvé que l'augmentation de la teneur en sucres solubles et réducteurs dans les plantes stressées à une relation avec une forte teneur en chlore et une diminution de la teneur en potassium, conduit à une ce qui entraîne une diminution des sucres solubles, ce qui conduit à une diminution de la croissance, la salinité active les glucides totaux tels que les disaccharides, en particulier le saccharose, et réduit les monosaccharides tels que le glucose (**in Bouchema et al ,2014**)

II.2.4. La tolérance des plantes a la salinité

Certains végétaux disposent d'un potentiel génétique pour la tolérance vis-à-vis des stress environnementaux. De plus, la variabilité intraspécifique que certaines plantes expriment pour la résistance au sel permet d'envisager la sélection de génotypes résistants contre le stress salin à l'aide d'indicateurs de tolérance a la salinité (**Ashraf et al.,2006**)

La tolérance a la salinité représente la capacité de la plante à maintenir la croissance sous conditions salines. Pour réaliser cela, la plante doit posséder le mécanisme pour tolérer la salinité (**Mahajan et Tuteja, 2008**), la tolérance a la salinité n'est pas un mécanisme qui est présent ou absent, c'est plutôt un phénomène qui prend différents degrés d'expression variables selon les génotypes et les conditions de croissance (**Munns,2007**).

Deuxième Partie : Etude Expérimentale

CHAPITRE 1 : Matériel et Méthode

1. L'objectif de l'essai

Cet essai a été réalisé sur deux variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) soumises à trois concentrations différentes de chlorure de sodium (Na Cl) :50 m Mol, 150 m Mol, 200 m Mol et un traitement n'ayant pas reçu de Na Cl constitue le témoin.

L'objectif de cet essai est de déterminer l'effet du stress salin sur la croissance de ces variétés du blé dur, en vue d'identifier leur niveau de tolérance a la salinité.

2. Présentation du site de l'essai

Le travail a été réalisé sur un site expérimental qui se trouve au niveau de la serre d'une ferme expérimental du département d'agronomie de la faculté des sciences de la nature et la vie, au cours de l'année académique 2021-2022.

3. Matériel végétal

3.1. Semences de blé dur

L'essai a été porté sur deux variétés de blé dur (**Waha**) et (**Simeto**) (**photo 1**). Les semences utilisées pour évaluer l'impact des différents traitements de Na Cl sur la germination et les paramètres de croissance (Hauteur des plantes, longueur de la racine principale, nombre de feuilles, surface foliaire) des deux variétés étudiées ont été fournies par (ITGC) de El kharroub Constantine

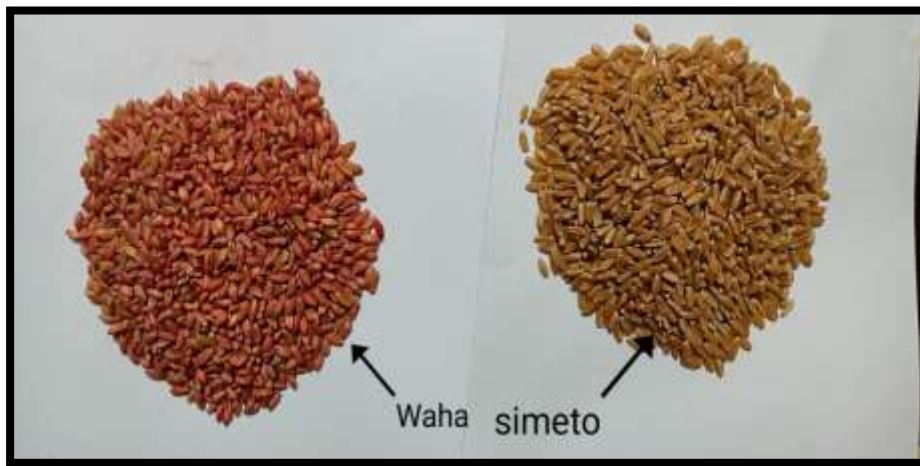


Photo 1 : Photo représente les graines des deux variétés testées (**photo personnelle**).

3.2. Origine et caractéristiques des variétés

L'origine, le type variétal et les caractéristiques de chaque variété sont regroupés dans le (Tableau 02).

Tableau 2 : Les deux génotypes étudient leurs origines et leurs principales caractéristiques. (Haloui,2011)

Génotype	Origine	Principales caractéristiques
Simeto	Italie	<p>Caractéristiques variétales : Semi-précoce de type hiver a tallage fort avec un rendement en grain optimal : 50qx/ha et de poids de mille grains moyens, elle est tolérante au froid est sensible à la sécheresse. Tolérante à la verse.</p> <p>Caractéristiques technologiques : assez résistante à la moucheture et de qualités très bonnes.</p>
Waha	CIMMYT	<p>Caractéristiques variétales : Tardive à la sécheresse en semis précoce a paille courté (inferieur à 100cm) elle est sensible à la rouille brune et au piétin échaudage le grain est claire ambré à roux</p> <p>Caractéristiques technologiques : bonne résistance à la moucheture et semoule assez bonne.</p>

4. Méthode d'étude

4.1. Solutions salinées de Na Cl

Concentration des solution salines utilisées

- Concentration témoin **C0** : 0m Mol de Na Cl
- Concentration **C1** : 50m Mol de Na Cl
- Concentration **C2** : 150m Mol de Na Cl
- Concentration **C3** : 200 Mol de Na Cl

4.2. Préparation de grain :

L'expérience a été menée dans la serre du complexe Boukadoum à l'**Université de Skikda 20 aout 1955**

Dans l'expérience, 24 pots de 25 cm de diamètre et de 28 cm de hauteur ont été utilisés, répartis en deux motifs à raison de 12 répétitions (12 pots) pour chaque génotype comme suit : 2 génotypes *12 répétitions =24 unité expérimentales, reparties selon (**Tableau 3**)

Les pots ont été remplis de terre agricole sèche qui a été tamisée sur une épaisseur de 2mm pour devenir fine récupérée a la pépinière universitaire (le jardin botanique), Le semis est pratiqué à raison de 10 grains par pot et pour chaque concentration, Les pots témoins sont irriguée seulement à l'eau distillée pendant la période d'application du stress par contre les pots stressés sont irrigués par les différentes solutions salines (50 mM ; 150 mM et 200 mM). L'effet du stress est évalué à travers différentes mesures des paramètres étudiés.

4.3. Dispositif expérimental

L'expérimentation est conduite sous serre durant 100 jours, du au 15 février 2022 jusqu'au 25 mai 2022. (**Tableau 2, et photo2**)

* Nous avons réalisé des répétitions un taux de 4 fois pour chaque concentration dans chaque Variété $2 \times 4 \times 4 = 24$ unités expérimentales.

Tableau 3 : La distribution des unités expérimental et les répétitions composées dans les pots.

	V 1 : Waha				V 2 : Simeto			
	C0	C1	C2	C3	CO	C1	C2	C3
R1	V1C0R1	V1C1R1	V1C2R1	V1C3R1	V2C0R1	V2C1R1	V2C2R1	V2C3R1
R2	V1C0R2	V1C1R2	V1C2R2	V1C3R2	V2C0R2	V2C1R2	V2C2R2	V2C3R2
R3	V1C0R3	V1C1R3	V1C2R3	V1C3R3	V2C0R3	V2C1R3	V2C2R3	V2C3R3

L'étude a été mise en pratique sur « 24 » unité expérimentales.

Les concentrations : C0 :0g/l (eau distillé) C1 :2.92g/l C2 :8.77g/l C3 :11.68g/l

Les variétés : V1 : WAHA V2 : SIMETO

Les répétitions : R1, R2, R3,



Photo 02 : Essai de croissance dans les pots et sous serre (Photos personnelles)

4.4. Application de stress

Le stress a été appliqué à trois stades du cycle de vie de la plante, la première application 21 jours après la plantation dans la troisième étape du feuillage. La deuxième application 24 jours après la première application

5. Paramètres étudiés

5.1. La surface foliaire

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 : $SF = (pf - sq) / pq$



Photo 03 : Essai de la surface foliaire (Photo personnelle)

5.2. 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 85°C, pendant 48 h. La TRE est déduit par la formule suivante:

$$\text{TRE(\%)} = 100 \left[\frac{\text{PF} - \text{PS}}{\text{PT} - \text{PS}} \right]$$

5.3. Longueur de la plante

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

5.4. 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 supérieur des barbes.

5.5. 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.

5.6. Teneur en chlorophylle

L'extraction de la chlorophylle est réalisée dans le mélange de l'acétone et de l'éthanol (75% et 25%) de volume et de 80% et 20% de concentration.

En effet, 100 mg de matière végétale coupée en petits morceaux (les feuilles sont mises dans des boîtes noires pour éviter l'oxydation de la chlorophylle par la lumière) est ajouté 10 ml d'un mélange d'acétone et d'éthanol de volumes respectifs 75 et 25 % moyennant deux concentrations

de 80 et 20%. Après 10 min de centrifugation à 5000 tours.mn-1 à 4C°, on procède à la lecture des densités optiques des solutions avec un spectrophotomètre, à deux longueurs d'ondes (645 et 663 nm). Les concentrations en chlorophylles totales (Chlorophylles a et b), exprimées en mg. g-1 de matière fraîche MF sont données selon les formules:

$$\text{Chl a } (\mu\text{g/g MF}) = 12,7 \text{ Do}(663) - 2,69 \text{ Do } (645)$$

$$\text{Chl b } (\mu\text{g/g MF}) = 22,9 \text{ Do } (645) - 4,68 \text{ Do } (663)$$

$$\text{Chl (a+b)} (\mu\text{g/g MF}) = 8.02 \text{ Do}(663)+20.20 \text{ Do } (645)$$

V : volume solution extraite

W : le poids de matière fraîche de l'échantillon



Photo 04 : Essai de teneur en chlorophylle (Photos personnelles)

5.4. Dosage des sucres soluble :

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

On laisse à température ambiante pendant 48 h à l'obscurité. Au moment du dosage les tubes sont placés dans l'étuve à 80°C pour faire évaporer l'alcool. Dans chaque tube on ajoute 20ml

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

On obtient une solution jaune orange à la surface, on passe au vortex pour homogénéiser la couleur de la solution. On laisse les tubes pendant 10min et on les place au bain-marie 10-20 min à une température de 30°C. (La couleur de la réaction est stable pendant plusieurs heures). Les mesures d'absorbances sont effectuées à une longueur d'onde de 485nm. (Mouellef, 2010)

Enfin des résultats des densités optiques sont rapportés sur une courbe d'étalon (Figure 08) pour sucres solubles (exprimés en glucose).

