

République Algérienne Démocratique et Populaire
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Université de RELIZANE
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département : Sciences Biologiques



MÉMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de MASTER en : Écologie
Intitulé

Étude du comportement physiologique de quelques variétés
De Blé Dur (*Triticum durum* Desf.)

Présenté par : Mlle Hadj-slimane Fatima Zohra

Mlle Meziane Nabila

Devant les membres de jury :

Président : Mme GHELLAI Malika

Maître de conférence A à l'université de Relizane

Encadreur : Mme OUIS Miryam

Maître de conférence A à l'université de Relizane

Examineur : Mr BACHIR BOUIADJRA M.E

Maître assistant A à l'université de Relizane

Année universitaire : 2023/2024



Remercîment

Tout d'abord, nous tenons à remercier DIEU, notre créateur pour nous avoir donné de la force à accomplir ce travail.

Nous remercions vivement notre encadreur : Mme. OUIS MIRYAM qui a assuré la direction de ce travail, pour son aide, ses encouragements et sa disponibilité tout au long de la réalisation de ce mémoire.



Nous remercions également toutes les personnes qui nous ont aidés, de près ou de loin pour la réalisation de ce travail en particulier.

Nous tenons à remercier aussi les membres du jury Le président Mme GHELLAI Et l'examineur Mr BOUIDJRA pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de juger notre travail.

Nos sincères remerciements vont également aux madames et messieurs: Mme AZZOUZ ,Mme .BELKHDIM , Mr HARTANI et Mme TAMERT , enseignants à la Faculté des sciences de la Nature et de la Vie, Université Relizane de nous avoir fait.





Dédicace

À MES CHERS PARENTS Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours, Que Dieu me les préserve.

. **À MES CHERS ET ADORABLES SŒURS : RANIA** avec de l'affection et à qui je souhaite beaucoup de succès pour son Baccalauréat, et mes deux petites **MALEK, INES**, qui sont très chères à mon cœur
À MA GRAND MERE CHERIE Qui m'a accompagné par ses prières, puisse Dieu lui prêter longue vie et beaucoup de santé.

À UNE PERSONNE TRÈS CHÈRE À MON CŒUR TANTE MALIKA qui me souhaite toujours le meilleur.

À MES CHERS ONCLES, TANTES, LEURS EPOUX ET EPOUSES.

À MES CHERS COUSINS et COUSINES. A mon amie **chaimaa**, que je considère comme ma sœur d'une autre mère, je te souhaite le meilleur
MON CHÈRE BINÔME FATIMA Zohra « RAYANE » En souvenir de notre sincère et profonde amitié et des moments agréables que nous avons passés ensemble.

À TOUTES LES PERSONNES QUI ONT PARTICIPÉ A L'ÉLABORATION DE CE TRAVAIL .

NABILA



Dédicace

Avant tout, je dois remercier Dieu le tout puissant qui m'a donné l'envie et la force pour mener à terme ce travail

Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers

À mes chers parents

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien-être. Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours et Qui m'ont apporté beaucoup de soutien tout le long de ma vie avec leurs encouragements

*A mon frère **FARES** je te souhaite beaucoup de succès pour ton BEM
Inchalah*

*A ma petite sœur **MALAK** qui a une partie de mon cœur.*

*A mon oncle « **MOHAMED** » tu es le meilleur oncle au monde tu es comme un père pour moi que dieu te protège*

*A mon frère **IBRAHIM** je te souhaite beaucoup de succès dans ta vie*

*A ma chère **grand-mère** qui prie pour moi dans ses prières chaque jour que dieu te guérisse et te donne une longue vie.*

*A ma chère tante « **HOURIA** » qui était comme une sec onde mère pour moi je t'aime.*

*A mon oncle « **ABD EL WAHAB** » et sa femme « **FATIHA** » et le petit ange « **ALOULA** ».*

*A ma chère tante « **FATIMA** » et son mari « **Salim** »*

*A mes tantes « **OUMELKHIR et KHEIRA** » et leur époux.*

*A mes chères cousin « **ALI et ABD EL RAHMAN** » et cousine « **WAHIBA et ses enfants INES ISRAA OUFFA** »*

*A ma chère binôme « **NABILA** » nous avons surmonté des défis, partagé des succès et construit des souvenirs inoubliables.*

*A mes chère amies « **HOUDA et KHADIJA** ».*

Résumé

L'objectif de cette étude est de surveiller la germination de huit variétés de blé dur exposées à des concentrations variables de NaCl (5 g.l⁻¹, 10 g.l⁻¹ et 15 g.l⁻¹) et à différentes températures (25 °C, 37 °C et 40 °C) afin d'évaluer la réponse germinative des graines face à ces contraintes salines et thermiques.

Les résultats obtenus varient selon les variétés. Les applications salines, avec leurs différentes concentrations, influencent la précocité et la durée de germination des divers génotypes. Les graines irriguées avec de l'eau distillée sont les plus précoces à germer, avec des taux de germination élevés atteignant 100 % pour les variétés VITRON, OUED EL BARED, AMARO6 et BIDI17, et 90 % pour MANSOURA.

À une concentration de 5 g.l⁻¹ de NaCl, le taux de germination pour les variétés VITRON, OFFANTO, OUED EL BARED, AMARO6 et GTA DUR ne semble pas altéré, enregistrant des taux de 100 %, 90 % et 80 % respectivement. En revanche, les génotypes BIDI17 et SAOURA présentent des taux de germination plus bas de 60 % et 50 % respectivement. À une concentration de 10 g.l⁻¹ de NaCl, les variétés VITRON, OUED EL BARED et OFFANTO conservent néanmoins les taux les plus élevés, atteignant 100 %, tandis que les taux diminuent pour BIDI17, GTA DUR et SAOURA, atteignant respectivement 60 %, 50 % et 40 %.

À une concentration de 15 g.l⁻¹ de NaCl, la variété AMARO6 affiche le taux le plus élevé (100 %), tandis que VITRON et OUED EL BARED montrent une certaine résistance avec des taux de 80 %. En revanche, les taux de germination diminuent considérablement pour OFFANTO et SAOURA, atteignant seulement 20 %.

En ce qui concerne la température, les variétés OFFANTO, AMARO6, SAOURA et VITRON démontrent une résistance à une température de 37 °C, affichant des taux de germination allant de 80 % à 100 %, similaires à ceux observés à 25 °C. En revanche, les variétés OUED EL BARED, GTA DUR et MANSOURA montrent une sensibilité accrue, avec des taux de germination allant de 20 % à 50 %. À 40 °C, la germination des variétés BIDI17, MANSOURA et AMARO6 diminue respectivement à 20 %, 10 % et 50 %. En revanche, les variétés OFFANTO, VITRON et SAOURA semblent peu affectées par cette élévation de température.

Globalement, on observe une chute des taux de germination pour plusieurs variétés à 40 °C par rapport à 25 °C, qui affiche les taux les plus élevés.

En conclusion, nos résultats sur la germination du blé dur *in vivo*, suggèrent que certaines variétés, comme VITRON et OFFANTO, pourraient être privilégiées pour leur capacité accrue à tolérer la salinité et les températures élevées.

Mots clés : blé dur, stress salin, stress thermique, germination.

ABSTRACT

The objective of this study is to monitor the germination of eight varieties of durum wheat exposed to varying concentrations of NaCl (5 g/l, 10 g/l, and 15 g/l) and different temperatures (25 °C, 37 °C, and 40 °C) to evaluate the germination response of the seeds to these saline and thermal stresses.

The results obtained vary according to the varieties. Saline applications, with their different concentrations, influence the timing and duration of germination among various genotypes. Seeds irrigated with distilled water germinate earliest, with high germination rates reaching 100% for the varieties VITRON, OUED EL BARED, AMARO6, and BIDI17, and 90% for MANSOURA.

At a concentration of 5 g.l-1 of NaCl, the germination rates for the varieties VITRON, OFFANTO, OUED EL BARED, AMARO6, and GTA DUR do not seem to be altered, recording rates of 100%, 90%, and 80% respectively. However, genotypes BIDI17 and SAOURA show lower germination rates of 60% and 50% respectively. At a concentration of 10 g.l-1 of NaCl, varieties VITRON, OUED EL BARED, and OFFANTO still maintain the highest rates, reaching 100%, while rates decrease for BIDI17, GTA DUR, and SAOURA to 60%, 50%, and 40% respectively.

At a concentration of 15 g.l-1 of NaCl, the variety AMARO6 shows the highest germination rate (100%), while VITRON and OUED EL BARED exhibit some resistance with rates of 80%. However, germination rates decrease significantly for OFFANTO and SAOURA, reaching only 20%.

Regarding temperature, the varieties OFFANTO, AMARO6, SAOURA, and VITRON demonstrate resistance at 37°C, showing germination rates ranging from 80% to 100%, similar to those observed at 25°C. However, varieties OUED EL BARED, GTA DUR, and MANSOURA exhibit increased sensitivity, with germination rates ranging from 20% to 50%. At 40°C, germination decreases for the varieties BIDI17, MANSOURA, and AMARO6 to 20%, 10%, and 50% respectively. In contrast, OFFANTO, VITRON, and SAOURA appear less affected by this higher temperature.

Globally, there is a decline in germination rates for several varieties at 40°C compared to 25°C, where the highest rates are observed.

En conclusion, nos résultats sur la germination du blé dur in vivo suggèrent que certaines variétés, telles que VITRON et OFFANTO, pourraient être privilégiées en raison de leur capacité accrue à tolérer la salinité et les températures élevées.

Keywords: durum wheat, salt stress, heat stress, germination.

ملخص

الهدف من هذه الدراسة هو مراقبة إنبات ثماني أصناف من القمح الصلب تعرضت لتراكيز متغيرة من كلوريد الصوديوم (5جم/لتر، 10جم/لتر، 15جم/لتر) ولدرجات حرارة مختلفة (25 درجة مئوية، 37 درجة مئوية، و 40 درجة مئوية) لتقييم الاستجابة النباتية للبذور تجاه هذه الضغوط الملحية والحرارية. لنتائج المحصلة تختلف حسب الأصناف. تؤثر التطبيقات الملحية، بتركيزها المختلفة، على سرعة ومدة إنبات الأجيال المختلفة. تكون بذور القمح التي تروى بماء مقطر هي الأسرع في الإنبات، مع معدلات إنبات مرتفعة تصل إلى 100% للأصناف فيترو، واد البارد، أمارو6، وبيدي17، و90% لمنصورة. عند تركيز 5 جم/لتر من كلوريد الصوديوم يبدو أن معدلات الإنبات للأصناف فيترو، أوفانتو، واد البارد، أمارو6، وجي تي أيه دور لا تتأثر بالتركيز الملحي، حيث سجلت نسب إنبات بنسب 100%، 90%، و80% على التوالي. بينما أظهرت الأصناف بيدي17 وساورا نسب إنبات أقل بنسب 60% و50% على التوالي. عند تركيز 10 جم/لتر من كلوريد الصوديوم

حافظت الأصناف فيترو، واد البارد، وأوفانتو على أعلى معدلات إنبات وصلت إلى 100%، في حين انخفضت النسب للأصناف بيدي17، جي تي أيه دور، وساورا إلى 60%، 50%، و40% على التوالي. عند تركيز 15 جم/لتر من كلوريد الصوديوم تظهر الأصناف أمارو6 بأعلى معدل إنبات وصل إلى 100%، بينما أظهرت الأصناف فيترو واد البارد مقاومة بنسب إنبات بلغت 80%. على الجانب الآخر، انخفضت النسب بشكل كبير للأصناف أوفانتو وساورا، ووصلت فقط إلى 20%.

بالنسبة لدرجة الحرارة، تظهر الأصناف أوفانتو، أمارو6، وساورا، وفيترو مقاومة لدرجة حرارة 37 درجة مئوية، حيث تظهر نسب إنبات تتراوح بين 80% و100%، مماثلة لتلك الملاحظة عند درجة حرارة 25 درجة مئوية. على الجانب الآخر، تظهر الأصناف واد 50% البارد، جي تي أيه دور، ومنصورة حساسية متزايدة، مع نسب إنبات تتراوح بين 20

عند درجة حرارة 40 درجة مئوية، تنخفض نسب الإنبات للأصناف بيدي17، ومنصورة، وأمارو6 على التوالي إلى 20%، 10%، و50%. بينما تبدو الأصناف أوفانتو، فيترو، وساورا غير متأثرة كثيرًا بهذا الارتفاع في درجة الحرارة. بشكل عام، نلاحظ انخفاضًا في معدلات الإنبات لعدة أصناف عند درجة حرارة 40 درجة مئوية مقارنة بدرجة حرارة 25 درجة مئوية، التي تعرض أعلى معدلات إنبات

في الختام، تشير نتائجنا بشأن إنبات القمح الصلب "إن فيترو وأوفانتو" إلى أن بعض الأصناف قد تُفضل بفضل قدرتها المتزايدة على تحمل الملوحة والدرجات الحرارية العالية.

الكلمات المفتاحية القمح الصلب , ضغط ملحي , ضغط حراري , الإنبات

La liste des tableaux

Tableau 01- Classification taxonomique du blé dur (Feillet, 2000).....	14
Tableau 02- Caractéristiques des variétés de blé dur étudiées.....	23
Tableau 03 - Traitement salins appliqués.....	25
Tableau 04 - Précocité de la germination des graines de quelques variétés de blé dur sous stress salin au NaCl.....	28
Tableau 05 - Taux de la germination journalier de quelques variétés de blé dur arrosées à l'eau distillée.....	29
Tableau 06- Taux de la germination des graines de quelques variétés de blé dur sous stress salin au NaCl 5g.l ⁻¹	31
Tableau 07 - Durée de la germination journalière des graines de quelques variétés de blé dur sous stress salin au NaCl 10 g.l ⁻¹	32
Tableau 08 - Durée de la germination journalière des graines de quelques variétés de blé dur sous stress salin au NaCl 15 g.l ⁻¹	33
Tableau 09 - Le taux finale de germination des graines de quelques variétés de blé dur sous stress salin.....	35
Tableau 10- Précocité de la germination des graines de quelques variétés de blé dur sous stress thermique.....	36
Tableau 11- Durée de la germination des graines de quelques variétés de blé dur sous 37°C.....	37
Tableau 12- Durée de la germination des graines de quelques variétés de blé dur sous 40°C.....	38
Tableau 13- Le taux finale de germination des graines de quelques variétés de blé dur sous stress thermique.....	39

La liste des figures

Figure 1 - Production mondiale des céréales.....	05
Figure 02 - Production totale des céréales d'hiver en Algérie.....	05
Figure 03 - Production totale des céréales d'été en Algérie.....	06
Figure 04 - les zones céréalières de l'Algérie.....	07
Figure 05 -Importations algériennes des céréales en volume et en valeur entre 2001-2017.....	08
Figure 06 -Principales zones et pays de production de blé dans le monde.....	09
Figure 07 -Les besoins de blé en éléments fertilisants au cours de différents stades de croissance Source.....	11
Figure 08 - Origine des génomes portés par les différents blés.....	13
Figure 09 -Les différents stades de développement du blé.....	15
Figure 10 - Stress abiotiques et biotiques.....	16
Figure 11 - Les différentes graines récoltées.....	24
Figure 12 -Dispositif expérimental utilisé pour la germination des graines.....	24
Figure 13 -Précocité de la germination des graines de quelques variétés de blé dur sous stress salin au NaCl.....	27
Figure 14 - Durée de la germination de quelques variétés de blé dur arrosées à l'eau distillée.....	29
Figure 15 - Durée de la germination des graines de quelques variétés de blé dur sous traitement salin au NaCl 5g.l ⁻¹	30
Figure 16 - Durée de la germination des graines de quelques variétés de blé dur sous stress salin au NaCl 10 g.l ⁻¹	31
Figure17 - Durée de la germination des graines de quelques variétés de blé dur sous stress salin au NaCl 15 g.l ⁻¹	33
Figure18 - Le taux finale de germination des graines de quelques variétés de blé dur sous stress salin.....	34
Figure 19 -La Précocité de la germination des graines de quelques variétés de blé dur sous stress thermique.....	35

Figure 20- Durée de la germination des graines de quelques variétés de blé dur sous 37°C.....	37
Figure 21 –La Durée de la germination de quelques variétés de blé sous stress thermique 40°C.....	38
Figure 22- Le taux final de germination des graines de quelques variétés de blé dur sous stress thermique.....	39

Liste d'abréviation

% : Pourcentage.

ATP : adénosine triphosphate.

C° : Degré Celsius.

Cl⁻ : chlore.

CO₂ : dioxyde de carbone.

FAO : Food and Agriculture Organization.

g/l : gramme sur litre.

K⁺ : potassium.

Kcal : kilocalorie.

M² : mètre carré.

mm : Millimètre.

N⁺ : azote.

NaCl : Chlorure de sodium.

NPK : azote, phosphore et potassium.

q ha⁻¹ : quintaux métriques par hectare.

USDA : United States Department of Agriculture.

