



لجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE



التعليم
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université des Frères Mentouri Constantine 1
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

قسنطينة
كلية الطبيعة الحياة

Département : Biologie et Ecologie végétale

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biologie et Génomique végétale

Intitulé :

Contribution à l'étude de quelques caractères agronomiques et technologiques chez quelques variétés des blés durs (*Triticum durum*, Desf.L)

Présenté et soutenu par : MEZIANI HASSIBA

Le : 18/06/2016

Jury d'évaluation :

Président du jury : Mr.KELLOU Kamel Maître-assistant – UFM1 Constantine

Rapporteur : Dr.BENBELKACEM Abdelkader DR-INRAA Constantine.

Examineurs : Dr HAMMOUDA Dounia MCA – UFM1 Constantine

***Année universitaire
2015 - 2016***

Remerciements

Je remercie d'abord le bon Dieu de m'avoir donné la patience et le courage d'accomplir cet humble travail.

Mes remerciements sincères vont à l'équipe de la FDPS ITGC d'Elkhroub et à leur tête le Directeur Mr.Sakhri pour avoir accepté de me permettre de faire ce travail au niveau de la station et pour toute l'aide qu'ils m'ont prodiguée.

Mes vifs remerciements vont aussi à tous les membres du jury qui ont bien voulu accepter de juger ce travail.

Mes remerciements aussi au Dr.Benbelkacem qui a corrigé ce document ainsi qu'à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à réaliser ce travail.

Des remerciements tout particulier à mes chers parents et à toute ma famille, qui avec leur soutien moral permanent, m'ont permis d'arriver à cette étape très importante de ma vie.

Dédicaces

❖ A la mémoire de papa

❖ A ma maman

❖ A mes chères sœurs Meriem, Soumya, Racha et ma princesse

Yasmine

❖ mon petit neveu Racim

❖ Mon cher fiancé khoubéib

Que ce travail soit aussi le votre

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : répartition de la production céréalière par groupes de pay.....	Page 6
Tableau 2 : principale utilisation de blé dur dans le monde	page 7
Tableau 3 : Composition des différentes parties du grain	page 8
Tableau4 : composition du gluten en fonction en pourcentage de matière sèche du blé.....	page 10
Tableau5 : La répartition mensuelle de la pluviométrie de la Station ITGC d'El-Khroub	page 24
Tableau6 : ANOVA du caractère poids de mille grains pour les génotypes testés.....	page 25
Tableau7 : ANOVA du caractère moucheture pour les génotypes testés.....	page 25
Tableau8 : ANOVA du caractère de la sortie hiver pour les génotypes testés.....	Page 26
Tableau 9 : Mesure de la date d'épiaison des variétés étudiées en 2015/2016 à Elkhroub.....	Page 27
Tableau10 : mesure de hauteur de la plante de la variété étudiée en 2015/2016 elkhroub.....	Page 28
Tableau 11 : ANOVA du caractère protéine totale pour les génotypes testés	page 28
Tableau12 : ANOVA du caractère humidité pour les génotypes testés	page 29
Tableau13 : ANOVA du caractère gluten humide pour les génotypes testés	page 30
Tableau14 : ANOVA du caractère gluten sec pour les génotypes testés	page30
Tableau15 : fréquence des différentes formes allélique	page 32
Tableau 16 : matrice de corrélation entre les différents paramètres étudiés	page 34

LA LISTE DES FIGURES

- Figure1** : Coupe longitudinale présentant les constituants du grain **page 8**
- Figure2** : Coupe longitudinale d'un grain de blé dur à maturité**page16**
- Figure3** : Vitrosité du grain de blé dur à maturité (*photo personnelle*).....**page17**
- Figurs4** : profiles électrophorétique**page31**
- Figure 5** : dendrogramme de la collection des blés durs.....**page33**

LA LISTE DES ANNEXES

Annexe1 : tableau poids de milles graines

Annexe2 : tableau moucheture

Annexe3 : tableau mitadinage

Annexe4 : tableau Type agronomique a la sortie hiver :

Annexe5 : tableau protéine totale

Annexe6 : tableau humidité

Annexe7 : tableau gluten humide

Annexe8 : tableau gluten sec

LISTE DES ABREVIATIONS :

ANOVA = Analysis of Variance

°C = degré celsius

CIMMYT = Centre International de l'Amélioration du Maïs et du Blé

Cm = Centimètre

Cm = centimètre

CV= Coefficient de variation

DL = Degré de liberté

Epi*ai* = Epi*aison*

FAO = Organisation Internationale pour l'agriculture et l'alimentation

Fcal = F calculé

FDPS = Ferme de Démonstration et de Production de Semence.