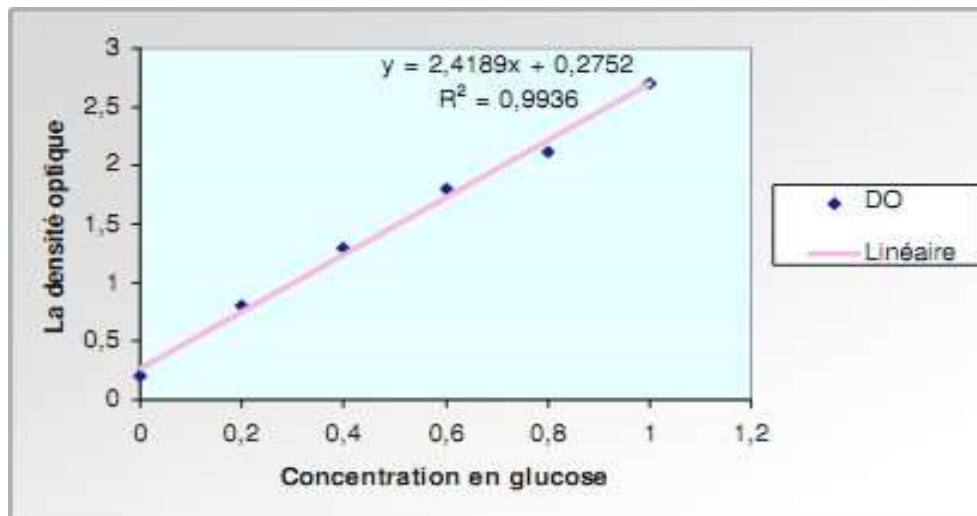


Figure 08 : Courbe étalon du dosage des sucres solubles (Mouellef, 2010).



Photo 05 : Essai de la teneur en sucre soluble (**photos personnelles**)

6.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 « Excel STAT version2014 »

Chapitre II : Résultats et Discussion

1. La longueur de la plante

Concernant, La Longueur de la Plante. Illustré par la **Figure (09)** des deux variétés (Waha et Simeto), et aux cours de traitement sous un stress salin.

La croissance en longueur des plantes a été enregistrée entre 63.5 cm et 57.66 cm pour le témoin. En effet, les concentrations (C1 50mMol) et (C2 150 mMol) et (C3 200 mMol) de Na Cl provoquer une diminution de l'allongement des plantes respectivement avec des pourcentages (-31.76% et -26.29%), (-30.70% et -10.40%), (-40.15% et -8.67 %) comparativement aux témoins pour les variétés (Waha et Simeto).

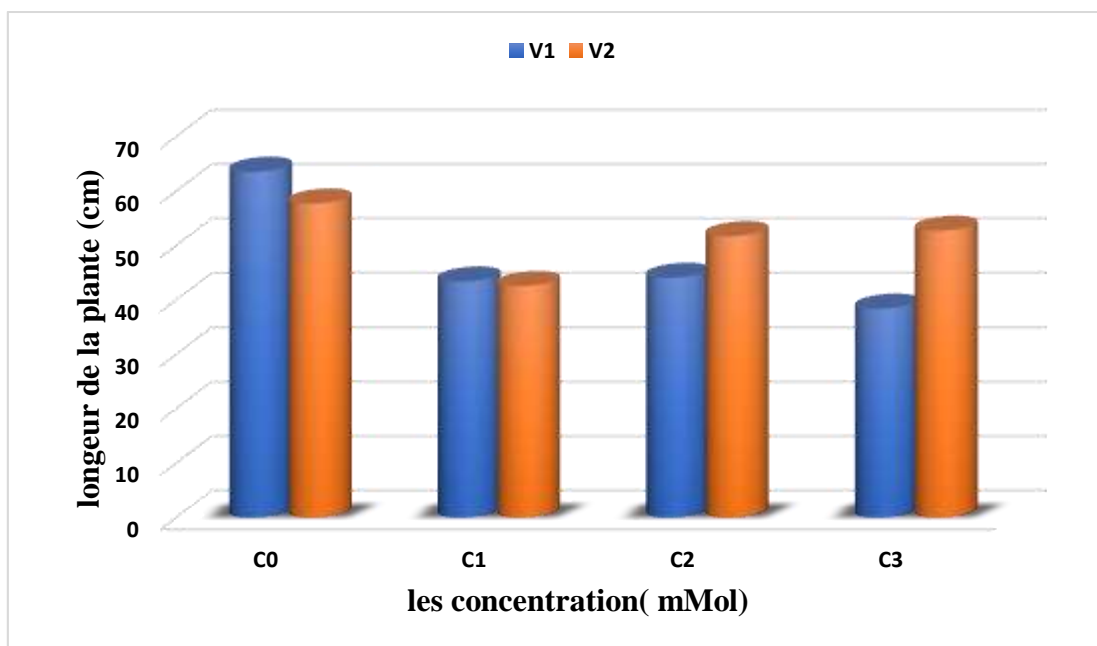


Figure 09 : La longueur de la plante (Cm) pour les deux variétés de Blé dur soumises aux différentes concentrations de Na Cl (mMol)

L'analyse de la variance (**ANOVA**) de la longueur de plante, donne une différence non significative entre le génotype et l'interaction (variété × conc) mais chez la salinité donne un résultat hautement significatif (**Annexe 01**).

Le test **NEWMAN-KEULS** au seuil 5%, class le facteur variété indique un groupe homogène (A) porte le génotype Simeto et Waha avec des moyennes générales maximale respectivement de 51,16%, et 47,29%.

Le 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 60 ,58%. Le deuxième groupe (B) correspond au traitement de stress qui ont (50, 150,200 mMol) avec des moyennes générales respectivement de (42,91, 47,90,45,50%).

L'effet dépressif de la salinité sur la croissance des plantes en hauteur, ce qui est en accord avec les résultats de **Garcia-Legaz et al., (1993)** qui ont montré que la salinité affecte négativement la croissance de la partie aérienne de la plante.

La réduction de la hauteur des plantes sous l'effet du stress salin n'est pas un bon indicateur de la tolérance ou de la sensibilité d'un génotype. En effet, plusieurs travaux conduits sur le blé dur indiqueraient que la réduction de l'accroissement des tiges serait une stratégie d'adaptation à la contrainte saline (**Ben Naceur, 2001 ; Saqib, 2004**). Selon **Ben Naceur et al., (2001)** et **Hameed et al., (2008)**, l'effet de la salinité se traduit généralement par une réduction de la croissance végétative. En effet, ce stress retarde la croissance des pousses qui sont plus sensibles au sel que les racines **Läuchli et Epstein, (1990)**, et cette baisse peut être expliquée par un raccourcissement des entre nœuds.



Photo 06 : L'effet de la concentration de Na Cl sur la longueur des plantes (**photo personnel**)

2.Teneur relative en eau (TRE)

Selon les résultats obtenus sur **la Figure (10)** l'évolution de la teneur en eau des deux variétés de blé dur étudiées a montré que la teneur relative en eau diminue.

La figure montre que la teneur en eau a été très élevée pour le témoin enregistré entre 60.33 cm et 65 cm respectivement pour les variétés (Waha et Simeto)

La variété traitée a une concentration de (150 m Mol) Na Cl est provoquer une diminution de teneur en eau avec des pourcentages -14.38% et -40.53 % comparativement aux témoins respectivement pour les variétés (Waha et Simeto).

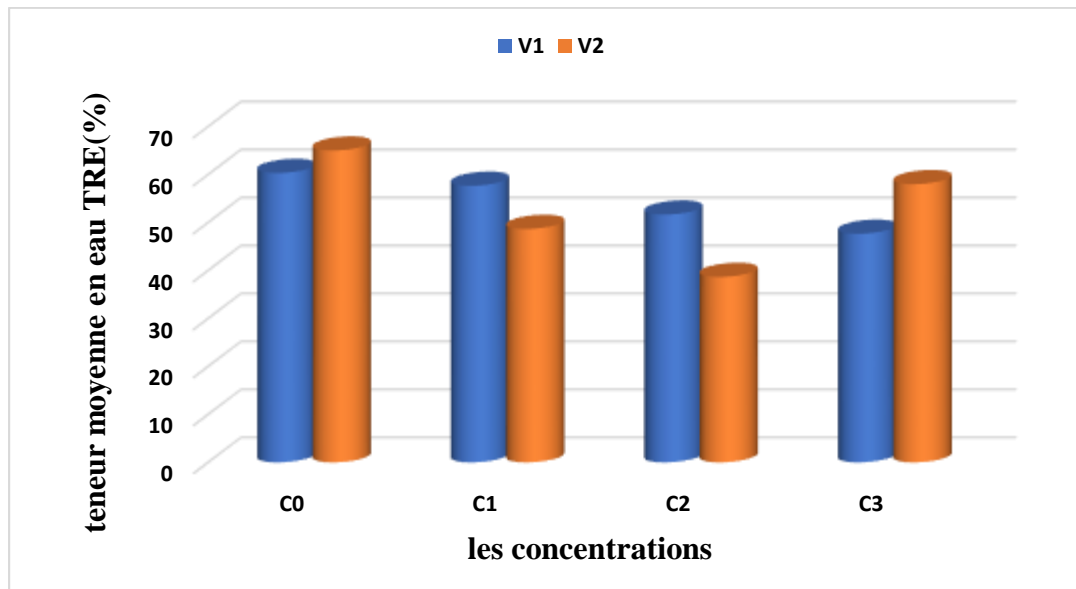


Figure 10 : La teneur relative en eau (g) pour les deux variétés de blé dur soumise aux différentes concentrations de Na Cl (m Mol)

L'analyse de la variance (**ANOVA**) de la teneur relative en eau, donne un résultat significatif entre la salinité et le facteur interaction (Con x Variété), et non significative pour le génotype (**Annexe 02**)

Le test **NEWMAN-KEULS** au seuil 5%, classe le facteur variété en un seul groupe, groupe (A) porte le génotypes (Waha) avec une moyenne générale maximale de 54.33% et le génotype Simeto avec une moyenne générale de 52.58%.

Le test **NEWMAN-KEULS** au seuil 5%, pour le facteur salinité en trois groupes, groupe (A) le témoin avec une moyenne générale de 62.66%, le groupe(B)porte le traitement qui ont (150 m Mol) avec une moyenne de 45.16% et deux groupes homogènes (AB) de deux concentration **C1** (50 m Mol) et **C3** (200 m Mol) avec moyenne générale respectivement 53.16% et 52.83%.

Le manque d'eau induit chez les plantes stressées une diminution du contenu relatif en eau (**Albouchi et al.,2000**). Les moyens montrent que le déficit hydrique entraîne une chute de la TRE chez toutes les variétés plus significatives chez le blé dur que le blé tendre. La teneur en eau des feuilles de blé dur diminue proportionnellement avec la réduction d'eau contenue

dans le sol (Bajji et al., 2001). La diminution de TRE chez la variété Waha est très élevé, donc cette variété est très sensible au stress hydrique que la variété Bousselam.