SOMMAIRE

Remerciement

Dédias

Résumé

Liste des tableaux

Listes des figures

Listes d'abréviation

Introduction.....01

Chapitre I -synthèse bibliographique

1.Généralité sur les céréales.....03

1.1 Définition des céréales.....03

1.2 La production céréalière.....04

1.2.1. Dans le monde.....04

1.2.2. En Algérie.....05

1.3. Importation des céréales.....07

1.4. Généralités sur le blé.....08

1.4.1. Histoire de blé.....09

1.4.2. Le Blé dans le monde09

1.4.3. En Algérie.....10

1.4.4. Production de blé dans la zone subhumide d'Algérie.....10

1.4.5. Exigence du blé en éléments minéraux essentiels.....11

1.4.6. Exigence en Azote.....11

1.4.7. Exigence en phosphore.....12

1.4.8. Exigence en potassium.....12

1.5. Le Blé dur.....12

1.5.1. Origine génétique.....12

1.5.2. Classification botanique.....14

1.5.3. Les stades phénologiques de blé.....	14
2. Les stress abiotiques et biotiques et leurs effets sur la plante.....	15
2.1. Les différents types de stress.....	16
2.1.1. Les stress biotiques.....	16
2.1.2. Les stress abiotiques.....	16
2.1.2.1. Le stress salin.....	16
2.1.2.2. Stress hydrique.....	18
2.1.2.3. Stress thermique.....	20

CHAPITRE II- MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Matériel.....	23
2. Méthodes.....	24
2.1. Application du stress salin.....	25
2.2. Application du stress thermiques.....	25
2. 3. Paramètres de germination étudiés.....	26

CHAPITRE III - RÈSULTAT OBTENU

1. Réponses physiologiques des graines sous traitements salin NaCl	27
1.1 Précocité de la germination des graines.....	27
1.2 La durée de la germination des graines.....	28
1.2.1. La durée de germination des graines arrosée à L'eau distillée.....	29
1.2.2. La durée de germination des graines sous traitement salin au NaCl 5 g.l ⁻¹	30
1.2.3. La durée de germination des graines sous traitement salin au NaCl 10 g.l ⁻¹ ...	31
1.2.4 La durée de la germination des graines sous traitement salin au NaCl 15g.l ⁻¹	32
1.3. Le taux finale de germination.....	34
2. Réponses physiologiques des graines sous stress thermique.....	35
2.1 Précocité de la germination.....	35
2.2 La durée de germination sous 37°C.....	36

2.3 La durée de germination sous 40°C.....	37
--	----

2.4 Le taux final de germination sous stress thermique.....	38
---	----

CHAPITRE IV- DISCUSSION ET CONCLUSION GÉNÉRALE

Discussion et conclusion générale.....	39
--	----

Références bibliographiques.....	44
----------------------------------	----

Introduction

INTRODUCTION

Le blé constitue la base de l'alimentation mondiale, représentant 95 % de la production des principales cultures céréalières **(Greenway et Munns, 1980)**. Selon les prévisions, le commerce mondial du blé pour la saison 2022/2023 atteindra un niveau record de 472 millions de tonnes, surpassant le record précédent de 194 millions de tonnes en 2021/2022 **(FAO, 2022)**.

Parmi les céréales, le blé dur (*Triticum durum Desf*) est une source importante de protéines. Les zones de production de cette espèce sont surtout localisées dans le bassin méditerranéen d'une part et en Amérique du Nord d'autre part **(Clerget, 2011)**. En Algérie, les céréales sont particulièrement le blé, sont les cultures prédominantes et nécessitent une amélioration pour satisfaire une demande sans cesse et croissante. Selon les statistiques en 2022, la production de blé en Algérie s'est élevée à 3.3 millions de tonnes, soit une augmentation de 38 % par rapport aux 2.4 millions de tonnes de l'année précédente **(FAO 2021)**.

les superficies consacrées à la culture des céréales sont de l'ordre de 6 millions d'hectares et la jachère présente une superficie de 3 millions d'hectares **(Halitim, 2023)**. La superficie emblavée était estimée à 2 millions d'hectares **(Agence ecofin, 2022)**. En outre, la semoule du blé dur constitue un élément de base pour l'alimentation de la population, classant les Algériens comme l'un des plus grands consommateurs du blé dans le monde avec 211 Kg/habitat/ans **(FAOSTAT, 2019)**.

Malgré la progression soutenue des rendements en blé dur depuis 1970, la production de cette céréale reste faible avec un rendement moyen de 12q/ha (trois dernières décennies), soit une production de 6 MT en saison 2019 /2020 **(UNA, 2020)**. La production nationale du blé dur couvre 39 % des besoins et le reste est approvisionné sur le marché international **(Ferhat et Chehat, 2022)**.

Les céréales constituent environ 30 % des sources énergétiques alimentaires dans les pays développés, contre plus de 50 % dans les pays en voie de développement, atteignant parfois 90 % dans certains pays d'Afrique.

Les céréales sont des espèces généralement cultivées pour leur grain, dont l'albumen amylicé, réduit en farine, est consommable par l'homme et par les animaux domestiques (Nedjah, 2015).

Les stress abiotiques tels que la sécheresse, la salinité et les températures extrêmes entraînent de graves pertes de récoltes à l'échelle mondiale, réduisant les rendements moyens de la plupart des cultures de plus de 50 % (KHALOUFI, 2019). Selon Bakacsi *et al.* (2019) la superficie mondiale totale des sols touchés par la salinisation primaire est d'environ 955 millions d'hectares, tandis que la salinisation secondaire touche près de 77 millions d'hectares, dont 58 % se trouvent dans des zones irriguées. Les terres salines augmentent à un taux de 10 % chaque année, principalement en raison de l'irrigation avec de l'eau riche en NaCl, la forte évaporation, en particulier dans les environnements arides, de l'altération des roches indigènes, des faibles précipitations et des mauvaises pratiques culturales (Bouabdallah *et al.*, 2022).

L'objectif de notre travail est d'évaluer la capacité de germination et de la croissance de huit variétés de blé dur (*Triticum durum Desf*) : BIDI17, OUED EL BARED, AMARO6, GTA DUR, VITRON, MANSOURA, OFANTO, SAOURA, en présence du stress salin et du stress thermique en examinant leurs impacts à des concentrations spécifiques.

Synthèse Bibliographique

CHAPITRE I- SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Généralité sur les céréales

Les céréales représentent la base de l'alimentation humaine et animale. Elles apportent l'énergie nécessaire au travail musculaire ainsi qu'au fonctionnement plus général de l'organisme. Chaque continent a sa céréale adaptée au climat et au sol, et donc facile à cultiver par les paysans ou les particuliers, pour vivre et pour se nourrir **(Anonyme, 2020)**.

Par définition, une céréale est une plante cultivée principalement pour ses grains utilisés pour l'alimentation humaine et animale. La plupart des céréales appartiennent à la famille des poacées (anciennement graminées). On y associe aussi certaines plantes d'autres familles botaniques, comme le sarrasin (polygonacées), le quinoa ou l'amarante (chénopodiacées) qui sont en fait des pseudo-céréales **(Henrotte, 2016)**.

Le terme céréale désigne les graminées cultivées pour la production de leur grain, à l'exception du sarrasin qui fait partie de la famille des polygonacées **(Benabdallah, 2016)**.

Ces plantes appartiennent essentiellement à la famille des Poacées (ex graminées) auxquelles on associe parfois d'autres plantes, appelées par certaines pseudo-céréales **(Cruz et al., 2019)**. Depuis leur domestication, au Néolithique, les céréales ont constitué pour l'homme une ressource alimentaire riche en éléments nutritifs, peu volumineuses, facile à conserver et à transporter et bien adaptées aux milieux et aux climats les plus variés **(Cruz et al., 2019)**.

1.1 Définition des céréales

Terme "céréale" vient du latin "cerealī", qui signifie "grain". Les céréales font partie de la famille des graminées, des plantes annuelles qui ont souvent des tiges fines et longues, telles que le blé, le riz, le maïs, le sorgho, le millet, l'orge et le seigle. Les grains amylacés de ces plantes sont utilisés comme nourriture et sont composés d'un fruit appelé caryopse, qui contient de l'endosperme, du germe et des enveloppes **(Sarwar et al., 2013)**.

Certains membres de la famille des céréales appartiennent à la sous-famille des Festucoïdées, tels que le blé, l'orge, l'avoine et le seigle, tandis que d'autres appartiennent à la sous-famille des Panicoïdées, tels que le maïs, le riz, le sorgho et le millet. **(Moule, 1997)**.

Le terme céréale englobe non seulement les grains eux-mêmes, mais également les produits alimentaires fabriqués à partir des grains amylacés tels que les farines, les pâtes et le pain. La science des céréales explore tous les aspects techniques liés à ces plantes, en étudiant

leur nature et les changements qui se produisent naturellement ou suite à des traitements ou manipulations.

Les grains de céréales se composent de trois parties principales :

Les enveloppes, qui est la couche externe riche en fibres, en acides gras oméga-3 et en vitamines et minéraux ;

L'endosperme, qui constitue la partie principale du grain et contient principalement de l'amidon; Le germe, la plus petite partie du grain qui contient des nutriments tels que la vitamine E, le folate, la thiamine, le phosphore et le magnésium (**Sarwar et al., 2013**).

1.2 . La production céréalière

1.2.1. Dans le monde

Le paragraphe présente les prévisions de l'utilisation mondiale des céréales pour 2022-2023, qui devrait diminuer de 0,6 % par rapport à 2021-2022. Cela est dû à la baisse attendue dans l'utilisation de toutes les principales céréales secondaires, tandis que les prévisions pour l'utilisation mondiale de riz ont été revues à la hausse de 0,5 million de tonnes (**FAO, 2023**) . Cela est principalement dû à la mise en marché des stocks publics indiens pour la production d'éthanol, intensifiant les utilisations non alimentaires. Les prévisions pour l'utilisation mondiale de blé ont également été relevées de 1,8 million de tonnes, en raison de l'augmentation de l'utilisation de blé dans l'alimentation animale dans l'Union européenne Cela devrait entraîner une hausse de l'utilisation totale de blé en 2022-2023 à 779 millions de tonnes, soit 0,8 % de plus qu'en 2021-2022. (**FAO, 2023**).

Les prévisions de la FAO pour la production mondiale de blé en 2023 indiquent une baisse par rapport à l'année précédente, mais le résultat global prévu de 784 millions de tonnes serait tout de même le deuxième plus élevé jamais enregistré (**FAO, 2023**).



Figure 1 - Production mondiale des céréales (FAO, 2024).

1.2.2. En Algérie

La superficie totale de l'Algérie est de 238 millions d'hectares dont 191 millions sont occupés par le Sahara. La superficie agricole représente 3 % de ce total, la surface agricole utile est de 8,46 millions d'hectares, dont près de la moitié est laissée en jachère chaque campagne agricole. Les cultures herbacées couvrent 4,40 millions d'hectares.

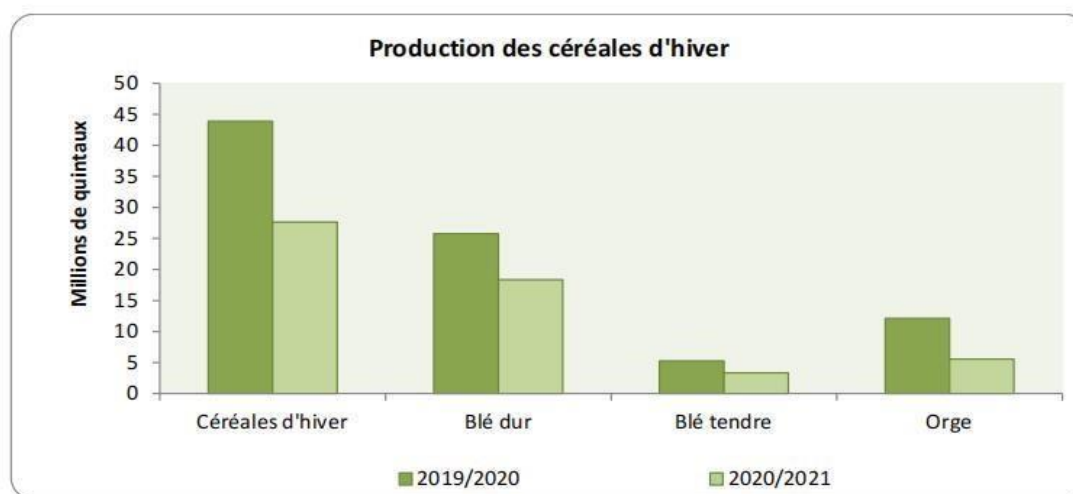


Figure 02- Production totale des céréales d'hiver en Algérie (Bazizi, 2023).

La céréaliculture constitue la principale activité, notamment dans les zones arides et semi-arides. Les terres annuellement emblavées représentent 3,6 millions d'hectares, soit 50 % des terres labourées, la superficie récoltée pour les céréales d'hiver est de 2,51 millions d'hectares avec une production annuelle de 34,32 millions de quintaux (MADR, 2014).

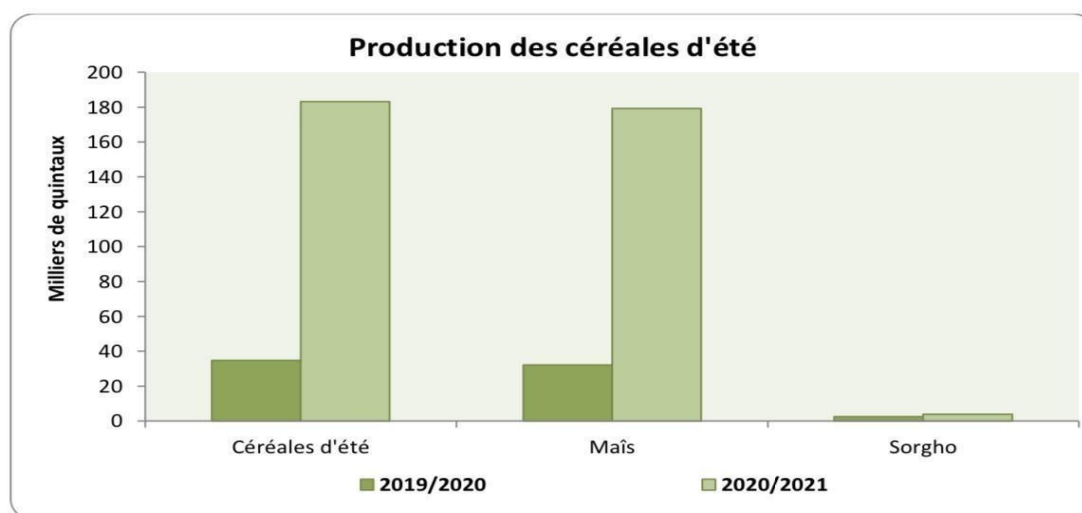


Figure 03- Production totale des céréales d'été en Algérie (**Bazizi, 2023**).

Les grandes cultures, notamment les céréales, les légumineuses alimentaires, les fourrages et les oléagineux sont des produits alimentaires de première nécessité dans l'agriculture algérienne, elles constituent la consommation de base, la disponibilité alimentaire par habitant est passée de 42 à 14 Kcal / personne / jour de 2005 à 2013 respectivement (**FAO, 2019**).

Concernant les céréales d'été, la production a fortement augmenté durant la campagne 2020/2021 en enregistrant un volume de 183 076 quintaux contre 34 776 quintaux en 2019/2020 pour une superficie de 3 586 hectares contre 598 hectares. Cette hausse est due exclusivement à la spéculation du maïs qui a enregistré une production de l'ordre de 179 212 quintaux, soit 146 999 quintaux de plus. Il en va de même pour le sorgho qui a vu sa production augmenter de 51 %.

Le secteur des céréales occupe une place vitale en termes socio-économiques et parfois politique (**Ammar, 2014**). Sur le marché mondial, l'Algérie demeure toujours parmi les grands importateurs de céréales (en particulier le blé dur et le blé tendre) faute de la faible capacité de la filière nationale à satisfaire les besoins de consommation croissants de la population. En effet, la production locale de céréales ne couvre qu'un peu plus de 30% des besoins du pays (**figure 04**) (**Ammar, 2014**).

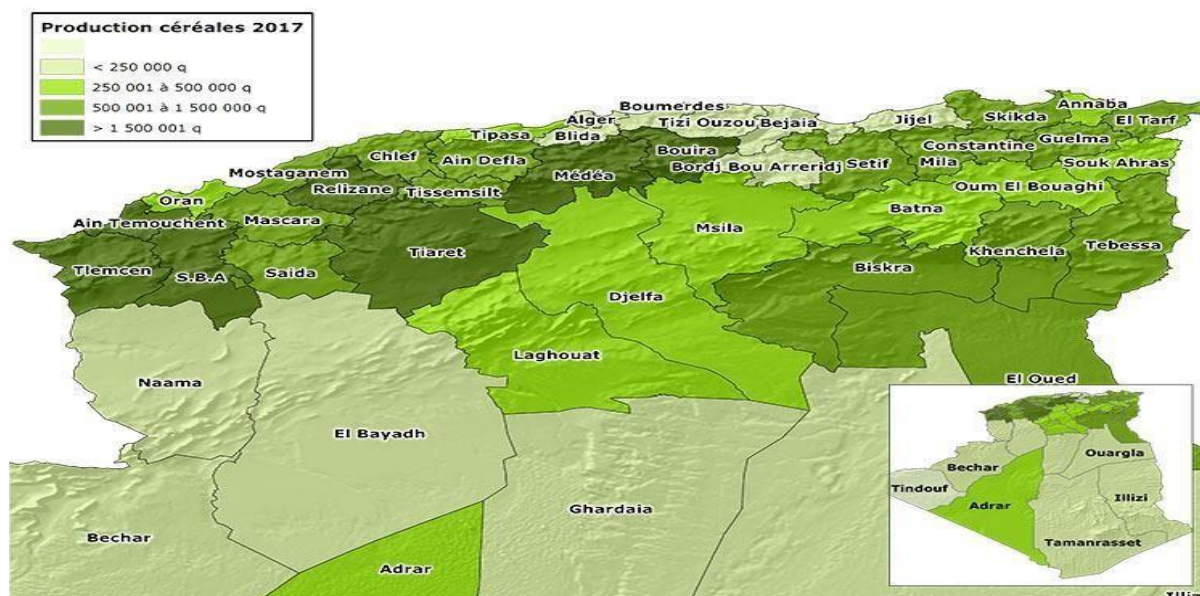


Figure 04- les zones céréalières de l'Algérie (DSA, 2021).

