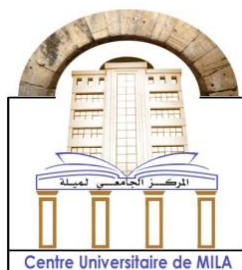


الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



N°Ref : .....

Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf- Mila

Institut des Sciences et de la Technologie

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de

Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Biotechnologie

Spécialité : Biotechnologie végétale

Thème :

**ETUDE DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES  
DES BLES CULTIVES AU NORD DE LA WILAYA DE  
MILA**

Réalisé par :

- BOUKAHOUL Chaima
- LATRECHE Abir

Devant le jury :

<b>BOUASSABA Karima</b>	<b>(MCA)</b>	Centre universitaire de Mila.	<b>Présidente</b>
<b>ZEDDIG Houda</b>	<b>(MCB)</b>	Centre universitaire de Mila.	<b>Examinatrice</b>
<b>BOUCHETAT Fawzia</b>	<b>(MCB)</b>	Centre universitaire de Mila	<b>Promotrice</b>

Année Universitaire : 2022/2023

# Remerciements

*Nous tenons tout d'abord à rendre grâce à **Allah** le Tout-Puissant de nous avoir donné le courage, la volonté, la patience et la santé durant toutes nos années d'étude, ce travail n'aurait pu s'accomplir sans son immense miséricorde.*

*Nos remerciements les plus vifs, vont à **Mme BOUCHETAT** notre promotrice, pour son aide, son orientation judicieuse et sa disponibilité, aussi pour la confiance, la patience et la compréhension qu'elle nous a toujours témoignée.*

*Nos remerciements les plus profonds s'adressent à **Mme. BOUASSABA K.**, qui nous a fait l'honneur de présider ce jury. Nos remerciements les plus chaleureux s'adressent à **Mme. ZEDDIG H.**, qui nous a fait l'honneur d'être examinatrice dans ce jury. Nos sincères*

*Remerciements s'adressent également :*

***A tout le personnel de l'ITGC de Constantine, en particulier Mme. SALEMI S.***

***A M. ANNANI M., l'agriculteur multiplicateur de semences***

***A tout le personnel du groupe Agro-industrie de moulin Bani Haroune-Grarem Gouga en particulier, les ingénieurs de laboratoire.***

***A tout le personnel de laboratoire de génétique, biochimie et biotechnologie végétale de l'université de Constantine 1, en particulier Mme. BELLIL I.***

*Nos remerciements les plus profonds vont aussi à tous **les enseignants de Département S.N.V.** qui nous ont enseignés durant ces cinq années. A toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail : nos amis, nos collègues pour leurs aides, et à toute la promotion.*

# *Dédicace*

*A qui mon abri après mon DIEU en tous les moments des joies et tristesse*

*A ma chère mère*

*A mon cher père Abderrazak*

*A mes frères 'Ayoub, Imad'*

*A mes sœurs 'Imane, Rokia, Houda, Noussaiba'*

*A mes meilleurs amis*

*Je dédie ce travail*

***BOUKAHOUL Chaima***

# *Dédicace*

*A qui mon abri après mon DIEU en tous les moments de joie et de tristesse*

*A ma chère mère*

*A mon cher père 'Abd Elmoumen'*

*A mon frère 'Yahia'*

*A mes sœurs 'Kenza, Nada'*

*A mes meilleurs amis*

*Je dédie ce travail*

***LATRECHE Abir***

En Algérie, le blé est souvent considéré comme une céréale importante en raison de sa large consommation, il est particulièrement représentatif de l'alimentation principale. Ce travail s'articule sur l'étude de neuf variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) et quatre variétés de blé tendre (*Triticum aestivum*) qui sont cultivés dans la zone nord de la wilaya de Mila sous un étage bioclimatique humide. Le protocole expérimental a été installé par l'Institut Technique des Grandes Cultures (I.T.G.C). Le but de cette étude est d'analyser l'effet génotypique de quelques variétés de blé à travers l'estimation de la qualité technologique afin de choisir les meilleurs génotypes. Les résultats obtenus indiquent que la variété (Amar) de blé dur possède des valeurs excellentes par rapport à tous les paramètres étudiés. Le génotype (Gta dur) enregistre le taux en protéines le plus élevé (16,5%) ainsi que le génotype (Simito) qui a donné les meilleures teneurs en gluten humide (27,16%). L'étude des paramètres technologiques des variétés de blé tendre montre que le génotype (Tiddis) présente le taux le plus élevé en protéine (17,5%), et le génotype (AS) enregistré le meilleur taux de gluten humide (26.3%). De plus, le génotype (HD1220) exprime la meilleure teneur en amidon (63,7%). L'analyse statistique des données révèle un effet génotypique significatif sur la plupart des variables évaluées. En effet, les résultats obtenus confirment que chaque variété a un comportement spécifique relatif aux conditions d'environnement.

**Mots clés :** blé dur, blé tendre, qualité technologique, effet génotypique

يعتبر القمح في الجزائر، غالباً من الحبوب المهمة بسبب استهلاكه الواسع ، فهو يمثل بشكل خاص النظام الغذائي الرئيسي. يعتمد هذا العمل على دراسة تسعة أصناف من القمح الصلب (*Triticum durum* Desf) وأربعة أنواع من القمح اللين (*Triticum aestivum*) التي تزرع في المنطقة الشمالية من ولاية ميلا تحت أرضية مناخية بيولوجية رطبة. تم تثبيت البروتوكول التجريبي من قبل المعهد الفني للمحاصيل الكبيرة I.T.G. النتائج التي تم الحصول عليها تشير إلى أن الصنف Amar من القمح الصلب له قيم ممتازة فيما يتعلق بجميع المعايير المدروسة. سجل التركيب الوراثي Gta dur أعلى معدل بروتين (16.5%) بالإضافة إلى التركيب الوراثي Simito الذي أعطى أفضل محتوى جلوتين رطب (27.16%). أظهرت دراسة المعلمات التكنولوجية لأصناف القمح اللين أن النمط الجيني Tiddis يحتوي على أعلى معدل بروتين (17.5%)، وأن التركيب الوراثي AS يسجل أفضل معدل جلوتين رطب (26.3%). علاوة على ذلك ، فإن التركيب الوراثي HD1220 يعبر عن أفضل محتوى نشا (63.7%). يكشف التحليل الإحصائي للبيانات عن تأثير وراثي كبير على معظم المتغيرات التي تم تقييمها. في الواقع، تؤكد النتائج التي تم الحصول عليها أن كل صنف له سلوك محدد يتعلق بالظروف البيئية.

**الكلمات المفتاحية:** القمح الصلب، القمح اللين، الجودة التكنولوجية، تفاعل النمط الوراثي

In Algeria, wheat is often considered an important cereal because of its wide consumption, it is particularly representative of the main diet. This work is based on the study of nine varieties of durum wheat (*Triticum durum* Desf) and four varieties of soft wheat (*Triticum aestivum*) which are grown in the northern zone of the wilaya of Mila under a humid bioclimatic floor. The experimental protocol was installed by the Technical Institute of Large Crops I.T.G.C. The purpose of this study is to analyze the genotypic effect of some wheat varieties through the estimation of technological quality in order to choose the best genotypes. The results obtained indicate that the (Amar) genotype of durum wheat has excellent values with respect to all the parameters studied. The (Gta dur) genotype recorded the highest protein rate (16.5%) as well as the (Simito) genotype which gave the best wet gluten content (27.16%). The study of the technological parameters of soft wheat varieties shows that the (Tiddis) genotype has the highest protein rate (17.5%), and the AS genotype records the best wet gluten rate (26.3%). Moreover, the (HD1220) genotype expresses the best starch content (63.7%). Statistical analysis of the data reveals a significant genotypic effect on most of the variables evaluated. Indeed, the results obtained confirm that each variety has a specific behavior relative to the environmental conditions.

**Key words:** durum wheat, common wheat, technological quality, genotypic effect

*Table des matières*

Remerciements  
Dédicace  
Dédicace  
Résumé  
Table des matières  
Liste de figure  
Liste des tableaux  
Liste d'abréviation  
Introduction Générale ..... 16

**Synthèse bibliographique**

**Chapitre I. Généralités sur le blé dur**

1.1. Origine géographique et génétique de blé dur ..... 20  
    1.1.1. Origine géographique ..... 20  
    1.1.2. Origine génétique ..... 20  
1.2. La production de blé dur ..... 21  
    1.2.1. La production mondiale ..... 21  
    1.2.2. La production nationale ..... 22  
1.3. Exigences de blé dur ..... 22  
    1.3.1. Exigences écologiques ..... 23  
        1.3.1.1. Température ..... 23  
        1.3.1.2. Besoin en eau ..... 23  
        1.3.1.3. Sol ..... 24  
        1.3.1.4. Lumière ..... 24  
    1.3.2. Exigences culturales ..... 24  
        1.3.2.1. Le semis ..... 24  
        1.3.2.2. Fertilisation ..... 24  
        1.3.2.3. Préparation du sol ..... 25



1.3.2.4. Le désherbage .....	25
1.4. Structure du grain.....	26
1.5. La Composition biochimique.....	27
1.5.1. Les lipides .....	27
1.5.2. Les vitamines .....	27
1.5.3. Les protéines .....	28
1.5.4. Les enzymes .....	28
1.5.5. Les glucides (sucres) .....	28
1.5.6. Les matières minérales .....	28
1.5.7. L'eau .....	28

### **Chapitre II. Généralités sur le blé tendre**

2.1. Origine géographique et génétique de blé tendre .....	31
2.1.1. Origine géographique.....	31
2.1.2. Origine génétique .....	31
2.2. Production de blé tendre .....	31
2.2.1. Production mondiale .....	32
2.2.2. Production nationale.....	32
2.2.3. Exigences de blé tendre.....	33
2.2.3.1. Exigences climatiques .....	33
2.2.3.2. Exigences édaphiques.....	34
2.3. Structure du grain.....	34
2.4. Différents constituants du grain .....	36
2.4.1. Éléments principaux.....	36
2.4.1.1. Glucides .....	36
2.4.1.2. Les lipides.....	37
2.4.1.3. Amidon .....	37
2.4.1.4. Gluten (protides ou protéines) .....	37
2.4.1.5. Protides et Protéines .....	37
2.4.2. Éléments secondaires .....	38

2.4.2.1. Pigments et les vitamines .....	38
2.4.2.2. Les enzymes .....	38
2.4.2.3. L'eau .....	38

### **Chapitre III. Les critères de la qualité technologique**

3.1. Notion de qualité.....	40
3.2. Les critères de la qualité technologique de blé dur.....	40
3.2.1. Mitadinage.....	40
3.2.2. Teneur en eau .....	41
3.2.3. Teneur en protéines .....	41
3.3. Les critères de la qualité technologique de blé tendre .....	41
3.3.1. Teneur en protéines .....	41
3.3.2. L'humidité du grain.....	42
3.3.3. L'amidon .....	42
3.3.4. Taux de gluten.....	42
3.4. Les critères de qualité en commun entre le blé dur et le blé tendre.....	43
3.4.1. L'échaudage.....	43
3.4.2. Moucheture .....	43
3.4.3. Poids de mille grains (PGM).....	44
3.4.4. Poids spécifiques ou poids d'hectolitres .....	44

### **Chapitre IV. Matériel et méthodes**

Objectif .....	46
4.1. Localisation de site .....	46
4.2. Protocole expérimental .....	47
4.2.1. Matériel végétale .....	47
4.2.2. Méthode d'étude.....	48
4.2.2.1. Analyse physico-chimique des grains des variétés étudiées .....	48
4.2.2.2. Analyse technologique des farines et des semoules .....	55
4.2.2.3. Analyse dans le proche infrarouge NIRS .....	56
4.3. Démarche d'analyse et d'interprétation statistique.....	57

**Chapitre V. Résultats et discussion**

5.1. Evaluation des paramètres technologiques de quelques variétés de blé dur.....	60
5.1.1.2. Poids de mille grains PMG .....	62
5.1.1.3. Taux de mitadinage .....	63
5.1.1.4. Taux de moucheture .....	63
5.1.1.5. Taux d'échaudage.....	64
5.1.2. Les paramètres chimiques .....	66
5.1.2.1. Teneur en protéines .....	66
5.1.2.2. Teneur en humidité.....	67
5.1.2.3. Teneur en gluten humide .....	68
5.2. Évaluation des paramètres technologiques de quelques variétés de blé tendre.....	69
5.2.1. Les paramètres physiques .....	70
5.2.1.1. Poids spécifique.....	70
5.2.1.2. Poids de mille graines.....	71
5.2.1.3. Taux de moucheture .....	73
5.2.1.4. Taux d'échaudage.....	73
5.2.2. Paramètres chimiques déterminant la qualité technologique du grain.....	75
5.2.2.1. Teneur en protéines .....	75
5.2.2.2. Teneur en humidité.....	76
5.2.2.3. Teneur en amidon .....	77
5.2.2.4. Teneur en gluten humide .....	78
5.3. Synthèse des résultats .....	79
Conclusion générale	
Références bibliographiques	

Figure 1 : Phylogénie schématique du blé dur .....	21
Figure 2: coupe du grain de blé dur .....	26
Figure 3: Schéma de la structure du grain du blé tendre .....	35
Figure 4:(À gauche), coup d'un grain vitreux, (à droite), coup d'un grain totalement mitadiné .....	40
Figure 5: Photo de grains de blé dur mouchetés .....	43
Figure 6: La carte géographique de la wilaya de Mila avec ses treize daïras .....	46
Figure 7: Photos représentative de la méthode utilisée pour mesurer le PS .....	49
Figure 8: Compteur de grain .....	51
Figure 9: L'étuve BRABANDER .....	51
Figure 10: Grains sain (à droite), grains mitadinés (à gauche) .....	52
Figure 11: Grains sain (à gauche), grains mouchetés (à droite) .....	53
Figure 12: Grains échaudés (à gauche), Sain (à droite) .....	54
Figure 13: (a), le repos de pate 5min. (b), l'extraction manuelle de gluten. ....	56
Figure 14: Appareille centrifugeuse .....	56
Figure 15 : L'appareil à infrarouge (NIRS). ....	57
Figure 16: Effet génotypique sur poids spécifique.....	61
Figure 17: Effet génotypique sur poids de mille grains. ....	62
Figure 18: Effet génotypique sur taux de mitadinage.....	63
Figure 19: Effet génotypique sur taux de moucheture. ....	64
Figure 20: Effet génotypique sur taux d'échaudage.....	65
Figure 21: Effet génotypique sur teneur de protéines.....	66
Figure 22: Effet génotypique sur teneur en humidité.....	67
Figure 23: Effet génotypique sur teneur en gluten humide. ....	68
Figure 24: Effet génotypique sur poids spécifique.....	71
Figure 25: Effet génotypique sur poids de mille grains. ....	72
Figure 26: Effet génotypique sur taux de moucheture. ....	73
Figure 27: Effet génotypique sur taux d'échaudage.....	74
Figure 28: Effet génotypique sur teneur en protéine. ....	75
Figure 29: Effet génotypique sur teneur en humidité.....	76
Figure 30: Effet génotypique sur teneur en amidon. ....	77
Figure 31: Effet génotypique sur teneur en gluten humide. ....	78

Tableau 1: Constituant du grain de blé tendre .....	36
Tableau 2: Résumé des critères de qualité en moucheture pour un lot de blé dur . .....	44
Tableau 3: les normes de qualité de blé .....	44
Tableau 4: liste des 8 variétés de la collection des blés durs et des 4 variétés de la collection des blés tendres utilisés dans l'expérimentation. ....	47
Tableau 5: Analyse de la variance de différents caractères mesurés chez les variétés de blé dur.....	60
Tableau 6: Analyse de la variance de différents caractères mesurés chez les variétés de blé tendre .....	70

## Liste des abréviations

---

<b>AMI</b>	Teneur en amidon
<b>C°</b>	Degré Celsius
<b>cm :</b>	Centimètre
<b>ERAD :</b>	Entreprise des industries alimentaires céréalières et dérivés
<b>FAO:</b>	Food and Agriculture Organization
<b>g:</b>	Gramme
<b>h:</b>	Heure
<b>Ha :</b>	Hectare
<b>hl :</b>	Hectolitre
<b>IR :</b>	Infra rouge
<b>ITGC :</b>	L'Institut Technique des Grandes Cultures
<b>J :</b>	Jour
<b>Kg :</b>	Kilogramme.
<b>Mha:</b>	Million hectare
<b>Mg :</b>	Milligramme.
<b>Mm :</b>	Millimètre
<b>ms:</b>	Matière sèche
<b>Mt :</b>	Million tonne
<b>n :</b>	Nombre de chromosome
<b>NIRS:</b>	Near infra red spectroscopy
<b>nm :</b>	Nanometre

## Liste des abréviations

---

<b>PHL :</b>	Poids d'hectolitre
<b>PMG :</b>	Poids de milles grains
<b>PS :</b>	Poids spécifique
<b>q :</b>	Quintal
<b>RDM :</b>	Rendement
<b>TECH :</b>	Taux d'échaudage
<b>THUM :</b>	Teneur en humidité
<b>TGTU :</b>	Teneur en gluten
<b>TMI :</b>	Taux de mitadinage
<b>TMO :</b>	Taux de moucheture
<b>TPRO :</b>	Teneur en protéine
<b>TREFU</b>	Taux de refus
<b>USDA :</b>	Département Américain de l'agriculture
<b>µm :</b>	Micromètre
<b>% :</b>	Pourcentage

# *Introduction Générale*



Les céréales représentent une ressource alimentaire importante pour l'homme et l'animal. Cette catégorie de plantes stratégiques regroupe principalement les blés, l'orge, le maïs et le riz. Les blés occupent actuellement la première place dans la production mondiale des céréalières, environ 40 % (**Bouati, 2020**) tout en possédant une importance nutritionnelle et économique considérable. Cette plante herbacée annuelle produit le grain dont on tire la farine pour faire notamment le pain et les pâtes alimentaires qui constituent la base de la ration alimentaire de l'humanité (**Nedjah, 2015**). La production mondiale de céréales en 2022 a été relevée à 7,7 millions de tonnes depuis le mois dernier et s'établie à présent à 2 785 millions de tonnes, Les prévisions de la FAO concernant les stocks mondiaux de céréales à la clôture des campagnes de 2023 s'établissent à 855 millions de tonnes (**FAO, 2023**).

En Algérie, les céréales en général et les blés en particulier constituent la principale base du régime alimentaire pour les consommateurs. Elles fournissent plus de 60% de l'apport calorique et de 75 à 80 % de l'apport protéique de la ration alimentaire (**Feliachi, 2000**).

L'analyse biochimique des produits de moutures de blé tendre et de blé dur consiste à des analyses des différents constituants biochimiques présentent dans la farine et la semoule qui sont très diversifiés et se trouvent en concentration variable selon le type de produit, les principaux constituants à analyser sont : L'eau, les protéines, les glucides, les minéraux et les lipides. Ces analyses sont considérées comme les analyses de base pour déterminer la teneur de chaque constituant et de la comparer avec les normes (**Benhoumar, 2010**)

En effet, dans un programme de sélection, la bonne compréhension de l'environnement et de l'ampleur de l'interaction génotype x environnement est essentielle pour toutes les céréales. En outre, la comparaison des performances génotypiques dans des environnements favorables et défavorables est souvent utilisée pour identifier les génotypes tolérants et productifs, exprimant les plus hauts rendements. Cette approche vise à minimiser les baisses de rendements en grain dans les environnements contraignants relativement aux rendements obtenus aux milieux convenable. L'augmentation de la productivité de blé peut se réaliser par la recherche de génotypes tolérants et performants, car le rendement en grain élevé est l'objectif principal de toute amélioration céréalière, De ce fait, l'augmentation de la production serait possible tout en adoptant un itinéraire technique plus intensif dans les plaines intérieures où les conditions de production sont nettement moins avantageuses ; et par l'adoption de cultivars plus flexibles vis-à-vis des aléas climatiques tout en prenant en

considération la préparation correcte du lit de semences ;le désherbage chimique au moment opportun ; la fertilisation azotée adéquate et la lutte contre les maladies cryptogamiques par l'utilisation des fongicides à action rapide (**Bouchetat, 2020**)

L'objectif de notre travail est de mener une étude comparative de la qualité physique et chimique du blé dur et du blé tendre. Cet objectif ne peut être atteint qu'en évaluant les caractéristiques de certains géotypes de blé dur et de blé tendre qui sont cultivés dans la zone nord de la Wilaya de Mila sous un climat humide afin de sélectionner les meilleures variétés en termes de qualité technologique.