Les différents résultats obtenus montrent que le sel réduit la teneur relative en eau des feuilles chez tous les génotypes étudiés. (Strogonov,1964) affirme que le sel diminue la transpiration des lycophytes, conséquence ou cause de la diminution de la transpiration, ainsi l'absorption hydrique par les racines est également réduite.

3.Surface foliaire

A partir des résultats la **Figure (11)**, 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 (13)**, La hauteur moyenne de la surface foliaire dans le témoin en l'absence de sel a été enregistrée entre 13.66 cm² et 15.33 cm², respectivement, pour les cultivars (Waha et Simito).

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 -12.15% et -17.41 % comparativement aux témoins respectivement pour les variétés (Waha et Simeto).

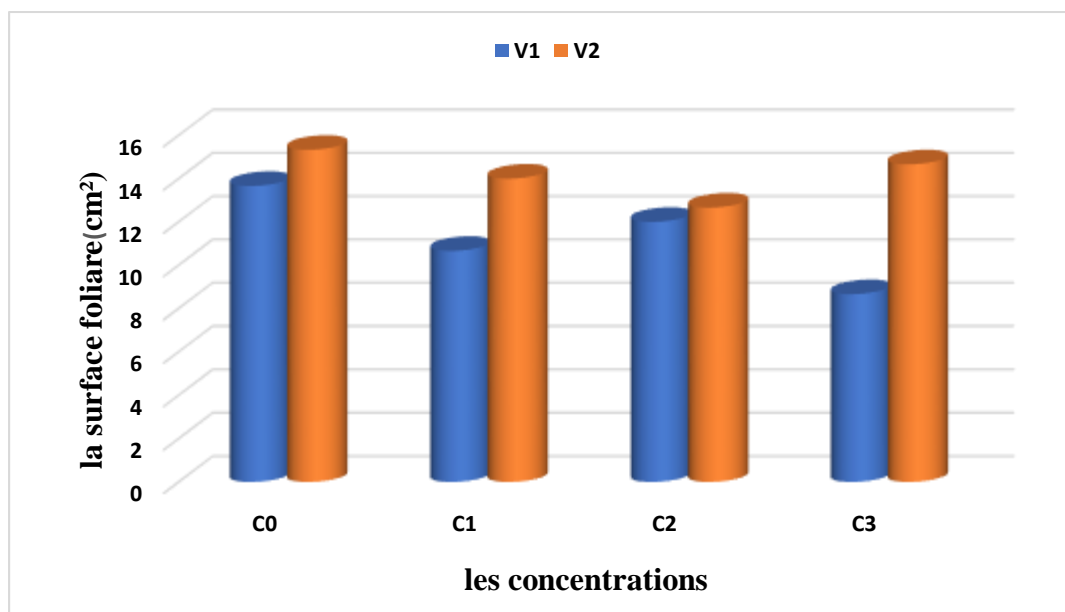


Figure 11 : La surface foliaire (cm²) pour les deux variétés de blé dur soumise aux différentes concentrations de Na Cl (m Mol)

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

Le test **NEWMAN-KEULS** au seuil 5%, class le facteur variété en deux groupes homogènes. Le groupe (A) porte le génotype Simeto avec une moyenne générale maximale de 14.16% alors que le deuxième groupe (B) porte le génotypes Waha avec une moyenne générale de 11.16%

Le test **NEWMAN-KEULS** au seuil 5% pour le facteur salinité indique un seul groupe homogène (A) correspond au témoin avec une moyenne générale de 14.33% et au traitement qui ont (50 m Mol ,150 m Mol) avec une moyenne générale de 12.33% et au traitement qui ont (200 m Mol) avec une moyenne générale de 11.66%.

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 **Bennacer et al. (2001)**, ont rapporté une réduction de la surface foliaire chez quelques variétés de blé arrosées avec de l'eau salée.

4.Longueur de l'épis sans barbe

Les résultats de la longueur de l'épi sans barbe des deux variétés (waha et Simeto) aux cours de traitement sous un stress salin illustrés dans la **Figure (12)**

On observe que le sel a un effet inhibiteur sur ce paramètre qui se traduit par une diminution de la longueur de l'épi sans barbe en fonction de l'augmentation de la salinité dans le milieu.

La croissance en longueur de l'épi sans barbe a été enregistrée entre 4,93 et 4,16 cm pour les témoins. En effet, la concentration (50 m MOL) de Na Cl provoquée une diminution de la longueur

de l'épi sans barbe avec des pourcentages de -35,90% et -27,88% comparativement aux témoins, respectivement pour les variétés (Waha et Simeto)

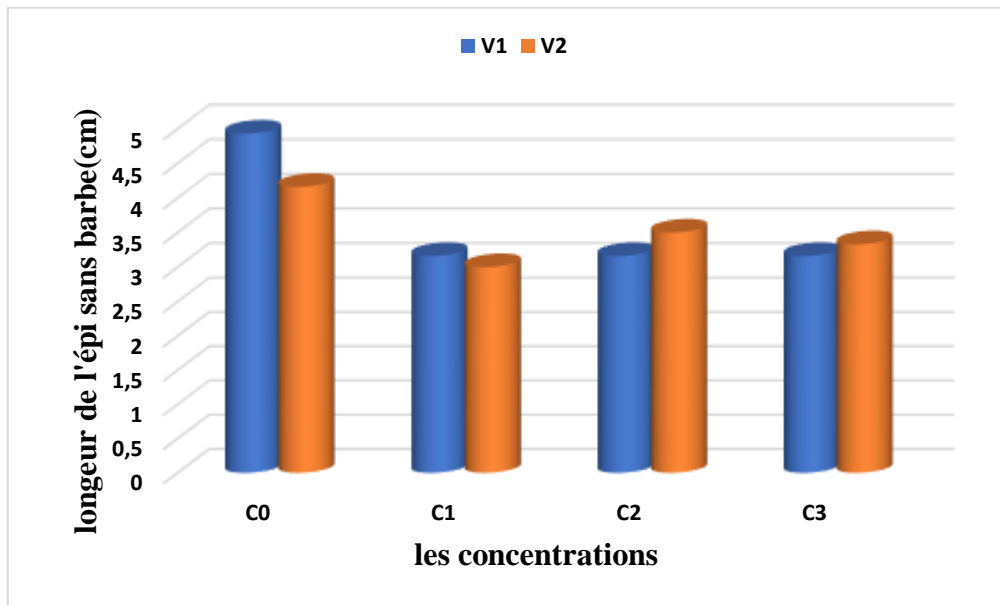


Figure 12 : Effet de la concentration de Na Cl sur la Longueur de l'épi sans barbe chez les deux variétés de blé dur (Waha et Simeto)

L'analyse de la variance (**ANOVA**) de longueur de l'épi sans barbe, donne un résultat non significatif entre le génotype et la salinité et le facteur interaction (var x con) (**Annexe 04**)

Le test **NEWMAN-KEULS** au seuil 5%, classe le facteur variété a un seul groupe (A). Le groupe (A) porte le génotype Waha avec une moyenne générale maximale de 3,60% et Simeto avec une moyenne générale de 3.50%

Le test **NEWMAN-KEULS** au seuil 5%, pour le facteur salinité en deux homogène A et B. Le groupe (A) porte le témoin avec une moyenne générale de 4,55,0%, et le groupe B porte les traitements suivants : C1 (50mMol) avec une moyenne générale de 3,08%, C2 (150Mmol) avec une moyenne générale de 3.33%, C3 (200mMol) avec une moyenne générale de 3,25%.

La longueur de l'épi est un indice de rendement, car l'épi assure une activité photosynthétique importante au cours du remplissage du grain (Biscope et al., 1975). En cas de stress salin, la photosynthèse de l'épi participe relativement plus au remplissage que la feuille étandard (Bammoun, 1997). La perte d'eau sera limitée lorsque la plante a un épi de courte barbe (Febrero et al., 1990)

5. Longueur de l'épi avec barbe

Concernant les mesures de la longueur de l'épi avec barbe des deux variétés (Waha et Simeto), aux cours de traitement sous un stress salin sont rapportées dans la (Figure 13)

On observe que la longueur de l'épi avec barbe est très élevée pour le témoin enregistré entre 15,76 cm et 13 cm

Les variétés traitées à une concentration de 50 m Mol connaît une diminution de la longueur de l'épi sans barbe avec des pourcentages de 46,75%, et 30% comparativement aux témoins, respectivement pour les variétés (Waha et Simeto)

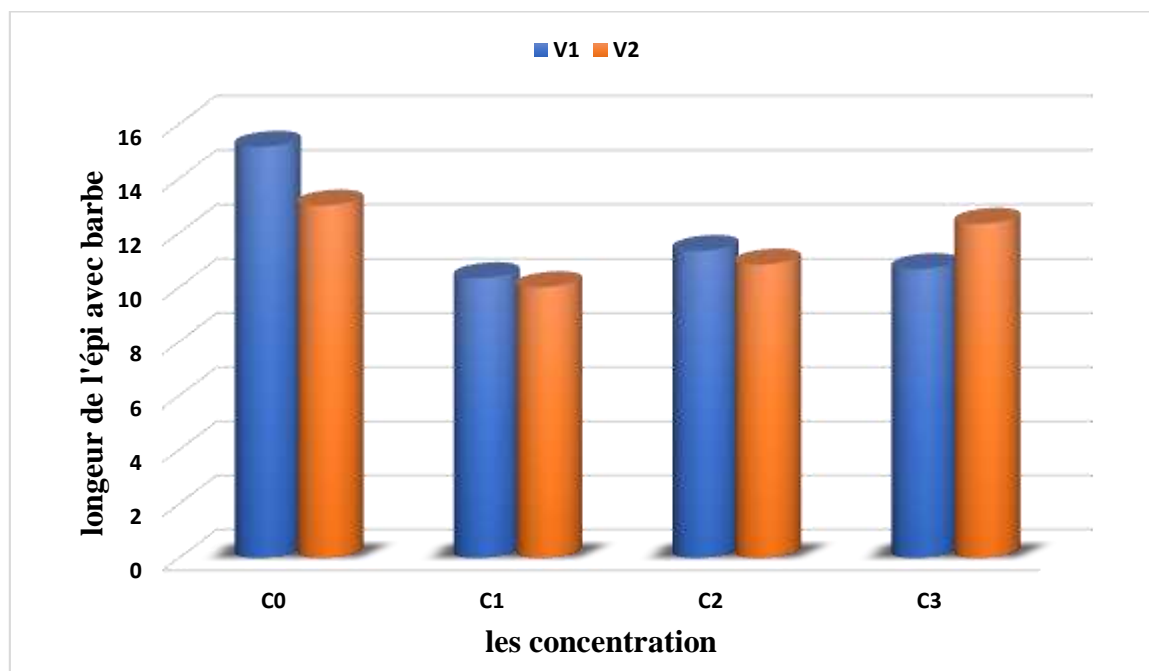


Figure 13 : Effet de la concentration de Na Cl sur la Longueur de l'épi avec barbe chez les deux variétés de blé dur (Waha et Simeto)

L'analyse de la variance (ANOVA) de longueur de l'épi avec barbe, donne un résultat non significatif entre la salinité et le facteur interaction (var x con), et un résultat significatif entre le génotype. (Annexe 05).