FThéo = F théorique

g = gramme

GH = Gluten Humide

GS = Gluten sec

Ha= Hectare

Haut = Hauteur

Hum = Humidité

ICARDA = Centre International de recherche agronomique en zones sèches.

INRAA = Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie.

ITGC = Institu Technique des Grandes Cultures

Kg = Kilogramme

mg= miligramme

Mit = Mitadinage

mm = millimètre

Mouch = Moucheture

NIRS = Analyse dans le proche infrarouge

NS = Non significatif

ONM = Office National de la météorologie.

PMG = Poids de mille grains

PNAB = Programme Nationale de l'Amélioration du Blé

PPDS= Plus petite différence significative

Protot = Protéines totales

SAU = Surface Agricole Utile.

SCE = Somme des carrés des écarts

SDS = Sodium Dodécyl-Sulfate

SG-HPM = Sous gluténines à haut poids moléculaire

SOMMAIRE

Introduction	01
Partie 1 : revue bibliographique	
1. historique de blé.....	03
2. 1. Culture de blé dur.....	03
2.2. La sélection moderne répond aux attentes agronomiques et qualitatives.....	05
2.3. Le rôle de la sélection dans l'amélioration de blé.....	06
2.4. La production de blé	06
2.5. L'utilisation de blé.....	07
3. Structure et composition de grains du blé dur.....	08
3.1. Structure du grain	
3.2. Composition chimique du grain	09
3.2.1 L'eau	
3.2.2. Les glucides	
3.2.3. Les lipides	
3.2.4. Les minéraux et les vitamines	
4. les protéines du blé	
5. le gluten.....	10
6. Les critères d'appréciation de la qualité du grain de blé dur	10
6.1. Taux de moucheture	11
6.2. Taux de mitadinage	11
6.3. Le calibrage	11
6.4. Le poids de milles grains	11
6.5. La valeur meunière et semoulière	11
6.6. L'effet de l'azote sur la qualité de blé dur.....	12
Partie 2 : Matériel et Méthode	
1. matériel végétal.....	13
1.1. L'historique des variétés et lignées (+ cycle préliminaire ...4 ^{ème} année).....	13
1.2. Conditions de déroulement de la Campagne Agricole 2015/2016 étudiée	
Méthode	
2. les caractères mesurés.....	14
2.1. Détermination de poids de mille grains	
2.2 .taux de mitadinage	15
2.3. Taux de moucheture	16
2.4. Taux d'humidité du grain	18
2.5. Dosage de protéines	18
2.6. La teneur en gluten humide.....	19

2.7. La teneur en gluten sec	19
3. Electrophorèse des gluténines	20

Partie 3 : Résultats et discussion

1. Conditions Climatiques de la Campagne Agricole 2015/2016.....	24
2. Données des mesures avant semis	
2.1. Poids de mille grains	25
2.2. Moucheture	25
2.3. Mitadinage.....	26
3. évolution de matériel étudié pendant le cycle végétatif et de reproduction du blé dur	
3.1. Données phénologiques	
3.1.1. Type agronomique de la sortie hiver	
3.2.2. Précocité a l'épiaison	27
3.1.3. Hauteur de la plante	
4. analyse des paramètres technologiques :.....	28
4.1. Protéine total	28
4.2. Humidité	29
4.3. Gluten	29
4.3.1. Gluten humide.....	29
4.3.2. Gluten sec	30
4.4. Variabilité des gluténines	31
4.4.1.1 Diversité génétique des sous unité gluténines HPM des blés durs cultivé :	
4.4.2. Variabilité du locus GLU-B1	32
4.4.3. Calcul des fréquences alléliques.....	32
4.4.4. Calcul des diagrammes variétaux.....	33
5. Corrélation entre les différents caractères	34
6. Conclusion et perspectives.....	35