Ce document comportera trois parties :

- La première partie : rapportera une synthèse bibliographique avec trois chapitres et qui traiteront des généralités sur les blés et de la présentation des critères de la qualité technologique.
- La deuxième partie portera sur le matériel et les méthodes utilisées dans l'étude ;
- La troisième partie qui sera réservée aux résultats obtenus et aux discussions qui synthétiseront les principaux résultats ;
- Enfin, une conclusion générale

# *Synthèse bibliographique*

*Chapitre I.*  
*Généralités sur le blé*  
*dur*

## 1.1. Origine géographique et génétique de blé dur

Les espèces sauvages représentent une source très riche de variabilité pour les caractères de qualité. Citant l'exemple du *Triticum dicoccoides* utilisé intensivement dans l'amélioration génétique de la valeur nutritionnelle et technologique du blé dur (**Ait Slimane Ait Kaki, 2008**)

### 1.1.1. Origine géographique

Les blés sauvages tétraploïdes sont largement répandus au Proche-Orient, où les humains ont commencé à les récolter dans la nature. Comparativement aux blés diploïdes, leurs grands épis et leurs gros grains les rendaient beaucoup plus intéressants pour la domestication (**Bentounsi, 2015**) le Moyen Orient est le centre générateur du blé dur, où il s'est différencié dans trois régions : le bassin occidental de la méditerranée, le sud de la Russie et le Proche Orient (Syrie et nord de la Palestine) (**Siouda et al. 2016**)

### 1.1.2. Origine génétique

Les différentes espèces de blé ont été générées par des événements successifs de polyploïdisation intervenant après des croisements interspécifiques entre toutes espèces ancestrales diploïdes (**Zett al., 2017**)

Le blé dur est une espèce tétraploïde ( $2n = 4x=28$ ) possédant 7 paires de chromosomes homologues associées à deux génomes différents A et B (**Schuhwerk et al., 2011**). En particulier, *T. turgidum* (Blé poulard) et *T. dicoccum* (Blé amidonnier), très voisines et souvent groupées dans une même espèce avec *T. durum*. L'origine provient du croisement entre *T. monococcum* apportant le génome A et *Aegilops speltolde* donnent le génome B. Ainsi, le Blé dur possède 28 chromosomes et les génomes A et B (le Blé tendre a 42 chromosomes et trois génomes A, B, D) (**Grignac, 1978**)

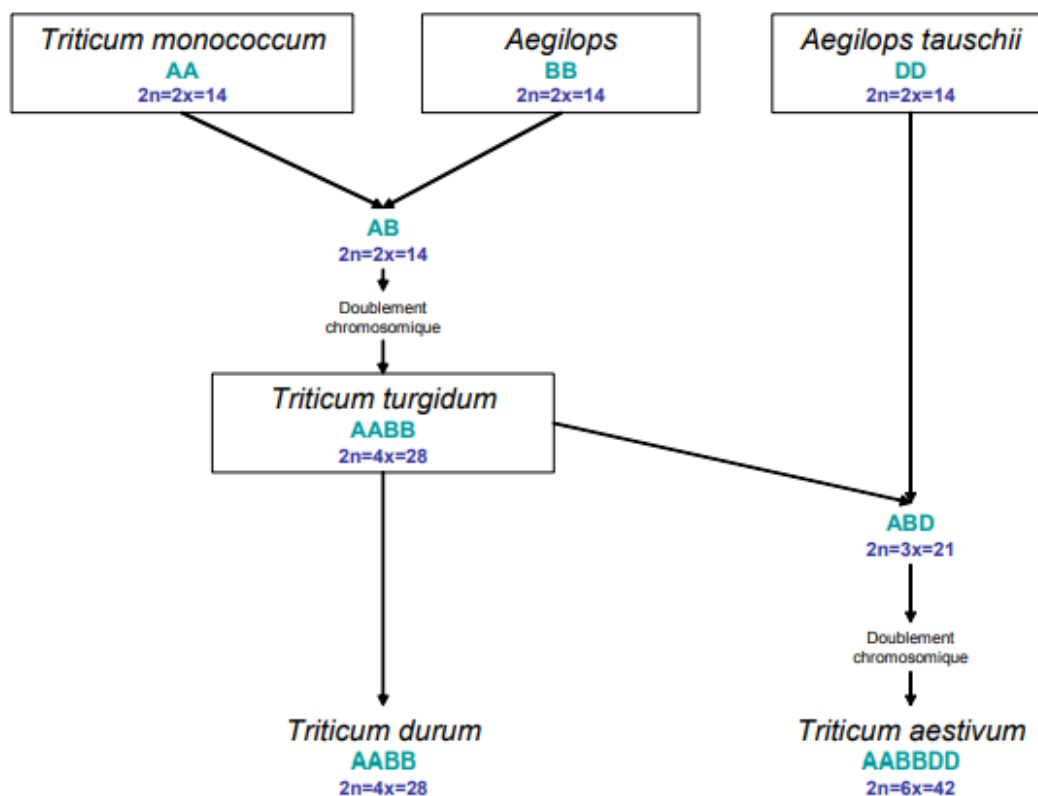


Figure 1 : Phylogénie schématique du blé dur (Ikhlef et al., 2021)

## 1.2. La production de blé dur

Les céréales sont récoltées dans quelques régions du monde et constituent la base de l'alimentation de très nombreux pays. Les trois céréales les plus importantes pour l'alimentation humaine sont le blé, le riz et le maïs (Benamieur, 2011)

### 1.2.1. La production mondiale

Le blé dur (*Triticum durum*. Desf.) est l'une des principales ressources alimentaires de l'humanité à raison de 75 % de la production, destiné aussi à l'alimentation des animaux à raison de 15 % de la production et à des usages non alimentaires, il représente environ 80 % des superficies cultivées en blés dans le monde dont 70 % sont localisées en conditions méditerranéennes (Douib, 2013).

La culture du blé dur est concentrée au Moyen-Orient, en Afrique du Nord, en Russie, aux Dakotas, au Canada, en Inde et en Europe méditerranéenne (Amira et al., 2013).

Les pays d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient concentrent le tiers des échanges Revue bibliographique 11 mondiaux, le premier importateur est l'Égypte (10 Mt), suivi de

l'Algérie (6,5 Mt) et, pour des quantités plus faibles, le Maroc, la Libye et la Tunisie (Zegrari, 2014)

**Selon la FAO, (2023)** la production mondiale de blé en 2023 est restée quasiment inchangées par rapport aux chiffres précédents publiés en avril. La production mondiale en 2023 devrait atteindre son deuxième plus haut niveau jamais enregistré, à savoir 785 millions de tonnes. En Europe, les précipitations abondantes dans la plupart des pays en avril ont rehaussé les niveaux d'humidité des sols et amélioré les perspectives de rendement des cultures de blé en 2023. Par conséquent, les prévisions de production pour l'Union Européenne ont été légèrement relevées et portées à 139,5 millions de tonnes, mais les effets des déficits pluviométriques en Espagne et au Portugal continuent de restreindre les perspectives globales de production. En Fédération de Russie, les conditions de culture restent encore largement favorables du fait d'une bonne répartition des précipitations. Toutefois, compte tenu du recul des semis totaux de blé qui est attendu, la production en 2023 reste estimée à 83 millions de tonnes, un niveau inférieur au record de 2022.

### **1.2.2. La production nationale**

En Algérie, le blé dur est la première céréale cultivée dans le pays et occupe annuellement plus de 1.3 millions d'hectares (65% de la surface céréalière), ceci durant la période 2000-2010. La majeure partie se fait dans les régions de Sidi Bel Abbés, Tiaret, Sétif et Constantine (Zegrari, 2014).

**Selon Le ministre de l'Agriculture, (2023)**, la production de blé dur couvre 90 à 95% des besoins nationaux. Le ministre de l'Agriculture a également indiqué, que la production totale de cette matière s'élevait à 41 millions de quintaux, ajoutant qu'une part importante d'environ 65% du blé dur est suffisante pour la production de pâte (A.E.R., 2023).

En Afrique du Nord, la sécheresse a restreint les potentiels de rendements du blé en Algérie, en Tunisie et au Maroc et l'on s'attend à des récoltes en dessous de la moyenne en 2023 (FAO, 2023)

### **1.3. Exigences de blé dur**

Le blé dur il a des besoins élevés en ensoleillement, une faible résistance au froid et à l'humidité, et à une sensibilité à certaines maladies cryptogamiques. (Behih, 2022)

**1.3.1. Exigences écologiques**

L'écologie agricole étudie l'influence du milieu sur le développement et le rendement des êtres. Pour une plante, l'optimum écologique par rapport à la température, l'humidité (**Azzi, 1924**)

**1.3.1.1. Température**

A chaque phase du cycle végétatif du blé, la température reste un facteur qui conditionne la physiologie du blé ; à une température de zéro 0°C la germination est bloquée et la phase de croissance nécessite 15 à 25°C. L'aptitude à la montaison et aussi déterminée par les températures et la durée du jour. Les exigences globales en température sont assez importantes et varient entre 1800 et 2400°C selon les variétés. De même la température agit sur la vitesse de croissance, elle ne modifie pas les potentialités génétiques de croissance ; c'est la somme de température qui agit dans l'expression de ces potentialités. Chaque stade de développement du blé nécessite des températures particulières (**Siouda et al., 2018**)

En effet, Le blé dur n'a pas les mêmes exigences que le blé tendre. Il a des besoins élevés en ensoleillement, une faible résistance au froid et à l'humidité (**Razi, 2018**)

**1.3.1.2. Besoin en eau**

Le blé dur est plus adapté que le blé tendre aux régions où la pluviométrie annuelle moyenne est faible, c'est le cas du Proche-Orient, de l'Afrique du Nord et de certaines régions d'Europe méditerranéenne. Pour produire une récolte acceptable, Il faut au moins 250 mm d'eau.

Jusqu'à la fin du tallage les besoins en eau sont relativement faibles. De plus, l'humidité excessive du sol est néfaste à l'installation du système racinaire en profondeur. Par contre, au cours de la phase de montaison et jusqu'à la floraison les besoins en eau de la culture sont considérables et peuvent s'évaluer à 180 mm (entre mars et mai). Après la floraison, le blé devient très résistant à la sécheresse (comme aux fortes températures) (**Alaoui, 2005**)



**1.3.1.3. Sol**

Les sols qui conviennent le mieux à la production de blé dur sont ceux qui sont bien aérés, bien drainés, profonds, et comportent au moins 0,5% de matière organique. Le pH optimal du sol est de 5,5- 7,6. Le blé dur est sensible à la salinité du sol (**Razi, 2018**)

Le blé dur exige un sol sain, drainant bien mais pas trop sujet au stress hydrique surtout pendant la période de l'accumulation des réserves dans le grain. L'installation du blé dur dans les terres se ressuyant mal, le rend plus sensible aux maladies cryptogamiques telles que les piétins et les fusarioses (**Alaoui, 2005**)

**1.3.1.4. Lumière**

La lumière est le facteur qui agit directement sur le bon fonctionnement de la photosynthèse et le comportement de blé. Un bon tallage est garanti, si le blé est placé dans les conditions optimales d'éclaircissements (**Bebba, 2011**).

**1.3.2. Exigences culturales**

La maîtrise des techniques culturales pour chaque espèce cultivée est fondamentale est assurée la stabilité et l'amélioration des rendements (**Saou et al., 2016**)

**1.3.2.1. Le semis**

La date de semis est un facteur limitant vis-à-vis le rendement, c'est pourquoi la date propre à chaque région doit être respectée sérieusement pour éviter les méfaits climatiques, en Algérie il peut commencer dès la fin d'octobre avec un écartement entre les lignes de 15 à 25 cm et une profondeur de semis de 2,5 à 3 cm. La dose de semis dans les régions sahariennes varie entre 200 à 225 Kg/ha en fonction des paramètres climatiques, la grosseur des grains, la faculté germinative et la fertilité du sol (**Bebba, 2011**).

**1.3.2.2. Fertilisation**

Le blé dur doit absorber 3,5 unités d'azote pour produire 1 quintal de grain à 13-14% de protéines. Le sol en fournit un peu mais l'essentiel doit être couvert par des apports d'engrais. L'absorption de l'azote suit la croissance du blé, faible pendant le tallage, elle croît pendant la montaison quand la plante pousse vite. L'engrais est d'autant mieux valorisé que les apports suivent ce rythme (**Brahmia et al., 2017**), Les principaux éléments fertilisants

- **Fertilisation azotée**

L'azote est un constituant très important des matières organiques. Indispensable à la croissance et au développement des plantes, il est à la base de la synthèse des acides aminés et des acides nucléiques dans le sol. L'azote est un élément mobile qui s'adresse à la plante plutôt qu'au sol. Ce caractère peut dans certains cas amener le fractionnement, la fumure à apporter est égale à la différence entre les besoins globaux et l'azote disponible (Zoufoul et al., 2020)

- **Fertilisation phosphatée**

Le phosphore est une composante importante de la membrane cellulaire des végétaux et intervient aussi dans le processus de transfert de l'énergie cellulaire (ATP). Une bonne fertilisation phosphatée stimule également l'enracinement et accélère la maturité. Le phosphore se trouve dans le sol, dans compost, et dans les engrais chimiques ainsi qu'à l'état de phosphate naturel (Zoufoul et al., 2020)

- **Fertilisation potassique**

Le potassium est un élément essentiel pour la vie sur terre. Il est nécessaire en grandes quantités pour toutes les plantes et les animaux et il est absorbé par les plantes depuis le sol, Dans la nature, le potassium se trouve sous diverses combinaisons telle que les silicates, les végétaux. Une partie appréciable du potassium se trouve dans l'eau de mer (Zoufoul et al., 2020)

### 1.3.2.3. Préparation du sol

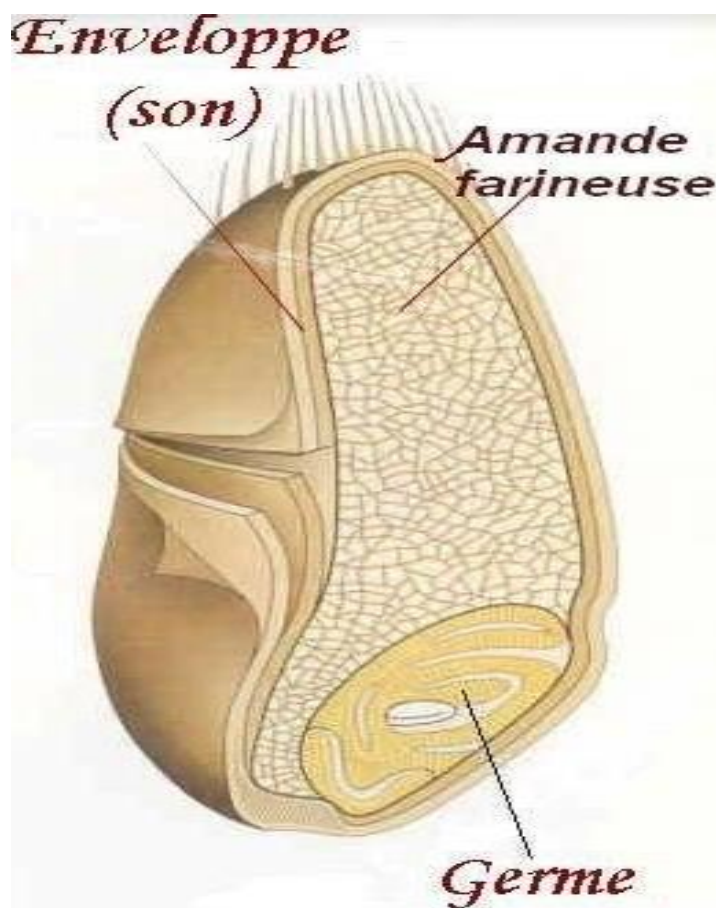
Le blé nécessite un soi bien préparé et ameubli sur une profondeur de 12 à 15 pour les terres battantes (limoneuses en générale) ou 20 à 25cm pour les autres terres (Benamara, 2018)

### 1.3.2.4. Le désherbage

Supprimer, au moindre coût, la concurrence des mauvaises herbes les plus nuisibles au rendement et à la qualité. La plupart des adventices ont fini de lever quand le blé atteint 3 feuilles, en particulier le ray-grass ; un semis précoce se désherbe en décembre. S'il y a de la folle avoine, du chardon ou des renouées, il faut un 2ème traitement au printemps (Brahmia, 2017)

### 1.4. Structure du grain

Le grain de blé est un fruit sec dont les dimensions moyennes sont, de 6 à 8 mm de longueur et de 3 mm environ de largeur et d'épaisseur, est un ellipsoïde plus ou moins bombé, présentant un sillon longitudinal profond de 1,5 à 2 mm, l'une des extrémités porte des poils, et sur l'autre se trouve un germe minuscule (**Hacini, 2014**)



**Figure 2:** coupe du grain de blé dur (**Bentounsi, 2015**).

La coupe du grain fait apparaître trois parties :

➤ **Le germe**

Le germe est le noyau riche en nutriments du grain, qui contient des vitamines, des minéraux et des composés végétaux bénéfiques, ainsi que de petites quantités de glucides, de graisses et de protéines (**Khan, 2022**), qui représente 2,5% du grain, comprend :

- Le cotylédon ou scutellum riche en lipides et protéines.
- La plantule plus ou moins différenciée : La radicule ou racine embryonnaire protégée par le coléorhize (**Feillet, 2000**).

➤ **Les enveloppes**

Présentent 14 à 16 % du grain, constituées de

- Péricarpe : formé par trois couches (épicarpe, mésocarpe, endocarpe). La couleur caractéristique rouge ou blanchâtre du grain dépend en partie du péricarpe.
- Couche protéique : elle est constituée de deux assises de cellules (le nucelle et la testa) **(Ghanai, 2004)**

➤ **L'albumen**

Il est vitreux, occupe la majeure partie du grain (76 à 88 %), il consiste en un arrangement de gros et de petits grains d'amidon enfouis dans une matrice protéique. La dureté du grain dépend de ses constituants **(Ghanai, 2004)**

### **1.5. La Composition biochimique**

Le blé dur est composé majoritairement d'amidon (70 %), protéine (10 % à 15 %) (Selon la variété et les conditions de croissance) et pentosan (8-10 %) ; les autres composants sont les lipides, la cellulose, les sucres libres, minéraux et les vitamines **(Feillet, 2000)**.

#### **1.5.1. Les lipides**

Ils représentent, en moyenne, 2-3 % du grain sec de blé et sont en majorité associés aux protéines et à l'amylose. Ils comportent les acides gras insaturés (acide oléique et acide linoléique), **ainsi** que les acides gras saturés (acide palmitique, acide stéarique) et enfin les lipides libres (qui sont eux extraits par de l'éther) **(Gani, 2009)**

#### **1.5.2. Les vitamines**

Sont des éléments cliniques complexes jouant un rôle important dans la nutrition. Les vitamines interviennent au niveau des fonctions essentielles de l'organisme. A niveau du grain elles sont surtout concentrées au niveau du germe et des enveloppes. Lors de la mouture **(Ndiaye, 1999)**. Le grain de blé est surtout riche en vitamine B1 (thiamine), vitamine B2 (riboflavine) et enfin en vitamine PP (niacine) **(Benamor, 2007)**

**1.5.3. Les protéines**

Le germe de blé contient 25,11-31,4% (ms) de protéines lesquelles sont représentées surtout par des globulines 18,9 % et des albumines 30,2 % et contiennent moins d'acide glutamique et de proline que les protéines du gluten mais leur teneur en lysine est beaucoup plus élevée alors que les gliadines et les gluténines contiennent une faible teneur en acides basiques Ces protéines renferment des teneurs élevés d'acides aminés essentiels d'excellentes valeurs biologiques telles que la lysine, la méthionine et la thréonine qui sont absents dans de nombreuses protéines d'autres céréales. Les matières azotées non protéiques représentent entre 11,3 à 15,3 % et sont constituées de l'asparagine, l'allantoïne, la lécithine et le glutathion comme les polyamines et l'hémoprotéines (**Ben Moussa, 2020**)

**1.5.4. Les enzymes**

Sont des protéines socialisées dans la catalyse des réactions biologiques Leur action est extrêmement spécifique d'une part, a regard du type de réaction à effectuer (hydrolyse, réduction, oxydation) et d'autre part de la structure et de la géométrie des substances concernées (**Ben Moussa, 2020**)

**1.5.5. Les glucides (sucres)**

Sont des composés constitués de carbone, d'hydrogène et d'oxygène et renfermant un groupement "ose". Substances particulièrement énergétiques, les glucides sont nettement majoritaires dans le blé (plus de 60 % de la matière humide ou 80 % de la matière sèche), ils sont principalement constitués par de l'amidon, sucre complexe, rassemblé sous forme de granules sphériques ou lenticulaires de 1 à 40 µm de diamètre (**Gani, 2009**)

**1.5.6. Les matières minérales**

Sont présentes dans 2 à 3 % de la substance humide du grain. Le potassium (K) et le phosphore (P) constituent 50 % des matières minérales. On y trouve également du soufre, du magnésium, du chlore et du calcium (**Benamor, 2007**).