Le test **NEWMAN-KEULS** au seuil 5%, classe le facteur variété a un seul groupe (A). Le groupe (A) porte le génotype Waha avec une moyenne générale maximale de 11,87% et Simeto avec une moyenne générale de 11,54%.

Le test **NEWMAN-KEULS** au seuil 5%, pour le facteur salinité en trois groupe (deux groupe homogène A et groupe B différent). Le groupe (A) porte le témoin avec une moyenne générale de 14,08%, et le groupe (B) porte le traitement qui ont 50 m MOL avec une moyenne générale 10,16 %, et le groupe AB porte les traitements de C2(150Mmol) et C3(200Mmol) respectivement avec une moyenne générale 11,08% ,11,50%.

La longueur des barbes est un paramètre morphologique qui semble également étroitement lié à la tolérance au stress salin terminal tout au moins chez le blé dur (**Hadji christodoulou, 1985**), de même pour **Grignac (1965 in Cheraf et Touabet 2013)**, dans le cas de WH. Les barbes, par leur port dressé et leur position au voisinage immédiat de la graine, conditionnent sa formation (**Gate et al., 1993**).

6. Teneur en chlorophylle a et b et (a+b)

6.1. Teneur en chlorophylle (a)

La teneur en chlorophylle est affectée par la salinité. Selon la (**Figure 14**) l'analyse de variance on observe des différences significatives entre les différents génotypes, et au sein du même génotype d'un niveau de traitement à l'autre. Les valeurs de la teneur en chlorophylle chez les témoins, s'étalent de 12.5 µg/g MF et 14.71 µg/g MF respectivement pour les variétés (Waha et Simeto). Ils présentent une valeur d'abaissement chlorophylle de 10.19 µg/g MF pour Waha et 10.66 µg/g MF pour Simeto dans le premier niveau de.

Cependant, la variété Waha a montré une augmentation de la teneur en chlorophylle en présence de sel de 48,32 % à une concentration de 150 g, contrairement à la variété Simeto

avec une diminution de -21,01 % ; ainsi, la dernière concentration a connu une diminution de pourcentages différents par rapport au témoin pour (Waha et Simto)

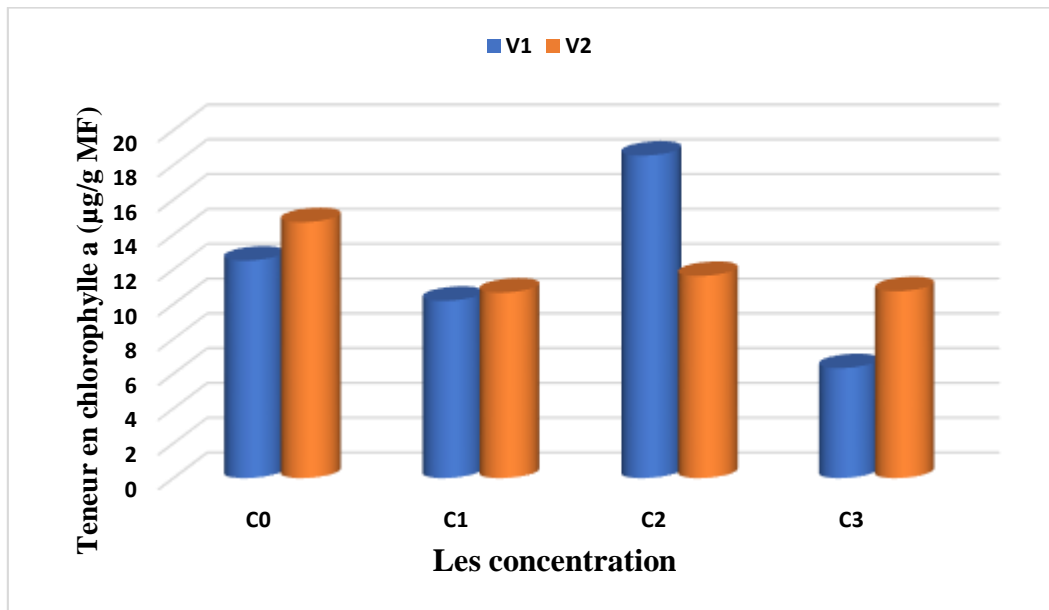


Figure 14 : Effet de la concentration de Na Cl sur la teneur en chlorophylle a chez les deux variétés de blé dur (Waha et Simeto)

L'analyse de la variance (**ANOVA**) de teneur en chlorophylle a, donne un résultat non significatif entre la salinité et le facteur interaction (var x con), et un résultat significatif entre le génotype. (**Annexe 06**)

Le test **NEWMAN-KEULS** au seuil 5%, classe le facteur variété a un seul groupe (A). Le groupe (A) porte le génotype Waha avec une moyenne générale maximale de 11,88% et Simeto avec une moyenne générale de 11,93%.

Le test **NEWMAN-KEULS** au seuil 5%, pour le facteur salinité en deux groupe homogène A et groupe B. Le groupe (A) porte le témoin avec une moyenne générale de 13,608% et le deuxième traitement de 150 m Mol avec une moyenne générale de 15.082 %, et le groupe (B) porte le traitement qui ont 50m MOL avec une moyenne générale 10,430 %, et le traitement qui ont C3 (200 m Mol) avec une moyenne générale de 8.532%.

A travers ces résultats, nous concluons qu'il existe une relation inverse entre les concentrations de salinité et la quantité de chlorophylle (a) (**Ross et Salisbery ,1992**) et à une diminution du potentiel hydrique de la feuille, qui provoque une diminution de la production d'énergie lors des réactions photovoltaïques, et cette diminution peut être dû au résultat de la photosynthèse qui a fermé les stomates suite au manque de pression de remplissage dans les cellules de garde et cela conduit à une diminution de la quantité de CO₂ selon (**Levitt, 1989**). Conforme à ce qui a été trouvé par (**Kandil, 2000**) sur la plante de blé, où il a été prouvé que la salinité agit sur les ruines de la chlorophylle.

6.2. Teneur en chlorophylle b

Concernant les mesures de la teneur en chlorophylle b des deux variétés (Waha et Simeto), aux cours de traitement sous un stress salin sont rapportées dans la (**Figure 15**)

On observe que la teneur en chlorophylle pour le témoin enregistré entre 3.95 µg/g MF et 6.12 µg/g MF

La variété Waha traitée avec une concentration de 50 m Mol connaît une augmentation de la teneur en chlorophylle b d'un pourcentage de 67.84 % par rapport aux témoins, et la variété Simeto a été exposée à une diminution de la teneur en chlorophylle b par rapport au témoin de pourcentages de -46.73%.

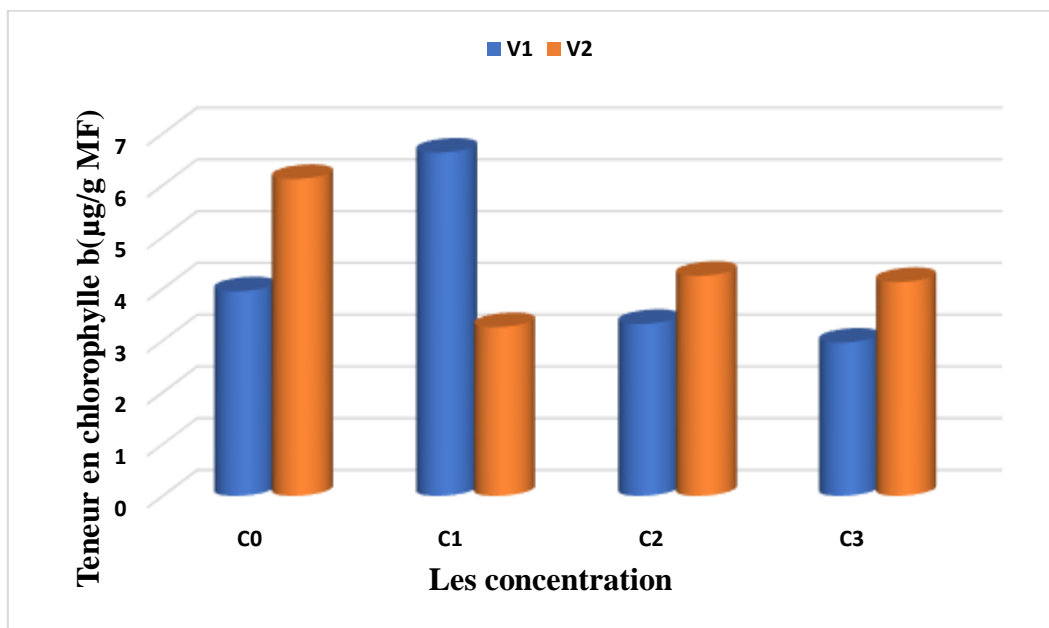


Figure 15 : Effet de la concentration de Na Cl sur la teneur en chlorophylle b chez les deux variétés de blé dur (Waha et Simeto)

L'analyse de la variance (**ANOVA**) de teneur en chlorophylle b, donne un résultat non significatif pour le facteur interaction (Con x Var), et un résultat significatif entre la salinité le génotype. (**Annexe 07**)

Le test **NEWMAN-KEULS** au seuil 5%, classe le facteur variété a un seul groupe (A). Le groupe (A) porte le génotype Waha avec une moyenne générale maximale de 11,88% et Simeto avec une moyenne générale de 11,93%.

Le test **NEWMAN-KEULS** au seuil 5%, pour le facteur salinité en deux groupe homogène A et groupe B. Le groupe (A) porte le témoin avec une moyenne générale de 13,608% et le deuxième traitement de 150 m Mol avec une moyenne générale de 15.082 %, et le groupe (B) porte le traitement qui ont 50m MOL avec une moyenne générale 10,430 %, et le traitement qui ont C3 (200 m Mol) avec une moyenne générale de 8.532%.

L'observation des résultats des contenus chlorophylliens (a), (b), montre que les deux variétés ont été influencées négativement par le stress salin. En effet, la plus forte dose appliquée (200m Mol) de Na Cl (stress sévère) a affectée le contenu en chlorophylle (a), chez les 2 variétés étudiées. Signalons en outre, que cette même concentration a induit une chute plus prononcée chez les variétés (Waha et Simeto).