1.3. Importation des céréales

L'importation de blé a été multipliée par 10 en Algérie entre les 1966-1969 (698 500 tonnes) et 2000-2005 (6 796 000 tonnes), pour se situer autour de 8 millions de tonnes en 2010-2015. De ce fait, l'Algérie est l'un des plus grands pays consommateurs de céréales au monde et figure ainsi parmi les plus grands pays importateurs de blés au monde.

En 2017, l'Algérie a importé près de 13 millions de tonnes de céréales pour une valeur de 2,75 milliards de dollars (**Figure 05**). L'Algérie importe majoritairement du blé tendre pour approvisionner ses minoteries (6,36 millions de tonnes, soit 49 % des volumes de céréales importés en 2017) et du maïs (4,14 millions de tonnes, 32 % des volumes importés), puis du blé dur (1,72 millions de tonnes) et de l'orge (542 000 tonnes) (**Bessaoud, 2019**).

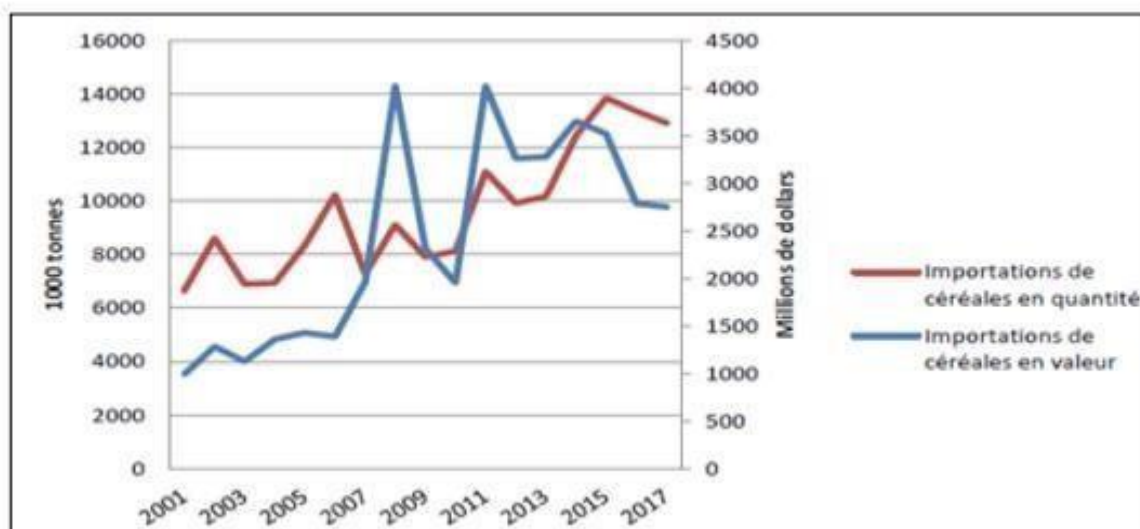


Figure 05 -Importations algériennes des céréales en volume et en valeur entre 2001-2017
(Trademap, 2019).

1.4. Généralités sur le blé

Les céréales ont été parmi les premières à être cultivées et récoltées. Les premières civilisations ont prospéré, en partie, grâce à leur capacité à les fabriquer, à les stocker et à les distribuer. Céréales, principalement blé, riz et orge (**Choueiri, 2003**). Selon la (**FAO, 2019**), la production céréalière mondiale devrait atteindre 2 685 millions de tonnes d'ici 2019, en hausse de 1,2 % par rapport à 2018. En Algérie, comme en Afrique du Nord, ces cultures sont les cultures de base. Prises en charge et exploitation de diverses activités de traitement. Farine de semoule, produits de boulangerie, industrie alimentaire.

Ils constituent également la base de la nutrition et sont d'une grande importance dans la nutrition rurale et urbaine (**Aidani, 2015**). Cependant, malgré la superficie et l'effort, le rendement est encore insuffisant.

Atteindre l'autosuffisance avec une population croissante d'une part et une population croissante d'autre part est en partie dû à des enjeux climatiques tels que : B. Diminution des précipitations fluctuantes entraînant un stress hydrique, salin et thermique. peut causer du stress Les restrictions à la culture des céréales en Algérie impliquent des facteurs biologiques tels que les maladies et les parasites, ainsi que des facteurs agricoles et alimentaires (**Benabdelkader et Nouar, 2018**).

1.4.1. Histoire de blé

Le blé est l'une de ces céréales connue depuis l'antiquité. Sa culture remontée au mésolithique vers 7000 avant Jésus-Christ (**Ruel, 2006**). Selon (**Hamadache, 2013**), il existe deux espèces les plus cultivées et les plus répandues dans le monde sont le blé dur (*Triticum durum Desf.*) et le blé tendre (*Triticum aestivum L.*). Historiquement le blé dur (*Triticum durum*) a été toujours cultivé dans les régions à climat de type méditerranéen telles que l'Afrique du nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Egypte), le sud de l'Europe (Espagne, France, Italie, Grèce), et le Moyen Orient (Turquie, Syrie, Palestine) (**Hannachi, 2018**).

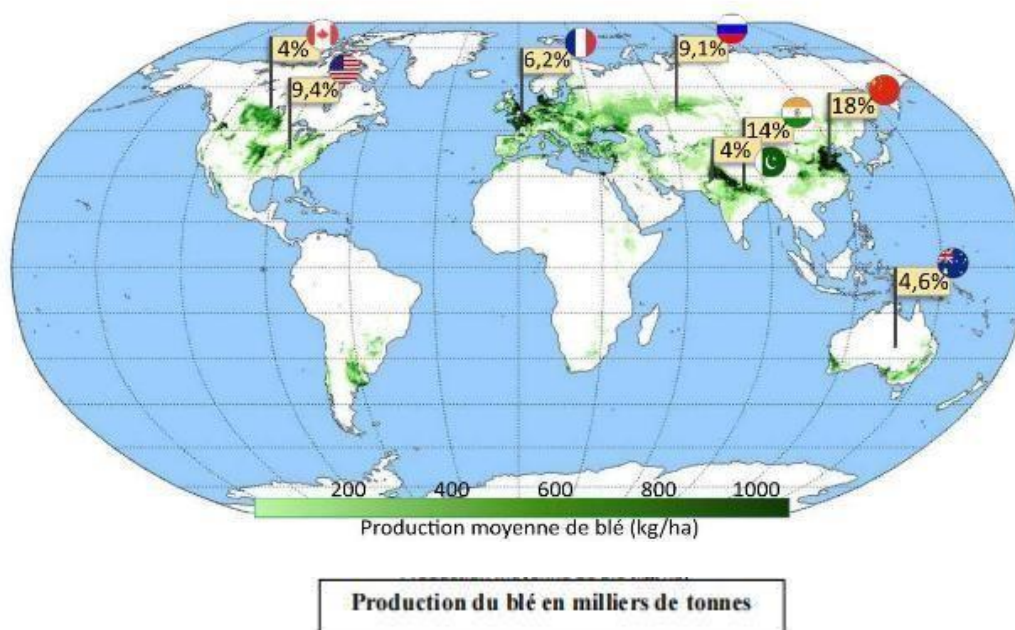


Figure 06-Principales zones et pays de production de blé dans le monde (**FAOSTAT, 2021**).

1.4.2. Le Blé dans le monde

Le rapport mensuel de l'USDA (département États-Unis de l'agriculture) du 12 mai prévoit que la production mondiale de blé atteindra 774,83 millions de tonnes en 2022/2023, contre 779,29 millions de tonnes en 2021/2022. Cela s'explique principalement par le fait que la production ukrainienne a été considérablement révisée à la baisse et devrait atteindre 21,5 millions de tonnes contre 33,01 millions de tonnes en 2021/2022. Par conséquent, une baisse de la production est attendue non seulement en Ukraine, mais également en Australie, dans l'UE et au Maroc. Toutefois, ces baisses de rendement ont été contrebalancées par des hausses au Canada, en Russie et aux États-Unis. Les stocks mondiaux en 2022/2023 ont diminué par rapport à 2021/2022, passant de 279,72 millions de tonnes à 267,02 millions de tonnes.

1.4.3. En Algérie

En Algérie, le blé dur (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) est cultivé dans les trois zones les plus favorables : la zone côtière (600 mm), les plaines intérieures (450 à 600 mm) et le nord des hauts plateaux (350 à 450 mm) : il est cultivé en culture pluviale et est conditionné par les aléas climatiques, dont le déficit hydrique et les températures élevées en fin de cycle sont les plus prépondérants (**Amokrane et al., 2002 ; Mekhlouf et al., 2006**).

Selon les données de l'USDA d'Index sur la production annuelle estimée du blé pour chaque pays en 2022, l'Algérie parmi les 20 premiers producteurs du blé avec une production annuelle du blé estimée à 3,7 millions de tonnes en 2022.

1.4.4. Production de blé dans la zone subhumide d'Algérie

Une zone subhumide est une zone caractérisée par des étés secs et chauds et par des hivers doux et humides. Dans ces zones, les céréaliculteurs peuvent choisir le blé précoce. En raison du changement climatique, le blé doit supporter une chaleur extrême, la sécheresse et le gel.

En plus des maladies comme : la fusariose, les rouilles, le blé des zones semi-humides doit être résistant également aux ravageurs qui pondent des larves sur les épis (**Arvalis, 2017**). Dans la zone littorale subhumide, c'est-à-dire en dessous de 300 mètres d'altitude et avec des précipitations annuelles supérieures à 600 mm, la culture du blé présente encore quelques inconvénients techniques, en effet, malgré le potentiel naturel offert par le milieu physique (précipitations adéquates, sols fertiles, absence d'accidents climatiques majeurs), le potentiel génétique des variétés actuellement cultivées dans la région atteint seulement 30 ~40 % (**Hamadache et al., 2022**). Selon les mêmes auteurs, les rendements moyens de ces cultivars dans les cinq Wilayas de la côte centrale varient de 14 à 21 q ha⁻¹, et avec les rendements les plus élevés de 40 à 50 q ha⁻¹ quand les itinéraires techniques sont préconisés.

Les facteurs des principaux itinéraires qui assurent en zone littorale une productivité élevée ; soit en moyenne 30 à 50 q ha⁻¹ sont : le bon choix des variétés du blé qui s'adaptent à ce climat, le meilleur choix de date de semis, et la préparation correcte du lit de semences, le semis en lignes, le désherbage chimique, la fertilisation raisonnée et la lutte contre les maladies fongiques et les ravageurs, et l'irrigation d'appoint en période de déficit hydrique, en particulier à certains stades critiques de développement de blé.

1.4.5. Exigence du blé en éléments minéraux essentiels

Un apport équilibré en azote, phosphore, potassium et oligo-éléments est une condition préalable à une bonne qualité et à un bon rendement des plantes, pour cela l'application d'engrais dans l'agriculture moderne est liée aux exigences d'une nutrition adéquate des différentes cultures et variétés (**Panayotova et al., 2014**).

Sur les sols algériens, la fertilisation actuelle reste l'un des moyens les plus efficaces pour améliorer le rendement et la qualité en matière de production de blé dur. Pour cette raison, il est important de bien gérer et justifier la contribution des engrais minéraux à l'augmentation de rendement des cultures dans des conditions de stress environnementales (**Abdelliche et Ferkhi., 2018**). Les besoins du blé dur en éléments fertilisants majeurs se varient en fonction du stade de croissance de la plante (**Figure 8**).

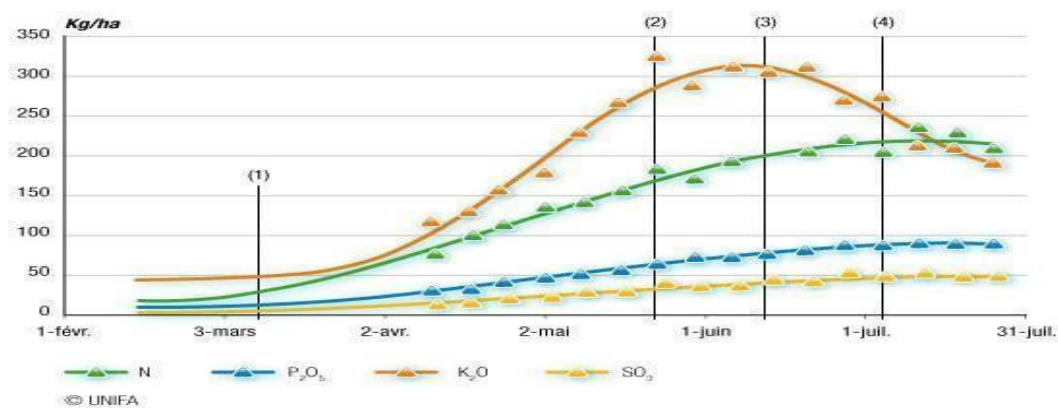


Figure 07-Les besoins de blé en éléments fertilisants au cours de différents stades de croissance Source : Centre de recherches d'Aspach, Ministère de l'Agriculture (**Site Unifa**).

(1) épi 1cm (2) épiaison (3) floraison (4) grain laitueux.

1.4.6. Exigence en Azote

L'une des principales raisons de la limitation du rendement et de la qualité des grains est le manque de connaissances dans la pratique de la fertilisation azotée (**N**)(**Boulelouah et al., 2022**).

L'azote est un élément indispensable à la croissance du blé pour la synthèse de protéines végétales, des enzymes et de la chlorophylle (**Hamadache , 2013**). En effet, c'est le pivot de la production de biomasse, du rendement et de la qualité des produits récoltés, et La meilleure façon d'appliquer la fumure azotée est la technique fractionnée, c'est-à-dire diviser les besoins de toute la culture dans les étapes clés de croissance telles que: la levée, le tallage et le début floraison (**Nedjah , 2015**).

1.4.7. Exigence en phosphore

Le blé est connu pour sa réponse positive à la fertilisation phosphatée en sols à faible teneur en phosphore assimilable (**Hamadache., 2013**). Le phosphore est une composante importante parmi les trois éléments majeurs (**N, P, K**) apportés par les engrais. Ceci est important pour la croissance des plantes de blé, favorisant le développement des racines, le tallage et la floraison précoce, et l'accélération de la maturité des grains, il complète également d'autres fonctions telles que l'activité métabolique, en particulier la synthèse des protéines (**Tanwar et Shaktawat, 2003**).

1.4.8. Exigence en potassium

Le potassium (**K**) est un élément nutritif essentiel pour la croissance des plantes est prélevé dans la solution du sol par les racines des plantes sous la forme d'ions potassium (**K⁺**)(**Awaad et al., 2016**).

Le blé est considéré comme culture peu exigeante en potassium, et le maximum d'absorption par le blé pluvial de cet élément se fait au stade « l'épiaison-floraison », et la carence en ce dernier a des effets négatifs sur le rendement et la qualité du blé (**Pettigrew, 2008**).

1.5. Le Blé dur

Le blé dur (*Triticum durum*) est une espèce de blé cultivée pour la production de pâtes alimentaires, de semoule et de couscous. Contrairement au blé tendre, le blé dur possède une tige plus rigide et un système racinaire moins étendu. Il est également plus résistant à la sécheresse et aux maladies que le blé tendre. Les variétés de blé dur ont une teneur plus élevée en protéines et une meilleure qualité de gluten que les variétés de blé tendre, ce qui les rend idéales pour la production de pâtes alimentaires et d'autres produits de boulangerie (**Shewry et al., 2013**).

1.5.1. Origine génétique

Les blés cultivés appartiennent au genre *Triticum* et possèdent différents niveaux de ploïdie, qui témoignent des événements de polyploïdisation survenus au cours de leur histoire évolutive, avant domestication. Les espèces sont diverses, des espèces diploïdes telles que l'en grain ou petit épeautre (*Triticum monococcum*), des espèces tétraploïdes comme l'amidonniér (*T. turgidum*) et des espèces hexaploïdes (*T. aestivum*) (**Marcussen et al., 2014**), (Figure 8 a).

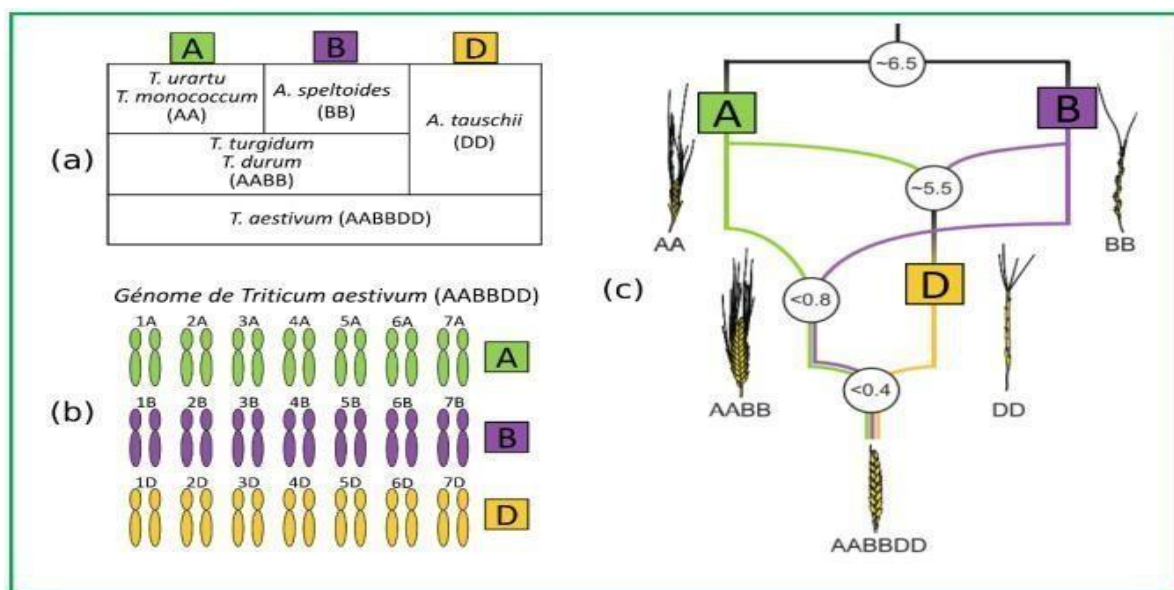


Figure 08- Origine des génomes portés par les différents blés (Marcussen *et al.*, 2014).