Résumé :

Ce travail fait partie de l'étude relative à quelques caractéristiques qualitatives sur dix génotypes de blé dur (*triticum durum*, Desf L) dont 4 témoins locaux. La réalisation a été faite sur huit caractéristiques de qualité ; pour cela plusieurs analyses de qualité technologique et biochimique ont été réalisées. Les résultats qui en découlent ont montré une grande variabilité génétique entre les génotypes étudiée pour tous les caractères considérés pris un à un. Les analyses statistiques ont montré des différences hautement significatives que ce soit pour le taux de protéines totales dont les valeurs ont oscillées entre 9,2% et 14,18%, ou pour le poids de mille grains (37,5 à 50g), la teneur en eau du grain (11% à 11,8%), le gluten humide et sec (5,65 à 8,92 et 4,42 à 6,8g), les taux de mitadinage (2,75 à 12,25%) entre les différentes variétés testées à l'exception de Cirta (52,75%) et de moucheture (0,75 à 3,25%). L'étude biochimique sur cette collection a permis de séparer l'ensemble des sous unités gluténines et d'obtenir des profils électrophorétiques très clairs avec un polymorphisme important. Des corrélations importantes positives et significatives entre le taux de protéines totales et le gluten humide et sec sont constatées ; entre le taux de gluten humide et sec (0,94%). Le poids de mille grains a une assez forte relation inversement proportionnelle avec le taux de mitadinage car fortement influencés par le milieu.

De ces résultats fort intéressants, un bon travail de sélection est suggéré pour parvenir à mettre à la disposition des agriculteurs des produits très performants en rendement grains et en semoule allié à une bonne qualité technologique.

Les mots clé :

Blé dur, qualité technologique, analyse biochimique, variabilité, polymorphisme.

Abstract :

This work is part of a study on qualitative traits of 10 durum wheat (*triticum durum*, Desf L) genotypes with 4 local checks included. Eight quality and biochemical parameters have been considered. Results have shown a large genetic variability among the different genotypes studied. Statistical analysis showed highly significant differences for total protein content (9,2% to 14,18%), thousand kernel weight (37,5 to 50g), grain humidity (11% to 11,8%), wet and dry gluten (5,65 à 8,92 et 4,42 à 6,8g), level of yellow berry (2,75 to 12,25%) within the different tested varieties with the exception of cv. Cirta (52,75%) and level of black point (0,75 to 3,25%).

From the biochemical study realized through a electrophoresis profil, we could separate clearly among the sub glutenin units and detected an important polymorphism. Important positive and significant correlations have also been found between protein level and gluten amounts wet and dry and between wet and dry gluten (0.94%). Thousand kernel weight showed a high and negative relation with yellow berry level, this is mainly due to the large effect of the environment.

These highly interesting results suggest that a good breeding work can be done to present high performing cultivars with good quality level to farmers.

Key Words :

Durum wheat, technological quality, biochemical analysis, variability, polymorphism.

يندرج هذا العمل تحت دراسة الخصائص النوعية عن عشرة أصناف من القمح الصلب، أجريت هذه الدراسة على ثمانية للجودة لهذا الغرض قمنا بالعديد من التحاليل للنوعية التكنولوجية والبيو كيميائية النتائج المتحصل عليها بينت تباين. وراثي كبير ما بين الأصناف المدروسة لكل الخصائص.

التحاليل الإحصائية بينت تباين جد كبير في معدل البروتين (9.2% 14.18 %)

(37.5 50) (11% 11.8%) او الغلوتين (5.65 8.92

(4.22 6.8

نتائجنا مثيرة جدا للاهتمام حيث قمنا بعمل جيد للاختيار ويمكن القيام به من اجل إعطاء

المزارعين منتجات عالية الأداء في محصول الحبوب والسميد جنباً الى جنب مع نوعية جيدة

الكلمات المفتاحية

القمح الصلب النوعية التكنولوجية التحاليل البيو كيميائية التباين

Introduction

INTRODUCTION

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. (A. Djermoun 2000)

La production des céréales, occupe environ 80% de la superficie agricole utile (SAU) du pays, La superficie emblavée annuellement en céréales se situe entre 3 et 3,5 million d'ha.