**1.5.7. L'eau**

Un composant chimique le plus largement répandu à la surface de la terre et un des composants biochimiques les plus importants des produits naturels et biologiques. C'est une substance que l'on rencontre en abondance dans la plupart des tissus végétaux. Elle joue un

rôle important dans le développement des microorganismes ; cependant, dans le grain de blé bien mûr sa teneur est faible. D'après **Legendre, (1935)**, elle varie entre 5 et 21 % suivant les conditions de récolte et de stockage (**Rezki, 2013**)

*Chapitre II.*

*Généralités sur le blé*

*tendre*

## 2.1. Origine géographique et génétique de blé tendre

La détermination de l'origine de chacun des génomes du blé est difficile du fait de l'évolution des espèces. Les connaissances actuelles concernant l'origine des génomes du blé ont été acquises grâce à des études cytologiques, mais le développement des outils moléculaires a permis d'affiner et de compléter ces connaissances (**Ait Slimane Ait Kaki, 2008**)

### 2.1.1. Origine géographique

L'aire d'origine des blés est le proche Orient, dans la zone dite du Croissant fertile, l'Irak, la Syrie et la Turquie. La diffusion du blé vers l'Europe, l'Asie et l'Afrique du Nord est très ancienne. Le blé tendre (*Triticum aestivum*) est apparu il y'a 7000 à 9500 ans, probablement par la domestication des blés (**Belagrouz, 2013**)

### 2.1.2. Origine génétique

Le blé tendre a une composition complexe. Il est constitué de trois génomes possédants chacun 7 paires de chromosomes homologues, soit 42 chromosomes au total. Il possède une structure génomique hexaploïde (AA BB DD) (**Labbaci et al., 2022**), Le groupe hexaploïde (6 x 7 chromosomes) est représenté par *T. vulgare*, ou *T. aestivum* (blé tendre) et *T. spelta* (épeautre), comprend la majorité des blés à épis assez larges et aux graines riches en amidon nécessaires à la fabrication du pain (**Zettal, 2017**).

Le croisement entre *Triticum monococcum* (A) et un *Aegilops* (B) a donné un individu de structure génomique (AB) avec 14 chromosomes. Après doublement chromosomique est apparu *Triticum turgidum* ssp. *Dicoccoides* (AA BB), ancêtre du blé dur. Le second croisement interspécifique a eu lieu entre *Triticum turgidum* ssp. *Dicoccoides* et *Aegilops tauschii* (D) ce qui a donné un individu (ABD) possédant 21 chromosomes. Ce dernier a lui aussi subi un doublement chromosomique (AA BB DD) et est l'ancêtre de *Triticum aestivum* (**Labbaci et al., 2022**)

## 2.2. Production de blé tendre

Parmi ces céréales, Le blé occupe la première place pour la production mondiale et de la deuxième après le riz, comme source de nourriture pour les populations humaines, il assure 15% de ses besoins énergétiques (**Amira, 2013**)



### 2.2.1. Production mondiale

Le blé tendre (*Triticum aestivum* L.), qui représente la première céréale cultivée au monde en termes de surface et qui constitue l'aliment de base de plus d'un tiers de la population mondiale (Lanouari et al., 2015), Plus récemment, le blé est utilisé dans l'industrie. Pour fabriquer des biocarburants, pour glacer le papier, ou pour isoler les maisons, le blé est désormais partout

Le blé tendre est cultivé sur l'ensemble du territoire métropolitain avec cependant une forte régionalisation dans la partie nord du pays. Ainsi, en 2018/19, les quatre premières régions productrices sont les Hauts-de-France (20 % de la production nationale), Grand-Est (15 %), le

Centre – Val de Loire (13 %) et la Normandie (11 %) ; elles concentrent 58 % de la production française.

Le blé tendre est la première céréale produite, en moyenne, sur les 5 dernières campagnes (2014/15 à 2018/19) :

- 5 millions d'hectares (Mha) cultivés (pour 10,7 Mha toutes céréales confondues).
- 35,3 millions de tonnes (Mt) de blé tendre produites.
- Le blé tendre est la première céréale produite en France, elle représente en moyenne sur les cinq dernières années 54 % de la production totale de céréales, devant le maïs (21 %), les orges (18 %) et le blé dur (3 %).
- La collecte moyenne, soit la quantité de blé tendre disponible pour le marché (utilisation intérieure ou export), s'élève à 32 Mt. En 2018/19, 34,1 Mt de blé tendre ont été produites en France sur une surface de 4,9 Mha.

La France est le 1er pays producteur de blé tendre de l'Union européenne. À l'échelle mondiale sur la campagne 2018/19, il s'agit du 5e producteur derrière la Chine, l'Inde, la Russie et les États-Unis (Franceagrimer, 2022)

### 2.2.2. Production nationale

Les céréales et leurs dérivées constituent l'alimentation de base dans beaucoup de pays en développement, particulièrement dans les pays maghrébins.

En Algérie, les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale (**Djermoun, 2009**)

Le blé tendre est cultivé en Algérie sur environ 400.000 Ha, alors que le blé dur occupe environ 1.300.000 Ha (**Laumont et al., 1962**).

Pour la campagne 2022/2023, les prévisions d'importation de l'Algérie en blé tendre viennent d'être estimées à 6,6 millions tonnes par l'USDA (Département américain de l'Agriculture). Bien qu'il représente un recul de 10% des importations par rapport à la saison 2021/2022, où 7,2 millions tonnes de blé tendre ont été importés, ce volume maintiendra toutefois l'Algérie au 5<sup>ème</sup> rang mondial des pays importateurs de ce type de céréales (**Naïli, 2023**)

### **2.2.3. Exigences de blé tendre**

Un bon comportement de la culture durant tout son cycle de développement exige la réunion de certains facteurs qui conduisent à l'observation d'un meilleur rendement et parmi les exigences on peut citer (**Ait Slimane Ait Kaki, 2008**)

#### **2.2.3.1. Exigences climatiques**

Le climat est un facteur déterminant à certaines périodes de la vie du blé.

##### ➤ **Température**

Une température de 5°C est exigée pour la germination, la température journalière moyenne nécessaire à la croissance optimale au tallage se situe entre 18 et 20°C. Il est sensible à la haute température surtout à la phase de maturité (**Melki, 2005**)

##### ➤ **L'eau**

Le blé exige une humidité permanente durant tout le cycle de développement, l'eau est demandée en quantité variable. Les besoins en eau sont estimés à environ 800 mm.

En zone aride, les besoins sont plus importants au vu des conditions climatiques défavorables. C'est de la phase épi 1cm à la floraison que les besoins en eau sont le plus important. La période critique en eau se situe 20 jours avant l'épiaison jusqu'à 30 à 35 jours après la floraison (**Souici, 2020**)

##### ➤ **Le sol**

Le blé s'adapte à différents types de sol, et pour un meilleur rendement, il faut éviter les terres très argileuses, mal drainées et qui nitrifient mal au printemps.

##### • **PH**

Le PH optimal est de 6 à 8.

- **La salinité**

Généralement le blé est tolérant à la salinité, mais l'effet variétal est remarquable. (Melki, 2005)

- **La lumière**

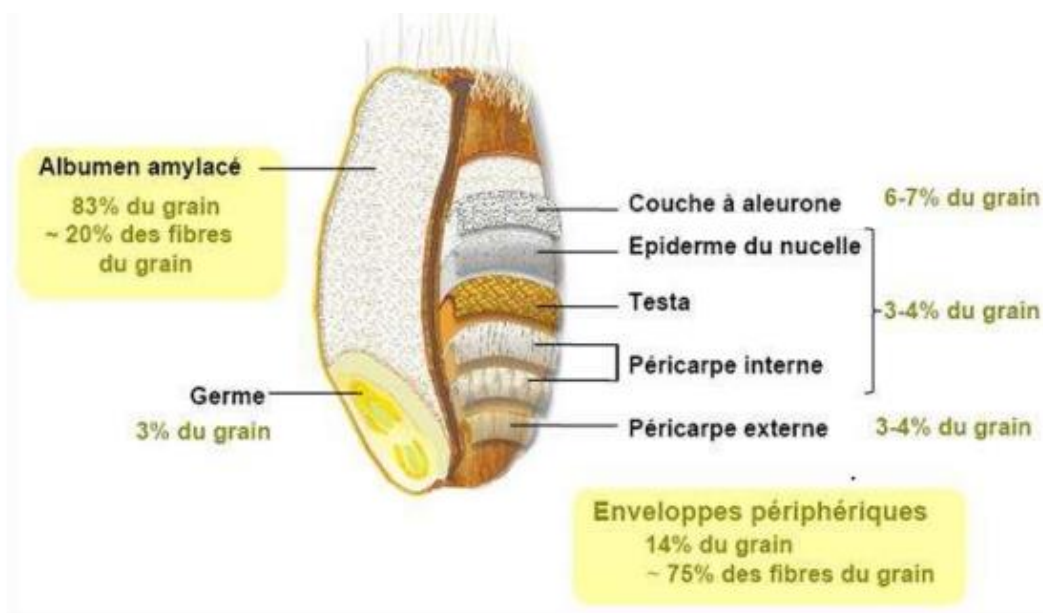
Est un paramètre climatique indispensable qui agit directement sur le bon fonctionnement de la photosynthèse et le comportement du blé, le bon tallage est garanti, si le blé est placé dans les conditions optimales d'éclairement (Bouati et al., 2022)

### 2.2.3.2. Exigences édaphiques

Le blé exige un sol bien préparé, meublé et stable, résistant à la dégradation par les pluies d'hiver pour éviter l'asphyxie de la culture et permettre une bonne nitrification au printemps. Sur une profondeur de 12 à 15cm pour les terres battantes (limoneuses en générale) ou 20 à 25 cm pour les autres terres et une richesse suffisante en colloïdes, afin d'assurer la bonne nutrition nécessaire aux bons rendements. Particulièrement un sol de texture argilo-calcaire, argilo-limoneux, argilo-sableux ne présentant pas de risques d'excès d'eau pendant l'hiver (Siouda et al., 2018)

### 2.3. Structure du grain

Le grain de blé a une forme ovoïde et présente sur la face ventrale un sillon qui s'étend sur toute la longueur. A la base dorsale, se trouve le germe qui est surmonté par une brosse. Le grain de blé mesure entre 5 et 7 mm de long, et entre 2,5 et 3,5 mm d'épaisseur, pour un poids compris entre 20 et 50 mg. Le grain est constitué de différentes couches, ainsi, de la surface externe vers le centre du grain, on trouvera l'enveloppe du fruit ou péricarpe, puis l'enveloppe de la graine ou testa, et enfin à l'intérieur de la graine, la bande hyaline, l'albumen et le germe (Remil, 2018).



**Figure 3:** Schéma de la structure du grain du blé tendre (Sakr, 2021).

Le grain de blé se compose de trois parties :

#### ➤ L'enveloppe

L'écorce représente à elle seule 20% du poids du grain, elle est formée de plusieurs couches et l'on observe, au microscope de l'extérieur vers l'intérieur les zones suivantes :

- Le péricarpe qui constitue l'enveloppe, il est formé de plusieurs cellules à membrane épaisse.
- Le tégument séminal qui contient les colorants de blé (jaune ou roux), la bande hyaline qui est transparente lorsqu'on l'observe au microscope.
- L'assise protéique : qui est composée de cellule de taille moyenne, de forme cubique à paroi moins épaisse - Coupe longitudinale celle du péricarpe et moins lignifiée (Djelti, 2014)

#### ➤ L'albumen ou amande farineuse

Qui représente entre 80 et 85% de la matière sèche du grain, est constitué de l'albumen amylicé et de la couche à aleurone qui serviront de principales ressources énergétiques pendant le processus de germination (Beral, 2020). L'albumen composé majoritairement d'amidon ( $\approx 65\%$ ), de protéines ( $\approx 15\%$ ), d'eau ( $\approx 15\%$ ) et de divers micro éléments (Fe, Zn, acides gras, vitamines...) (Bogard, 2011)

#### ➤ L'embryon ou germe

Qui représente entre 2 et 3% de la matière sèche du grain, sera à l'origine de la future

Plantule de blé et du cotylédon (Beral, 2020)

## 2.4. Différents constituants du grain

Le grain du blé tendre contient plusieurs constituants tels que les protéines, les fibres, l'amidon, les lipides les sels minéraux et les vitamines qui sont bénéfiques pour la santé humaine.

**Tableau 1:** Les constituants du grain de blé tendre (Mofakkir, 2015)

Constituant	Pourcentage
Humidité	13,5%
Protéines	13,3%
Fibres	2,5%
Amidon	67,1%
Lipides	2,1%
Sels minéraux	1,8%
Vitamine	22,7%

### 2.4.1. Éléments principaux

Les glucides, surtout sous forme d'amidon, de très loin le constituant le plus important des céréales, et les lipides ou matières grasses, constituants majeurs des oléagineux, sont composés de carbone, d'hydrogène et d'oxygène. Les protides présents sous forme de protéines contiennent en plus de l'azote. D'une manière générale, les céréales sont peu riches en protéines, contrairement aux protéagineux (pois, féverole) et aux oléo protéagineux (colza, tournesol, soja) (Feillet, 2000)

#### 2.4.1.1. Glucides

Les glucides ou sucres se présentent sous la forme de quelques sucres simples, mais surtout de composés plus ou moins complexes de ces mêmes sucres simples tels que le glucose et le pentose. Le plus important est l'amidon qui est la substance énergétique par excellence, facilement digestible. C'est le constituant majeur des céréales : 60 à 65 % du poids pour le blé et 70 à 73 % pour le maïs. La cellulose qui entre dans la composition du péricarpe est un glucide complexe, difficilement digestible par les monogastriques (Abdani et al., 2017)

**2.4.1.2. Les lipides**

Le grain de blé contient environ 2,7% de lipides, qui se trouvent essentiellement dans l'albumen (environ 60%), dans la couche à aleurone (24%) et dans le germe (13%).

Les lipides se trouvent aussi bien à l'état « libre » que « lié » aux composants de l'amidon. Révèlent que les grains de blé dur sont plus riches en acides gras totaux et présentent une teneur plus importante en acide oléique (19 à 21%) (**Behih et al., 2022**)

**2.4.1.3. Amidon**

L'amidon est le polysaccharide de réserve le plus important de nombreuses céréales. Chez le blé, l'amidon est le composant le plus abondant dans l'endosperme du grain. Il se compose des polymères de glucose, de l'amylose et de l'amylopectine. Les glucides peuvent être divisés en deux types principaux : disponibles et indisponibles. Les hydrates de carbone disponibles sont ceux qui sont digérés et absorbés par les humains, qui comprennent l'amidon (non résistant) et les sucres solubles (**Aissaoui, 2019**)

**2.4.1.4. Gluten (protides ou protéines)**

Le gluten est un matériel viscoélastique obtenu par lixiviation (lavage par l'eau) d'une pâte de blé tendre ou de blé dur. Principalement constitué de protéines (75 à 85% ms selon les conditions de fabrication), il contient également de l'amidon (8 à 10% ms), des sucres réducteurs (1 à 2% ms), des lipides (5 à 10% ms), et des matières minérales (1%ms) (**Feillet, 2000**)

**2.4.1.5. Protides et Protéines**

Ce sont des composés azotés que l'on rencontre sous forme simple (acides aminés) et sous forme plus complexe (protéines). La teneur en protéines des céréales et des protéagineux varie suivant les espèces, elle est en moyenne de 43 % pour le soja, 12 % pour le blé, 11 % pour l'orge et seulement 10 % pour le maïs. Certains de ces acides aminés, telle la lysine, sont indispensables pour l'alimentation animale (substance nécessaire à la croissance) (**Feillet, 2000**).

## 2.4.2. Éléments secondaires

### 2.4.2.1. Pigments et les vitamines

Ce sont des composés chimiques complexes, surtout concentrés dans le péricarpe et le germe à des teneurs très faibles. Les pigments sont spécifiques à chaque espèce et même à chaque variété. Ils sont parfois associés à des vitamines (pigments caroténoïdes) (**Feillet, 2000**)

### 2.4.2.2. Les enzymes

Ils sont présents en faible quantité dans le grain, les plus importants sont :

- **Les protéases**

Trouvées en quantité relativement faible, dont l'une d'elles coupe chaînes polypeptidiques en leur milieu avec une production de molécules de masses encore élevée. L'autre agit pré de l'extrémité de chaînes et libéré les acides aminés libres et les peptides.

- **Les amylases**

Sont des hydrolases capables de dégrader spécifiquement les liaisons glucosidiques de l'amidon (amylase et amylopectine) et de ses produits de dégradation (malt, dextrine) jusqu'au stade oligosaccharide qui vont être utilisées par les levures durant le processus de la fermentation panair.

- **La lipase**

Qui est une enzyme lipolytique trouve son activité concentre dans la couche à aleurone et augmente au cours de la germination. Dans la farine elle croit avec le taux d'extraction puisqu'elle augmente la production d'acides gras insaturés lors de la mouture et la conservation (**Ikhlef et al., 2021**)

### 2.4.2.3. L'eau

Il représente 8 à 9% avec une valeur moyenne de 14%. Du point de vue physique et chimique son action de solvant favorise les réactions enzymatiques et les attaques microbiennes lorsque sa teneur dans le gain dépasse un certain seuil (**Benkacimi, 2020**)

## *Chapitre III.*

# *Les critères de la qualité technologique*



### 3.1. Notion de qualité

La qualité technologique ou industrielle est celle qui rend compte de la qualité réelle du produit. Elle intéresse les utilisateurs (semouliers, pastiers et consommateurs) et les sélectionneurs (Maoucha, 2021)

### 3.2. Les critères de la qualité technologique de blé dur

La qualité d'un blé dur est fonction de l'utilisation que l'on en fait. Or, la presque unique destination du blé dur est l'obtention d'une semoule destinée elle-même à l'obtention de pain ou de galette, de couscous, et surtout de pâtes alimentaires (Trentesaux, 1995). La qualité de la matière première dépend de celle du produit fini. Ainsi, la connaissance précise des constituants du grain de blé sont responsables de sa qualité technologique (Benbelkacem et al., 2000). La valeur semoulière du blé dur, c'est-à-dire le poids de semoules fabriquées rapporté au poids de blé mis en œuvre, elle est estimée indirectement par le poids de mille grains, le poids à l'hectolitre et par le mitadinage (Allel et al., 2021)

La notion de " qualité " des blés durs est très complexe, sa définition dépend à la fois des variétés, des conditions de culture, de l'interaction entre génotype - milieu et de la valeur nutritionnelle (Liu et al., 1995).