Concernant la chlorophylle (b), on a noté également un effet identique chez les deux variétés traitées avec les solutions salines, Ces résultats sont en accord avec d'autres travaux déjà réalisés par, **El Iklil (2001)**, **Cheikh M'hamed (2008)** et **Tahri (1998)**. Par contre, l'application du stress modéré (3 g/l) de NaCl induit une augmentation notable du contenu en chlorophylle (a) chez les variétés Waha et Gta. Ce même phénomène a été noté chez la tomate (**Sharaf et al., 1990**). L'explication plausible de la réduction des pigments photorécepteurs, notamment chlorophylle (a), (b) et caroténoïdes est donnée par **Tewari et Singh, (1991)**, comme étant une sensibilité des végétaux pendant une étape de la biosynthèse de la chlorophylle au sel (Na Cl) ; signalons par ailleurs, que la chlorophylle (b) est moins affectée que la chlorophylle (a). Dans le même ordre d'idées, le stress salin ou l'irrigation des plantes par des eaux salines provoque une altération du processus photosynthétique. La photosynthèse est nettement réduite par la fermeture des stomates et éventuellement la diminution de la

conductance des tissus du mésophylle foliaire, causé par la perte de turgescence d'une part et la dégradation des membranes cellulaires d'autre part, ce qui entraîne un frein à la diffusion du CO₂ dans les feuilles, ou encore la toxicité de certains ions du sel (Na⁺, Cl⁻) qu'engendrait une sénescence avancée des tissus, et aussi la baisse de l'activité enzymatique causée par le changement de conformation de la structure des enzymes (Parida et Das, 2005).

6.3. Teneur en chlorophylle totale

Concernant les mesures de la teneur en chlorophylle (a+b) pour les deux cultivars (waha et Simeto), lors des cycles de traitement sous stress salin il a été rapporté dans (Figure 16) Il a été observé que la teneur en chlorophylle diminue avec l'augmentation de la salinité par rapport au témoin le pourcentage de diminution était le suivant : -45.25% et -27.83% respectivement les variété (Waha et Simeto).

La variété Waha traité avec une concentration de 200 m Mol a connu une diminution de 82,66 % par rapport aux témoins, et le cultivar Simeto a présenté une diminution de la teneur en chlorophylle b par rapport aux pourcentages témoins de 38,56 %.

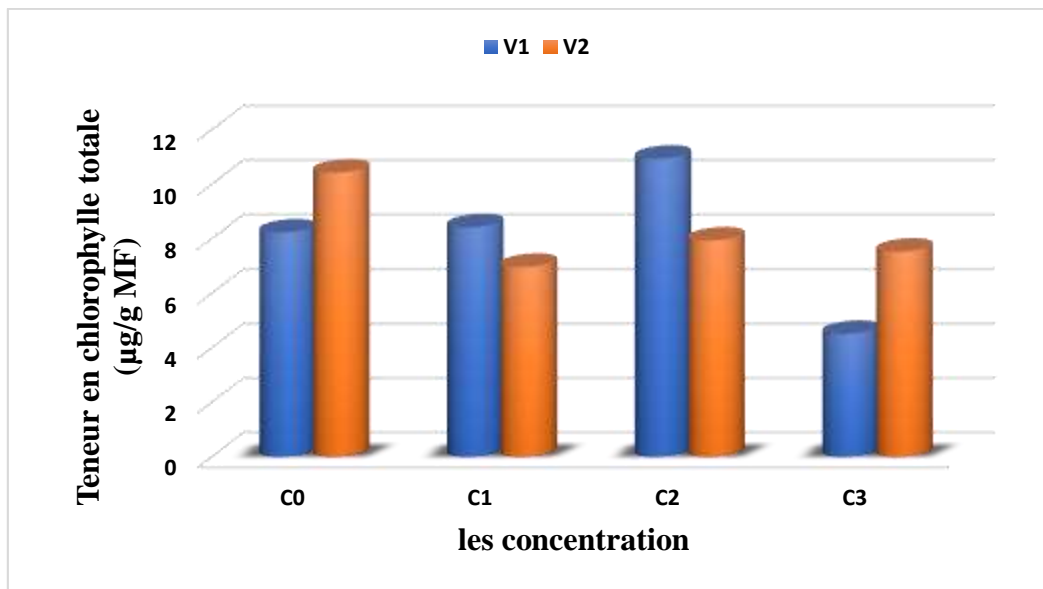


Figure 16 : Effet de la concentration de Na Cl sur la teneur en chlorophylle (a+b) chez les deux variétés de blé dur (Waha et Simeto)

L'analyse de la variance (**ANOVA**) de teneur en chlorophylle (a+b), donne un résultat significatif entre la salinité et le facteur interaction (var x con), et un résultat non significatif entre le génotype. (**Annexe 08**)

Le test **NEWMAN-KEULS** au seuil 5%, classe le facteur variété a un seul groupe (A). Le Groupe (A) porte le génotype Waha avec une moyenne générale maximale de 8.02% et Simeto avec une moyenne générale de 8.19%

Le test **NEWMAN-KEULS** au seuil 5%, pour le facteur salinité en trois groupes, deux groupe (A) et deux concentration **C0** et la concentration **C2** (150 m Mol) avec une moyenne générale 9.32% et 9.43% et le groupe (B) porte le traitement qui ont (200 m Mol) avec une moyenne de 5.97% et groupes homogènes (AB) C1 (50Mmol) avec une moyenne générale 7.69%

D'après **Richards et al. (1997)**, La persistance de la chlorophylle de la feuille étendard, celle des glumes et des barbes aident aussi à un meilleur remplissage du grain, sous stress.

Acevedo et Ceccarelli (1989) mentionnent eux aussi que la diminution de la chlorophylle chez l'orge (*Hordeum vulgare* L.) est liée au niveau de tolérance des génotypes au stress hydrique.

Nos résultats confèrent avec ceux de **Azizov et al, 2013**, de ce fait, on peut dire que la teneur en chlorophylle pourrait être utilisée comme critère pour le screening de la tolérance au sel du blé.

7.La teneur en sucre

La figure (17), présente les variations de la teneur des sucres solubles des différentes variétés de blé étudiées en fonction de l'intensité du stress salin. On remarque une augmentation de la teneur en sucre soluble chez la variété (Waha) à toutes les concentrations croissantes de façon constante avec des pourcentage respectivement (15.78% ,35.08%, 34.21%) par rapport au témoin.

Chez la variété (Simeto) il y'a une augmentation de la teneur en sucre soluble aux concentrations C2 (150 m Mol) avec un pourcentage de 29.23 %

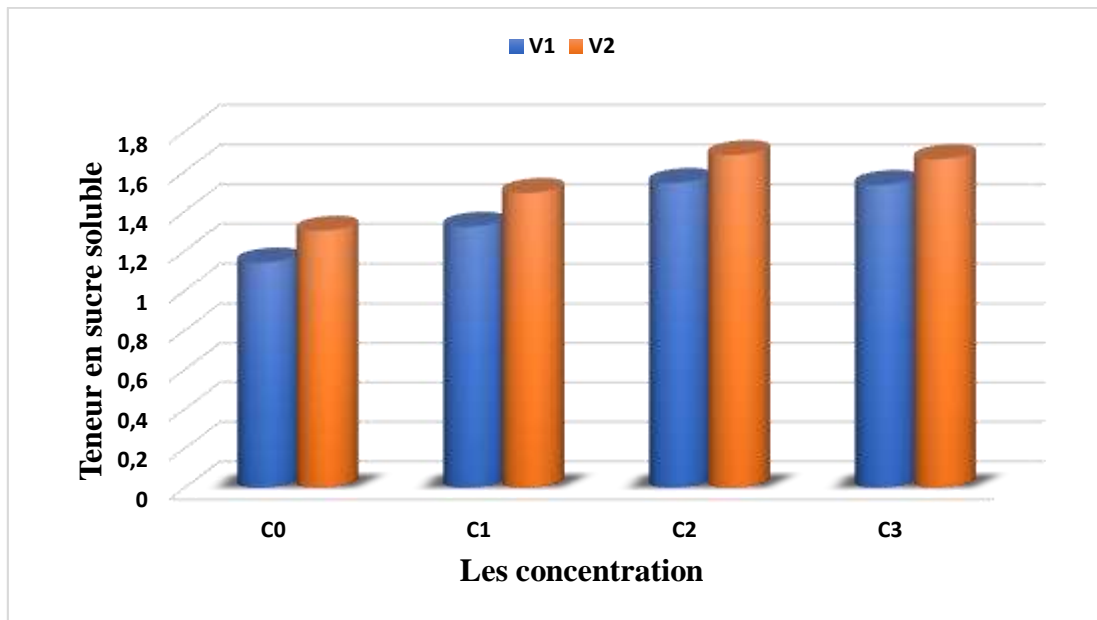


Figure 17 : Effet de la concentration de NaCl sur la teneur en sucre soluble chez les deux variétés de blé dur (Waha et Simeto)

L'analyse de la variance (**ANOVA**) de teneur en sucre, donne un résultat non significatif pour le génotype et le facteur interaction (Con x Var), et un résultat significatif pour la salinité. (**Annexe 09**)

Le test **NEWMAN-KEULS** au seuil 5%, classe le facteur variété en deux groupe (A) et (B). Le groupe (A) porte le génotype Simeto avec une moyenne générale maximale de 1.538% et le groupe (B) porte le génotype Waha avec une moyenne générale de 1.39%.

Le test **NEWMAN-KEULS** au seuil 5%, pour le facteur salinité en trois groupe homogène A, B, AB. Le groupe (A) porte le traitement C2 et C3 avec des moyennes générales respectivement 1.614% ,1.603% et le groupe (B) porte le témoin avec une moyenne générale 1.228%, et le groupe (AB) porte le traitement qui ont (50 m Mol) avec une moyenne générale de 1.409%.

L'accumulation des sucres solubles est un moyen adopté par les plantes en cas de stress, afin de résister aux contraintes du milieu (**Mouellef., 2010**). Les sucres solubles protègent les

membranes contre la déshydratation, en condition de déficit hydrique, ils participent en grande partie à l'abaissement du potentiel osmotique chez le blé. Les plantes stressées ont réagi par l'augmentation des quantités de sucres solubles au niveau de leurs cellules (**Hireche, 2006**).

Les sucres solubles sont considérés comme bio indicateurs du degré de tolérance à la salinité chez plusieurs espèces (**Rathert, 1984 ; Mishra et Dwivedi,1995**). En effet, ils jouent un rôle essentiel dans la protection des membranes contre la déshydratation (**Schwab et Gaff, 1986**). de nombreuses études ont trouvé que le stress salin provoque une augmentation de la teneur en sucres solubles chez la plupart des plantes soumises à un stress salin, tel que : le blé tendre (**Datta et al., 2009**) et l'orge (**Hassan et al., 2008**).