Les superficies annuellement récoltées représentent 63% des emblavures. Elle apparait donc comme une spéculation dominante.

En Algérie, la céréaliculture demeure le pivot de l'agriculture, c'est une filière stratégique et représente un poids considérable dans l'économie agricole.

Les céréales sont la principale source calorique pour les différentes couches de la population quel que soit leur niveau de vie. Elles assurent 60% de cet apport et 71% de l'apport protéique (Padilla et Oberti, 2000 cités par Kellou, 2008).

La production des céréales en Algérie, avec le blé dur comme l'espèce la plus cultivée en occupant 41% de la sole céréalière (Anonyme, 2009) demeure très insuffisante pour satisfaire la demande de ce produit de large consommation estimé par (Zaghouane et al. 2006) à 220 kg/an/habitant. Avec une production atteignant 15 q/ha dans le meilleur des cas et face à une demande sans cesse croissante, l'Algérie continue d'importer massivement le blé dur de l'étranger pour couvrir une partie de ses besoins ce qui pénalise grandement l'économie du pays.

Dans les pays développés la production de blé se caractérise par une abondance en quantité et une spécialisation en qualité ; par contre dans le tiers monde la satisfaction du besoin en céréale souffre d'un déséquilibre chronique.

Dans notre pays, une grande partie de la production céréalière est soumise à la pratique de l'agriculture traditionnelle, incapable de faire face aux irrégularités du climat, d'où de la variation considérable dans le rendement d'une année à l'autre. De plus, les populations locales de blé ont été délaissées par les organismes spécialisés et les agriculteurs au profit de variétés introduites massivement, avec une régression significative de la grande diversité qui prévalait antérieurement.

On peut alors se poser une question :

Comment accroître la production des céréales en Algérie ? Il faut donc, et le plus rapidement possible, augmenter les ressources locale en céréales alimentaire et réduire le décalage qui existe entre l'offre et la demande

Cette augmentation peut être envisagée par de façon :

- Augmentation des superficies consacrées aux céréales
- Augmentation des rendements

La variabilité du rendement est due à des interactions du génotype avec l'environnement de production parce que ces génotypes ont été plus souvent sélectionnés sur la base de leur potentiel de rendement sans tenir compte de l'aspect adaptatif.

La recherche de variétés produisant un rendement élevé en grains peut aboutir à l'obtention des variétés de mauvaise qualité, en particulier de mauvais rendement semoulier.

Au niveau de cette fraction, il est possible de distinguer une notion quantitative davantage liée aux facteurs agro climatique, et une notion qualitatifs dépendante du patrimoine génétique qui retient plus particulièrement l'intérêt de sélectionneur de blé dur.

L'amélioration de rendement et de la qualité du blé dur passe par la création variétale et le choix de critère fiable pour l'identification de mécanisme d'adaptation aux contrainte environnementale. Parmi ces critères, la stabilité du rendement, la tolérance aux stress abiotiques, la résistance aux maladies ainsi bonne qualité technologique restent les plus recherchés. (Benbelkacem et al. 1995)

L'objectif principal de ce travail est d'étudier une gamme de variétés de blé dur cultivés en Algérie pour définir leurs traits agronomiques, de mieux les apprécier et les caractériser du point de vue qualitatif (biochimique) et de voir leurs possibles relations.

1. Historique du blé :

Parmi les céréales, il Ya le blé qui est l'espèce avec laquelle l'homme à commencer a manipulé la nature et gérer le milieu (Mosniak et al 2008).

Le terme blé vient probablement du gauloise *blato* (à l'origine du vieux français *blaie*, *blee*, *blaier*, *blaver* d'où le verbe *emblaver*, qui signifie *ensemencer* en blé) et désigne les grains qui, broyés, fournissent de la farine, pour des bouillies (polenta), des crêpes ou du pain.

Le blé dur appartient au genre *Triticum* et à l'espèce *durum* (Desfontaines). Faits donc partie du groupe des espèces *tétraploïdes* ($2n = 28$).