Les blés tétraploïdes se sont différenciés en sous-espèces comme l'amidonniér domestiqué ou le blé dur, (*T. turgidum* spp. *dicocoides* ou *durum*) respectivement. Il en est de même pour les blés hexaploïdes où deux sous-espèces sont cultivées, le blé tendre (*T. aestivum* spp. *aestivum*) et le grand épeautre (*T. aestivum* spp. *spelta*).

Le génome des blés hexaploïdes est ainsi constitué de 3 génomes différents (A, B et D), chacun constitué de 7 paires de chromosomes, soit un total de 42 chromosomes (Figure 8 b). La comparaison de ces 3 génomes a prédit leur date de divergence pour appréhender ainsi l'histoire phylogénétique du blé (Marcussen *et al.*, 2014). En revanche, les génomes diploïdes (2n=14) A et B, portés respectivement par *T. urartu* et *Aegilops speltoides* ont divergé il y a environ 6,5 Millions d'années, succédé par un premier événement d'hybridation à l'origine du génome D (2n=14) il y a 5,5 Millions d'années (Figure 8c).

Le génome hexaploïde du blé tendre est alors apparu suite à deux événements majeurs de polyploïdisation. Le premier correspond à une hybridation il y a environ 0,8 Millions d'années entre *T. urartu* (AA) et une espèce proche d'*Ae. speltoides* (BB) qui a permis l'apparition du blé dur sauvage (*T. turgidum*) au génome AABB à l'origine du blé dur actuel. Le second phénomène a eu lieu il y a environ 0,4 Millions d'années et correspond à un croisement entre *T. turgidum* (AABB) et le diploïde *Ae. tauschii* (DD), qui a donné naissance à l'ancêtre hexaploïde du blé tendre (AABBDD).

1.5.2. Classification botanique

Tableau 01- Classification taxonomique du blé dur (Feillet, 2000)

Embranchement	Spermaphytes
Sous Embranchement	Angiosperme
Classe	Monocotylédone
Ordre	Poales
Famille	Poaceae
Tribu	Triticeae
Genre	Triticum
Espèce	Triticum durum Def

1.5.3. Les stades phénologiques de blé

Au cours de la période de croissance et du développement, le blé dur passe par plusieurs stades végétatifs, au cours desquelles la plante développe de nouveaux organes d'un stade à l'autre.

Le cycle évolutif du blé se divise en trois périodes (Belagrouz, 2021), chacune comporte des phases caractérisées par des stades repères, les périodes de croissance de blé sont:

- **Période végétative:** On distingue trois phases :
 - La germination : cette période correspond à la mise en place de la surface foliaire de la culture, elle est sous la dépendance étroite de la température et de la photopériode, elle correspond à la mise en place de l'appareil foliaire (feuilles talles) (Abdelliche et Ferkhi, 2018).
 - Phase germination –levée : cette phase est sensible aux excès d'eau en zones littorales et sublittoral et au gel en zones des hautes plaines.
 - Phase Tallage: le tallage est favorisé par les baisses des températures et les jours courts, et la formation des premiers talles se fait au stade de 3 feuilles (Ait Slimane, 2008). Le tallage chez le blé s'arrête à l'épiaison.
- **Période reproductrice:** cette période se caractérise par :
 - La phase montaison-floraison : cette période correspond au plein développement des talles. Elle marque chez le blé le passage de la phase

végétative vers la phase reproductrice (**Belagrouz, 2021**). Elle est sous le contrôle de la photopériode et de la température.

- La phase épiaison : l'épi sort de la dernière feuille, la floraison et la pollinisation peuvent avoir lieu quelques jours après (**Tayebbet Rebai, 2014**). La floraison chez le blé

aura lieu quand le jour s'allonge et les nuits se raccourcissent, et le nombre définitif ou réel de grain /épi est fixé durant cette période (**Hamadache, 2013**).

- **Période remplissage et maturité du grain** : le remplissage du grain, après la floraison, se fait de deux façons (**Hamadache, 2013**) :
 - Par la migration d'une partie des réserves de la tige.
 - Par la photosynthèse des parties de plante encore verte (feuilles, épis, barbes).

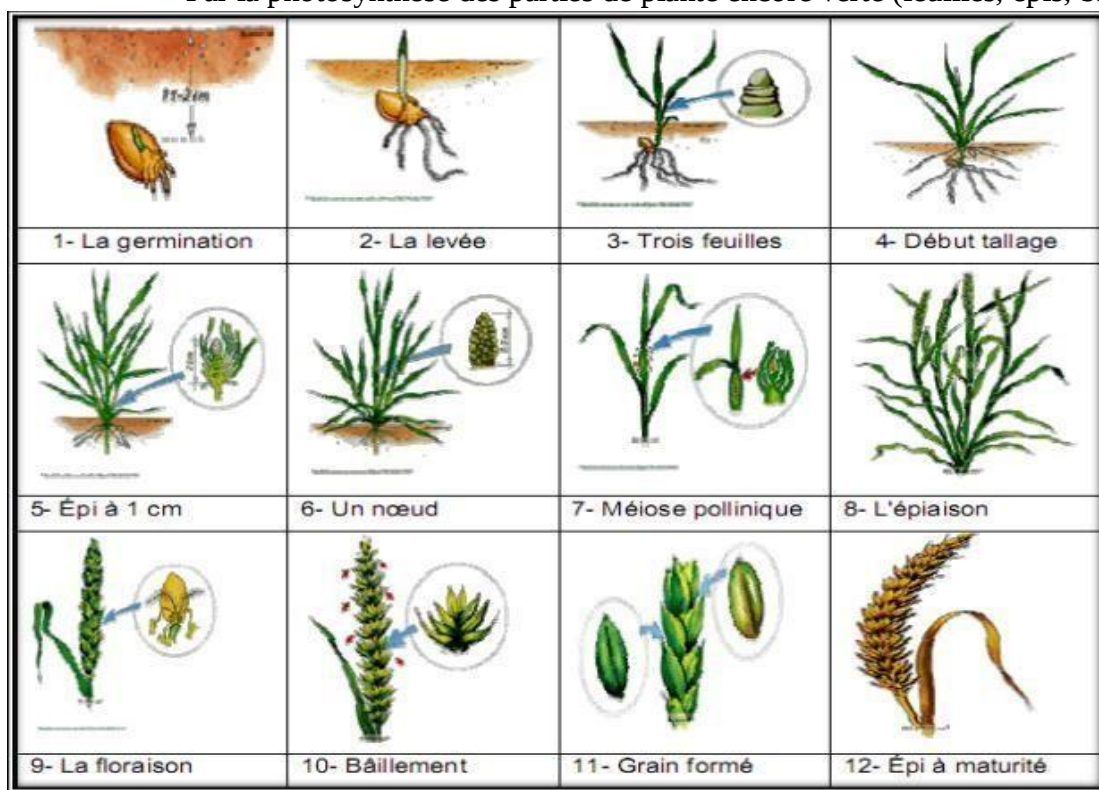


Figure 09-Les différents stades de développement du blé (**Anonyme, 2004**).

2. Les stress abiotiques et biotiques et leurs effets sur la plante

La plante est souvent soumise à une série de contraintes de stress abiotiques et biotiques tels que la salinité, la sécheresse, la chaleur, le froid, le stress oxydatif, l'effet des bactéries, des champignons, des virus et des nématodes (**Bouchoukh, 2010**). Face à ces différents types de stress, les plantes adoptent des systèmes d'acclimatation et de tolérance qui diffèrent en fonction de l'espèce et des conditions du milieu et qui font intervenir une large combinaison et

de modification des facteurs morphologiques, physiologique, biochimique et moléculaire (Bouchoukh , 2010).

2.1. Les différents types de stress

Il existe deux types de stress sur les plantes : les stress abiotiques et biotiques.

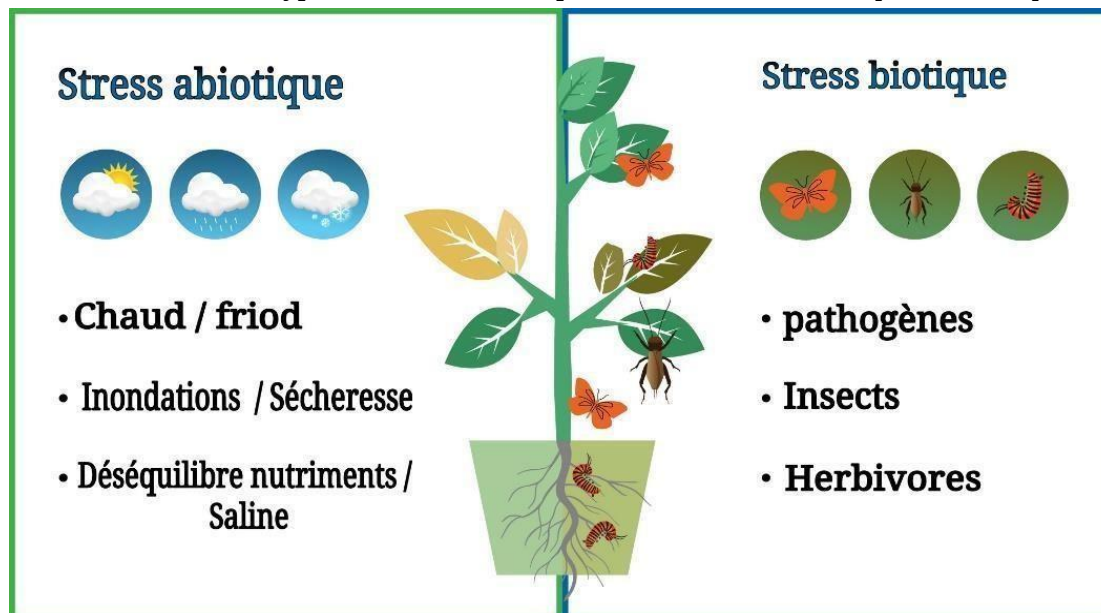


Figure 10- Stress abiotiques et biotiques.

2.1.1. Les stress biotiques

Les stress biotiques se réfèrent aux effets néfastes causés par les organismes vivants. Dans le contexte de la production agricole, cela englobe généralement les dommages causés par les insectes, les nématodes parasites des plantes, les maladies et les mauvaises herbes. Ainsi, les plantes sont soumises à des stress biotiques provoqués par divers organismes vivants tels que les virus, les bactéries, les champignons, les nématodes, les insectes, les arachnides et les mauvaises herbes (Liu, 2016).

2.1.2. Les stress abiotiques

Le stress abiotique est défini comme l'impact négatif des facteurs non vivants sur les organismes vivants dans un environnement spécifique. Les stress comprennent la sécheresse, la salinité, les températures basses ou élevées et d'autres extrêmes environnementaux. Les stress abiotiques, en particulier l'hyper salinité et la sécheresse, sont les principales causes de perte de récoltes dans le monde (Altman, 2011 ; Chouhim *et al.*, 2021).

2.1.2.1. Le stress salin

La salinité a été définie par plusieurs auteurs comme la présence d'une concentration excessive de sels solubles dans le sol ou dans l'eau d'irrigation (**mahrouz, 2013**). D'après Carter, (1975) la salinité se produit après l'évaporation de l'eau dans son état pur laissant derrière elle les sels et d'autres substances. Les sels présents dans les sols et dans les eaux d'irrigation, touchent tous les processus physiologiques, perturbent la germination des graines, affectent la croissance des plantules ainsi que leurs développements et réduisent par conséquent la production des cultures (**Ould Mohamedi et al., 2011**). Cette réponse varie considérablement en fonction du genre, de l'espèce et même de l'écotype ou de la variété (**Epstein et al., 1980**). Les sels dans les sols sont principalement composés de NaCl, mais aussi de calcium, magnésium, carbonate, bicarbonates, sulfates et d'autres ions. Ces ions sont toxiques pour la plupart des plantes à haute concentration. Le terme stress salin s'applique surtout à un excès d'ions, en particulier le N^+ et Cl^- (**Boukraa, 2008**). Les dommages causés par le stress salin à long terme résultent surtout d'un déséquilibre ionique, de la toxicité provoquée par le N^+ et d'un stress osmotique (**Mahrouz, 2013**).

La salinité se rencontre en de nombreuses zones arides et semi-arides du bassin méditerranéen (**Drevon et al., 2001**). En Algérie les facteurs qui contribuent à l'extension du phénomène de salinisation des terres sont liés à : l'aridité du climat qui porte sur plus de 95 % du territoire, la qualité médiocre des eaux d'irrigation, le système de drainage souvent inexistant ou non fonctionnel et la conduite empirique des irrigations.

□ Type de salinité

La salinité est souvent classée dans différentes catégories telles que la salinité des terres arides, la salinité d'irrigation, la salinité urbaine et la salinité industrielle.

➤ Salinité primaire/naturelle :

Elle est le résultat de la dissolution des minéraux du substratum rocheux ou de l'accumulation de sels provenant des précipitations accumulées au fil du temps allant de milliers à des millions d'années (**Gopal, 2019**).

➤ Salinité secondaire/terre sèche :

Elle résulte de l'accumulation de sels sur la surface en raison de l'augmentation des niveaux d'eau et ces sels sont percolés dans les zones à fortes précipitations, mais ils restent à la surface dans les zones arides et semi-arides (**Shravani, 2018**).

➤ Salinité tertiaire/irriguée :

Elle est le produit d'un certain nombre d'irrigations d'eau où les sels restent après évaporation et s'accumulent avec le temps (**Shravani, 2018**).

➤ **Salinité industrielle :**

La salinité industrielle est le résultat de processus qui entraînent l'accumulation et la concentration de sel dans les eaux usées des industries. Les sources de sel comprennent les rejets urbains, les produits chimiques agricoles et les eaux usées provenant des mines et des centrales électriques. Lorsque cette eau salée est rejetée ou s'écoule de manière inappropriée dans les cours d'eau ou les nappes phréatiques, elle peut devenir une source de pollution. Ces sources sont généralement surveillées afin de prendre des mesures appropriées et opportunes pour minimiser leurs effets néfastes (**Shravani, 2018**).

□ **Effet du stress salin sur la morphologie de la plante**

Des concentrations élevées de différents ions de sel, principalement le sodium et le chlore, sont présents dans le sol, mais d'autres ions, tels que le potassium, calcium, carbonate, nitrate, sulfate, contribuent également à une diminution de l'absorption d'eau par les racines des plantes. Les concentrations de certains ions, en particulier Na^+ sont maintenues dans un état faible par des vacuoles intracellulaires qui utilisent des pompes ioniques qui dépendent de l'ATP pour stocker ces ions (**Kosová, 2011**).

□ **Effet du stress salin sur la physiologie de la plante**

D'un point de vue physiologique, les effets néfastes de la salinité se traduisent par ces deux effets fondamentaux, à savoir :

- ✓ Les effets osmotiques par l'effet du NaCl sur le potentiel hydrique, entraînant une diminution de la quantité d'eau disponible pour les plantes.
- ✓ Les effets minéraux en limitant l'absorption des nutriments, en particulier du potassium (K^+). En outre, des concentrations élevées de Na Cl dans le milieu peuvent réduire la teneur en chlorophylle (**Shravani, 2018**).

□ **Effet du stress salin sur la photosynthèse de la plante**

L'effet de la salinité sur la photosynthèse est démontré par la réduction de l'absorption du dioxyde de carbone et de la conductance stomatique. La réduction de la photosynthèse par la salinité est une cause majeure de faible croissance et productivité des plantes (**Yin, 2020**).

2.1.2.2. Stress hydrique

Le stress hydrique est l'un des stress environnementaux les plus importants, affectant la productivité agricole autour du monde (**Boyer, 1982**). Il occupe et continuera d'occuper une très grande place dans les chroniques agro-économiques.

Le stress hydrique peut se définir comme le rapport entre la quantité d'eau nécessaire à la croissance de la plante et la quantité d'eau disponible dans son environnement, sachant que la réserve d'eau utile pour la plante est la quantité d'eau du sol accessible par son système racinaire (**Laberche, 2004**). Le stress hydrique est toute restriction hydrique qui se traduit par une baisse de potentiel de la plante suite à une perturbation de son activité physiologique provoquée par un déficit de consommation en eau et communément appelé stress hydrique (**Mouellef, 2010**). D'un point de vue physique le stress hydrique résulte d'un abaissement du potentiel hydrique dans l'air et/ou dans le sol en dessous d'une certaines valeurs, dépendant du génotype, du phénotype et des caractéristiques du milieu (type de sol, température et du vent) (**Lamaze et al., 1994**).