#### 3.2.1. Mitadinage

Le mitadinage est un accident physiologique fréquent sur les grains de blé, il provoque un changement de texture de l'albumen qui normalement translucide devient, en partie ou en totalité opaque et farineuse (Bouafia et al., 2013), Le taux de mitadinage exprimé en pourcentage (%), indique le nombre de grains partiellement ou entièrement farineux dans un lot de grains (Abidi, 2009)



**Figure 4:**(À gauche), coup d'un grain vitreux, (à droite), coup d'un grain totalement mitadiné (photo personnelle, 2023)

### 3.2.2. Teneur en eau

L'eau dans le blé représente 8 à 9 % avec une valeur moyenne de 14%. Les caractéristiques de siccité des blés permettent de faciliter les opérations de transport, de conservation et la possibilité de traitement par voie sèche. Du point de vue physique et chimique son action de solvant favorise les réactions enzymatiques et les attaques microbiennes lorsque sa teneur dans le grain dépasse un certain seuil (**Zettal, 2017**)

### 3.2.3. Teneur en protéines

Le grain de blé renferme de nombreuses protéines qui représentent entre 7 et 18 % du poids de la graine (**Bigwood, 1972**). Dans le grain de blé il existe 2 types de protéines :

- Les protéines solubles (albumines et globulines représentent 20 à 25 % des protéines totales des céréales (**Belderok et al., 2000**). Sur le plan nutritionnel, les albumines et les globulines (non gluten) ont un très bon équilibre en acides aminés (**Žilić et al., 2011**)
- Les protéines insolubles (prolamine ou glianine et glutéline). Les gluténines et gliadines constituent 80 à 90 % des protéines totales du blé et forment le gluten qui est responsable de l'élasticité de la pâte (**Žilić et al., 2011**).

## 3.3. Les critères de la qualité technologique de blé tendre

La qualité technologique du blé tendre à laquelle nous nous intéressons correspond en premier lieu à son aptitude à être transformé en farine (valeur meunière) qui elle-même sera valorisée en panification, biscuiterie, pâtisserie... On parle alors de valeur boulangère, de valeur biscuitière, de valeur pâtissière... (**Laker, 2013**)

La qualité technologique est considérée comme étant une expression consacrée par l'usage qui fait référence à l'aptitude d'une variété ou d'un lot de grain de blé à donner dans de bonnes conditions d'utilisations un pain acceptable (**Rousset et al., 1979**)

### 3.3.1. Teneur en protéines

Les différentes protéines présentes dans le grain de blé tendre peuvent être classées selon plusieurs méthodes. La première classification des protéines est fondée sur la solubilité de celles-ci dans différents solvants. Solubilité dans l'eau pour l'albumine, solubilité dans les solutions salines pour les globulines, solubilité dans les solutions alcooliques pour les gliadines et solubilité dans les solutions acides ou alcalines pour les gluténines dites solubles)

(Sakr, 2021). Quantitativement, les protéines sont le deuxième élément le plus important dans la farine. Elles se retrouvent dans l'endosperme (73 %), le son (19 %) et le germe (8 %). Elles représentent en général la 13,5 % (base sèche) de la farine panifiable (Buskuk et al., 1993).

### 3.3.2. L'humidité du grain

L'humidité est un test de la qualité qui s'effectue sur le blé et la farine, ce test consiste à déterminer la quantité d'eau dans le produit (Mofakkir, 2016), La teneur en eau est mesurée à l'aide d'un appareil à IR (NIR) et selon les mêmes conditions de mesure. Les résultats sont exprimés en (%) d'humidité par rapport à la matière sèche (Boukarboua et al., 2016), qui est un indicateur clé de la qualité du grain stocké et un indicateur précoce de détérioration (Casada et al., 2009)

### 3.3.3. L'amidon

Amidon représente 67 à 68% du grain de blé et 78 à 82 % de la farine qui en est issue. Composé d'amylose (26-28 %) et d'amylopectine (72-74 %), amidon constitue de principal polysaccharide de réserve des végétaux supérieurs (Feillet, 2000). L'Amidon blé est caractérisé par la présence de deux types de granules : les granules de type A, largement minoritaires, lenticulaires, d'une taille de 10 à 35 µm, contribuant à environ 70% du poids de l'amidon et les granules de type B, sphériques, d'une taille comprise entre 1 et 10 µm mais les plus nombreux (Bodson et al., 2006)

### 3.3.4. Taux de gluten

Le gluten de blé est constitué d'une partie des protéines de réserve du grain : les gliadines et les gluténines. Ces protéines sont insolubles dans l'eau et représentent environ 80 % des protéines totales. La teneur en gluten dans le grain de blé, mais aussi ses propriétés, varient légèrement en fonction de la variété, des conditions de culture, et des conditions climatiques (Feillet, 2020). Gluténine et gliadine, en tant que composants principaux du réseau de gluten dans les aliments à base de blé produits alimentaires, il a été prouvé qu'ils affectent les propriétés de digestion de l'amidon dans la matrice alimentaire par différents mécanismes en raison de leurs différences de poids moléculaire et de structure caractéristiques. L'élasticité du gluten constitue la base fonctionnelle du réseau de gluten, et agit comme une barrière physique pour retarder l'accès/la liaison entre l'amidon et les enzymes (Lu et al., 2022)

### 3.4. Les critères de qualité en commun entre le blé dur et le blé tendre

#### 3.4.1. L'échaudage

L'échaudage survient suite à un stress thermique au cours des phases de la floraison et de la maturité. Il se traduit par un défaut de croissance et une mauvaise maturation du caryopse. Ce dernier a un aspect plus ou moins flétri et anguleux. Le poids de mille grains et le poids spécifique sont faibles. Le blé dur en est plus sensible que le blé tendre. Les perturbations enregistrées au cours de l'accumulation de la matière sèche sont fonction du stade de maturité et de l'intensité du stress thermique (Mbarek et al., 2017)

#### 3.4.2. Moucheture

Les grains mouchetés, les grains présentant sur le sillon des colorations situées entre le brun et le noir brunâtre". Cette coloration résulte d'un brunissement enzymatique : oxydation de composés phénoliques Plusieurs hypothèses quant à l'apparition de cette coloration

- Conséquence d'un mécanisme de défense des plantes.
- Différents champignons (Maoucha, 2021)

Moucheture du blé dur provoque une coloration foncée du grain impactant la qualité visuelle des produits qui en découlent, et leur commercialisation. (Chau, 2019).



**Figure 5:** Photo de grains de blé dur mouchetés (Chau, 2019).

**Tableau 2:** Résumé des critères de qualité en moucheture pour un lot de blé dur (Chau, 2019).

Niveau	Moucheture%
Très bon	<1
Bon	<3
Moyen	3 à 5
Faible	>5
Très Faible	>10

### 3.4.3. Poids de mille grains (PGM)

Le poids de mille grains est un critère essentiellement variétal et dépend aussi des conditions de cultures (I.T.G.C., 2001). Connaître la masse de 1000 grains d'un échantillon de céréales donne des indications sur le mode d'élaboration du rendement et des problèmes que la plante a pu rencontrer pendant son développement (échaudage, attaques par les insectes ou par les maladies). Pour les agriculteurs, cette analyse permettra de calculer plus précisément les doses de semences nécessaires pour répondre à un objectif de densité de semis (Ghiti, 2020)

### 3.4.4. Poids spécifiques ou poids d'hectolitres

Le poids spécifique (PS) est un critère économique majeur pour la commercialisation du blé (Bordes et al., 2008), le poids d'hectolitre (HI) est un paramètre physique exprimé en kilogramme par hectolitre. Le poids d'hectolitre est le poids des grains remplissant un volume donné résultant la densité du grain et l'efficacité de conditionnement (Ghaderi et al., 1971)

**Tableau 3:** les normes de qualité de blé (ERAD Constantine,2023)

Classe	Blé dur (P. HI)	Blé tendre (P. HI)
Première qualité	82 à 85 kg	80 à 83 kg
Seconde qualité	79 à 81,9 kg	77 à 79,9 kg
Troisième qualité	en dessous de 79 kg	en dessous de 77 kg

# *Chapitre IV.*

## *Matériel et méthodes*

### Objectif

La recherche s'articule sur l'évaluation de la qualité technologique de quelques variétés de blé dur et de blé tendre tout en étudiant l'effet génotypique sur ces paramètres afin de sélectionner les géotypes les plus performants, en d'autres termes, cibler les potentiels génétiques qui expriment au mieux leurs qualités technologiques tout en s'adaptant au milieu.

#### 4.1. Localisation de site

Les échantillons qui ont fait l'objet des analyses ont été récoltés à partir du site expérimental qui appartient à l'Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC) de Constantine, il se trouve localiser dans la région Nord de la Wilaya de Mila. La zone nord de la wilaya de Mila, qui est une région humide, elle est caractérisée par un climat relativement doux mais avec un été chaud. Au cours de ces dernières années, la moyenne pluviométrique varie entre (300 mm et 860 mm). De plus, elle est caractérisée par des températures élevées et des vents chauds déterminant la fin de cycle et provoquant parfois des déficits hydriques qui touchent surtout la phase du remplissage de grain.



**Figure 6:** La carte géographique de la wilaya de Mila avec ses treize dairas (Gifex, 2023)

### 4.2. Protocole expérimental

Le protocole expérimental comporte le matériel végétal étudié et les méthodes d'étude des différents paramètres physico-chimiques évalués.

#### 4.2.1. Matériel végétale

L'étude a porté sur deux collections de blés

-1<sup>er</sup> collection comporte neuf variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf), (Tableau 4)

-2<sup>ème</sup> collection : composée de quatre variétés de blé tendre (*Triticum aestivum*), (Tableau 4)

Les grains de blés sont stockés dans des sacs en papier d'une contenance de 1000 g. Les échantillons sont retenus pour apprécier la qualité technologique du blé dur et tendre. La partie expérimentale a été effectuée au niveau de deux laboratoires : au sein de Moulin Béni Haroun, Grarem Gouga, et au laboratoire de Génétique, Biochimie et Biotechnologie Végétale, de l'Université Frères Mentouri Constantine 1.

**Tableau 4:** liste des 9 variétés de la collection des blés durs et des 4 variétés de la collection des blés tendres utilisés dans l'expérimentation (ITGC ,2023).

N° de la variété	Noms des Variétés de blé dur	N° de la variété	Noms des Variétés de blé tendre
V1	Saoura	V1	Tiddis
V2	Simito	V2	HD 1220
V3	Wahbi	V3	AS
V4	Amar	V4	Arz
V5	Oued elbared	/	/
V6	Cirta	/	/
V7	Vitron	/	/
V8	Ain Elhma	/	/
V9	Gta Dur	/	/



### 4.2.2. Méthode d'étude

Certaines analyses ont été effectuée sur les grains de chaque variété et d'autres ont été réalisées sur la semoule du blé dur et la farine du blé tendre, après la mouture qu'ils subissent, les protocoles et les résultats obtenus sont la moyenne de trois essais.

#### 4.2.2.1. Analyse physico-chimique des grains des variétés étudiées

##### A. Mesure de poids spécifique (PS)

###### • Principe

La masse volumique dite masse à l'hectolitre, appelée communément poids spécifique (PS), est la masse d'un hectolitre de grains exprimée en kilogrammes. Le PS est réalisé par l'écoulement libre d'un échantillon au moyen d'une trémie dans un récipient d'un litre de pesée utilisant NILMA litre (Nabi et al, 2019)

Elle est considérée comme un indicateur de la valeur de semoule et de la farine. La valeur minimale pour la mise à l'intervention est de 78 kg/hl pour le blé dur et de 77 kg/hl pour blé tendre

###### • Mode expérimental

- a. Monter la trémie sur le mesureur puis remplir de grain jusqu'au bord supérieur sans tassage.
- b. Ouvrir l'obturateur de trémie et laisser couler les grains dans le mesureur. Puis glisser le coteau raseur pour obturer.
- c. En lever le mesureur et peser le contenu à l'aide de NULEMALITRE, le poids obtenu divisé par 10 donne le poids naturel du grain à l'hectolitre.



**Figure 7:** Photos représentative de la méthode utilisée pour mesurer le PS (photo personnelle, 2023).

**a :** Monter la trémie sur le mesureur puis remplir de grain jusqu'au bord supérieur sans tassage.

**b :** Ouvrir l'obturateur de trémie et laisser couler les grains dans la mesure.

**c :** en lever le mesureur et peser le contenu à l'aide de NULEMALITRE.

### B. Détermination du poids de mille grains

#### • Principe

Repose sur le comptage manuel du nombre de grains entiers contenus dans une prise de masse connue. La détermination de la masse de 1000 grain est basée sur le comptage des grains d'une prise d'essai de 30g après élimination des impuretés et de grains cassés (Beddar, 2019)

Il permet de caractériser une variété, de mettre en évidence des anomalies comme l'échaudage, d'étudier l'influence des traitements en végétation ou des conditions climatiques qui toutes modifient la masse de 1000 grains (Bentounsi, 2015)

#### • Mode expérimental

- a. fait une opération de nettoyage (élimination de blé cassé et autres déchets)
  - b. peser le blé nettoyé à l'aide d'une balance automatique.
  - c. Compter le nombre de grain à l'aide d'un appareil appelé « Compteur de grain ».
  - d. Déterminer l'humidité initiale des grains, selon la procédure suivante :
  - e. Broyer du grain à l'aide de broyeur f. Peser 10 grammes de grains broyés
  - g. Mettre l'échantillon dans l'étuve BRABANDER afin de déterminer l'humidité de blé
- La détermination du poids de 1000 grain est obtenue par la formule :

Poids de 1000 grain :  $P \times 10(100 - H) / N$

P=poids du blé nettoyé

N= nombre de grain compté par l'appareil

H= humidité Initiale de blé



Figure 8: Compteur de grain (photo personnel, 2023).



Figure 9: L'étuve BRABANDER (photo personnel, 2023).

### C. Détermination du taux de mitadinage

#### • Principe

Le taux de mitadinage (exprimé en %) indique le nombre de grains partiellement ou totalement farineux dans un lot de grains. La détermination du taux de mitadinage s'effectue manuellement (**Beddar, 2019**). S'il est trop élevé, le rendement semoulier chute, toute valeur entre 20% et 40% est acceptable, mais pour considérer un blé comme blé de bonne qualité ne doit pas dépasser les 5% (**Bentounsi, 2015**)

#### • Mode expérimental

Le taux de mitadinage a été déterminé visuellement sur 100 graines de blé (dur et tendre), par la sélection des grains mitadinés d'échantillon. Le pourcentage des grains mitadinés est le résultat de trois essais selon la formule suivante :

$$\text{Le pourcentage des graines mitadinées \%} = (M \times 100) / N$$

M = nombre de grain mitadinés présent dans 100 graines

N = nombre de graines du prélèvement



**Figure 10:** Grains sain (à droite), grains mitadinés (à gauche) (photo personnel, 2023)

### D. Détermination du taux de moucheture

#### • Principe

Le taux de moucheture est essentiellement commercial. La présence sur les grains de tache brun ou noire plus au moins grandes causé par le développement de certains champignons, provoquent des points noirs dans la semoule et les pâtes alimentaires et affectent ainsi sa qualité technologique (**Bentounsi, 2015**)

#### • Mode expérimental

Le taux de moucheture a été déterminé visuellement sur 100 graines, par la sélection des graines mouchetées. Les résultats sont exprimés en pourcentage pour 100 graines d'échantillons selon la formule suivantes.

Le pourcentage des graines mouchetés % =  $(M \times 100) / N$

M = nombre de grain mouchetés présents dans 100 graines

N = nombre des graines du prélèvement



**Figure 11:** Grains sain (à gauche), grains mouchetés (à droite) (**Photo personnel, 2023**).



### E. Détermination du taux d'échaudage

#### • Principe

Ce sont des grains desséchés avant la maturation physiologique. Celui-ci peut être due à un déséquilibre entre l'arrivée d'eau dans le grain et l'évaporation à la suite d'une très forte chaleur, supérieure à 28° C au cours de la maturation (échaudage physiologique). Les grains échaudés sont rabougris, ridés, déformés conséquence des conditions pendant la période de remplissage des grains plus ou moins difficile (Labbaci et al., 2022)

#### • Mode expérimental

Le taux d'échaudage a été déterminé visuellement sur 100 graines de blé (dur et tendre), par la sélection des graines échaudées d'échantillon. Le pourcentage des grains échaudés est le résultat de trois essais selon la formule suivante :  
Le pourcentage des graines échaudées % =  $(M \times 100) / N$

M = nombre de grain échaudés présent dans 100 graines

N = nombre de grain du prélèvement



**Figure 12:** Grains échaudés (à gauche), Sain (à droite) (Photo personnel, 2023).

### 4.2.2.2. Analyse technologique des farines et des semoules

À fin d'effectuer ces analyses, une opération de transformation de blé dur et tendre respectivement en semoule et en farine est mis en place, selon les étapes suivantes :

- Nettoyage et humidification des grains de blé (manuellement)
- Repos des grains humidifiés de 24h à 48h
- Broyage à l'aide d'un broyeur.
- Convertissage des grains broyés à des produits fins jusqu'à la farine et la semoule.

#### A. Teneur en gluten

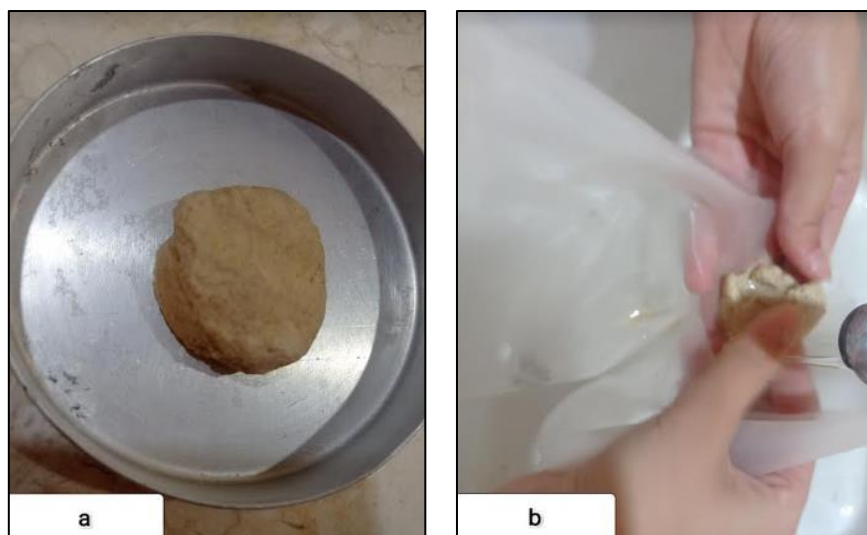
##### • Principe

Préparation d'une pâte au moyen d'un échantillon de semoule et d'une solution de chlorure de sodium (25 g/L), isolement de gluten par lessivage au filet d'eau, lavage puis essorage et pesage du produit obtenu (**Chelabi et al.,2013**)

##### • Mode expérimental

- Peser 10 grammes de semoule/farine
- Mélanger la semoule avec de l'eau salée pour obtenir une pâte homogène.
- laisser reposer 5min
- laver la pâte sous le robinet pour éliminer l'amidon et garder le gluten
- Mettre le gluten dans centrifugeuse 5min pour le séchage
- Peser le gluten net à l'aide d'une balance ...





**Figure 13:** (a), le repos de pate 5min. (b), l'extraction manuelle de gluten. (Photo personnelle, 2023)



**Figure 14:** Appareille centrifugeuse (Photo personnelle, 2023)

### 4.2.2.3. Analyse dans le proche infrarouge NIRS

L'analyse technologique consiste à mesurer par infrarouge les paramètres suivants de la farine et de semoule : l'humidité, l'amidon, le taux des protéines. C'est une méthode rapide couramment utilisée en est réalisée par un instrument d'analyse de composition (Inframatic). On introduit une petite quantité de farine dans la cellule de mesure puis on lance l'analyse. Les résultats apparaissent à l'écran (Boukarboua et al., 2016)



**Figure 15** : L'appareil à infrarouge (NIRS). (Photo personnel, 2023)

### **A. Teneur en protéine**

Cette teneur a été obtenue par l'utilisation d'un appareil dit infratec dont le principe est la transmission dans le proche infrarouge. Il permet de déterminer plusieurs constituants que ce soit dans le blé entier ou dans la farine. La teneur en protéines des farines de blé destinées à la fabrication de produits de cuisson varie de 14.00 à 15.50 % (**Benhamimed et al., 2016**)

### **B. Teneur en eau**

Le taux d'humidité est mesuré à l'aide du même appareil à infrarouge (NIR) et selon les mêmes conditions de mesure. Les résultats sont exprimés en pourcentage d'humidité par rapport à la matière sèche et sont la moyenne de trois répétitions (**Boukarboua et al., 2016**)

### **C. Teneur en amidon**

Le taux d'amidon est mesuré par l'appareil (NIR), par réflexion en proche infrarouge [1400- 2500 nm]. Les résultats à trois répétitions sont exprimés en pourcentage d'amidon par rapport à la matière sèche (**Boukarboua et al., 2016**)

### **4.3. Démarche d'analyse et d'interprétation statistique**

Les données collectées ont été analysées par le logiciel SPSS. Ce logiciel nous a permis de traiter les données. L'analyse de la variance permet de comparer les moyennes de

plusieurs populations supposées normale et de même variance à partir des échantillons aléatoires simples et indépendant les uns des autres, ce test global préalable et indispensable est estimé par le modèle additif suivant :

$$Y_{ij} = U + G_i + B_j + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

Où :  $Y_{ij}$  est la valeur observée du génotype  $i$  au niveau du bloc  $j$ ,  $U$  est la moyenne générale de la population considérée,  $G_i$  est l'effet du génotype  $i$ ,  $B_j$  est l'effet du bloc  $j$  et  $\varepsilon_{ij}$  est l'effet qui est dû à l'erreur expérimentale .