CONCLUSION

Conclusion

Conclusion

Le blé dur constitue une partie importante des ressources alimentaires de l'homme et de l'animal. Le stress hydrique est le principal facteur abiotique, qui limitent la production du blé dur (*Triticum durum* Desf). Est affecté tous l'aspect de croissance et le bon fonctionnement de plante. Pour éviter le manque d'eau, les plantes développent plusieurs mécanismes adaptatifs qui varient en fonction de l'espèce.

La salinité constitue un obstacle majeur pour la croissance des végétaux, la culture du blé dur se trouve confrontée à ce problème en Algérie. L'utilisation des variétés résistantes à la salinité est devenue impérative dans cet objectif

Dans cette étude ont porté sur l'adaptation des deux variétés de blé dur, semés aux différents niveaux de stress salin par l'ajout de différentes concentrations de Na Cl, appliqués au stade de croissance.

Au terme de ce travail, et dans le but de déterminer l'effet du stress salin sur les paramètres, morphologiques, biochimiques et physiologiques chez ces deux variétés de blé dur (Waha et Simeto), les résultats obtenus indiquent de façon générale que le stress salin diminue la longueur des plantes, la surface foliaire, la teneur relative en eau, la longueur de l'épi avec barbe et sans barbe, la teneur en chlorophylle a,b, totale et augmentation de la teneur en sucre soluble .

En fin, ces résultats demeurent infimes et peuvent être considérés comme résultats préliminaires, et doivent être confirmés par d'autres essais en augmentant les concentrations de Na Cl et en faisant d'autres tests avec les maladies biotiques.

Références bibliographiques

Les références bibliographiques

-A-

Abdelbasset B., Reda T., Ahmed B., Noureddine K., and Abderrahime B. (2010). Robe of salt stress on seed germination and growth of jojoba plant *Simmondsia chinensis*(LINK) Schneider. J. Biol 69(1):33-39

Abassenne F., Bouzerzour H. Hachemi L., (1998). Phénologie et production du blé dur (*Triticum durum* Desf) en zone semi-aride d'altitude. Annales Agronomique. INA ;18 :24-36.

Acevedo, E., Ceccarelli, S. (1989): Role of physiologist-breeder in a breeding program for drought tolerance conditions. In: FWG Baker, ed. Drought resistance in cereals, CAB International Wallingford, UK, PP. 117-139.

Ahmed B. (2010). The influence of salt stress on seed germination, growth, and yield of Canola cultivars. Notulae Botanicae Hort. Agrobotanica Cluj-Napoca. Vol 38(1)

Alam et Azmi, (1990). Effect of salt stress on germination growth, leafs 53hem.53i and mineral element composition of wheat cultivars Acta. Phys. Plant. P 215-220.

Albouchi A., Sebei H., Mezni M.Y. & EL Aouni M. H (2000). Influence de la durée d'une alimentation hydrique déficiente sur la production de biomasse, la surface transpirante et la densité stomatique d'*Acacia cyanophylla*. Annales de l'INRGREF, 4 :138- 161.

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

Aliakbar M. M., Kobra M. (2008). Salt stress effects on Respiration and growth of germinated seeds of Different Wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars J. Agricultur. Sci 4(3) : 351-358.

Al-Shahat Nasr Abu Zaid (2000). Hormones végétales et applications agricoles, maison d'édition arabe .577.547.681.238.111

Les références bibliographiques

Ashraf M, Mc Neilly T, Bradshaw AD. (2006). The potential for evolution of tolerance to sodium chloride, calcium chloride, magnesium chloride and seawater in four grass species. *New Phytologist*, 112(2): 245-254.

Al-Wahaibi. MH, (2009). Salinité et antioxydants. *Journal saoudien de biologie et de science*. 16(3) : 14-3

Anonyme., (1994). Historique de blé dur. 32 p.

Anti-polis S, (2003). Les cahiers du pleur bleu 2. PP 44-48.

Arbaoui M., Benkhelifa M., Belkhodja M (2000). Réponses physiologiques de quelques variétés de blé dur à la salinité au stade juvénile.

Arihm A. (2002). Cultivation of Field Crops, ISBN: 8-916-03-977, Alexandria, 306 pp.

Ashraf M and Idrees N. (1992). Variation in the germination of some salt-tolerant and salt-sensitive accessions of pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L). R. Br) under drought salt and temperature stresses. *Pak J Agric*. 1:15-20

Azizov I., Khanisheva M., Ibrahimova U, (2013): Effect of Salinity on Chlorophyll Content and Activity of Photosystems of Wheat Genotypes. In: *Photosynthesis Research for Food, Fuel and the Future. Advanced Topics in Science and Technology in China*. Springer, Berlin, Heidelberg

-B-

Bajji M., Lutts S., Kinet J-M. (2001). Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf aging in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.), cultivars performing differently in arid conditions. *Plant Sci*,160: 669-681.

Bahlouli F., Bouzerzour H., Benmahammed A., (2005). Selection of stable and high-yielding cultivar of durum wheat under semi-arid conditions. *Pakistan Journal of Agronomy*360-365.

Baldy C. (1992). Effet du climat sur la croissance et le stress hydrique des blés en Méditerranée occidentale. Dans : *Tolérance à la Sécheresse des Céréales en Zone Méditerranéenne*. Diversité Génétique et Amélioration Variétale, Montpellier 1992. Les Colloques de l'INRA, 64, pp : 83-100.

Les références bibliographiques

Bammoun A., (1997). Contribution à l'étude de quelques caractères morpho- physiologiques, biochimiques et moléculaires chez des variétés de blé dur (*Triticum turgidum* durum) pour l'étude de la tolérance à la sécheresse dans la région des hauts plateaux de l'Ouest Algérien. Thèse de Magistère, pp 1-33.

Ben Naceur M., Rahmoune Ch., Sdiri H., Meddahi M.L. et Selmi M., (2001). Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé. Sécheresse 2001 ; 12 ; pp : 167-174.

Ben Naceur M, Rahmoune C, Sdiri H, Meddahi M, Selmi M. (2001). Effet du stress salin sur la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé. Sécheresse, 12: 167-174.

Ben Mansours, Beddiar S, (2011). Etude de la variabilité intra spécifique de la tolérance aux stress salin du blé dur (*Triticum durum*) du stade germination pp13-14.

Benmahioul B., Daguin F. Kaid-Harche M. (2009). Effet du stress salin sur la germination et croissance in vitro du pistachier (*Pistacia vara* L.), Comptes Rendus Biologies 332(8), 752- 758.
IN MEMOIR

Bendjebel Ahlem,bensalama sabira (2021). Synthèse bibliographie sur l'effet du Stress salin sur la germination.

Belaid D., (1986). Aspects de la céréaliculture Algérienne. OPU, Alger, 207p.

Biscope P.V., Gallagher J., Littleton E.J., Monteinth K.L. et Scott R.K., (1975). Barley and its environment. Sources of assimilates. J. Appl. Eco ; mémoire mast présente par Khalfa N. 12 : 395. P53.

Brink, M., Belay,G .(2006). Ressources végétales de l'Afrique tropicale I. Céréales et légumes secs. Fondation PROTA Wageningen, Pays-Bas/Backhuys Publishers, Leiden, Pays-Bas /CTA, Wageningen, Pays-Bas. 328 pp.

Bonjean A. (2001). Histoire de la culture des céréales et en particulier celle de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) dossier de l'environnement de l'INRA, 21, pp :29-37

Les références bibliographiques

Boulelouah N. (2002). Analyse de la variabilité génotypique de l'absorption de l'azote chez le blé tendre. DEA.INA. Paris Grignon, 33p.

Bouchema A., Abdellah K., Antoine N. (2014). Modélisation et optimisation des paramètres des signaux EEG par les algorithmes génétiques. Proceeding of the biomedical Engineering international Conference, BIOMIC'14, 2014

Bouaouina S., Zid E., Hajji M (2005). Tolérance à la salinité, transports ioniques et fluorescence chlorophyllienne chez le blé dur (*Triticum turgidum* L.).

Bozzini, A. (1988). Origin, distribution, and production of durum wheat in the world. In Fabriani G. & Lintas C. (éd). Durum: Chemistry and Technology. AACCC (Minnesota). Etats-Unis : 1-16 p.

-C -

Carole A · Valérie L · Joël A · X. (2002). Intérêt nutritionnel de la couche à aleurone du grain de blé pp.545-556 du Vol.22 n°5, 2002

Chakib Alema*, Mustapha Labhililib, Kouider Brahmic, Mohamed Jlibened, Nasralhaq Nasrallahe, Abdelkarim Filali-Maltouf (2002). Adaptations hydrique et photosynthétique du blé dur et du blé tendre au stress salin.

Cheikh M'hamed H., Abdellaoui R., Kadri K., Ben naceur M & Bel hadj S., (2008). Evaluation de la tolérance au stress salin de quelques accessions d'orge (*Hordium vulgare* L.) cultivés en Tunisie. Sciences & Technologie, 28, 30-37.

Cherfia R. (2010). Etude de la variabilité morpho-physiologique et moléculaire d'une collection de blé dur Algérien (*Triticum durum* Desf.). Mémoire de Magistère en Biotechnologies végétales. Université Mentouri, Constantine. 118 pages.

Chiraz D.G., Rajia K., Fatma G., Saloua R., Larbi K. et Mohamed N.R. (2011). Euro. Journal. Sci. Research. 50(2), p208-217.

Chi Tam, (2012). Identification et caractérisation d'un canal chlorure, Atcleg, impliqué dans la réponse au stress salin chez *Arabidopsis thaliana*. Sciences agricoles. Université Paris Sud - Paris XI, 2012. Français. ffNNT : 2012PA112231ff. Fftel-00856592f

Les références bibliographiques

CIA, (2002). Conseil international des céréales. International Grains Council. World Grains

Clarke J.M., Norvell W.A., Clarke F.R. and Buckley T.W. (2002). The concentration of cadmium and other elements in the grain of near-isogenic durum lines. Can. J. Plant SCI. Revue canadienne de phytotechnie 82 : 27-33.

Clément G. et Prats J., (1970). Les céréales. Collection d'enseignement agricole. 2ème Ed. 351p.

Crête P. (1965). Précis de botanique. Tome II, systématique des angiospermes .2ème édition, Paris : 11-38

Croston R. P. et Williams J.T. (1981). A world survey of wheat genetic resources. IBRGR. Bulletin / 80/59, 37 p.

Couvreur F., (1981). La culture du blé se raisonne. Cultivar juin, pp 39-41.