□ Effet de stress hydrique sur les plantes

Les stress abiotiques, notamment le stress hydrique, limitent sérieusement la croissance des plantes ainsi que la productivité végétale (**Wang et al., 2003**). Le déficit hydrique constitue un important facteur limitant pour la production des cultures céréalières dans les zones arides et semi-arides (**El Mouride et al., 1996**), qui se caractérisent par une forte irrégularité des précipitations (**Foudili et Gasmi, 2017**). Chaque année, les surfaces perdues à cause des stress hydrique et salin varient autour de 20 millions d'ha dans le monde. En Algérie, la rareté et le caractère irrégulier des précipitations (200 à 600 mm/an) peuvent être les facteurs d'une perte partielle ou totale de production, en particulier dans le cas des céréales. Un stress hydrique se traduit par une réduction de la croissance de la plante et de sa production par rapport au potentiel du génotype.

Un stress hydrique précoce affecte en parallèle la croissance des racines et des parties aériennes, le développement des feuilles et des organes reproducteurs (**Mouellef, 2010**). La diminution de la photosynthèse, liée à la diminution de la teneur relative en eau et du potentiel hydrique foliaire est due essentiellement à la réduction de la pénétration du CO₂, limitée par une fermeture des stomates (**Plaut et Federman, 1991**).

En effet, dépressif d'une contrainte hydrique sur la photosynthèse des végétaux résulte non seulement d'une baisse de la conductance stomatique, mais également d'une altération de

l'appareil photosynthétique et / ou d'une diminution de la surface foliaire (**Kaiser, 1987**). Un stress hydrique limite sérieusement la croissance de la plante et sa reproduction par rapport au potentiel du génotype (**Bouakaz et Hamadouche, 2015**).

Il affecte en parallèle la croissance des racines et des parties aérienne, ainsi que le développement des feuilles et des organes reproducteurs (**Attia, 2007 ; Neffar, 2013**). L'effet du déficit hydrique sur le rendement, dépend du stade au cours duquel ce déficit survient (**Debaeke et al., 1996**). Ainsi, un déficit hydrique à la montaison se traduit par la chute du nombre d'épis par m², la régression intense des tailles et la baisse du nombre de grains par épi (**Debaeke et al., 1996**). À la fin de la montaison, 10 à 15 jours avant l'épiaison, la sécheresse réduit le nombre de fleurs fertiles par épillet (**Debaeke et al., 1996**).

Le manque d'eau après la floraison, combiné à des températures élevées, entraîne une diminution du poids de 1000 grains par altération de la vitesse de remplissage des grains et de la durée de remplissage (**Triboï, 1990**), provoquant ainsi l'échaudage (**Benbelkacem et Kallou, 2001**), ce qui entraîne une réduction du rendement. Par ailleurs, et pour bien se développer, la plante doit disposer de mécanismes d'adaptation qui lui permettent de supporter la sécheresse (**Slami et al., 2005**).

2.1.2.3. Stress thermique

Le stress thermique est souvent défini quand les températures sont assez hautes ou basses pendant un temps suffisant pour qu'elles endommagent irréversiblement la fonction ou le développement des plantes. Elles peuvent être endommagées de différentes manières, soit par des températures basses ou élevées de jour ou de nuit, par l'air chaud ou froid ou par les températures élevées du sol.

Lorsque la température avoisine ces limites, la croissance diminue et au-delà, elle s'annule (**Hopkins, 2003**).

La contrainte thermique est une fonction complexe qui varie selon l'intensité (degré de la température), la durée et les taux d'augmentation ou de diminution de la température (**Oukarroum, 2007**).

□ Hautes températures

Dans les zones arides et semi-arides d'altitude, le stress thermique peut intervenir même en début du cycle. (**Karou et al., 1998**) observent une forte réduction du nombre de plantes levées par unité de surface, suite aux effets des hautes températures automnales. Ces effets

s'amenuisent à mesure que le semis est fait tardivement (**Fischer, 1985**). L'effet des hautes températures au semis se manifeste par une réduction de la longueur de la coléoptile (**Hazmoune, 2000**). Réussit à montrer que l'effet pénalisant de l'élévation de la température est surtout dû au fait que la plante n'arrive pas à absorber les éléments nutritifs et l'eau et les utiliser au rythme imposé par le stress thermique.

Hauchinal et al en 1993, remarquent une réduction du rendement des semis tardifs, liée à une diminution du nombre d'épi et du poids moyen du grain, causée par les effets des hautes températures. Ils notent aussi que l'effet pénalisant du stress thermique se matérialise par une accélération du développement et une réduction des dimensions des organes constitutifs de la plante. La résultante est un effet négatif sur la productivité globale de la plante. (**Wardlaw et al., 1989**) montrent que la baisse du rendement due au stress terminal, est corrélée positivement à la réduction du poids moyen du grain et à la variation du nombre de grain/m². L'élévation de la température, tard au cours du cycle de développement de la plante, et particulièrement après anthèse, est une contrainte à l'augmentation des rendements en zone semi-aride (**Bouzerzour et Benmahammed, 1994**). L'effet des hautes températures se manifeste par une accélération de la sénescence foliaire et l'arrêt de la croissance du grain (**Dakheel et al., 1993**).

Wardlaw et al en 1989, montrent que la température optimale pour le développement et le remplissage du grain, varie de 12 à 15 °C pour de nombreux génotypes de céréale à paille. Ils observent une diminution de 3 à 5 % du poids du grain pour chaque degré d'augmentation de la température à partir de la base des 12 à 15 °C. Dans l'écart des moyennes de températures de 12 à 15 °C, une réduction de la durée de remplissage est compensée par une augmentation du taux de remplissage, avec pour effet peu de variation du poids moyen du grain (**Wardlaw et al., 1989**).

□ Basses températures

L'altitude et un climat de type méditerranéen imposent un hiver très froid et pluvieux, le froid hivernal limite la croissance au moment où l'eau est disponible et allonge le cycle de la plante pour l'exposer à la sécheresse du début de l'été (**Chenaffi et al., 2006**). Les dégâts de gel tardif sont très fréquents sur céréales, rendant l'adoption des variétés précoces trop risquée

(Bouzerzour et Benmahammed, 1994). L'adoption de la stratégie de l'esquive comme moyen pour échapper au stress thermique de fin de cycle, est peu opérante dans le cas où les génotypes précoces sélectionnés ne sont pas génétiquement résistants au froid **(Mekhlouf et al., 2006).**

L'abaissement brutal de la température, en dessous de 0 °C, provoque de nombreuses perturbations au sein du végétal. Lorsque la température chute fortement, des cristaux de glace se forment dans les espaces intercellulaires déshydratant les cellules dont l'eau est appelée vers ces espaces. La membrane plasmique perd sa perméabilité spécifique et il y a perturbation du fonctionnement cellulaire **(Nadjem, 2012).**

La réversibilité du phénomène n'a lieu que si la structure cellulaire n'est pas fortement endommagée. Lors du dégel, les cellules intactes se réhydratent et redeviennent fonctionnelles **(Blouet et al., 1984).** La déshydratation des cellules s'accompagne d'une augmentation de la concentration en substances organiques, et en sels minéraux.

D'après Passioura (1996), si le froid persiste, il y a dessèchement foliaire. Les basses températures réduisent la croissance durant l'hiver alors que les plantes peuvent utiliser plus efficacement l'eau stockée dans le sol suite à la faible demande climatique qui caractérise cette période .

Matériel et Méthodes

CHAPITRE II- MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Matériel

Le matériel végétal, est constitué de huit variétés de blé dur (*triticum Durum Desf.*), (BIDI17, OUED EL BARED, AMARO6, GTA DUR, VITRON, MANSOURA, OFANTO, SAOURA), les semences utilisées dans les essais de germination ont été approvisionnées bénévolement par l'institut national des grandes cultures à Sebaine de la wilaya de Tiaret.

Tableau 02- Caractéristiques des variétés de blé dur étudiées.

Nom	Pedigree	Croisement
BIDI 17	Sélection locale	INRA Algérie
GTA dur	Crane/4/PolonicumPI185309//T. glutin en/2* Tc60/3/Gll	CIMMYT- ICARDA
VITRON	Turkey77/3/Jori/Anhinga//Flami ngo	CIMMYT
OFANTO	Appulo/Adamello	Italy
AMAR 06	ID94.0920-C-OAP.7AP	CIMMYT- ICARDA

Gaviota Durum**MOHAMMED BEN BACHIR.

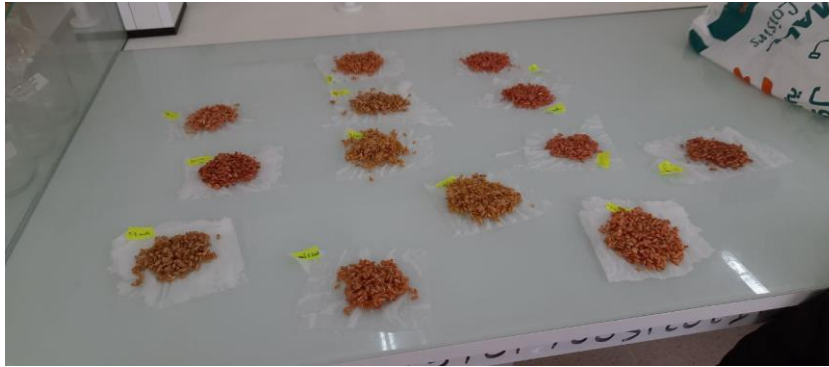


Figure 11- Les différentes graines récoltées.

L'expérience est accomplie dans des conditions semi-contrôlé dans le laboratoire de la faculté des Sciences et Technologies de L'université de Relizane.

2. Méthodes

- Les semences sélectionnées sont traitées avec une solution de l'eau de javel pour la désinfection et la stérilisation en les laissant immerger pendant 3 minutes, ensuite on utilise de l'eau distillée pour les rincer, pour une suppression totale des résidus de chlore.



Figure 12-Dispositif expérimental utilisé pour la germination des grains.

- Les semences sont ensuite disposées dans des boîtes de pétri de dix centimètres de diamètre recouvertes de papier absorbant humidifié contenant chacune 10 graines réparties dans ces boîtes.
- Les boîtes de pétri sont disposées dans une étuve maintenue humide en plaçant dans le fond de celle-ci un bac plein d'eau et elle est réglée à 25 °C.

2.1. Application du stress salin

Les graines sont traitées par les solutions salines suivantes :

Tableau 03 - Traitement salins appliqués

Traitements salins	T0	T1	T2	T3
Arrosage	Eau distillée	5g /l de NaCl	10g/l de NaCl	15g/l de NaCl

2.2. Application du stress thermiques

- Les boîtes de pétri sont disposées dans une étuve réglée à 25 °C pour les graines témoins T0, à 37°C pour les graines T4 et à 40°C pour les graines T5.

- Au cours des observations, il faut imbiber le milieu de culture en arrosant dès que nécessaire. Dans notre cas, on considère qu'une graine a germé lorsque la radicule perce l'enveloppe et devient visible à l'œil nu selon la définition de COME (1970).

- Dès l'apparition de la pointe de la radicule à travers les enveloppes, il faut procéder régulièrement au comptage des graines germées. Lorsque le taux de germination se stabilise, on achève les observations.

2. 3. Paramètres de germination étudiés

•Précocité de germination

Ce paramètre est déterminé lorsque nous observons les premières graines germées. Dans ce cas, la précocité de la germination est exprimée par le taux des premières graines germées correspondant à l'intervalle de temps entre le semis des graines et les premières graines germées (BELKHODJA,1996)

•Durée de germination

C'est le temps (en jours) imparti entre les premières graines germées et la fin de la germination.

•Taux de germination final

Il est exprimé comme le rapport du nombre de graines germées au nombre total de graines mises à germer (**Oukara et al., 2017**). Le taux de germination (Tg) est calculé selon la relation :

$$\text{Tgf} = \text{Ni} \times 100 / \text{Nt}$$

Ni : nombre des graines germées.

Nt : nombre totale de graines utilisées.

•Cinétique de germination

Elle est exprimée en nombre de graines qui ont germé après 24, 48, 72 et 96 heures depuis le début de l'expérience. Cela permet de mieux comprendre la signification écologique du comportement germinatif des cultivars étudiés et de tous les événements partant du stade de reprise en eau par la graine et se terminant par l'élongation de l'axe embryonnaire et l'émergence de la radicule, c'est un paramètre à fixer, (**Hajlaoui et al., 2007**).

Résultats Obtenus

CHAPITRE III - RÉSULTATS OBTENUS

1. Réponses physiologiques des graines sous traitements salin NaCl

1.1. Précocité de la germination des graines :

Les données exposées dans la figure 13 et le tableau 04 indiquent que la germination précoce des graines diminue à mesure que la concentration en sel augmente, avec des variations selon les différentes variétés étudiées.

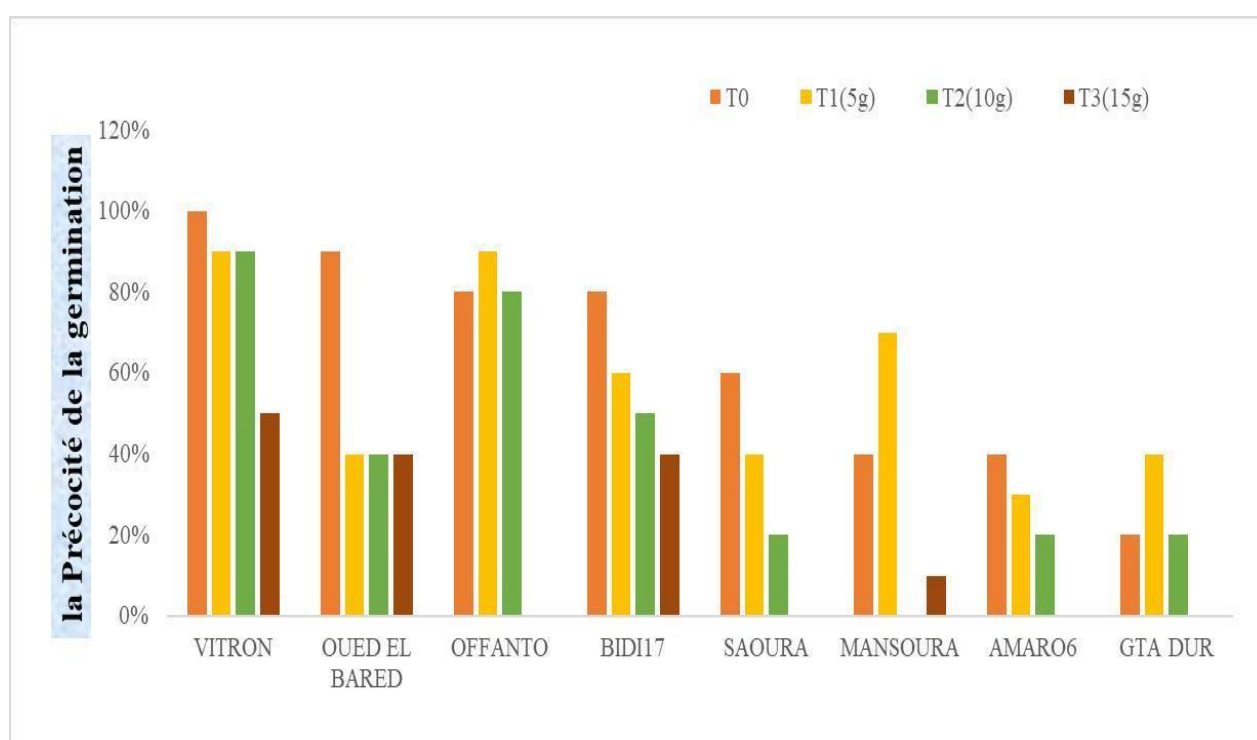


Figure 13 -Précocité de la germination des graines de quelques variétés de blé dur sous stress salin au NaCl.

Effectivement, les graines qui germent le plus tôt sont celles qui ont été trempées dans de l'eau distillée, comme en témoignent les taux les plus élevés observés chez les variétés Vitron à 100% et Oued El Bared à 90%.

À une concentration de 5 g/l de NaCl (T1), la variété AMARO6 montre une plus grande susceptibilité avec un taux d'infection de 30%.

En revanche, les variétés semblent moins sensibles à l'augmentation de la concentration en sel sont VITRON avec un taux de 90% et OFFANTO avec un taux de 80% observé sous 10 g/l de NaCl.

Tableau 04 - Précocité de la germination des graines de quelques variétés de blé dur sous stress salin au NaCl.

	Vitron	Oued EL BARED	OFFANTO	BIDI 17	SAOURA	MANSOURA	AMARO6	GtA Dur
T0	100%	90%	80%	80%	60%	40%	40%	20%
T1	90%	40%	90%	60%	40%	70%	30%	40%
T2	90%	40%	80%	50%	20%	0%	20%	20%
T3	50%	40%	0%	40%	0%	10%	0%	0%

La variété SAOURA présente une sensibilité accrue, avec des taux de diminution passant de 60% lors du traitement à l'eau distillée, à 40% lorsque les graines sont arrosées avec 5 g/l de NaCl, pour finalement atteindre 20% sous 10 g/l de NaCl.

1.2 La durée de la germination des graines :

1.2.1. La durée de germination des graines arrosée à l'eau distillée

Les données exposées dans la figure 14 et le tableau 05 indiquent que toutes les graines étudiées ont une durée de germination de six jours.