Le seuil de signification est de 5% car la signification des différences est exprimée en fonction de la probabilité ( $p$ ).

- $P > 0.05$  : les traitements ne sont pas significativement différents.
- $P \leq 0.05$  : les traitements sont significativement différents.
- $P \leq 0.01$  : les traitements sont hautement et significativement différents.
- $P \leq 0.001$  : les traitements sont très hautement et significativement différents

Le coefficient de variation a été calculé par la formule suivante :

$$CV\% = \frac{\text{Ecart type}}{\text{Moyenne générale}} \times 100 \quad (2)$$

*Chapitre V. Résultats et  
discussion*

**5.1. Evaluation des paramètres technologiques de quelques variétés de blé dur**

Plusieurs paramètres physiques ont été étudiés tels que le poids spécifique, le poids de mille grains, le taux de mitadinage, le taux de moucheture et le taux d'échaudage. En outre, d'autres caractères technologiques ont été évalués tels que la teneur en protéines de la semoule, la teneur en humidité de la semoule et le teneur en gluten humide. Les principaux résultats de l'analyse de la variance sont regroupés dans le (Tableau 5).

**Tableau 5:** Analyse de la variance de différents caractères mesurés chez les variétés de blé dur

<i>Caractères étudiés</i>	<i>Somme des carrés totale</i>	<i>Le test F</i>	<i>Coefficient de variation</i>	<i>Signification</i>
<i>PS</i>	195,445	292,227	003,643	0,000
<i>PMG</i>	238,044	080,298	009,941	0,000
<i>TMI</i>	406,741	046,777	087,534	0,000
<i>TMO</i>	152,963	007,873	048,154	0,000
<i>TECHO</i>	852,074	027,397	051,180	0,000
<i>TPRO</i>	24,521	023,693	006,466	0,000
<i>THUM</i>	006,012	029,453	003,917	0,000
<i>TGTU</i>	118,007	008,937	046,091	0,000

*PS = Poids spécifique, PMG = Poids de mille grains, TMI = Taux de mitadinage, TMO = Taux de moucheture, TECHO = Taux d'échaudage, TPRO = Teneur en protéine, THUM = Taux d'humidité, TGTU = Teneur en gluten humide*

L'analyse statistique de la variance du facteur génotype nous dévoile que le test F observé est largement plus important que le test F théorique. Ceci implique qu'il existe un effet très hautement significatif du génotype sur tous les caractères évalué (Tableau 5).

**5.1.1 Paramètres physiques**

Plusieurs paramètres physiques ont été étudiés tels que le poids spécifique, le poids de mille grains, le taux de mitadinage, le taux de moucheture et le taux d'échaudage.

5.1.1.1 Poids Spécifique :

Les résultats se rapportant au poids spécifique des échantillons, exprimé en kilogramme par hectolitre, sont représentés par la Figure 15

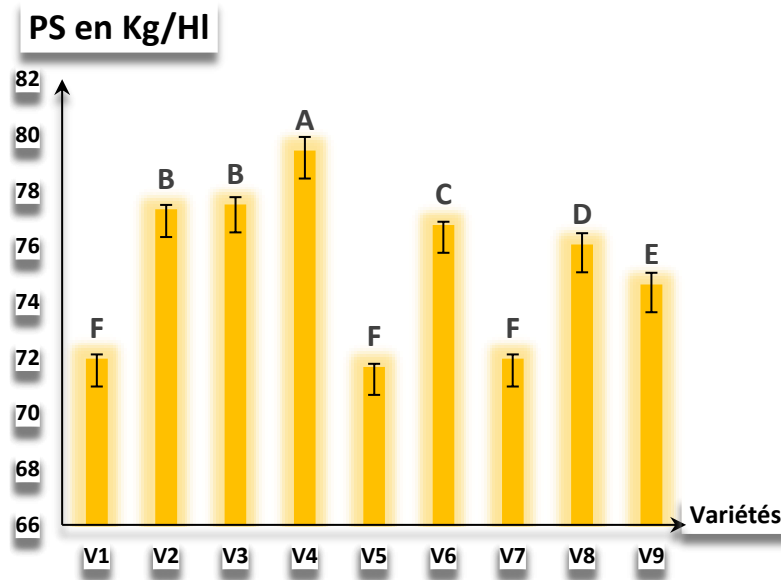


Figure 16: Effet génotypique sur poids spécifique.

L'analyse de la variance indique des différences très hautement significatives entre les variétés évaluées (Prob-0.0001 %) avec un risque d'erreur  $\alpha=0,05$ . Ceci implique l'effet significatif du facteur génotype sur le poids spécifique des grains.

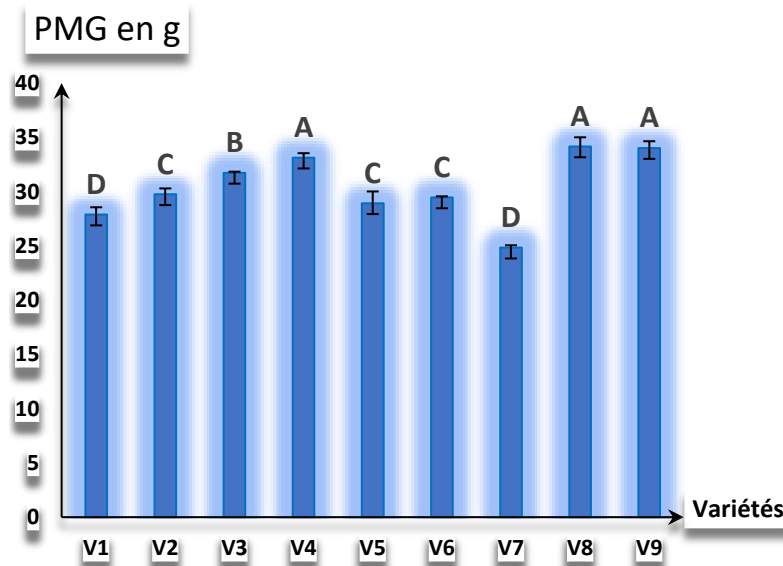
Le test de STUDENT NEWMAN et KEULS, montre la présence de plusieurs groupes homogènes et révèle les meilleurs poids spécifiques. En effet, les génotypes ont exprimé les meilleures performances du poids spécifique. Le poids spécifique le plus élevé a été obtenu chez le génotype Amar (79.43 kg/hl), suivi des génotypes, selon un ordre décroissant, wahbi (77.50 kg/hl), Simito (77.33kg/hl), Cirta (76.76 kg/hl), Ain elhma (76.06kg/hl), Gta dur (74.63 kg/hl), Saoura et Vitron (71,96 kg/hl), le poids minimum a été observé chez le génotype Oued Elbared (71.66 kg/hl).

La connaissance du poids spécifique d'un blé est très importante dans les contrats commerciaux et dans les spécifications réglementaires. Plus le poids spécifique est grand plus le rendement en semoule est élevé. Donc il demeure utile comme indice de potentiel semoulier (Dexter et al., 1998)

D'après **Mahaut (1996)**, plus le PS a élevé plus le rapport amande/enveloppe est élevé et par conséquence, le rendement semoulier est élevé.

### 5.1.1.2. Poids de mille grains PMG

Les résultats relatifs au poids de mille grains des échantillons, exprimé en gramme, sont regroupés et représentés par la Figure 16



**Figure 17:** Effet génotypique sur poids de mille grains.

L'analyse de la variance indique des différences très hautement significatives entre les variétés évaluées (Prob = 0.0001 %) avec un risque d'erreur  $\alpha=0,05$ . Ceci implique l'effet significatif du facteur génotype sur le poids de mille grains

Le test de STUDENT NEWMAN et KEULS montre la présence de plusieurs groupes homogènes, le génotype Ain Elhma a donné le poids le plus élevé avec une valeur moyenne de (34.16g) suivi par la variété Gta dur avec de valeur moyenne de (34.01g). Par contre, le poids de mille grains le plus faible est enregistré chez le Génotype Vitron avec une moyenne de (24,83g).

Le poids de mille grains est un critère essentiellement variétal et dépend aussi des conditions de nutrition hydrique et minérale de la plante à la fin du cycle de développement de la culture (**Atailia et al., 2019**) ces différences de fluctuations pourraient provenir d'une part, du caractère variétal du poids de mille grains (PMG) et d'autre part, des conditions environnementales dans lesquelles ont évolué les blés étudiés (**Rezki, 2013**)

### 5.1.1.3. Taux de mitadinage

Les résultats se rapportant au taux de mitadinage des échantillons, exprimé en pourcentage, sont représentés par la Figure 17

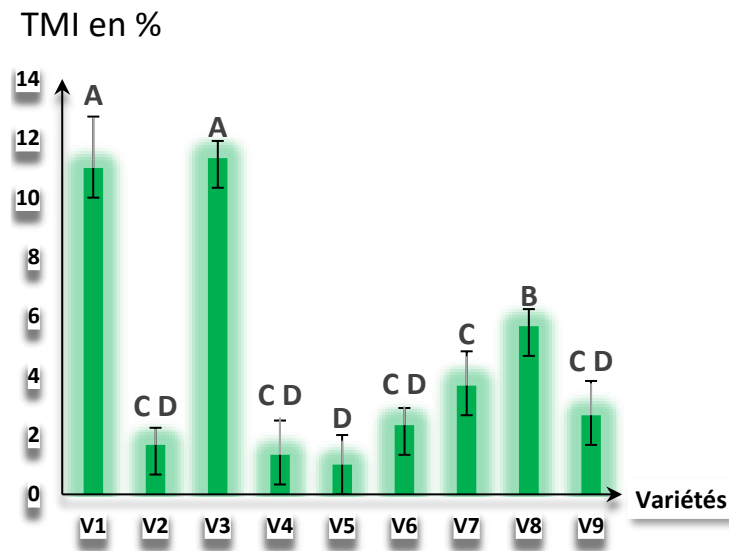


Figure 18: Effet génotypique sur taux de mitadinage.

L'analyse de la variance révèle des différences très hautement significatives entre les variétés évaluées (Prob = 0.0001%) avec un risque d'erreur  $\alpha = 0,05$ . Ceci implique l'effet significatif du facteur génotype sur le taux de mitadinage des grains.

Le test de NEWMAN et KEULS classe les différents groupes homogènes et révèle des valeurs de taux de mitadinage comprises entre (1 % et 11,33 %), avec une moyenne générale de (4,5%) , avec un écart-type de 3,95%.

Un taux de mitadinage élevé exerce une influence défavorable sur la qualité culinaire des produits finis, de plus il entraîne une diminution du rendement semoulier, et la semoule sera dépréciée par la présence des piqûres blanches dans la pâte (Boulala et al., 2018)

Le taux de mitadinage ne doit pas dépassée 27% comme limite maximale. Les résultats obtenus pour les neuves variétés de blé sont inférieurs à la valeur citée ci-dessus, ce que les rend dans la norme (Allel et al., 2021)

### 5.1.1.4. Taux de moucheture

Les résultats relatifs au taux de moucheture des échantillons, exprimé en pourcentage, sont illustrés par la Figure 18



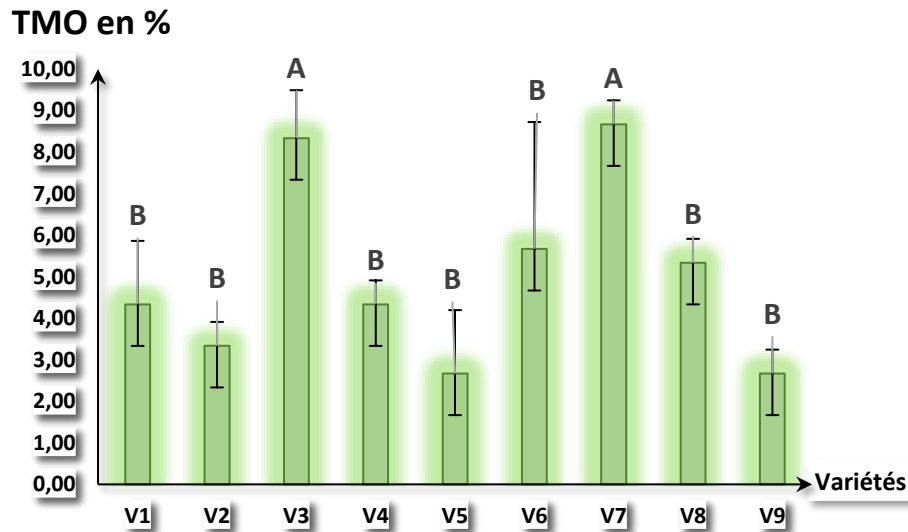


Figure 19: Effet génotypique sur taux de moucheture.

L'analyse de la variance révèle des différences très hautement significatives entre les variétés évaluées (Prob = 0.0001 %) avec un risque d'erreur  $\alpha = 0,05$ . Ceci implique l'effet significatif du facteur génotype sur la teneur en moucheture des grains.

Le test de NEWMAN et KEULS, indique la présence de deux groupes homogènes classés selon un ordre croissant de résistance à la moucheture. Les variétés qui présentent un taux de moucheture inférieur à 5%, sont Gta Dur, Oued Elbared, Simito, Saoura et Amar. Ainsi, les résultats obtenus montrent un taux de moucheture très élevé pour certains génotypes, qui sont : Ain Elhma, Cirta, Wahbi et Vitron avec respectivement (5.33 %, 5.66 %, 8.33 %, 8.66%).

La moucheture est l'ensemble des points ou des taches sombres à noires qui se déposent sur la graine de blé et donc après mouture on obtient cette couleur sombre sur la semoule (Bentounsi, 2015). La semoule et les produits dérivés issus de grains mouchetés présentent des points noirs indésirables qui diminuent leur qualité commerciale. Le taux de moucheture dépend de la variété et de l'environnement. C'est un caractère très dépendant des conditions humides du milieu qui génèrent un climat propice au développement de maladies (Qiao-Yun et al.,2019)

#### 5.1.1.5. Taux d'échaudage

Les résultats se rapportant au taux d'échaudage des échantillons, exprimé en pourcentage sont illustrés par la Figure 19

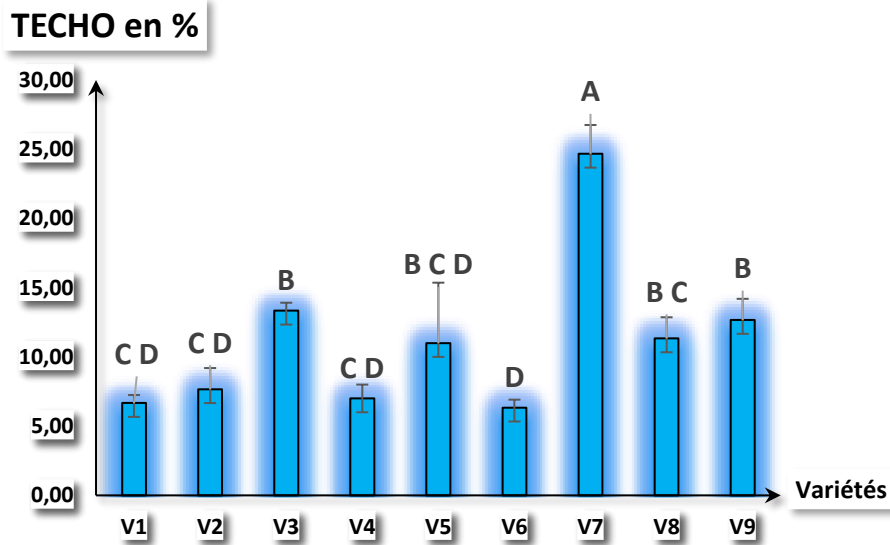


Figure 20: Effet génotypique sur taux d'échaudage.

L'analyse de la variance révèle des différences très hautement significatives entre les variétés évaluées (Prob = 0.0001%) avec un risque d'erreur  $\alpha = 0,05$ . Ceci implique l'effet significatif du facteur génotype sur la teneur en échaudage des grains.

Le test de NEWMAN et KEULS, indique quatre groupes homogènes dont des teneurs importantes ont été enregistrées par les cultivars Cirta (6,33%), Saoura (6,66%) et Amar (7%), Simito (7,66%) En revanche, les cultivars Oued Elbared (11%), Ain Elhma (11,33%), Gta Dur (12,66%), Wahbi (13,33%) et Vitron (24,66%) ont donné les teneurs les plus élevées.

Les génotypes mieux résistés à ce paramètre dans un milieu caractérisé de hautes températures et pluviométrie élevé.

Des températures élevées supérieures à 28°C pendant la maturation du grain peuvent entraîner un mauvais remplissage du grain. Surtout si l'élévation de température est brutale et que cette température reste élevée longtemps. Sans qu'il y ait forcément échaudage, les grains peuvent être petits. Ce phénomène est dû à une élévation de la température ou de l'ETP (évapotranspiration potentielle) pendant la fin de la montaison (**Melakhessou, 2020**)

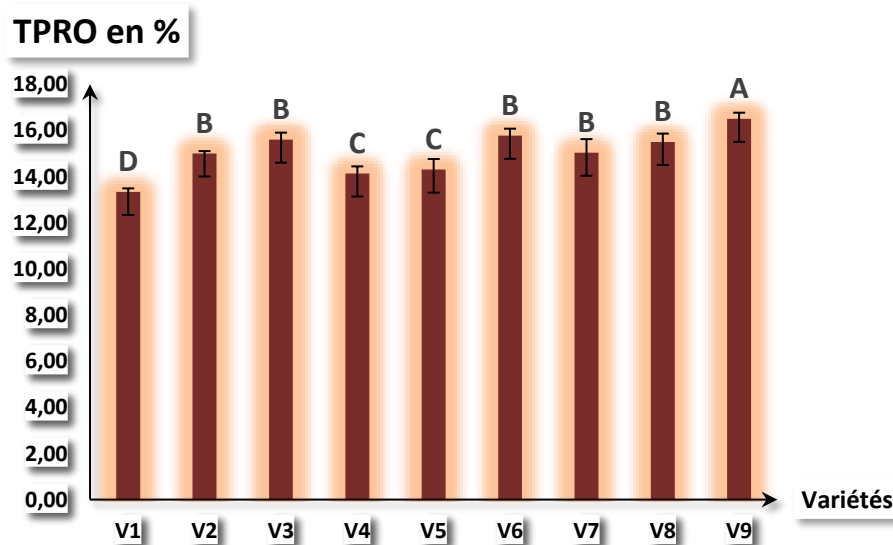
La présence de grains échaudés a une incidence sur le rendement en mouture qui diminue, du fait de l'élimination mécanique des petits grains lors des phases de nettoyage et du mauvais remplissage de ses grains (**Boulala et al., 2018**)

### 5.1.2. Les paramètres chimiques

Plusieurs paramètres chimiques sont impliqués dans la détermination de la qualité technologique du grain du blé tels que la teneur en protéine, la teneur en humidité et la teneur en gluten.