-D-

Datta J., Nag S., Banerjee A & Mondal N., (2009). Impact of salt stress on five varieties of wheat (*Triticum durum*) cultivars under laboratory condition. Journal of Applied Sciences & Environmental Management., 13, 3, 93-97.

Delauney A.J. et Verna D.P.S. (1993). Proline biosynthesis and osmoregulation in lants

Djermoun A. (2009). La production des céréales en Algérie : Les principales caractéristiques. Nature and Technology, N° 01, Juin 2009, p 45-53.

-E-

El-Iklil Y., Karrou M., Mrabet R & Benichou M., (2001). Effet de stress salin sur la variation de certains métabolites chez *Lycopersicon esculentum* et *Lycopersicon sheesmanii*. Journal of Plant Sciences., 41, 177-183.

-F-

FAO (2008). FAO Land and Plant Nutrition Management Service (<http://www.fao.org/ag/agl/agll/spush>)

Les références bibliographiques

FAO, (2019). La production et les stocks des céréales aident à protéger les marchés alimentaires.

FAO, (2021). Les stocks mondiaux de céréales devraient croître, mais les échanges devraient diminuer par rapport au niveau record de 2020-2021.

Febrero A., Brot J., Brown R.H. et Araus J.L., (1990). The role of durum wheat ear as a photosynthetic organ during grain filling. In: advanced trends in photosynthetic, Mallorca, Spain (unpublished). P 53 mémoire mast présenté par Khalfa N.

Feillet P. (2000). Le grain de blé : composition et utilisation. INRA. Paris

Fredot E, (2005) : Connaissance des aliments. 1^{ère} édition. Lavoisier. Paris, 397p

Frédéric Bouchar, (2011) : Mesure de Salinité Réalisation d'un conductimètre

Fonzo N. (ed.), Araus J.L. (ed.). (2000). Durum wheat improvement in the Mediterranean region: new challenges. Zaragoza : CIHEAM, p. 239-243 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens ; n. 40

-J-

Jean-Paul Charvet. (1977). Le blé dans le monde. Evolution récente de la consommation, de la commercialisation et de la production. Annales de géographie, t. 86, N°478,1977.

Jean-pierre, (2018). GÉOSCIENCES_LA REVUE DU BRGM POUR UNE TERRE DURABLE, Jean-Pierre MONTOROI

Jamie L., Duane F., Gilles Q., Tracey., Peter J., Peter S., Albert T., (2012). Un guide de champ sur les stades de croissance des céréales, Ministère de l'agriculture, de l'alimentation et des affaires rurales de l'Ontario l'Université de Guelph et Bayer CropScience.

John H. (2001). Plant salt tolerance. Plant Science 6:66-71

-H-

Habash DZ, Kehel Z, Nachit M. (2009). Genomic approaches for designing durum wheat ready for climate change with a focus on drought. Journal of Experimental Botany, 60(10), 2805– 2815.

Les références bibliographiques

Haddad L., (2010). Contribution à l'étude de la stabilité des rendements du blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous climat méditerranéen. Mémoire de magister, université Ferhat Abbas, Sétif. 73pages.

Haddad, L., Bouzerzour, H., Benmahammed, A. Zerargui, H., Hannachi, A., Bachir, A., Salmi, M., Oulmi, A., Nouar, H., Laala, Z. (2016). Analysis of the phenotypic variability of some varieties of Durum wheat (*Triticum durum* Desf.) to improve the efficiency of performance under the constraining conditions of semiarid Environments. *Fundam Appl Sci*, 8(3): 1021-1036.

Hadji chistodoulou A. (1985). Stability performance of cereals in low rainfall areas as related to adaptative traits. In: drought tolerance in winter cereals. Srivastava J.P., Porceddu E., Acevodo E., Varma S.(éd). John Wiley and sons.UK: 191 -200 p.

Hameed M., Naz N., Ahmad M.S.A., Islam-ud-Din, Riaz A., (2008). Morphological adaptations of some grasses from the salt range, Pakistan. *Pak. J. Bot.*, 40: 1571-1578.

Hannachi A., Z. Fellahi, H.Bouzerzour, A.Boutekrabt., (2013) . Correlation, Path Analysis and Stepwise Regression in Durum Wheat (*Triticum Durum* Desf.) under rainfed conditions. *Journal of Agriculture and Sustainability.*, 3 (2):122-131.

Harnadez,S.(1997). Mécanisme physiologique et métaboliques de la résistance a la contrainte saline chez les végétaux supérieurs. Bibliographique, U.N.V. Rennu I, UFRSUEUMR CNRS. P20-653.

Hassan I., DellaL A., Belkhodja M., & Kaid-Harche M., (2008) . Effet de la salinité sur l'eau et certains osmolytes chez l'orge (*Hordeum Vulgare*). *European Journal of Scientific Research*, 23, 1, 61-69.

Henri M., Thomas L. (1995). Adventrop. Les adventices d'Afrique soudano sahélienne. Montpellier, France, CIRAD-CA éditeur, 640 p.

Hernandez J.A, Capas P.J, Comez M., Derio I.A. et Serreilla P. (1993). Salt induced oxidative stress mediated by activated oxygen species in Pea leaf. *Mitochondria. Plantphysiol.* 89 :103-110.

Hireche Y. A. (2006) . Réponse de la luzerne (*Medicago sativa* L) au stress hydrique et à la profondeur de semis. Mémoire de Magister, Université Al Hady Lakhdar-Batna (Algérie). 83p.

Les références bibliographiques

Hopkins G W., (2003). Physiologie végétale, Traduction de la 2e édition américaine par Serge Rambour, Révision scientifique de Charles-Marie Evard, De Boeck, Bruxelles, 514p.

Hopkins, (2003). Physiologie végétale. Livre, De Boeck Université rue des Minimes 39, B-1000 Bruxelles. P : 452- 464.

Hopkins W G., (2003) : Physiologie végétale. 2ème édition. De Boeck, Bruxelles :61-476.

Hopkins.W.G.. (2003) : Physiologie végétale. Université des Sciences et Technologie de Lille. Edition de boeck. P: 99-119.

Hoyt H., (1992). La conservation des plantes sauvages apparentées aux plantes cultivées (eds), BRG Paris, France.Pp46

-G-

Garcia-Legaz MF; Ortiz JM; Garcia-Lidon A; Cerda A, (1993). Effect of salinity on growth, ion content, and CO₂ assimilation rate in lemon varieties on different rootstocks. *Physiologia Plantarum*. 89, p: 427-430.

Gate P., Bouthier A., Casabianca H. & Deleens E. (1993). Caractères physiologiques décrivant la tolérance à la sécheresse des blés cultivés en France : interprétation des corrélations entre le rendement et la composition isotopique du carbone des grains. Colloque Diversité génétique et amélioration variétale Montpellier (France). Les colloques. 64.Inra. Paris.

GATE P.H., (1995). Ecophysiologie du blé. Technique et documentation. Lavoisier, Paris, 351 p.

Griganac P (1974). Le Blé dur : Monographie succincte, Maitre de conférences à l'école National Supérieure Agronomique de Montpellier, P97

Guergah N. (1997). Contribution à l'étude de l'effet de la profondeur de semis sur le comportement d'un génotype de blé dur (*Triticum durum* Desf.) en pot et en plein champs dans la région d'El-Kharroub. Mémoire. ING. Univ. Batna : 69

-K-

Kahal H .2022. Alaraby.com.uk, proposé

Les références bibliographiques

Kandil, (2000). Ply logical response of some sugar beet variety to irrigation with deferent levels of chloride, salinization. Bull N.R.C Egypt. P 79-92.

Kadhalik M. (2000). Culture du blé. Fondation du savoir pour l'impression et l'édition à Alexandrie - République d'Égypte P. 272, ISBN : 9770307661, 9789770307663, arabe-

-L-

Läuchli A. and Epstein E. (1990). Plant responses to saline and sodic conditions. In K.K. Tanji (ed). Agricultural salinity assessment and management. ASCE manuals and reports on engineering practice No, 71. pp 113–137 ASCE New York

Leclerc J.C., 1999. Ecophysiologie végétale-publications univ. Saint Etienne p 188-235.

Levigneron A., Lopez F., Vansuyt G., Berthomieu P., Fourcroy P et Casse - Delbart F., (1995). Les plantes face au stress salin. Cahiers agricultures ; 4 : 263-73.

Lin C.C., Kao C.H. (1995). Stress in rice seedling the influence of calcium on root growth. Bot Bul Acad Sci.36 :41-45.

-M-

Maas E. V. and Hoffman G. J. (1977). Crop salt tolerance - current assessment. Irrig. Drain. Div. Am. Soc. Civ. Eng , 103: 115-134.

Mahajan, S., Tuteja, N. (2008). Calcium- and salt-stress signaling in plants: Shedding light on SOS pathway. Arch Biochem. Biophys. 471 : 146 – 158p.

Mahmoud A. E. Kh. (2004). Plantes potagères, propagation, pépinières, culture cellulaire et tissus végétaux. installations Connaissances à Alexandrie, p. : 258-261

Martin-Préval P., Gagnard J., Gautier P. (1984). L'analyse végétale dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales. Lavoisier Tec et Doc .810 p.

Mekliche A. (1983). Contribution à l'établissement de la fertilisation azotée du blé d'hiver dans le haut Chélif. Mémoire de magistère I.N.A Alger.

Les références bibliographiques

Mezni M, Albouchi A, Bizid E, Hamza M, (2002). Effet de la salinité des eaux d'irrigation sur la nutrition minérale chez trois variétés de luzerne pérenne (*Medicago sativa*). *Agronomie*, 22, pp. 283-291.

Mir RR, Zaman-Allah M, Sreenivasulu N, Trethowan R, Varshney RK. (2012). Integrated genomics, physiology, and breeding approaches for improving drought tolerance in crops.

Mishra N., Dwivedi U.N., (1995). Carbohydrate metabolism during seed germination and growth in green gram under saline stress. *J. Plant Physio*, 33, 1, 33-38. *theoretical and Applied Genetics*, 125(4), 625–645.

Mohamed Farissi¹, Faissal Aziz², Abdelaziz Bouizgaren³, and Cherki Ghoulam (2014). La symbiose Légumineuses-rhizobia sous conditions de salinité Aspect Agro-physiologique et biochimique de la tolérance.

Moule, C. (1971). Céréales, Phytotechnique Spéciale. La Maison Rustique

Mouellef A. (2010). Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (*T. durum* Desf.) au stress hydrique. Mémoire magister Université Mentouri Constantine. 82 p.

Munns R (2005) Genes and salt tolerance: bringing them together. *New phytol* 167:645-663

Munns R, Richard AJ, Lauchli A, (2006). Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 57, No. 5, pp. 1025–1043,

Munns, R., (2007). Utilizing genetic resources to enhance the productivity of salt-prone land. CABREV: Perspectives in Agric. Veterinary Sci. Nutr. Nat. Res. 2. No.009.