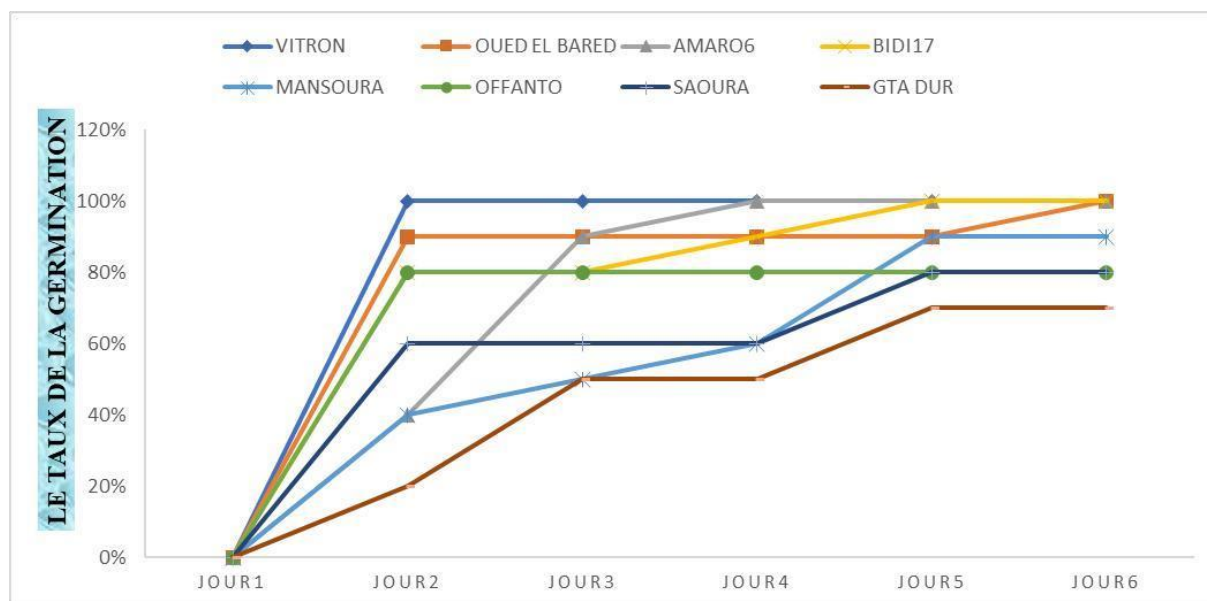


Figure 14 - Durée de la germination de quelques variétés de blé dur arrosées à l'eau distillée.

La germination commence au deuxième jour pour les huit variétés examinées, avec des taux variés. La variété GTA DUR affiche le taux le plus bas à 70% tandis que la variété VITRON atteint le taux le plus élevé de 100 %.

Tableau 05 - Taux de la germination journalier de quelques variétés de blé dur arrosées à l'eau distillée.

T0	JOUR1	JOUR2	JOUR3	JOUR4	JOUR5	JOUR6
VITRON	0%	100%	100%	100%	100%	100%
OUED EL BARED	0%	90%	90%	90%	90%	100%
AMARO6	0%	40%	90%	100%	100%	100%
BIDI17	0%	80%	80%	90%	100%	100%
MANSOURA	0%	40%	50%	60%	90%	90%
OFFANTO	0%	80%	80%	80%	80%	80%
SAOURA	0%	60%	60%	60%	80%	80%
GTA DUR	0%	20%	50%	50%	70%	70%

Les variétés VITRON, OUED EL BARED , BiDi17 et OFFANTO affichent des taux élevés, atteignant au moins 80%.

1.2.2. La durée de germination des graines sous traitement salin au NaCl 5 g.l⁻¹.

La germination des graines traitées avec une solution saline de NaCl à 5g/l commence le deuxième jour pour toutes les variétés étudiées (voir figure 15, tableau 06), avec une durée de germination qui prend six jours.

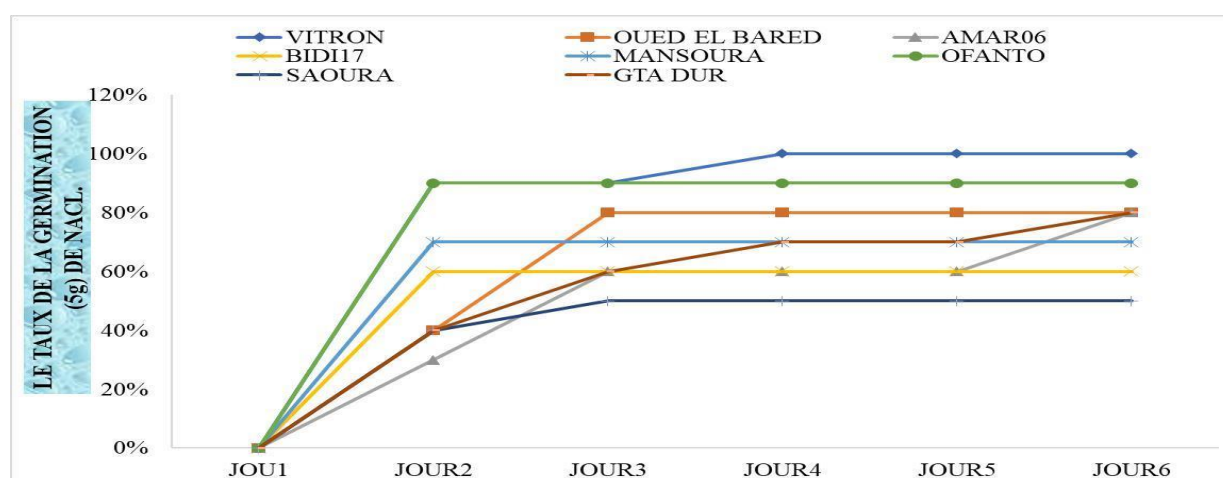


Figure 15- Durée de la germination des graines de quelques variétés de blé dur sous traitement salin au NaCl 5g.l⁻¹.

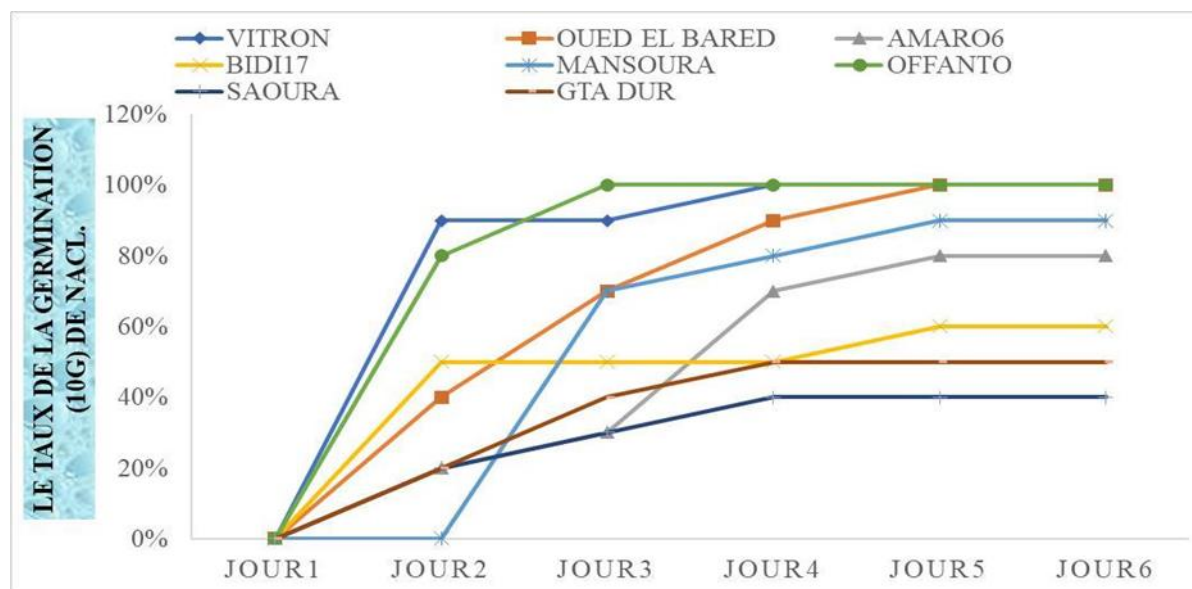
Les graines des variétés VITRON et OFFANTO semblent peu sensibles à l'augmentation de la concentration en sel, avec des taux de survie de 100 %. En revanche, la variété la plus touchée est SAOURA , affichant un taux plus faible de 50%.

Tableau 06- Taux de la germination des graines de quelques variétés de blé dur sous stress salin au NaCl 5g.l⁻¹

T1	JOUR1	JOUR2	JOUR3	JOUR4	JOUR5	JOUR6
VITRON	0%	90%	90%	100%	100%	100%
OUED EL BARED	0%	40%	80%	80%	80%	80%
AMARO6	0%	30%	60%	60%	60%	80%
BIDI17	0%	60%	60%	60%	60%	60%
MANSOURA	0%	70%	70%	70%	70%	70%
OFFANTO	0%	90%	90%	90%	90%	90%
SAOURA	0%	40%	50%	50%	50%	50%
GTA DUR	0%	40%	60%	70%	70%	80%

1.2.3. La durée de germination des graines sous traitement salin au NaCl 10 g.l⁻¹

Les données exposées dans la figure 16 et le tableau 07 indiquent que la germination des graines commence dès le deuxième jour pour toutes les variétés examinées, avec une durée moyenne de cinq jours.

**Figure 16-** Durée de la germination des graines de quelques variétés de blé dur sous stress salin au NaCl 10 g.l⁻¹.

Les graines des variétés VITRON et OUED EL BARED et OFFANTO montrent une faible sensibilité à l'augmentation de la concentration en sel, avec des taux de survie de 100%. En revanche, la variété la plus touchée est SAOURA avec un taux de survie de seulement 40 %

Tableau 07 - Durée de la germination journalière des graines de quelques variétés de blé dur sous stress salin au NaCl 10 g.l⁻¹.

T2	JOUR1	JOUR2	JOUR3	JOUR4	JOUR5	JOUR6
VITRON	0%	90%	90%	100%	100%	100%
OUED EL BARED	0%	40%	70%	90%	100%	100%
AMARO6	0%	20%	30%	70%	80%	80%
BIDI17	0%	50%	50%	50%	60%	60%
MANSOURA	0%	0%	70%	80%	90%	90%
OFFANTO	0%	80%	100%	100%	100%	100%
SAOURA	0%	20%	30%	40%	40%	40%
GTA DUR	0%	20%	40%	50%	50%	50%

1.2.4 La durée de la germination des graines sous traitement salin au NaCl 15g.l⁻¹ D'après les données de la figure 17 et du tableau 08, les huit variétés examinées présentent une durée moyenne de germination de cinq jours. La germination commence systématiquement dès le deuxième jour pour toutes les variétés.

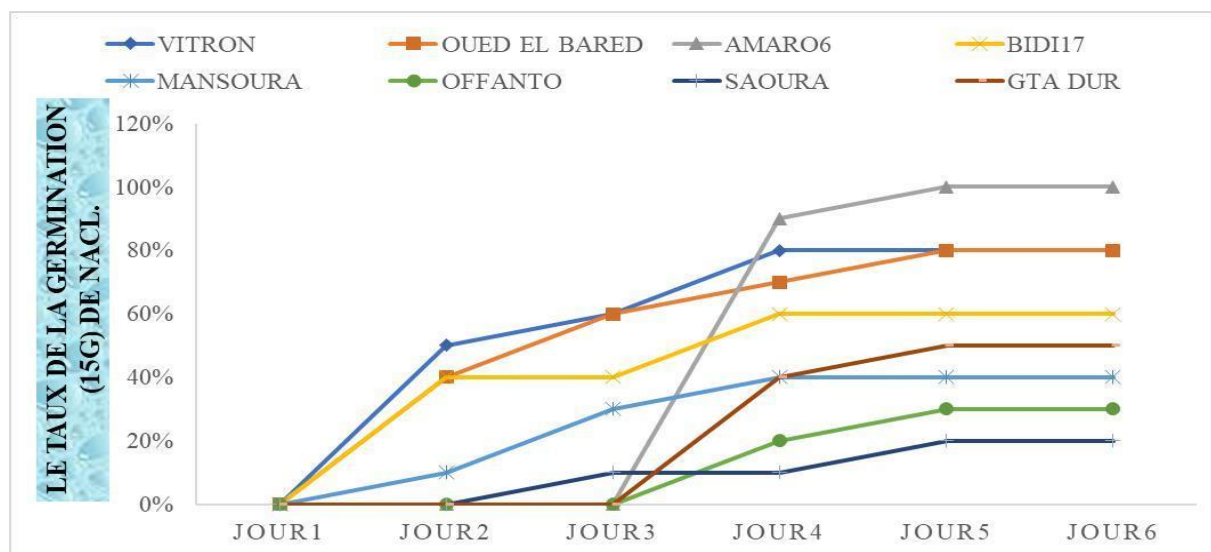


Figure17 - Durée de la germination des graines de quelques variétés de blé dur sous stress salin au NaCl 15 g.l⁻¹.

Les génotypes VITRON et AMARO6 montrent une faible réactivité à l'élévation de la teneur en sel et demeurent les plus robustes, avec des résistances de 100 % et 80% respectivement. En revanche, la variété SAOURA demeure la plus vulnérable, avec une résistance de seulement 20% et une durée de germination de seulement deux jours.

Tableau 08 - Durée de la germination journalière des graines de quelques variétés de blé dur sous stress salin au NaCl 15 g.l⁻¹

T3	JOUR1	JOUR2	JOUR3	JOUR4	JOUR5	JOUR6
VITRON	0%	50%	60%	80%	80%	80%
OUED EL BARED	0%	40%	60%	70%	80%	80%
AMARO6	0%	0%	0%	90%	100%	100%
BIDI17	0%	40%	40%	60%	60%	60%
MANSOURA	0%	10%	30%	40%	40%	40%
OFFANTO	0%	0%	0%	20%	30%	30%
SAOURA	0%	0%	10%	10%	20%	20%
GTA DUR	0%	0%	0%	40%	50%	50%

1.3. Le taux finale de germination :

Toutes les graines de contrôle (voir Figure 18 et Tableau 09) ont germé avec un taux allant de 70% à 100 %. Cependant, dès qu'elles sont exposées à une salinité de 5 g/l de NaCl, la germination des variétés SAOURA et BIDI17 commencent à décliner. En revanche, les autres graines des variétés VITRON ,OUED EL BARED , AMARO6 , MANSOURA OFFANTO et GTA DUR achèvent leur germination de manière régulière.

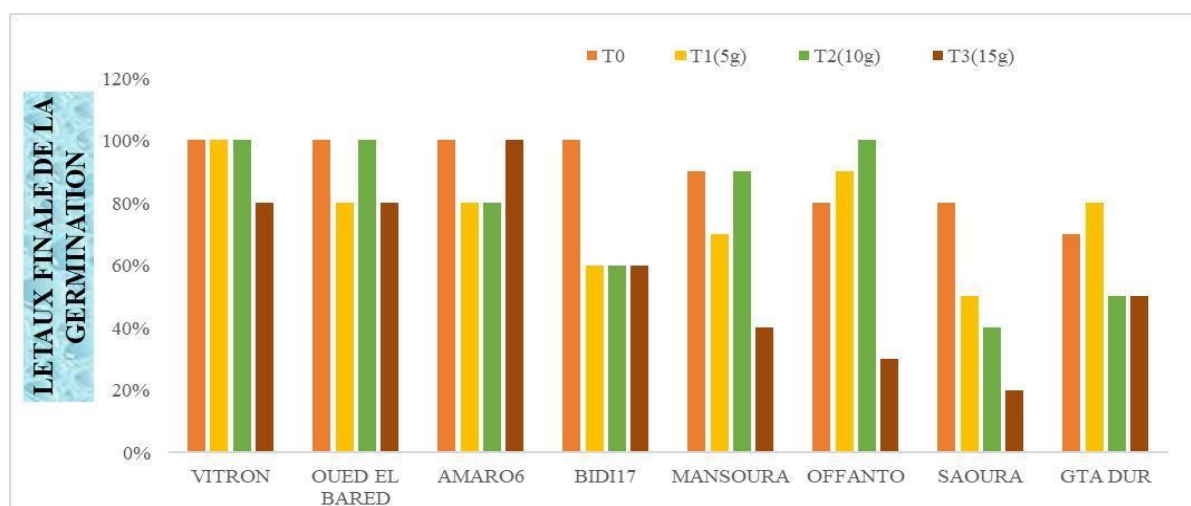


Figure18- Le taux finale de germination des graines de quelques variétés de blé dur sous stress salin.

Au-delà d'une concentration de sel de 15 g/l, les variétés SAOURA, OFFANTO , GTA DUR et MANSOURA montrent une sensibilité accrue à l'élévation de la salinité. En revanche, l'augmentation de la concentration en NaCl dans la solution d'arrosage n'influe pas sur le taux final de germination des variétés AMARO6 , VITRON , OUED EL BARED et BIDI17.

Tableau 09 - Le taux finale de germination des graines de quelques variétés de blé dur sous stress salin.