#### 5.1.2.1. Teneur en protéines

Les résultats relatifs à la teneur en protéines des échantillons, exprimé en pourcentage sont représentés dans la Figure 20



**Figure 21:** Effet génotypique sur teneur de protéines.

L'analyse de la variance indique des différences très hautement significatives entre les variétés évaluées (Prob = 0.0001 %) avec un risque d'erreur  $\alpha = 0,05$ . Ceci implique l'effet significatif du facteur génotype sur la teneur en protéines des grains.

L'analyse de la variance selon le test de NEWMAN et KEULS, dévoile les meilleures teneurs en protéines des semoules grâce au classement des groupes homogènes. Les valeurs moyennes des génotypes ont été caractérisées par de fortes teneurs en protéines qui oscillent entre 16.50 % et 13.33 %. La variété Gta Dur a enregistré la meilleure teneur en protéines avec une valeur moyenne de (16.50 %) suivie par la variété Cirta avec une valeur moyenne de (15.76 %). Par contre, le cultivar Saoura a donné la teneur la plus faible avec une valeur moyenne de (13.33 %).

La qualité des protéines est un caractère extrêmement héritable et seulement une partie est influencée par l'environnement (**Amira, 2013**)

La richesse en protéines constitue un paramètre de qualité importante. Elle varie avec de nombreux facteurs tels que la variété, les conditions de culture et le stade de maturité des grains (**Benamieur, 2011**)

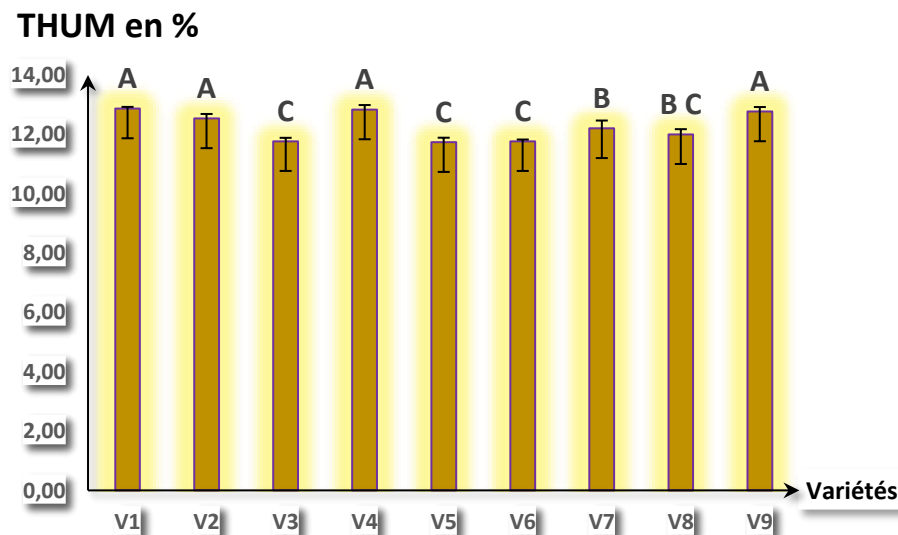
La teneur en protéines des blés est fonction des caractéristiques de la variété de blé, des caractéristiques du sol, du climat et des techniques agronomiques (**Benamieur, 2011**)

**Benbelkacem et al., (1995)**, subdivisent le blé dur en trois classes différentes selon la teneur en protéines :

- Blé de bonne qualité (teneur en protéines égale ou supérieure à 15%).
- Blé de qualité moyenne (teneur en protéines de 13 à 15%).
- Blé de faible qualité (teneur en protéines < 13%).

### 5.1.2.2. Teneur en humidité

Les résultats relatifs à la teneur en humidité des échantillons, exprimé en pourcentage sont représentés dans la Figure 21



**Figure 22:** Effet génotypique sur teneur en humidité

L'analyse de la variance révèle des différences très hautement significatives entre les variétés évaluées (Prob = 0.0001%) avec un risque d'erreur  $\alpha = 0,05$ . Ceci implique l'effet significatif du facteur génotype sur la teneur en humidité des grains.

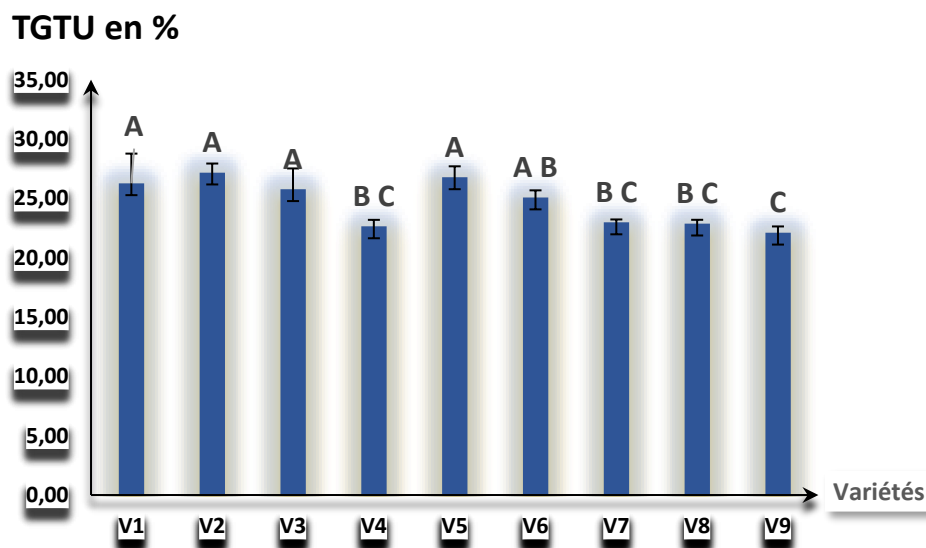
Le test de NEWMAN et KEULS, révèle trois groupes homogènes pour l'humidité des semoules. On constate que les teneurs en humidité de semoule sont comprises entre 11,73 % et 12,86 %. Le génotype renfermant la plus basse humidité est Oued Elbared avec une teneur moyenne de (11,73%). Cependant, les génotypes Wahbi et Cirta, Ain Elhma, Vitron, Simito, Gta Dur, Amar, Saoura ont exprimé des teneurs en eau plus importantes soient respectivement (11,79%), (12%), (12,20%), (12,53%), (12,76%), (12,83%), (12,86).

La variation des taux d'humidité des semoules est due au conditionnement des grains avant leurs transformations en semoule.

L'humidité constitue un indicateur important dans la conservation et le stockage des grains. Pour le blé dur, la teneur maximale en eau est fixée selon la norme du codex Alimentarius volume 7, (1994), à 14,5%) (**Beddar ,2019**). Les résultats obtenus pour les variétés de blé dur sont inférieurs à la valeur citée ci-dessus, ce que les rend dans la norme

### 5.1.2.3. Teneur en gluten humide

Les résultats relatifs à la teneur en gluten humide de des échantillons, exprimé en pourcentage, sont représentés dans la Figure 22



**Figure 23:** Effet génotypique sur teneur en gluten humide.

L'analyse de la variance révèle des différences très hautement significatives entre les variétés évaluées (Prob = 0,0001%) avec un risque d'erreur  $\alpha = 0,05$ . Ceci implique l'effet significatif du facteur génotype sur la teneur en gluten humide des grains.

Le NEWMAN et KEULS, révèle trois groupes homogènes qui sont classés de façon à indiquer les meilleures teneurs en gluten humide. Les valeurs moyennes des géotypes dans ce site ont été caractérisées par de fortes teneurs en gluten humide qui oscillent entre 22,10% et 27,16%

La variété Simito a enregistré la meilleure teneur en gluten humide avec une valeur moyenne de (27.16%) suivie par Oued Elbared avec des valeurs moyennes de (26.76%). Par contre, le cultivar Gta dur a donné la teneur la plus faible avec une valeur moyenne de (22,10%)

Il existe une forte corrélation entre le gluten humide et la teneur en protéines. Bien que le taux du gluten humide soit influencé par les conditions de culture, l'effet du géotype est prédominant sur les caractères qualitatifs du gluten (**Labbaci et al., 2022**)

D'un point de vue quantitatif, les teneurs en gluten humide de toutes les variétés sont nettement inférieures à la norme de **Delachaux, 1983** fixée à 27,85 %. La teneur élevée en gluten humide pourrait être due à une forte absorption d'eau. Plus le gluten absorbe de l'eau et plus qu'il est de bonne qualité (**Beddar ,2019**)

**Kheddoumi, (2019)**, classe les blés selon leur pourcentage en gluten en :

- \* blés contenant un pourcentage inférieur à 11 % sont des blés insuffisants.
- \* blé de bonne valeur pastière quand le pourcentage est compris entre 11% et 15%.
- \* blés de force quand la teneur est supérieure à 15%.

### **5.2. Évaluation des paramètres technologiques de quelques variétés de blé tendre.**

Au total, quatre paramètres physiques ont été étudiés : le poids spécifique, le poids de mille grains, le taux de moucheture et le taux d'échaudage. De plus, quatre caractères technologiques ont été évalués : la teneur en protéines de farine, la teneur en humidité de farine, le teneur en amidon et la teneur en gluten humide. Les principaux résultats de l'analyse de la variance sont regroupés dans le (Tableau 6)

**Tableau 6:** Analyse de la variance de différents caractères mesurés chez les variétés de blé tendre

<i>Caractères étudiés</i>	<i>Somme des carrés Totales</i>	<i>Le test F</i>	<i>Coefficient de variation</i>	<i>Signification</i>
<i>PS</i>	010,947	109,607	01,255	0,000
<i>PMG</i>	026,749	026,168	05,235	0,000
<i>TMO</i>	166,250	003,218	81,844	0,083
<i>TECHO</i>	512,667	009,687	36,572	0,005
<i>TPRO</i>	021,895	323,995	08,920	0,000
<i>THUM</i>	000,663	019,417	01,743	0,000
<i>AMI</i>	033,137	001,073	02,773	0,413
<i>TGTU</i>	021,807	000,784	05,557	0,536

*PS = Poids spécifique, PMG = Poids de mille grains, TMO = Taux de moucheture, TECHO = Taux d'échaudage, TPRO = Teneur en protéine, THUM = Taux d'humidité, AMI = Taux en amidon, TGTU = Teneur en gluten humide*

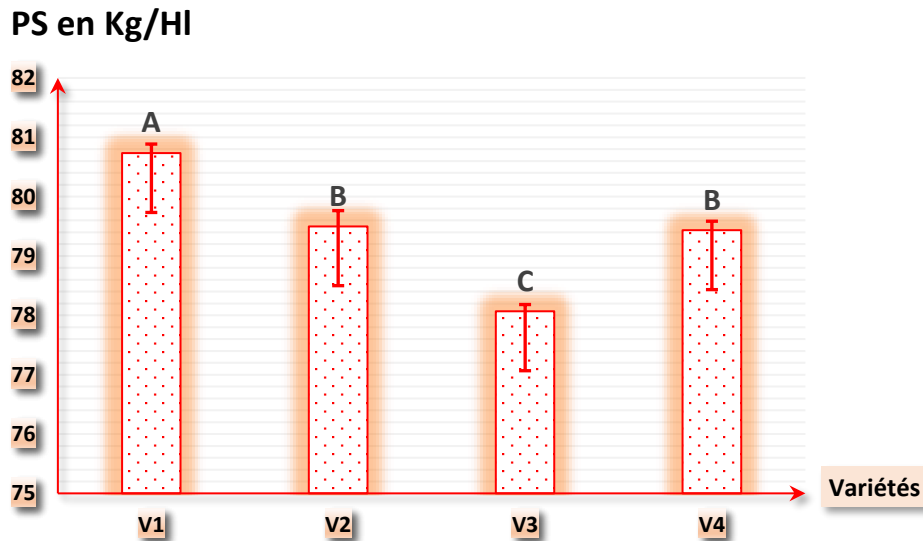
L'analyse statistique de la variance du facteur génotype nous dévoile que le test F est hautement significatif pour le caractère : échaudage, à très hautement significatif pour les caractères : poids spécifique, PMG, teneur en protéines et la teneur en humidité. Par contre, Le test F observé est largement moins important que le test F théorique. Ceci implique qu'il existe un effet non significatif du génotype sur les caractères : taux de moucheture, taux en amidon, teneur en gluten humide (Tableau 6).

### **5.2.1. Les paramètres physiques**

Le poids spécifique, le poids de mille grains, l'échaudage et la moucheture sont les paramètres physiques étudiés dans cette partie.

#### **5.2.1.1. Poids spécifique**

Les résultats se rapportant au poids spécifique des échantillons, exprimé en kilogramme par hectolitre, sont représentés par la Figure 23



**Figure 24:** Effet génotypique sur poids spécifique.

L'analyse de la variance indique des différences très hautement significatives entre les variétés évaluées (Prob-0.0001 %) avec un risque d'erreur  $\alpha = 0,05$ . Ceci implique l'effet significatif du facteur génotype sur le poids spécifique des graines.

Le test de STUDENT NEWMAN et KEULS montre la présence de trois groupes homogènes, le génotype Tiddis a donné le poids le plus élevé avec une valeur moyenne de (80,73 kg/hl) suivi par les deux variétés HD 1220 et Arz avec des valeurs moyennes de (79,50kg/hl) et (79,43kg/hl). Par contre, le poids spécifique le plus faible est enregistré chez le génotype AS avec une moyenne de (78,06 kg/hl).

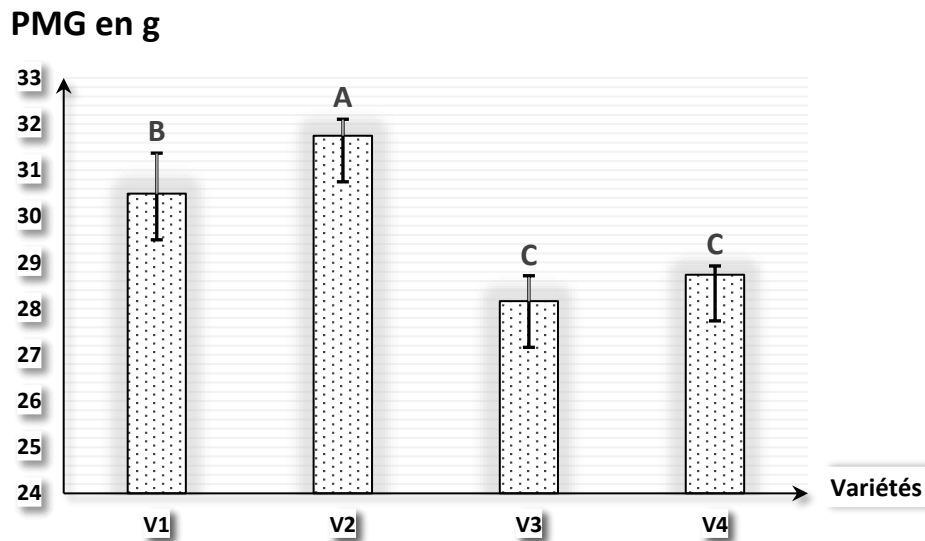
La détermination de la masse à l'hectolitre a été considérée comme la seule méthode valable pour mesurer la valeur meunière, elle a même servi comme critère de réglementation du taux d'extraction (**Benamieur et al., 2011**).

**Williams, (1998)** a signalé que plus le PHL est élevé, meilleur est le blé, le seul intérêt de la détermination du poids spécifique réside dans la possibilité d'éliminer un lot particulièrement faible (**Grandvoinet, 1991**).

#### 5.2.1.2. Poids de mille graines

Les résultats relatifs au poids de mille grains des échantillons, exprimé en gramme, sont regroupés et représentés par la Figure 24





**Figure 25:** Effet génotypique sur poids de mille grains.

L'analyse de la variance révèle des différences très hautement significatives entre les variétés évaluées (Prob-0.0001 %) avec un risque d'erreur  $\alpha = 0,05$ . Ceci implique l'effet significatif du facteur génotype sur le poids de mille grains

Le test de STUDENT NEWMAN et KEULS montre la présence de trois groupes homogènes, le génotype HD1220 a donné le poids le plus élevé avec une valeur moyenne de (31,75 g) suivi par les deux variétés Tiddis et Arz avec des valeurs moyennes de (30,49 g) et (28,16 g). Par contre, le poids de mille grains le plus faible est enregistré chez le génotype AS avec une moyenne de (28,16 g).

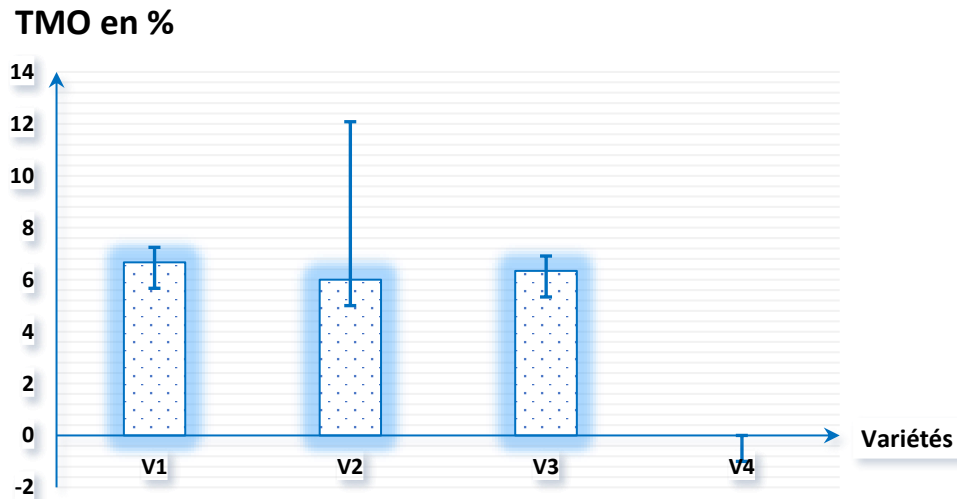
D'après le manuel de contrôle de la qualité ERIAD SKIKDA, Les blés sont classés, en trois groupes comme suit :

- De 55 à 80 g : gros blés.
- De 35 à 55 g : blés moyens.
- Au-dessous de 35 g : petits blés.

La masse de mille grains est un indicateur du rendement technologique dans des industries de première transformation (Fisli et al., 2020). La masse de mille grains est en étroite relation avec leur grosseur qu'elle exprime indirectement, en conséquence les possibilités de rendement de la farine, à cause du rapport (surface/volume) (Benamieur et al., 2011)

### 5.2.1.3. Taux de moucheture

Les résultats relatifs au taux de moucheture des échantillons, exprimé en pourcentage, sont illustrés par la Figure 25



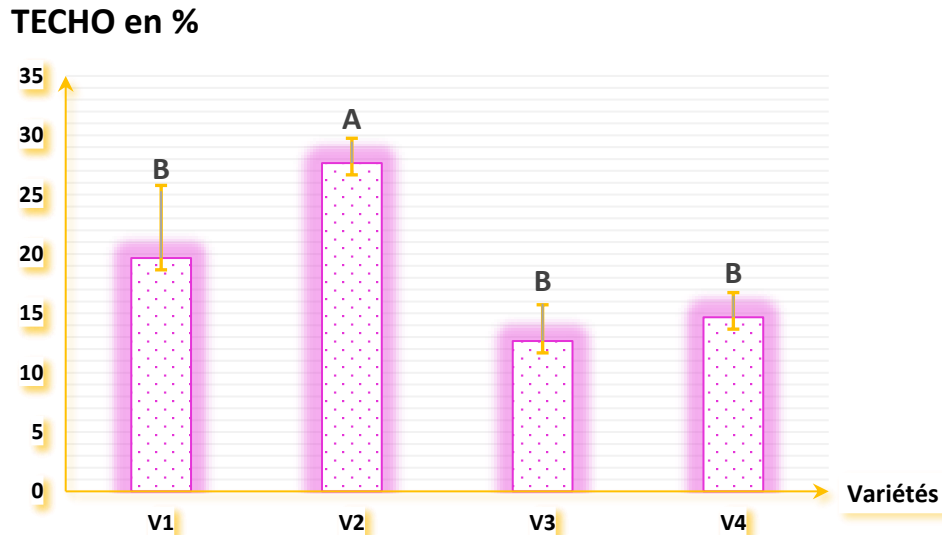
**Figure 26:** Effet génotypique sur taux de moucheture.