Munns et Tester, (2008). Munns R, Tester M (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annu Rev Plant Biol* 59: 651-681

-N-

Nadjem K. (2012). Contribution à l'étude des effets du semis direct sur l'efficacité d'utilisation de l'eau et le comportement variétal de la culture de blé en région semi-aride., mémoire de magister, département des sciences agronomiques, Université FERHAT Abbas Sétif. 131 p

Les références bibliographiques

Naville M. (2005). La biodiversité des espèces cultivées : Analyse dans le cas du blé, ENS cachan-département biochimie et génie biologique. Université Paris XI : PP 7.

-O-

Ondo Eo, (2014). Caractérisation d'une collection de variétés anciennes de blé pour leur réponse à la mycorrhization et impact sur la qualité du grain, thèse de doctorat, université de Bourgogne

ONFA. (2017). Pré-Bilan de la campagne céréalière 2016/2017. N°2.

Oulmi A, (2015). Analyse de la résistance du blé dur (*Triticum turgidum var durum* L.) aux stress biotiques au dernier stade de croissance. 221P

-P-

Pomeranz Y. (1988). Chemical composition of kernel structures. Wheat chemistry and technology, 1:97-158.

Prats H (1960). Vers une classification des graminées, Revue d'Agrostologie Bull. Soc Bot. France, N°21, PP508

Parida A., Das A., (2005). Salt tolerance and salinity effect on plants. Ecotoxicology and Environmental Safety, 60, 324-349.

Peng Z., Lu Q. & Verma D. P. (1996). Reciprocal regulation of delta 1-pyrroline-5- carboxylate synthetase and proline dehydrogenase genes controls proline levels during and after osmotic stress in plants. Mol Gen Genet, 253, 334-341.

-R-

Rathert G., (1984). Sucrose and starch content of plant parts as possible indicators for salt tolerance. Aust. J. Plant Physiol, 5, 491-495.

Rengasamy P (2002). Transient salinity and subsoil constraints to dryland farming in Australian sodic soils: an overview. Australian Journal of Experimental Agriculture 42: 351-361

Les références bibliographiques

Richards RA, Rebetzke GJ, Van Herwaarden AF, Duggan BL, Condon AG. (1997). Improving yields in rainfed environments through physiological plant breeding. ANNALS OF ARID ZONE, 36(3), 255- 266.

Roosens. (1998). Isolation of ornithine-aminotransferase DNA and effect of salt on its expression in arabidopsis plant physiol. P117,203,271.

Royo C., Nachit MM, Di Fonzo N. & Araus JL, éd. (2000). L'amélioration du blé dur dans la région méditerranéenne : nouveaux défis. Zaragoza: CIHEAM-IAMZ, 239-243,

John H. (2001). Plant salt tolerance. Plant science 6 :66-71

-S-

Sakamura.,(1918). L'origine des blés. In: Gallais A, Bannerot H eds (1992). Amélioration des espèces végétales cultivées. INRA Editions, 13-7 1.p23.

Salmi, M., Oulmi, A., Nouar, H., Laala, Z. (2016). Analysis of the phenotypic variability of some varieties of Durum wheat (*Triticum durum* Desf.) to improve the efficiency of performance under the constraining conditions of semiarid Environments. Fundam Appl Sci, 8(3): 1021-1036.

Saqib M., Akhtar J., Qureshi R.H. (2004). Pot study on wheat growth in saline and waterlogged compacted soil: I. Grain yield and yield components. Soil and Tillage Research 77 (2), 169-177.

Salisbury F, Ross, C. W. (1992): Plant physiology. Wadsworth Publishing Company, Inc. Belmont

Sharaf A., Labib S., El-Massry R., (1990). Effect of kinetin on the biochemical constituents of tomato plants under different levels of salinity. Zagazig Journal of Agricultural Research (Egypt), 12, 417-441.

S Bouaouina, E Zid, M Hajji (2000). Tolérance à la salinité, transports ioniques et fluorescence chlorophyllienne chez le blé dur (*Triticum turgidum* L).

Schwab K.B., Gaff D.F., (1986). Sugar and ion content in leaf tissue of several droughts' tolerant plants under water stress. J. Plant Physiology., 125, 257-265.

Les références bibliographiques

Slama A., Ben Salem M., Ben Naceur M., Zid E. (2005). Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. Institut national de la recherche agronomique de Tunisie (Inrat). Univ. Elmanar. Tunisie.

Slim, S., Laurent, G., Perrine, B., Abigali, F. (2010). Atlas Mondial du potentiel de production de culture énergétiques- Cirad

Soltner, D. (1990). Les grades productions végétales. 17ème édition. Science et techniques agricoles. France, 21-25.

Soltner D., (1988). Les grandes productions végétales. Les collections sciences et techniques agricoles, Ed. 16ème Edition, 464 p.

Soltner D., (1987). Les grandes productions végétales « Céréales-plante sarclées prairies ».15ème Ed. Collectons sciences et techniques agricoles. 461p.

Strogonov B.P. (1964). Physiological basis of salt tolerance of plants as affected by various types of salinity. London : Oldbourne Press :163-204.

Surget, A., Barron, C. (2005). Histologie du grain de blé, Industrie des céréales, 145 : 4-7.

-T-

Tahri E H., Belabed A., Sadki K., (1998). Effet d'un stress osmotique sur l'accumulation de proline, de chlorophylle et des ARNm codant pour la glutamine synthétase chez trois variétés de blé dur (*Triticum durum*). Bulletin de l'Institut Scientifique., Rabat, 21, 81-87.

Tester M, Davenport R (2003). Na⁺tolerance and Na⁺ transport in higher plants. Ann Bot 91: 503-527.

Tester and Davenport., (2003):Na⁺tolerance and Na⁺ transport in higher plants. Ann Bot 91:503-527.USDA, (2017). Algeria Exporter Guide

Tewari, T. N., Singh, B. B., (1991). Stress studies in lentil (*Lens esculenta* M.) II. Sodicyty induced changes in chlorophyll, nitrate and nitrate reductase, nucleic acid, proline, yield and yield components in lentil. Plant Soil, 136, 225–230.

Les références bibliographiques

Tremblun G, (2000). Comportement autoécologique de *Halopeplisamplexicaulis*: plante pionnière des sebkhas de l'ouest algérien. *Sécheresse*.11 (2): 109-116.

-U-

USDA, (2017): Algeria Exporter Guide.

-V-

Van Slageren M.W. (1994). Wild Wheat: a monograph of *Aegilops* L. and *Amblyopyrum* (Jaub. Et Spach.) Eig. (Poaceae). Wageningen Agricultural University, International centre for Agricultural Research in the Dry Areas: Veenman Drukkers, Wageningen, PP.512.

-W-

Wall A.M., Ripley R. & Gale M.D. (1971). The position of a locus on chromosome 5B of (*Triticum aestivum*) affects homologous meiotic pairing. *Genet Res.* **18**: 329 - 339 p.

-Y-

Yves H. et De Buyser J. (2000). L'origine des blés. *Pour la science*, **26** : 60-62



Annexe

Annexe

Annexe 01 : Analyse de la variance de la longueur de plante

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
CON	3	1106.365	368.788	10.474	0.000
VAR	1	90.094	90.094	2.559	0.129
CON*VAR	3	362.198	120.733	3.429	0.043

Annexe 02 : Analyse de la variance de la teneur relative en eau

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
CON	3	924.125	308.042	6.554	0.004
VAR	1	18.375	18.375	0.391	0.541
CON*VAR	3	549.458	183.153	3.897	0.029

Annexe 03 : Analyse de la variance de la surface foliaire

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
CON	3	24.000	8.000	1.778	0.192
VAR	1	54.000	54.000	12.000	0.003
CON*VAR	3	23.333	7.778	1.728	0.201

Annexe 04 : Analyse de la variance de la longueur de l'épi sans barbe

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
CON	3	8.128	2.709	4.184	0.023
VAR	1	0.070	0.070	0.109	0.746
CON*VAR	3	1.061	0.354	0.546	0.658

Annexe

Annexe 05 : Analyse de la variance de la longueur de l'épi avec barbe

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
CON	3	50.708	16.903	3.339	0.046
VAR	1	0.667	0.667	0.132	0.721
CON*VAR	3	11.083	3.694	0.730	0.549

Annexe 06 : : Analyse de la variance de teneur en chlorophylle a

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
CON	3	160.135	53.378	9.798	0.001
VAR	1	0.014	0.014	0.002	0.961
CON*VAR	3	107.862	35.954	6.599	0.004

Annexe 07 : Analyse de la variance de teneur en chlorophylle b

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
CON	3	43.028	14.343	3.932	0.028
VAR	1	0.917	0.917	0.251	0.623
CON*VAR	3	10.746	3.582	0.982	0.426

Annexe 08 : Analyse de la variance de teneur en chlorophylle totale

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
CON	3	258.659	86.220	8.156	0.002
VAR	1	0.577	0.577	0.055	0.818
CON*VAR	3	96.098	32.033	3.030	0.060

Annexe

Annexe 09 : : Analyse de la variance de teneur en sucre

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Con	3	0.603	0.201	8.477	0.001
Var	1	0.131	0.131	5.532	0.032
Con*Var	3	0.001	0.000	0.014	0.998

Nom : Khelifa

Nom : Khenanef

Prénom : Nour

Prénom : Hanane

Titre : Réponse à la salinité de quelques paramètres physiologiques et biochimiques du blé dur (*Triticum durum* Desf.)

Résumé

Dans notre travail, nous avons étudié le comportement de différentes variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) (Waha et Sémito.) stressées à la salinité à des différentes doses (0, 50, 150 et 200 mM de NaCl). Les paramètres mesurés dans cette étude sont : longueur de la plante, surface foliaire, Longueur de l'épi sans barbe, la teneur relative en eau des feuilles, le dosage des chlorophylles (chlorophylle a, chlorophylle b, chlorophylle totale) au niveau de l'avant dernière feuille et le sucre soluble.

Le stress salin influe sur les paramètres morphologiques, physiologiques et biochimiques étudiés, qui nous permet de constater une réduction progressive de la longueur des plantes (LP), la surface foliaire (SF), et également une diminution de teneur relative en eau (TRE), on observe aussi une réduction de chlorophylle a, b par contre une augmentation du sucre soluble.

En conclusion, l'étude a montré que le stress salin provoque les mêmes mécanismes de la réponse chez les deux génotypes mais à des degrés différents.

Mots clés : Salinité, Blé dur (*Triticum durum* Desf), Caractère physiologique et biochimiques, chlorophylle, Sucres solubles.