	Vitron	Oued EL BARED	OFFANTO	BIDI 17	SAOURA	MANSOURA	AMARO6	GtA Dur
T0	100%	100%	100%	100%	90%	80%	80%	70%
T1	100%	80%	80%	60%	70%	90%	50%	80%
T2	100%	100%	80%	60%	90%	100%	40%	50%
T3	80%	80%	100%	60%	40%	30%	20%	50%

2. Réponses physiologiques des graines sous stress thermique :

2.1 Précocité de la germination :

Les données affichées dans la figure 19 et le tableau 10 démontrent que la précocité de germination des graines diminue à mesure que la température augmente, avec des variations selon les différentes variétés examinées

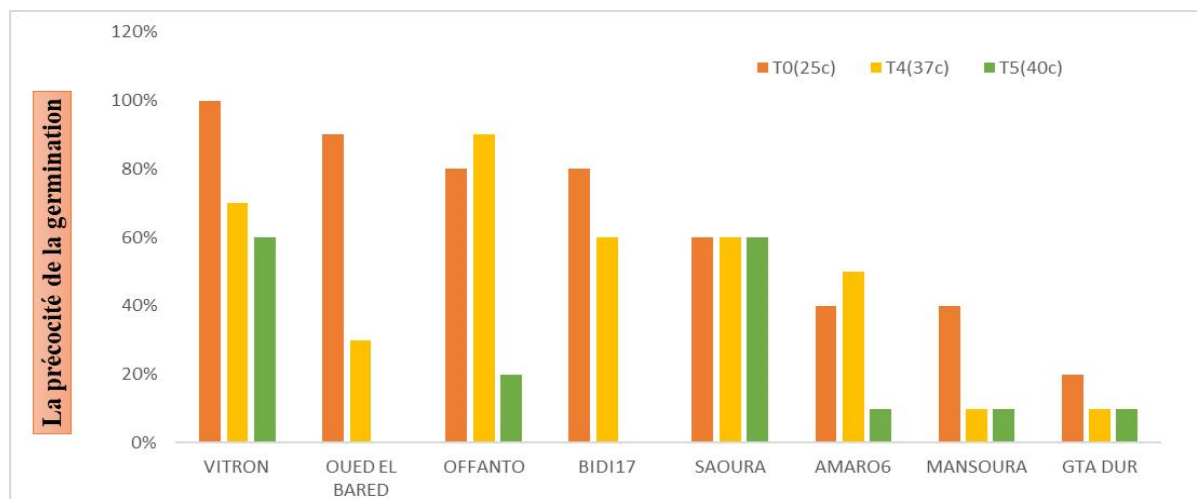


Figure 19-La Précocité de la germination des graines de quelques variétés de blé dur sous stress thermique.

Effectivement, les graines qui germent le plus tôt sont celles trempées dans de l'eau distillée, comme le montrent les pourcentages les plus élevés observés chez les variétés VITRON (100%) et OUED EL BARED (90 %) et OFFANTO (80%).

Tableau 10- Précocité de la germination des graines de quelques variétés de blé dur sous stress thermique.

	Vitron	OuedEL BARED	OFFANTO	BIDI 17	SAOURA	MANSOURA	AMARO6	GtA Dur
T0	100%	90%	80%	80%	60%	40%	40%	20%
T4	70%	30%	90%	60%	60%	50%	10%	10%
T5	60%	0%	20%	0%	60%	10%	10%	10%

À une température de 37°C, les variétés MANSOUR et GTA DUR présentent les taux d'infection les plus élevés, atteignant jusqu'à 10 % et 20 %.

La variété VITRON semble relativement insensible à une température de 37°C, avec un taux de germination de 60%. En revanche, la variété GTA DUR montre une sensibilité plus marquée, avec des taux de germination de 20% à 25°C et de 10% à 37°C.

Sous une température de 40°C, on constate que les variétés VITRON et SAOURA sont les moins affectées, affichant des taux de germination de 60%, tandis que les variétés AMARO6, MANSOUR et GTA DUR montrent une sensibilité plus élevée, avec des taux de germination atteignant seulement 10%.

2.2 La durée de germination sous 37°C :

Les semences en germination à 37°C débutent leur croissance le deuxième jour, avec des taux variant de 10% à 90% selon la variété, atteignant 80% à 100% le troisième jour.

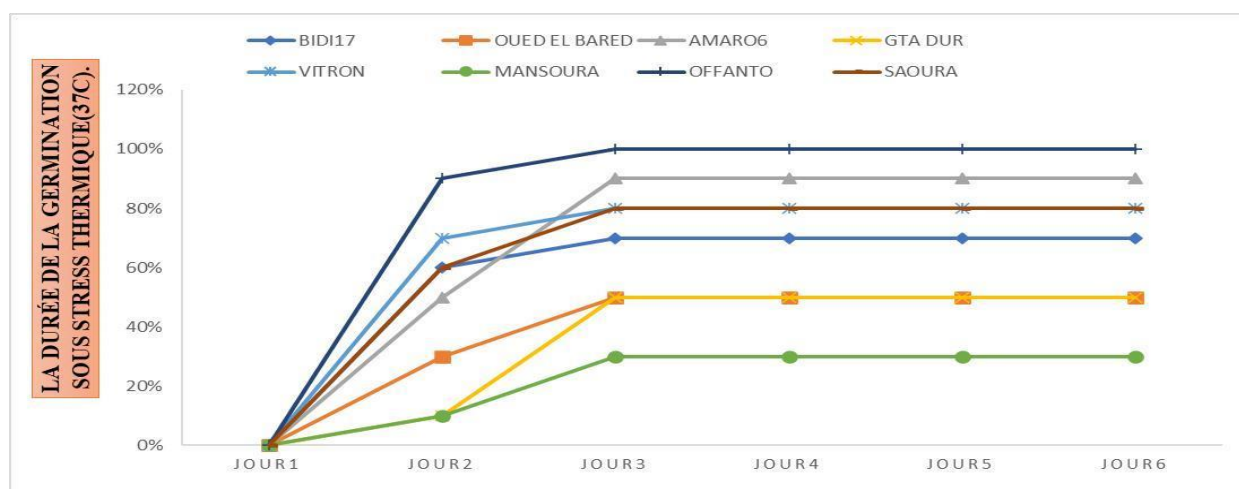


Figure 20- Durée de la germination des graines de quelques variétés de blé dur sous 37°C.

Les graines des cultivars OFFANTO, AMARO6 et SAOURA montrent une résistance relative à l'augmentation de la température à 37°C, atteignant des taux de germination allant de 80% à 100%.

Tableau 11- Durée de la germination des graines de quelques variétés de blé dur sous 37°C.

T4(37c)	JOUR1	JOUR2	JOUR3	JOUR4	JOUR5	JOUR6
BIDI17	0%	60%	70%	70%	70%	70%
OUED EL BARED	0%	30%	50%	50%	50%	50%
AMARO6	0%	50%	90%	90%	90%	90%
GTA DUR	0%	10%	50%	50%	50%	50%
VITRON	0%	70%	80%	80%	80%	80%
MANSOURA	0%	10%	30%	30%	30%	30%
OFFANTO	0%	90%	100%	100%	100%	100%
SAOURA	0%	60%	80%	80%	80%	80%

2.3 La durée de germination sous 40°C

À une température de 40 °C, la germination des variétés BIDI17, MANSOURA et AMARO6 diminue respectivement de 20%, 10% et 50%. Cependant, les variétés OFFANTO, VITRON et SAOURA semblent peu réagir à cette augmentation de température.

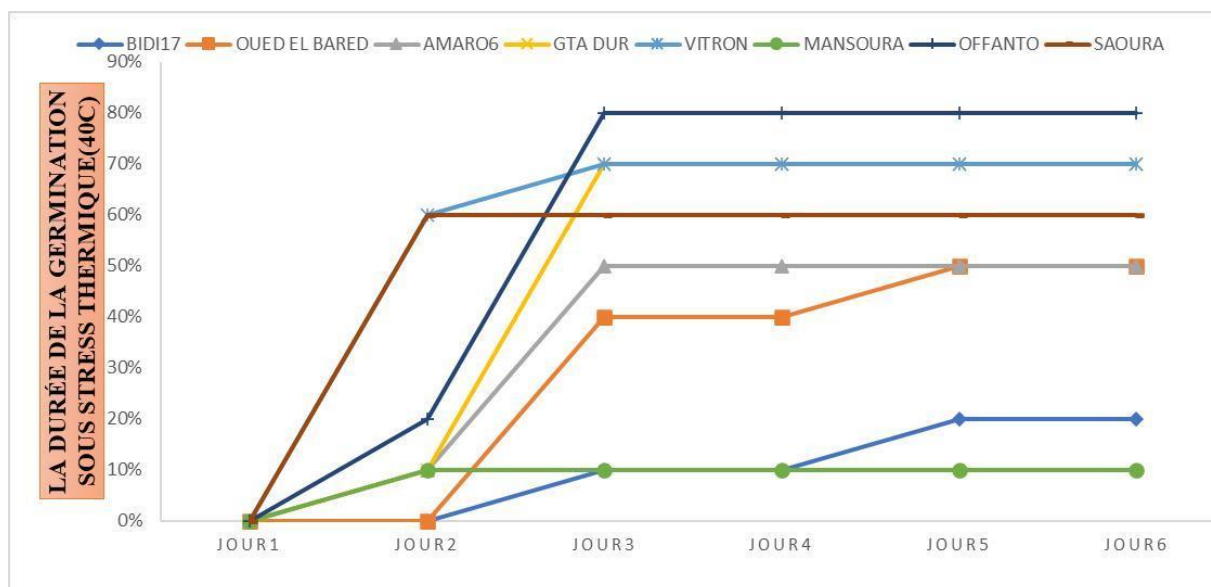


Figure 21 –La Durée de la germination de quelques variétés de blé sous stress thermique 40°C.

Tableau 12- Durée de la germination des graines de quelques variétés de blé dur sous 40°C.

T5(40c)	JOUR1	JOUR2	JOUR3	JOUR4	JOUR5	JOUR6
BIDI17	0%	0%	10%	10%	20%	20%
OUED EL BARED	0%	0%	40%	40%	50%	50%
AMARO6	0%	10%	50%	50%	50%	50%
GTA DUR	0%	10%	70%	70%	70%	70%
VITRON	0%	60%	70%	70%	70%	70%
MANSOURA	0%	10%	10%	10%	10%	10%
OFFANTO	0%	20%	80%	80%	80%	80%
SAOURA	0%	60%	60%	60%	60%	60%

2.4. Le taux finale de germination sous stress thermique :

En se référant à la figure 22 et au tableau 13, il est observé que toutes les graines témoins, cultivées à 25°C, ont germé à des taux significatifs variant de 70% à 100%. Cependant, avec une augmentation de la température à 37°C, la germination commence à diminuer pour les

variétés OUED EL BARED et MANSOURA . En revanche, les variétés OFFANTO, AMARO6 et SAOURA et VITRON maintiennent presque les mêmes taux de germination que les graines témoins.

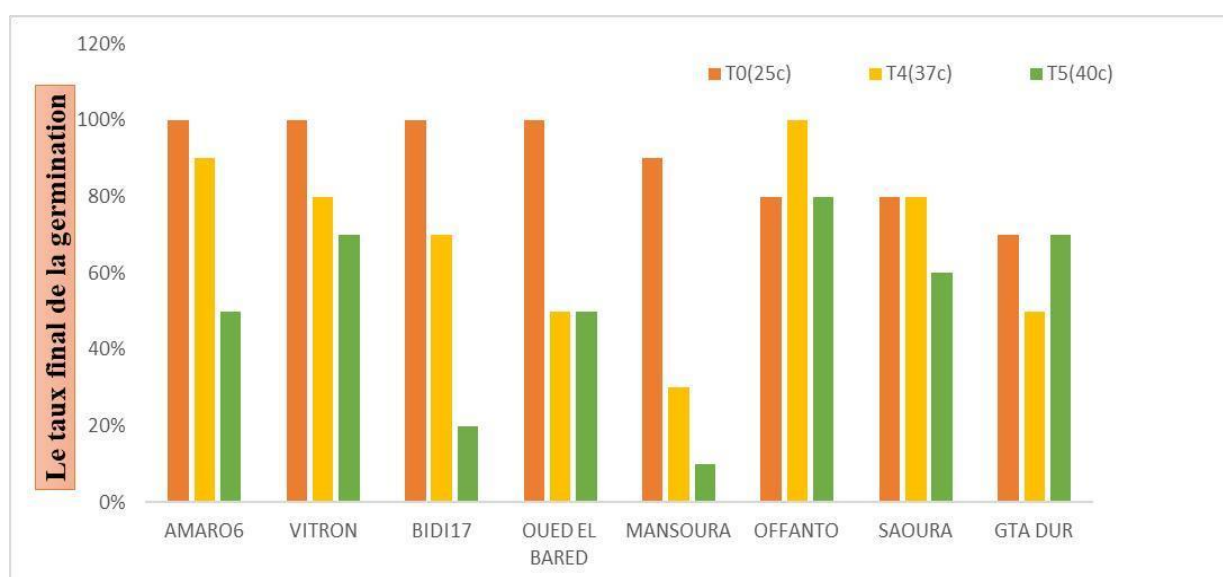


Figure 22- Le taux finale de germination des graines de quelques variétés de blé dur sous stress thermique.

À une température de 40°C, la germination est impactée par cette augmentation de température pour la variété MANSOURA et BIDI17 .

Tableau 13- Le taux finale de germination des graines de quelques variétés de blé dur sous stress thermique.

	AMAR06	VITRON	BIDI17	OUED EL BARED	MANSOURA	OFFANTO	SAOURA	GtA Dur
T0	100%	100%	100%	100%	90%	80%	80%	70%
T4	90%	80%	70%	50%	30%	100%	80%	50%
T5	50%	70%	20%	50%	10%	80%	60%	70%

Les variétés VITRON et OFFANTO sont les moins sensibles par cette augmentation, présentant des taux de germination de 70% et 80% .

Les graines témoins affichent un taux de germination de 80% à 100 %. Cependant, une fois soumises à une température de 37 °C, la germination diminue, notamment pour les variétés OUED EL BARED et MANSOURA , tandis que les autres continuent leur germination normalement, à savoir AMAR06, OFFANTO et SAOURA .

À 40 °C, la germination diminue pour les variétés BIDI17 20% , MANSOURA 10% et AMAR06 50%, à l'exception de la variété OFFANTO , VITRON et SAOURA qui semblent peu sensibles à cette augmentation de température.

Discussion et Conclusion

CHAPITRE IV- DISCUSSION ET CONCLUSION GÉNÉRALE

Dans notre expérience, nous avons cherché à démontrer l'influence de la salinité et de la température sur la germination de huit variétés de blé dur. Les résultats montrent une suppression marquée de la germination, en particulier lorsque les graines sont exposées à des températures élevées.

Les résultats varient selon les variétés. Les graines arrosées avec de l'eau distillée ont des taux de germination élevés, atteignant 100 % pour VITRON, OUED EL BARED, AMARO6 et BIDI17, 90 % pour MANSOURA, 80 % pour OFFANTO et SAOURA, tandis que GTA DUR affiche un taux de 70 %.

Les traitements salins à différentes concentrations affectent la précocité et la durée de germination des variétés. À une concentration de 5 g/l de NaCl, les variétés VITRON, OFFANTO, OUED EL BARED, AMARO6 et GTA DUR ne semblent pas affectées, enregistrant des taux de germination élevés. En revanche, SAOURA et BIDI17 montrent des taux plus faibles, respectivement de 50 % et 60 %. À 10 g/l de NaCl, les taux de germination commencent à décroître, avec SAOURA à 40 % et GTA DUR à 50 %. Cependant, VITRON, OUED EL BARED et OFFANTO maintiennent des taux optimaux de 100 %. À 15 g/l de NaCl, la germination diminue considérablement pour SAOURA (20 %), OFFANTO (30 %) et MANSOURA (40 %), tandis que AMARO6, VITRON et OUED EL BARED conservent des taux élevés de 80 % à 100 %.

Les variétés AMARO6, VITRON et OUED EL BARED se montrent peu sensibles aux divers traitements salins. À 37 °C, les taux de germination restent similaires à ceux observés à 25 °C, variant entre 80 % et 100 %, sauf pour MANSOURA qui est plus sensible avec une baisse de germination. À 40 °C, la germination diminue drastiquement pour toutes les variétés, en particulier pour MANSOURA (10 %) et BIDI17 (20 %). Les variétés OFFANTO, VITRON, GTA DUR semblent peu sensibles à la température atteignant les 70% et 80% à 40°C.

Dans d'autres études sur la germination des deux variétés de blé dur (SIMETO et VITRON) sous diverses concentrations de NaCl (**Ouiset *al.*, 2022, Benraouane, 2020, alamri *et al.*, 2020**), VITRON montre des taux élevés de germination sous traitement à l'eau distillée, mais

ceux-ci diminuent significativement sous 50 et 100 meq/l de NaCl. SIMETO présente des taux inférieurs, avec une germination nulle à 100 meq/l. Cette différence de tolérance au sel est significative entre les deux variétés.

Dans une autre expérience visant à observer le comportement de cinq variétés de blé dur (BOUSSELEM, HEDBA3, O.ZENATI, SIMETO, CHEN'S) exposées à différentes concentrations de NaCl, afin d'évaluer leur résistance au stress salin, les résultats indiquent une forte sensibilité des graines de blé dur au stress salin. Une diminution du taux de germination a été constatée pour CHEN'S HEDBA3 et OUED ZENATI avec l'augmentation des différentes concentrations de NaCl comparativement à BOUSSELEM et SIMETO qui semblent être peu sensibles à la salinité. En effet, l'augmentation du stress salin a entraîné une diminution significative du taux de germination (**Maatalah et Megherbi ,2023**).

Toutes les graines témoins sont germées à des taux compris entre 70 % et 100%. Cependant, dès que la température atteint 37 °C, la germination commence à diminuer selon les espèces étudiées, HEDBA 3 et CHEMS, tandis que les autres continuent leur germination normalement, notamment BOUSSELEM, SIMETO et O.ZENATI. Lorsque la température atteint 40 °C, la germination s'arrête complètement pour toutes les espèces, à l'exception de la variété BOUSSELEM, qui semble moins sensible à l'augmentation de température à 37 °C. Les autres variétés sont affectées et sensibles à la température élevée (**Maatalah et Megherbi ,2023**).