L'analyse de la variance révèle des différences non significatives entre les variétés testées (Prob = 0.083%). Ceci implique l'effet non significatif du facteur génotype sur le taux de moucheture des grains.

Les taux élevés de mouchetures sont des problèmes liés aux zones traditionnelles de culture de blé dur montrant des réfections très importantes, la moucheture est provoquée par des contraintes biotiques et abiotiques (Température, pluviométrie, sol, attaques parasitaires...etc) (Kheddoui, 2019)

### 5.2.1.4. Taux d'échaudage

Les résultats se rapportant au taux d'échaudage des échantillons, exprimé en pourcentage sont illustrés par la Figure 26



**Figure 27:** Effet génotypique sur taux d'échaudage.

L'analyse de la variance révèle des différences hautement significatives entre les variétés évaluées (Prob = 0.005 %) avec un risque d'erreur  $\alpha = 0,05$ . Ceci implique l'effet significatif du facteur génotype sur le taux d'échaudage des grains.

Le test de NEWMAN et KEULS, indique deux groupes homogènes dont des taux élevés ont été enregistrées par les cultivars AS (12.66 %), Arz (14.66 %), Tiddis (19.66 %) et le génotype HD 1220 donné le taux le plus élevé avec une valeur moyenne de (27.99 %).

Une élévation brusque de la température durant la phase d'accumulation des réserves cause l'échaudage fait chuter le taux d'azote dans le grain et le rend léger (**Hadjout, 2013**).

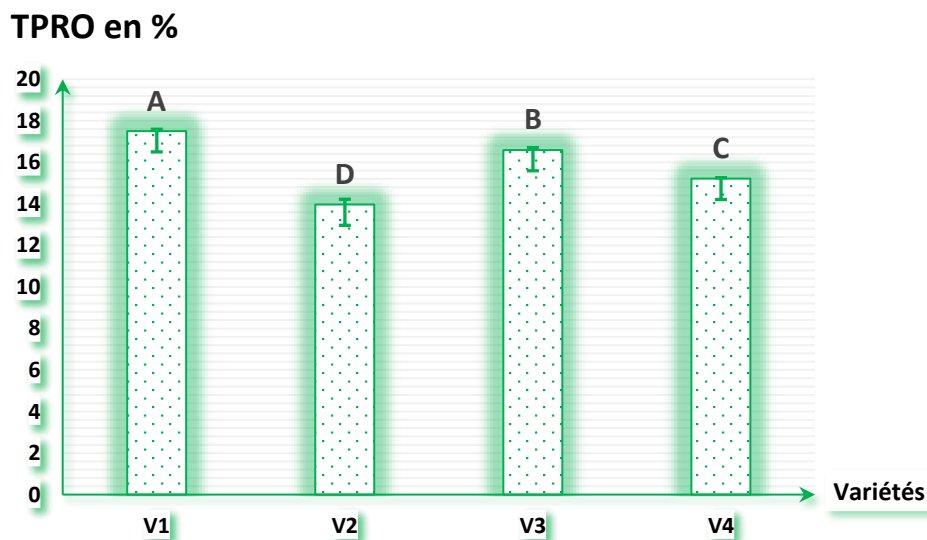
Un manque d'eau accompagné avec des températures élevées (conditions fréquentes en Algérie) à partir du stade floraison entraîne une diminution du poids de 1000 grains par altération de la vitesse et/ou de la durée de remplissage, ce qui se traduit par l'échaudage des grains. Il s'agit dans ce cas d'un échaudage aux origines physiologiques Nous avons constaté que la performance moyenne relative à ce paramètre pour toutes les variétés confondues est très proche de la valeur 4 sur une échelle qui s'étend d'une valeur de 1 affectée à une très bonne résistance de la variété concernée à ce phénomène jusqu'à une valeur de 9 attribuée aux variétés les plus vulnérables à ce phénomène (**Labbaci et al., 2022**)

### 5.2.2. Paramètres chimiques déterminant la qualité technologique du grain

La teneur en protéines, la teneur en humidité, la teneur en gluten et la teneur en amidon sont les paramètres qui influencent la qualité technologique du grain et qui sont analysés dans cette étude.

#### 5.2.2.1. Teneur en protéines

Les résultats relatifs à la teneur en protéines des échantillons, exprimé en pourcentage, sont représentés dans la Figure 27.



**Figure 28:** Effet génotypique sur teneur en protéine.

L'analyse de la variance révèle des différences très hautement significatives entre les variétés évaluées (Prob = 0.0001 %) avec un risque d'erreur  $\alpha = 0,05$ . Ceci implique l'effet significatif du facteur génotype sur la teneur en protéine des grains.

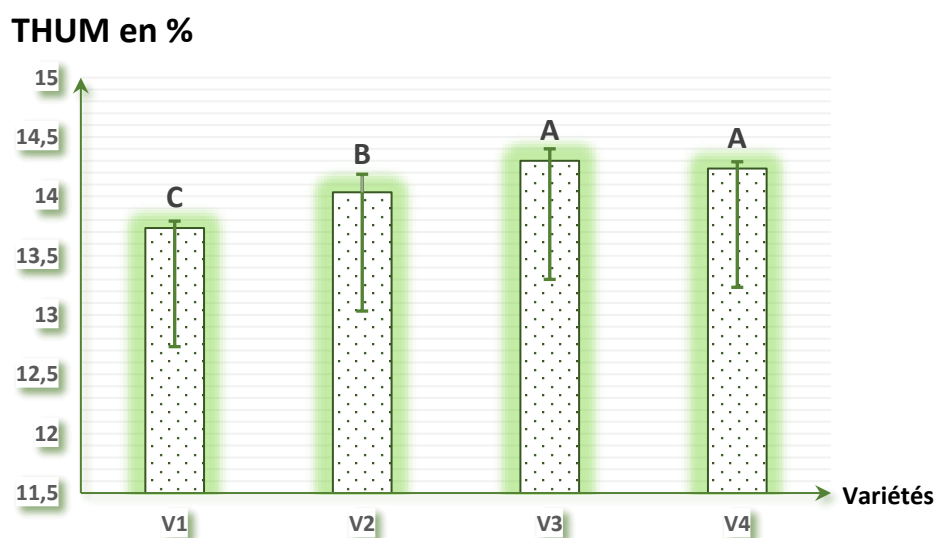
L'analyse de la variance selon le test de NEWMAN et KEULS, dévoile les meilleures teneurs en protéines des farines grâce au classement des groupes homogènes. Les valeurs moyennes des génotypes ont été caractérisées par de fortes teneurs en protéines qui oscillent entre 17,50 % et 13,96 %, la variété Tiddis a enregistré la meilleure teneur en protéines avec une valeur moyenne de (17,50 %) suivie par la variété AS avec une valeur moyenne de (16,5 %). Par contre, le cultivar HD 1220 a donné la teneur la plus faible avec une valeur moyenne de (13,96 %).

La connaissance de la teneur en protéines donne une bonne information sur la capacité technologique de la farine. Les teneurs en protéines enregistrées sont dans les normes établies. Ainsi, la teneur en protéines des farines de blé destinées à la fabrication de produits de cuisson varie de 7 à 15% de matière sèche (Boukarboua et al., 2016)

Inscrites au niveau du génome, les différentes fractions protéiques peuvent toutefois être présentes à des teneurs variables selon la nutrition azotée (Rharrabti et al., 2001). La fertilisation azotée a une incidence sur le rapport Azote/Soufre qui se traduit par des variations quantitatives de la synthèse d'acides aminés soufrés comme la méthionine et la cystéine

### 5.2.2.2. Teneur en humidité

Les résultats relatifs à la teneur en humidité des échantillons, exprimé en pourcentage, sont représentés dans la Figure 28



**Figure 29:** Effet génotypique sur teneur en humidité.

L'analyse de la variance indique des différences très hautement significatives entre les variétés évaluées (Prob = 0.0001 %) avec un risque d'erreur  $\alpha = 0,05$ . Ceci implique l'effet significatif du facteur génotype sur le teneur en humidité des graines.

Le test de NEWMAN et KEULS, révèle trois groupes homogènes pour l'humidité des farines. On constate que les teneurs en eau des farines sont comprises entre 13,73 % et 14,50 %. Le génotype renfermant la plus basse humidité est le génotype Tiddis avec une teneur

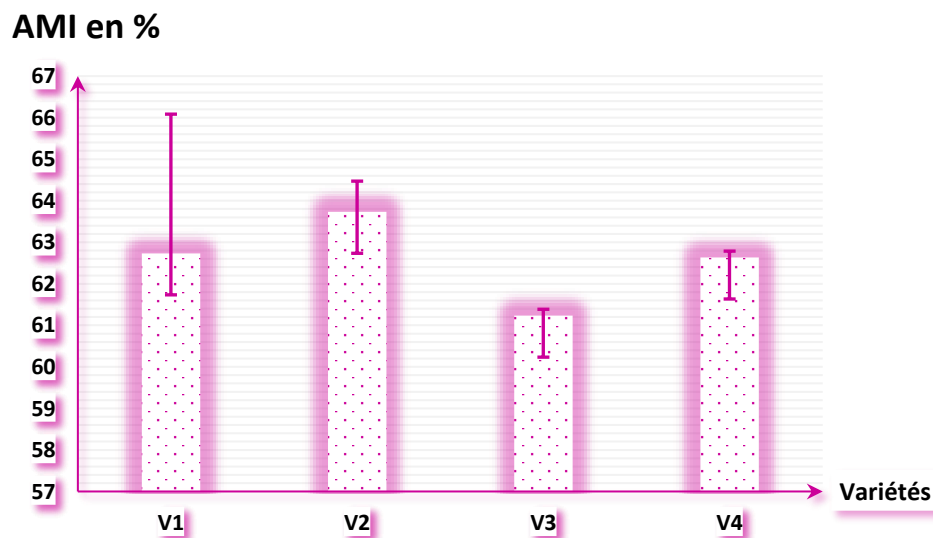
moyenne de (13,73%). Cependant, les génotypes As ; Arz ; HD1220 ont exprimé des teneurs en eau plus importantes soient respectivement (14.50% ,14.23%, 14.03%).

L'humidité constitue un indicateur important dans la conservation et le stockage des grains. La teneur en eau est également importante dans le commerce puisqu'elle peut conditionner le prix de la marchandise, par un système de bonification /réfaction (**Ataila et al., 2019**)

La teneur en eau des grains de blé local varie d'une variété a une autre. Cette variabilité dans le taux d'humidité due à l'influence de l'environnement, le climat, en particulier la quantité de pluie au cours des dernières phases du développement de la plante, l'altitude, la composition du sol et l'influence de la période de plantation dans l'année (**Filali et al., 2021**), ce qui interprète les similarités des résultats de différentes variétés

### 5.2.2.3. Teneur en amidon

Les résultats relatifs à la teneur en amidon des échantillons, exprimé en pourcentage, sont représentés dans la Figure 29.



**Figure 30:** Effet génotypique sur teneur en amidon.

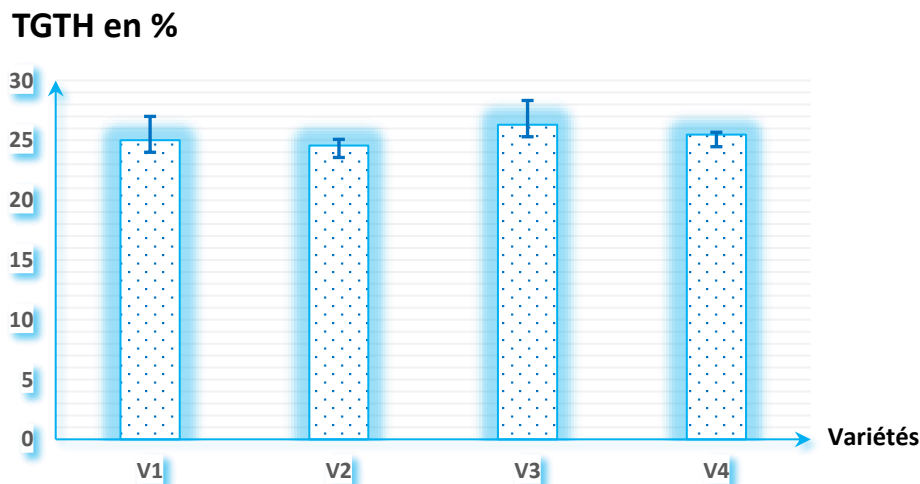
L'analyse de la variance révèle des différences non significatives entre les variétés évaluées (Prob = 0.413%). Ceci implique l'effet non significatif du facteur génotype sur la teneur en amidon des grains.

L'amidon est une source importante de glucides dans l'alimentation humaine. La détermination de la teneur en amidon est faite par l'infratec. La teneur en amidon du blé analysé est de 70.13% (**Benhamimed et al., 2016**)

La teneur en amidon joue un rôle décisif dans le coût final et l'aptitude à la transformation de la farine de blé, ainsi que la stabilité pendant le stockage, il est considéré comme des indices importants pour mesurer la qualité technologique de la farine. (**Jing et al., 2023**)

### 5.2.2.4. Teneur en gluten humide

Les résultats relatifs à la teneur en gluten humide des échantillons, exprimé en pourcentage, sont représentés dans la Figure 30.



**Figure 31:** Effet génotypique sur teneur en gluten humide.

L'analyse de la variance indique des différences non significatives entre les variétés évaluées avec une probabilité de (Prob = 0.536%). Ceci implique l'effet non significatif du facteur génotype sur la teneur en gluten humide des grains.

Le gluten est le complexe protéique viscoélastique constitué d'un mélange hétérogène de gluténines et gliadines qui permet à la pâte de gonfler en présence de levure et ainsi de fabriquer du pain avec une bonne texture et un bon volume. Il existe logiquement une étroite corrélation entre le taux de gluten humide et le taux de protéine (**Kleijer et al., 2011**)

### 5.3. Synthèse des résultats

L'évaluation de la qualité technologique des variétés de blés permet de sélectionner les meilleurs génotypes qui expriment au mieux leurs potentiels génétiques :

**Pour le blé dur :** l'analyse statistique montre une différence très hautement significative entre les génotypes testés pour tous les paramètres étudiés. Parmi les génotypes qui présentent des poids spécifiques élevés, on trouve le génotype Amar qui présente le poids spécifique le plus élevé avec (79.43 kg/hl). Le poids de mille grains le plus important est enregistré par la variété Ain Elhma avec (34.16 g). Les résultats montrent aussi que le génotype le plus résistant au mitadinage est Oued Elbared avec le taux de mitadinage le plus faible (1%). Ainsi, les génotypes Oued Elbared et Gta Dur sont les variétés les plus résistantes par rapport à la moucheture avec (2.66%). Gta Dur est le plus performant pour une teneur en protéine de (16.5%). Avec un taux bas d'humidité notamment pour Saoura avec (12.86%). La teneur en gluten la plus élevée est obtenue chez Simito avec (27.16%). Par contre, nous remarquons des taux d'échaudage très élevé avec une moyenne de (24.66%) pour la variété Vitron.

**Pour le blé tendre,** généralement les résultats étaient satisfaisants car les génotypes expriment une performance pour la majorité des paramètres. Le poids spécifique moyen le plus élevé (80.73kg/hl) est noté chez le cultivar Tiddis. HD 1220 a réalisé le meilleur poids de mille grains avec (31.75 g). Arz est le génotype le plus résistant à la moucheture avec (00%). Les valeurs les plus satisfaisantes en protéine et en humidité sont respectivement observées chez Tiddis (17.5%) et AS (14.30%). La teneur élevée en amidon est enregistrée chez HD 1220 pour (63.73%), De fortes teneurs en gluten humide sont enregistrées surtout chez la variété AS qui donne la teneur la plus élevée (26.3 %).



# *Conclusion générale*

L'objectif principal de ce travail est d'étudier la qualité du grain à travers l'évaluation des paramètres physicochimiques de neuf variétés de blé dur et de quatre variétés de blé tendre, cultivées dans la région Nord de la Wilaya de Mila, pour sélectionner les génotypes les plus performants.

Les paramètres de qualité pris en considération sont : taux de mitadinage, taux de moucheture, teneur en protéine, teneur en humidité et teneur en gluten et teneur en amidon, poids de mille grains, poids spécifique, taux d'échaudage.

Les méthodes d'analyses statistiques adoptées ont donné des résultats satisfaisants ce qui a permis de déduire :

Pour le blé dur, l'analyse de la variance du facteur génotype montre une différence très hautement significative entre les variétés testées pour tous les Paramètres évalués. En effet, cette analyse permet de choisir Amar (V4) et Wahbi (V3) comme les génotypes les plus performants, sur le plan technologique.

Concernant le blé tendre, l'analyse de la variance du facteur génotype montre une différence non significative pour les paramètres : teneur en gluten, teneur en amidon et le taux de moucheture. Par contre, l'analyse de la variance du facteur génotype révèle une différence très hautement significative entre les cultivars étudiés pour les paramètres : poids spécifique, le poids de mille grains, le taux d'échaudage, la teneur en protéines et la teneur en humidité. Par conséquent, les meilleures teneurs en protéines et en gluten humide sont obtenues par les variétés As et Tiddis. De plus, les génotypes HD 1220 et Arz c ont exprimé les teneurs les plus élevées en amidon.

La qualité du produit fini dépend de celle de la matière première. Ainsi, la connaissance précise des constituants du grain de blé est indispensable pour la détermination de sa qualité technologique. Enfin, on suggère que ce travail peut être considéré comme une ébauche qui mérite l'attention et d'être poursuivie tout en effectuant des analyses approfondies afin de déterminer les variétés de blés les plus adaptées de point de vue technologique. Donc, en perspective, la poursuite des travaux de recherche nécessite une étude approfondie de plusieurs variétés locales et introduites de blé dur et de blé tendre, pour sélectionner les variétés qui possèdent une bonne adaptation à une large gamme de conditions agro-climatiques dans le but d'améliorer les rendements en quantité et en qualité ceci permet de répondre aux besoins alimentaires et industriels et limiter ainsi leurs importations.

*Références  
bibliographiques*

# A

**Abdani, I. Bakhti, A. (2017).**Composition biochimique et nutritionnelle de différentes variétés de blé commercialisé en Algérie. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem. P 9-10.

**Abidi, L. (2009).** Etude de l'interaction genotype-environnement sur les parametres agronomiques et technologiques de quelques varietes de blé dur (*triticum durum* desf.). Revue agrobiologia universite de saad dahleb de blida.

**Aissaoui, M. (2019).**Etude de l'effet de l'irrigation d'appoint sur l'amélioration de la production du blé tendre (*Triticum aestivum* L.) dans la région de Sétif. Thèse de doctorat. Université Ferhat Abbas Sétif 1. P 11.

**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. Biologie végétale et Amélioration des Plantes. Thèse de doctorat. Université de Badji Mokhtar Annaba.

**Alaoui, S. B. (2005).** Référentiel pour la conduite technique de la culture de blé dur (*Triticum durum*). P 24.

**Allel, R., Lahoues, R., Sayoud, I. (2021).** Etude de la qualité du blé dur et de la semoule «Amor Ben Amor ». Mémoire de Master. Université 8 Mai 1945 Guelma.

**Amira, D., Fadel, M. (2013).** La Sélection Variétale du Blé Dur à Partir des Paramètres Technologiques. Mémoire de Master. Département de biologie. Université 8 mai 1945 de Guelma.

**Ataila, ch., BOURBOUNA, L., DJEMILI R, (2019).** Contribution à l'étude des caractéristiques physico-chimiques et technologiques de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) cultivées en Algérie. Mémoire de Master. Université 8 Mai Guelma, p 39.

**Azzi, G. (1924).**L'Écologie Agricole. Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée. vol. 4. N° 29.

## B

**Bebba, S. (2011).** Essai de comportement de deux variétés de blé dur (*Triticum durum* L) var Carioca et Vitron conduite sous palmier dattier au niveau de la région d'Ouargla. Thèse de doctorat. Université kasdi merbah–Ouargla. P 5

**Beddar, W. (2019).** Caractérisation, identification et étude de la thermo résistance de souches De Bacillus Creus isolées de semoule de couscous. Mémoire de Master. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers. Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.

**Behih, W., Benziane, A. (2022).**Qualités physicochimiques et nutritionnelles du blé fermenté type « El Hamoum » Aptitudes à la transformation en Couscous. Mémoire de Master. Université Abdelhamid Ibn badis -mostaganem.p 12.