En conclusion, les résultats montrent une variation significative de la tolérance au stress salin et thermique entre les génotypes, avec AMARO6, VITRON et OUED EL BARED se montrant les plus tolérants au stress salin, tandis que SAOURA, OFFANTO et MANSOURA sont plus sensibles. Les génotypes OFFANTO, VITRON et GTA DUR se montrent peu sensibles aux températures élevées, contrairement à MANSOURA et BIDI17 qui sont fortement affectés. Ces observations sont essentielles pour l'amélioration génétique et l'adaptation des cultures céréalières aux conditions environnementales défavorables en Algérie.

Les cultures céréalières, en particulier la culture du blé dur, sont confrontées à de multiples facteurs environnementaux qui restreignent la production agricole. Parmi ceux-ci, le stress thermique et le stress salin constituent des contraintes majeures qui entravent significativement la croissance des plantes. La plupart des travaux sur le blé dur dans le cadre de l'amélioration

génétique de la tolérance au stress hydrique se sont longtemps concentrés sur l'augmentation de la productivité par une approche basée sur les performances agronomiques. Le blé occupe une place prépondérante en tant que principale source alimentaire pour une large part de la population algérienne. Par conséquent, l'intervention de l'État sur le marché est constante afin de garantir à tous les citoyens un accès équitable à cette denrée alimentaire.

Les Références Bibliographique

Les Références Bibliographique :

1. **Abd Elliche, M., Ferkhi ,A. (2018).** Contribution à l'étude et l'optimisation de la fertilisation minérale du blé dur (*Triticum durum Desf*). Mémoire Ingénieur, Université des Frères Mentouri constantine 1, P 1- 104.
2. **Aidani, H. (2015).** Effet des attaques de Capucin des grains (*Rhizopertha dominica*) sur les céréales stockées. « Estimation sur la perte pondérale et le pouvoir germinatif Cas de blé dur dans la région de Tlemcen ». Mémoire de Master en Agronomie. Université des Frères Mentouri Abou Bekr Belkaid Tlemcen. 4p.
3. **Ait-Slimane-Ait-Kaki, S. (2008).** Contribution à l'étude de l'interaction génotype x milieu, pour la qualité technologiques chez le blé dur en Algérie (Doctoral dissertation, Thèse Doctorat es Sciences. Univ. Annaba)
4. **Al-Taher, F. M., & Al-Naser, H. H. (2021, November).** The Effect of different Levels of Potassium on the Productivity of Genotypes of Wheat *Triticum Aestivum* L. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 923, No. 1, p. 012061). IOP Publish
5. **Altman, A., & Hasegawa, P. M. (2011).** Plant biotechnology and agriculture: prospects for the 21st century. Academic press, 163-184.
6. **AMMAR, M. 2014.** Organisation de la chaine logistique dans la filière céréales en Algérie : Etat des lieux et perspectives. Master of Sciences, CIHEAM- IAMM, 127 pp.
7. **Amokrane, A., Bouzerzour, H., Benmahammed, a., Djekoun, a., & Mekhlouf, a. (2002).** Etude comparative des varietes de ble dur (*triticum durum desf.*) D'origine algerienne, syrienne et europeenne sous climat de type mediterraneen. Sciences & Technologie. C, Biotechnologies, 33-38.
8. **Anonyme, 2003.** Les engrais et leurs applications. Précis à l'usage des agents de vulgarisation agricole. 04em éd. FAO, IFA et IMPHOS. Rabat. 77 p
9. **Anonyme, 2004** Les grandes productions végétales, 20ème édition, collection des sciences et techniques agricoles. 245p.
10. **Arif, M., Tasneem, M., Bashir, F., Yaseen, G., & Anwar, A. (2017).** Evaluation of different levels of potassium and zinc fertilizer on the growth and yield of wheat. Int J Biosen Bioelectron, 3(2), 1-5

11. **Attia.F, Garcia .F, Dedieu.F, Ben mariem.F, Kasraoui M.F, Lamaze T ; (2007).** Effet du stress hydrique sur la photosynthèse et la maturité phénologique du cépage Fer Servadou. 8ème Symposium International d'Œnologie, Bordeaux, 25-27 juin, France au Recensement Agricole".
12. **Belagrouz, A. (2021).** Etude des caractéristiques liées à l'efficience d'utilisation de l'eau chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.) (Doctoral dissertation).
13. **BENABDALLAH M., 2016.** Les caractères et les effets d'une fertilisation biologique par le grignon d'olive sur le rendement des cultures des céréales, Mémoire de master, Option : Amélioration végétale. Univ. Tlemcen. 85p
14. **Benabdelkader, & Y.M., Nouar, A. (2018).** Caractérisation moléculaire de quelques variétés algériennes de blé dur (*Triticum durum* Desf.) par les microsatellites. . Mémoire de Master en Biotechnologie et Génomique Végétale. Université des Frères Mentouri Constantine. 1p.
15. **Benbelkacem.A, Kellou.K; (2001).** Évaluation du progrès génétique chez quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* L. var. *durum*) cultivées en Algérie. Options méditerranéennes, 6 : p105-10.
16. **Bessaoud O., 2019.** Rapport de synthèse sur l'agriculture en Algérie [Rapport de recherché] CIHEAM-IAMM.2019, pp.82.(59 et 60 P).
17. **Bouakez.D et Hamadouche.I ; (2015).** Effet du stress hydrique au stade de germination sur la croissance de quelque génotype du blé dur (*Triticum durum* Desf.).Mémoire. Université Frères Mentouri ,Constantine, p 1-5-15-20-22-25.
18. **Bouchoukh, Imane. 2010.** Comportement écophysologique de deux Chénopodiacées des genres *Atriplex* et *Spinacia* soumises au stress salin. MEMOIRE En vue de l'obtention du diplôme de magistère en Biologie végétale, Constantine: Université Mentouri - Département de Biologie et Ecologie .
19. **Boulelouah, N., Berbach, M. R., Bedjaoui, H., Selama, N., & Rebouh, N. Y. (2022).** Influence of Nitrogen Fertilizer Rate on Yield, Grain Quality and Nitrogen Use Efficiency of Durum Wheat (*Triticum durum* Desf) under Algerian Semiarid Conditions. Agriculture, 12(11), 1937.
20. **Bouzerzour.H, Benmhamed.A; (1994).** Environmental factors limiting barley grain yield in the high plateaus of eastern Algeria. Rachis N° 12, p12-14.
21. **Bouzerzour.H, Benmhamed.A; (1994).** Environmental factors limiting barley grain yield in the high plateaus of eastern Algeria. Rachis N° 12, p12-14.

22. **Boyer J.S; (1982).** Plant productivity and environment. Sci, New series. 218, p443 - 448.
23. **Chenafi.H, Bouzerzour.H, Aidaoui.A, et Saci .A; (2006).** Yield response of durum wheat (*Triticum durum*, Desf) cultivar Waha to deficit irrigation under semi arid growth conditions. Asian Journal plant Science; 5, p854-860.
24. **Choueiri, E. (2003).** Stratégie et politique agricole, analyse des filières : la céréaliculture. Document de Travail, Ministère de l'Agriculture. République Libanaise. FAO Projet "Assistance
25. **Chouhim, K.M.A., Latigui, A., Belkhodja, M., & Adda, A. (2022).** Exogenous applications of exudates roots of common glasswort on eggplant under salt stress. Ukrainian Journal of Ecology 12(3), 29-35
26. **CRUZ J.F, HOUNHOUGAN D. J. HAVARD M., FERRE T., 2019.** La transformation des grains. Collection Agricultures tropicales en poche, Quae, presses agronomiques de Gembloux,CTA ,Versailles ,Gembloux , Wageningen.p182 .
27. **Dakheel.A. J, Nasi.I, Mahalakshmi.V, Peacock.J.M ; (1993).** Morpho-physiological traits associated with adaptation of durum wheat to harsh Mediterranean environments. Aspects of Applied Biology 34, Physiology of varieties, p307- 297.
28. **Debaeke.P, Cabelguenne.M, Casals .ML, Puech .J; (1996).**Élaboration du rendement du blé d'hiver en conditions de déficit hydrique. II. Mise au point et test d'un modèle de simulation de la culture de blé d'hiver en conditions d'alimentation hydrique et azotée variées. Epicphase-blé, Agronomie, 16, p25 - 46.
29. **El Mourid .M, Karrou .M, EL Gharous .M ; (1996).** La recherche en arido culture respectueuse de l'environnement. Al Awamia, 92, 69-81.
30. **FAO 2023** Bulletin de la FAO sur l'offre et la demande de céréales <https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/fr>.
31. **FAO 2024** Bulletin de la FAO sur l'offre et la demande de céréales <https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/fr>
32. **FAOSTAT 2021** (<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>).
33. **Feillet, P. (2000).** Le grain de blé : composition et utilisation. Editions Quae.
34. **Fischer .R. A; (1985).** Number of kernels in wheats and influence of solar radiation and temperature. Journ. Agric. Sci. Camb, 105, p447-461.
35. **Foudili.D, Gasmi.A; (2017).** stress de la sécheresse chez quatre variétés du blé dur (*triticumdurumdesf*) un examen sur quelques caractéristiques morphologiques et sur les

- pigments, Mémoire , université Mohamed Boudiaf, M'sila, Faculté des sciences, Département des sciences de la nature et de la vie, P6.
36. **Gopal, K., & others. (2019).** Groundwater salinity. *Current World Environment*, 14(2), 186-188.
 37. **Hamadache, A. (2013).**Grandes Cultures. Livre Tome I : le blé, P 256.
 38. **Hannachi A,(2018).** Aptitude à la combinaison, sélection mono et multi caractères et adaptabilité du blé dur (*Triticum durum Desf.*) aux conditions semiarides. Thèse de doctorat.Univ Sétif .156p
 39. **Hauchinal .R.R, Tandon .JP, Salimath .PM; (1993).** Variation and adaptation of wheat varieties to heat tolerance in Peninsular India. Saunders, DA. and Hettel GP. Eds, wheat in heat stressed environments, irrigated, dry areas and rice-wheat farming systems, Mexico, D. F; Cimmyt, p175-183.
 40. **Hazmoune .T; (2000).** Etude comparée de l'appareil racinaire de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum Desf.*), 1er Symposium International sur la filière blé, Enjeux et Stratégie du 07 au 09 fev, Alger, p181-185.
 41. **Henrotte B., 2016.** Transformation des céréales, Itinéraires BIO, Biowallonie, N°16, Namur, Belgique, 59p.
 42. **Hopkins W.;(2003).** Les relations hydriques dans la plante entière, In: *Physiologie végétale*, Ed. De book & Larcier, Bruxelles, p44-58
 43. <https://fertilisation-edu.fr/>.
 44. **Kaiser.W. M; (1987).** Effect of water deficit on photosynthetic capacity. *Physiol. Plant*, 71, p142-149
 45. **Karou.M.R, El hanfid.D.H. Smith, et K. Samir ;(1998).** Physiological attributes associated with early-season drought resistance in spring durum wheat cultivars. *Can. J. Plant Sci*; 78, p227-237.
 46. **KHELOUFI.A.R., (2019).** Contribution à l'étude des effets de la sécheresse et du stress salin sur l'écophysiologie des espèces d'Acacia en Algérie. Thèse de doctorat. Département Ecologie et Environnement. université de batna 2. P 136.
 47. **Kosová, K., Vítámvás, P., Prášil, I. T., & Renaut, J. (2011).** Plant proteome changes under abiotic stress—contribution of proteomics studies to understanding plant stress response. *Journal of proteomics*, 74(08), 1301- 1322.
 48. **Laberche.J.C; (2004).** La nutrition de la plante In *Biologie Végétale*. Dunod. 2e (éd). Paris, p154 -163.

49. **Lamaze.T, Tousch.D, Sarda.X, Grignon.C, Depigny-This .D, Monneveux .P, Belhassen .E; (1994).**Résistance de plantes a la sécheresse : mécanismes physiologiques. Le sélectionneur Français, 45, p75-85.
50. **Liu, X., Song, Y., Xing, F., Wang, N., Wen, F., & Zhu, C. (2016).** GhWRKY25, a group I WRKY gene from cotton, confers differential tolerance to abiotic and biotic stresses in transgenic *Nicotiana benthamiana*. *Protoplasma*, 253, 1265-1281
51. **Makhlouf.A, Bouzerzour.H, Benmhamed.A, Hadj Sahraoui .A, Harkati.N; (2006).** adaptation des variétés de blé dur (*triticumdurumdesf*) au climat semi- aride, article scientifique- Sécheresse vol.17 , N° 4, p507–5013.
52. **Marcussen , Jochem B., Evers and Greg R., 2014.** Canopy architectural and physiological characterization of near-isogenic wheat lines differing in the tiller inhibition gene tin. *Frontiersin Plant Science: Plant Biophysics and Modeling*.doi: 10.3389.
53. **Mekhlouf, A., Bouzerzour, H., Benmahammed, A., Sahraoui, A. H., & Harkati, N. (2006).** Adaptation des variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) au climat semi-aride. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 17(4), 507-513
54. **Mouellef .A; (2010).** caractères physiologiques et biochimiques de tolérances du blé dur (*triticum durum dessf*) au stress hydrique. Mémoire, université mentouri, constantine Faculté de biologie, Département de Biologie Végétale et Ecologie, p10-11
55. **Mouellef .A; (2010).** caractères physiologiques et biochimiques de tolérances du blé dur (*triticumdurumdessf*) au stress hydrique. Mémoire, université mentouri, constantine Faculté de biologie, Département de Biologie Végétale et Ecologie, p10-11.
56. **Moule C. (1997).** Céréale. Dans Moule C, CARACTÈRES GÉNÉRAUX DES CÉRÉALES Tome 1 (pp. 5-6). Paris: La maison Rustique
57. **Nadjem.K; (2012).** Contribution à l'étude des effets de semis direct sur l'efficience d'utilisation de l'eau et le comportement variétale de la culture de blé en région semis aride. Mémoire de Magister. Université Ferhat Abbas, Sétif.
58. **Nedjah, I. (2015).** Changements physiologiques chez des plantes Blé dur (*Triticum durum* Desf.) exposées à une pollution par un métal lourd (plomb). Thèses de doctorat, département de biologie, Université BADJI Mokhtar de Annaba, 101.
59. **Neffar .F ; (2013).** Analyse de l'expression des genes impliquésdans la réponse au stress a biotique dans different génotypes de blé dur(*Triticum durum*) et d'orge (

- Hordeumoulgare) soumis à la sécheresse. Thèse de doctorat .Université Farhat abbas ,sétif Faculté P: 21-22
60. **Oukarroum.A; (2007).** Vitalité des plantes d'orge (*Hordeumvulgare L.*) en conditionsde stress hydrique et thermique analysée par la fluorescence chlorophyllienne. Thèse de doctortat 3878.Univ. Genève, Maroc.
61. **Panayotova, G. D., Bozhanova, V. Z., Kostadinova, S. S., Valkova, N. K., & Almaliev, M. (2014).** Response of durum wheat (*Triticum durum Desf.*) cultivar progress to foliar feeding. Journal of International Scientific Publications: Agriculture & Food, 2, 288-297.
62. **Pettigrew, W. T. (2008).** Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. *PhysiolPlant* 133:670– 681.
63. **Plaut .Z, Federman.E; (1991).** Acclimation of CO2 assimilation in cotton leaves to water stress and salinity. *Plant Physiol*; 97, p515-522.
64. **Ruel T., 2006.** Document sur la culture du blé, Ed: Educagri.18p
65. **Salmi .M; (2015).** Caractérisation morpho-physiologique et biochimique des quelques générations F2 de blé dur (*triticumdurumdesf*) sous conditions semi-aride, Mémoire , université Ferhat Abbas, Sétif, Faculté des sciences de la nature et de la vie Département des science agronomiques.
66. **Sarwar et al (2013).** The importance of cereals (Poaceae: Gramineae) nutrition in human health. *Cereals and Oilseeds*, 4, 32-35. doi:10.5897/JCO12.023
67. **Shravani. (2018).** Soil Management India. [En ligne]. Disponible sur : <https://www.soilmanagementindia.com/soil/salt-affected-soils/types-of-salt- affected-soils-3-types-soil-science/16028> [Accès le 2023].
68. **Tanwar, S.P.S. and M.S. Shaktawat, 2003.** Influence of sources, levels and solubilizers on yield, quality and nutrient uptake of soybean (*Glycin max*)-wheat (*Triticum aestivum*) cropping system in southern Rajasthan. *Indian J. Agric. Sci.*, 73: 3-7
69. **Tayeb Cherif Nawal, R. S. (2014).** Evaluation de quelques lignées de blé tendre (*Triticum aestivum*) dans la région semi-aride de Sétif (Doctoral dissertation).
70. **Trade map, 2019** <https://www.trademap.org/Index.aspx>
71. **Triboï.E ;(1990).**Modèle d'élaboration du poids du grain chez le blé tendre.*Agronomie*. 10, p191- 200

72. Wang .W, Vinocur .B, Altman .A; (2003). Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta*, 218(1), 1- 14.
73. Wardlaw.I.F, Dawson .I.A,Munibi.P.M; (1989).Tolerance of wheat to hight temperature during reproductive stage. *Australian Journal research* 46: p15-24.
74. Yin, D., Hu, S., Ren, S., Qiu, J., Ding, X., & Dong, J. (2020). Effects of an ectomycorrhizal fungus on the growth and physiology of *Pinus sylvestris* var. *mongolica* seedlings subjected to saline-alkali stress. *Journal of Forestry Research*, 31(03), 781-788.