**Belagrouz, A. (2013).**Analyse du Comportement du Blé Tendre, Variété El WIFAK (*Triticum aestivum* L.) Conduite en Labour Conventionnel Travail Minimum et Semis Direct sur Les Hautes Plaines Sétifiennes. Mémoire de Magister. Université Ferhat Abbas Sétif. P 3.

**Belderok, B.; Mesdag, J.; Donner, D.A.(2000).** Bread-Making Quality of Wheat. A Century of Breeding in Europe. Kluwer Academic Publisher: Dordrecht, The Netherlands, pp. 30–31.

**Ben Moussa, A., Houideg, F. (2020).** Contribution à la caractérisation biologique d'huile de germes de blé (*Triticum durum* Desf) issus de région d'El-Oued. Mémoire de Master. Université Echahid Hamma Lakhdar -El OUED.

**Benamara, H., Djotni, S. (2018).** Etude d'optimisation de la fertilisation minérale sur la croissance et le rendement du blé dur (*Triticum durum* Desf) dans la région de Guelma. Mémoire de Master. Université 8 Mai 1945 Guelma. P10-11.

**Benamieur, Dj., Chaaboub, S., Laid, M. (2011).**Contrôle de qualité de céréales cultivées en Algérie: Blé tendre et Blé dur. Mémoire de Master. Université de Jijel, p 55-56.

**Benamor, A. 2007.** La recherche pour la qualité des blés durs en Algérie. Ed. Lavoisier.

**Benbelkacem, A., Kellou, K. (2000).** Evolution du progrès génétique chez quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) cultivées en Algérie. Symposium.

**Benbelkacem, A., Sadli, F., Brinis, L. (1995).** La recherche pour la qualité des blés durs en Algérie. In: Di Fonzo N., Kaan F. and Nachit M., Durum wheat quality in the Mediterranean region: CIHEAM: 6 p.

**Benhamimed, H. Chaoui, F. (2016).** Effets de l'incorporation de graines alimentaires sur les qualités technologiques de la farine de blé destinée à la panification. Mémoire de Master II. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Université Abdelhamid ibn badis de Mostaganem.

**Benhoumar, M., Boulkara, S., Bourad, D.E. (2010).** L'analyse Biochimique des produits de la mouture des blés (tendre et dur). Thèse de doctorat. Université de Jijel.

**Benkacimi, F. (2020).**études comparatives de la qualité du blé stocké. Mémoire de master. Université akli Mohand oulhadj – bouira. P6.

**Bentounsi, A. (2015).** Contribution à l'étude de l'amélioration du blé dur (*Triticum durum*, Desf L.) pour la qualité technologique en Algérie. Biologie et Génomique Végétale. Mémoire de Master. Université des Frères Mentouri Constantine Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie.

**Beral, A. (2020).** Déterminisme génétique et écophysiologique de la variabilité des masses de grains individuels chez le blé tendre (*Triticum aestivum*). Thèse de doctorat. Université Clermont Auvergne. P 36

**Bigwood, E. J. (1972).** Amino acid patterns of animal and vegetable proteins—common features and diversities. In "Protein and Amino Acid Functions" (E. J. Bigwood, Ed.). Pergamon, Oxford. Vol 11. p 215-258.

**Bodson, B., Massaux, C., Lenartz, J., Vancutsem, F., Sinnaeve, G., Dardenne, P., ... & Sindic, M. (2006).** Influence de la protection fongicide de la variété et de la date de semis

sur les caractéristiques et les propriétés de l'amidon de blé. In 8eme Conférence Internationale sur les Maladies des Plantes.

**Bogard, M. (2011).** Analyse génétique et écophysologique de l'écart à la relation teneur en protéines-rendement en grains chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Thèse de doctorat. Université Blaise Pascal-Clermont-Ferrand II. P 19.

**Bordes, J., Robert, O., Goudemand, E., Duchalais, L., Laurent, V., Perretant, M. R., ... & Charmet, G. (2008).** Développement par génétique d'association d'un outil moléculaire de prédiction du poids spécifique chez le blé tendre.

**Bouafia, S.Amira, A. Derabla, S. (2013).** La recherche de la stabilité spatiale des paramètres de qualité au niveau de trois stations «le cas de Blé dur». Mémoire de Master. Université 08 mai 1945 Guelma.

**Bouati, M., Bougattouche, N., Saadaoui, W. (2020).** Etude de la réponse de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) au stress hydrique. Mémoire de Master. Université 8 Mai 1945 Guelma.

**Bouchetat, F. (2020).** Etude de comportement et de la qualité technologique du grain de cultivars d'orge introduits et de la variété locale saida. Hybridation diallele et analyse genetique des descendances. These de doctorat: Amélioration des productions végétales. blida:Universite saad dahleb de blida 1, p 15-16.

**Boukarboua, A et Boulkroun, M. (2016).** Appréciation de la qualité technologique des farines commerciales par des tests indirects. Mémoire Master. Biochimie Option Analyse Protéomique et Santé. Constantine. Université des Frères Mentouri Constantine, p 20.

**Boulala, Z., Rouabeh, A. (2018).** Appréciation de la qualité technologique de 8 variétés homologuées de blé dur cultivées dans la région de Constantine. Mémoire master. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Université des Frères Mentouri Constantine.

**Brahmia, A. Klai, N. (2017).** Etude de l'effet de la fertilisation azotée sur le comportement et le rendement de deux variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) dans la région de Guelma. Mémoire de Master. Université 8 Mai 1945 Guelma. P 10.

**Buskuk, W. Scanlon, M. G. (1993).** Wheat and wheat flours. Dans Advances in bread technology. Editeurs: B.S. Kamel ET C.E. Stauffer. Blackie Academic & Professional. New York: 1-19p.

### C

**Casada, M. E., & Armstrong, P. R. (2009).** Wheat moisture measurement with a fringing field capacitive sensor. Transactions of the ASABE. Vol 52. P 1785-1791.

**Chau, S. (2019).** Moucheture du blé dur: identification des facteurs et gestion du risque. Thèse de doctorat. Arvalis-Institut du végétal, 6 chemin de la Cote Vieille, 31450 Baziège.

**Chelabi, DJ., Meghdour, M. (2013).**Analyses physicochimiques microbiologique et toxicologiques au cours de la fabrication du couscous issue de deux types de blé dur local et importé à l'unité MOULA pâte. Mémoire master. Faculté des sciences agro-vétérinaires et biologiques. Université Saad Dahleb de Blida.

### D

**Delachaux, N. (1983)** .Alimentation boulangère - pâtisserie. Ed: SPES. pp. 7 – 8

**Dexter, J.E., Edwards, N.M. (1998).**The Implications of Frequently Encountered Grading Factors on the Processing Quality of Durum Wheat. Association of Operative Millers– Bulletin: 30p.

**Djelti, H. (2014).**Etude de la qualite du ble tendre utilise en meuniere algerienne. Thèse de doctorat. Université Abou Bekr Belkaid – Tlemcen. p 3

**Djermoun, A. (2009).** La production céréalière en Algérie: les principales caractéristiques. Revue Nature et Technologie. N° 0. Vol 45.Université de Hassiba Benbouali de Chlef.



**Douib, A. (2013).** Contribution à l'étude de quelques marqueurs physiologiques de tolérance au déficit hydrique chez le blé dur : taille de semences en tant que critère de sélection. Mémoire de magister. Département de Biologie .Université Badji Mokhtar -Annaba-

## F

**Feillet P. (2000).** Amidon pentosan est lipides dans Le grain de blé. In: FEILLET P. (Ed), Le grain de blé. Inra Edition, Paris. P 57-90.

**Feillet, P. (2020).** Tout savoir sur notre alimentation: Démêler le vrai du faux.

**Feliachi, K. (2000).** Programme de développement de la céréaliculture en Algérie. In Actes du 1er Symposium Internat. Sur la filière blé, Alger. P 7-9.

**Filali, M., Gouaidia, H., Ghorab, M. (2021).** Influence du climat sur la qualité technologique du blé dur de la wilaya de Guelma. Mémoire de master. université 08 Mai 1945 Guelma. p 83

**Fisli, F., Moualkia, M., Kaouache, S., Sobhi, R. (2022).** Etude comparative de qualité technologique du blé dur de deux régions Guelma et Skikda. Mémoire de Master. Université 8 Mai Guelma. p 34

**Franceagrimer. (2022).** blé tendre. Fiche filière. Etablissement nationale des produits de 14 agriculture et de la mer.

## E

**ERIAD Constantin. (2023).** Recueil des méthodes d'analyses. Ministère des industries légères.

# G

**Gani, A., Torche, F. (2009).** Transformation industrielle du blé (*Triticum* sp) utilisations et approches technologiques. Thèse de doctorat .Université Mohamed BOUDIAF de M'Sila.

**Ghaderi, A., E. Everson, et al. (1971).** Test weight in relation to the physical and quality characteristics of soft winter wheat (*Triticum aestivum* L. em Thell) 1. Crop Science. Vol 11,4.P 515-518.

**Ghanai, R. (2004).** Variabilités morphologique et physico-chimique de quelques variétés de blé dur (*triticum durum*) cultivées en Algérie: relation avec la qualité technologique et le rendement. Mémoire de Magister. Université des Sciences et de Technologie Houari Boumediene.

**Ghiti, I. (2020).** Le grain du blé : qualité technologique. Mémoire de Master. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Université des Frères Mentouri Constantine 1.

**Grandvoinet, P. (1991).** La valeur meunière des blés. In industries de première transformation des céréales. Ed. Tec &Doc, Lavoisier, Paris, 1991, p. 221-233. ISBN2-85206-610-6.

**Grignac, P. 1978.** Le blé dur: monographie succincte. Nlaitre de Conférences à l'Ecole National Supérieure Agronomique de Montpellier. P 84-97.

# H

**Hacini, N. (2014).** Etude de l'interaction génotype x environnement et effet de l'origine de quelques cultivars de blé dur (*triticum durum* desf.) sur les aptitudes adaptatives et qualives .Thèse de doctorat : Biologie végétale. Université badji Mokhtar -Annaba, p 20

**Hadjout, S. (2013).** Etude comparative (in vitro et in situ) de quelques lignées sélectionnées de blé dur et de variétés cultivées pour leur comportement à la fusariose de l'épi causée par *Fusarium culmorum* (W. G. Sm.) Sacc. et *Fusarium graminearum* Schwabe .mémoire de magister. Biologie et génétique de l'interaction plante hôte pathogène en protection des cultures. Ecole Nationale Supérieure Agronomique (ENSA) El-Harrach, Alger.

### I

**I.T.C.F. Institut Techniques des céréales et des fourrages. (2001).** Contrôle de la qualité des céréales et des protéagineux, Lavoisier, France : 286 p.

**Ikhlef, M., Laouar, F. (2021).** Etude physicochimique et technologique Deux Marques De Semoules De Blé Dur Amor BENAMOR et SPAC .mémoire de master. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Université Frères Mentouri Constantine 1. P 11-12.

### J

**Jing, Z., Zhen, G., Zhishang, R., Sihua, W., Minghui, Y., Shanshan, Z., Xiang, Y., Kuijie, G., Chengye, M. (2023).** Rapid determination of protein, starch and moisture content in wheat flour by near-infrared hyperspectral imaging. *Journal of Food Composition and Analysis*. Volume 117,105134.

### K

**Khan, J., Khan, M. Z., Ma, Y., Meng, Y., Mushtaq, A., Shen, Q., Xuefu, Y. (2022).** Overview of the composition of whole grains' phenolic acids and dietary fibre and their effect on chronic non-communicable diseases. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol 19(5), P 3042.

**Kheddoui, M.I. (2019.)** Etude de la qualité et du rendement de grain de nouvelles variétés de blé dur (*Triticum durum*, Desf.) cultivées dans deux environnements contrastés en Algérie.mémoire de master. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Université des Frères Mentouri Constantine 1.

**Kleijer, G., Dossenbach, A., Städeli, C., Rychener, M., Weisflog, T. (2011).** Gluten humide des variétés de blé en condition extenso et PER. Recherche Agronomique Suisse. 2(5), 206-211.

### L

**Labbaci, H., Afiane, R., Dabbaha, F., Boulgheb, A. (2022).** Etude comparative de la qualité de grains de quelques variétés locales de blé tendre de la région d'Adrar. Thèse de doctorat. Université Ahmed Draïa-Adrar.

**Laker, K. (2013).** Fractionnement caractérisation électrophorétique et quantification des albumines-globulines des gliadines et des gluténines solubles de farines de blés tendres Algériens, relation entre la composition protéique et les caractéristiques technologiques. Thèse de doctorat. Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie El Harrach-Alger.

**Lanouari, S., Nasser, B., El Haddoury, J., Bencharki, B. (2015).** Caractérisation physico-chimique des grains de blé tendre (*Triticum aestivum*) sous traitement herbicide par l'acide 2, 4-dichlorophénoxyacétique [Physico-chemical characterization of the seeds of bread wheat (*Triticum aestivum*) under herbicide treatment with 2, 4-dichlorophenoxyacetic acid. International Journal of Innovation and Applied Studies, 10(2), 604.

**Laumont, P., Erroux, J. (1962).** Les blés tendres cultivés en Algérie (1). Ann.Ecole Nat.Agric., 3: 1-60.

**Liu, C. Y., Shepherd, K. W. (1995).** Inheritance of B subunits of glutenin and  $\omega$ - and  $\gamma$ -gliadins in tetraploid wheats. Theoretical and Applied Genetics, 90, 1149-1157.

**Lu, X., Ma, R., Zhan, J., Wang, F., Tian, Y. (2022).** The role of protein and its hydrolysates in regulating the digestive properties of starch. A review. Trends in Food Science & Technology.

### M

**Mahaut, B., (1996).** Comment évalue-t-on la qualité d'un blé dur?. In colloque & quot; perspectives blé dur & quot;. Ed. ONIC. ITCF. France.

**Maoucha, C. (2021).** Processus de fabrication de la semoule à partir du blé dur et contrôle de qualité. Mémoire de Licence. Université akli mohand oulhadj – bouira.

**Mbarek, K., Boubaker, M. (2017).** Manuel de grandes cultures-Les céréales. Éditions universitaires européennes. p. 183-187.

**Melakhessou, Z. (2020).** Etude de l'effet des mauvaises herbes sur les caractéristiques morphologiques, agronomiques, et leurs pouvoirs allélopathiques sur blé dur (*Triticum durum Desf.*) Thèse de doctorat. Université Mohamed Khider de Biskra.

**Melki, M. (2005).** Comportement différentiel de quelques variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) Vis-à-vis le stress hydrique. Thèse de doctorat. Université Mohamed Boudiaf de M'Sila. P 5.

**Mofakkir, H. (2016).** Contrôle de qualité du blé et de la farine. Faculte des sciences et techniques. Projet de fin d'études .Université sidi Mohamed ben Abdellah.

## N

**Nabi, A., Hadjab, B. (2019).** Analyse de la variabilité de la qualité physicochimique du blé tendre et de la qualité physicochimique et technologique de sa farine panifiable des moulins HODNA-M'sila. Mémoire de Master. Faculte des sciences. Université Mohamed Boudiaf - m'sila.

**Ndiaye, D.S.B. (1999).** Manuel de stockage et de conservation des céréales et des oléagineux, Coopérative Autrichienne pour le développement, p 61.

**Nedjah, I. (2015).** Changements physiologiques chez des plantes (Blé dur *Triticum durum Desf.*) exposées à une pollution par un métal lourd (plomb). Thèse de doctorat. Université badji Mokhtar – Annaba.

## Q

**Qiao-Yun, L., Qiao-Qiao, X., Yu-Mei, J., Ji-Shan, N., Kai-Ge, X., Rui-Shi, H. (2019).** The correlation between wheat black point and agronomic traits in the North China Plain. *Crop Protection*. Volume 119. Pages 17-23,

## R

**Razi, S. (2018).** Cours de Céréaliculture. Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature. Université Mohamed Kheider -Biskra. P 57.

**Remil, A. (2018).** Etude électrophorétique et physicochimique de quelques variétés de blé et des produits à base de blé consommées dans l'ouest Algérien. Recherche des protéines inductrices de la maladie cœliaque .Doctoral dissertation. Université de Djilali Liabes de SBA, P 17.

**Rharrabti, Y., Villegas, D., Garcia Del Moral, L. F., et al. (2001).** Environmental and genetic determination of protein content and grain yield in durum wheat under Mediterranean conditions. *Plant Breeding*. p 120, 381-388.

**Rezki, S. (2013).** Bilan qualitatif de quelques, Blés Durs et dérivés. Mémoire de master. Université saad dahlab de blida.

**Rousset, M., Autran, J. (1979).** La qualité des blés. *Le Pain*, 15-42.

## S

**Sakr, N. (2021).** Caractérisation des variétés de blé tendre libanaises: approches agronomique, biochimique et technologique. Thèse de doctorat. Université de Picardie Jules Verne.

**Saou ,H., Zouaoui, A., Snoussi,S.(2016).**effet de l'incorporation d'une solution nutritive dans le cycle des irrigations du concombre (*cucumis sativus*) cultivé sous serre. Université de Blida1- Département de Biotechnologie .vol 6. N° 2.

**Schuhwerk, D., Nakhforoosh, A., Kutschka, S., Bodner, G., Grausgruber, H. (2011).** Field-screening of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) for drought tolerance. Tagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute. 147-154.

**Siouda, A., Benkhelifa, Z. (2016).** Etude éco physiologique des quelques écotypes de blé dur (*Triticum durum* Desf.) dans la région semi-aride de Setif. Mémoire de master. Département des Sciences Biologiques. Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.

**Siouda, B. Akmoum, S. (2018).** Etude de la relation précipitation-rendement en grain chez quelques céréales (Blé dur, blé tendre et l'orge) dans quelques régions céréalières de l'Algérie (Sétif, M'sila et Batna). Mémoire de Master. Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A. P 12.

**Souici. S. (2022).**Comportement variétal de trois variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) en milieu salin dans la région de Biskra. Mémoire de Master. Université Mohamed Khider de Biskra. P 12.

## T

**Trentesaux, E. (1995).** Evaluation de la qualité du blé dur.

## W

**Williams P., 1998.** Commission canadienne des grains : Mise ou point de variétés et contrôle de la qualité du blé au Canada. Canada, pp. 1-12.

## Z

**Zegrari, D. (2014).** Caractérisation morpho-physiologique et biochimique de sept géotypes de deux variétés de blé dur cultivé en Algérie .Mémoire de master. Université Constantine – 1.

**Zettal, Y. (2017).** Le blé: importance, santé et risque. Mémoire de Master. Biologie et génomique végétale. Université des Frères Mentouri. Constantine, 34-37.

**Žilić, S., Barać, M., Pešić, M., Dodig, D., & Ignjatović-Micić, D. (2011).** Characterization of proteins from grain of different bread and durum wheat genotypes. International Journal of Molecular Sciences, 12(9), 5878-5894.

**Zoufoul, S., Zalani, D., Zalani, A. (2020).** Thème : Etude de l'effet de la fertilisation chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.)(Variété Vitron) dans la région de Guelma. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la terre et de l'Univers. Université 8 Mai 1945 Guelma.

### Les sites

**A.E, R. (2023)** Ministre de l'Agriculture : La production de blé dur couvre 95% des besoins nationaux, Algérie Eco. Available at: <https://www.algerie-eco.com/2023/01/09/ministre-de-lagriculture-la-production-de-ble-dur-couvre-95-des-besoins/> (Accessed: 25 May 2023).

**Gifex, (2023).**cartes du monde entier. Quelles sont les daïra de la wilaya de Mila. <https://gifex.com/fr/fichier/quelles-sont-les-dairas-de-la-wilaya-de-mila/>(Accessed:2023)

**Naïli, M. (2023)** Blé Tendre : Vers l'importation de 6,6 millions tonnes, DZ Entreprise. Available at: <https://www.dzentreprise.net/ble-tendre-importations-de-six-millions-de-tonnes/> (Accessed: 26 May 2023).

**FAO. (2023)** Les échanges mondiaux de céréales devraient baisser en 2022-2023 : un recul de la production mondiale de blé est prévu en 2023. Available at: <https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/fr/>