D'une façon générale, le blé dur se caractérise par :

- un épi à rachis solide, à glumes carénées jusqu'à leur base, à glumelle inférieure terminée par une longue barbe colorée ;
- un grain très gros (45-60 mg), de section subtriangulaire, très riche en albumen, de texture vitreuse ;
- un appareil végétatif à tallage faible (souvent un seul épi par plante), à chaume long et souple, sensible à la verse.

2. Origine du blé dur :

Riley et Chapman (1957) ont démontré l'origine hybride des *Triticum* tétraploïdes. Ces espèces sont des amphidiploïdes entre un *Triticum* diploïde (*Tr. beoticum* ou *Tr. monococcum*) apportant le génome A et *Aegilops spelta* apportant le génome B.

Une telle hybridation aurait donné naissance au *Tr. Dicoccoïdes* qui se serait ensuite diversifié en *Tr. dicoccum* et *Tr. durum*.

Les blés sauvages tétraploïdes sont largement répandus au Proche Orient, où les humains ont commencé à les récolter dans la nature (Bozzini, 1988). Comparativement aux blés diploïdes, leurs grands épis et leurs gros grains les rendaient beaucoup plus intéressants pour la domestication. On croit que le blé dur provient des territoires actuels de la Turquie, de la Syrie, de l'Iraq et de l'Iran (Feldman, 2001).

2.1. Culture de blé dur :

Le blé dur (*Triticum turgidum* ssp. *durum*) est une monocotylédone de la famille des Graminées, de la tribu des Triticées et du genre *Triticum*. En termes de production commerciale et d'alimentation humaine, cette espèce est la deuxième plus importante du genre *Triticum* après le blé tendre (*Triticum aestivum* L.).

Il s'agit d'une graminée annuelle de hauteur moyenne et dont le limbe des feuilles est aplati. L'inflorescence en épi terminal se compose de fleurs parfaites (Bozzini, 1998). Comme pour le blé tendre, il existe des variétés de blé dur demi naines. Le système racinaire comprend des racines séminales produites par la plantule durant la levée, ainsi que des racines adventives qui se forment plus tard à partir des nœuds à la base de la plante et constituent le système racinaire permanent. Le blé dur possède une tige cylindrique, dressée, habituellement creuse et subdivisée en entre nœuds. Certaines variétés possèdent toutefois des tiges pleines (Clarke et coll., 2002).

Le chaume (talles) se forme à partir de bourgeons axillaires aux noeuds à la base de la tige principale. Le nombre de brins dépend de la variété, des conditions de croissance et de la densité de plantation. Dans des conditions normales, une plante peut produire en tout trois brins en plus de la tige principale, mais tous ne grènent pas nécessairement (Bozzini, 1988). Comme pour d'autres graminées, les feuilles de blé dur se composent d'une base (gaine) entourant la tige, d'une partie terminale qui s'aligne avec les nervures parallèles et d'une extrémité pointue. Au point d'attache de la gaine de la feuille se trouve une membrane mince et transparente (ligule) comportant deux petits appendices latéraux (oreillettes). La tige principale et chaque brin portent une inflorescence en épi terminal.

L'inflorescence du blé dur est un épi muni d'un rachis portant des épillets séparés par de courts entre nœuds (Bozzini, 1988). Chaque épillet compte deux glumes (bractées) renfermant de deux à cinq fleurs distiques sur une rachéole. Chaque fleur parfaite est renfermée dans des structures semblables à des bractées, soit la glumelle inférieure (lemma ou lemme) et la glumelle supérieure (paléa). Chacune compte trois étamines à anthères biloculaires, ainsi qu'un pistil à deux styles à stigmates plumeux. À maturité, le grain de pollen fusiforme contient habituellement trois noyaux. Chaque fleur peut produire un fruit à une seule graine, soit le caryopse. Chaque graine contient un large endosperme et un embryon aplati situé à l'apex de la graine et à proximité de la base de la fleur.

Le blé dur est bien adapté aux régions à climat relativement sec, où il fait chaud le jour et frais la nuit durant la période végétative, ce qui est typique des climats méditerranéens et tempérés. Les semences peuvent lever à aussi peu que 2 °C, même si la température optimale est de 15°C (Bozzini, 1988). La plus grande partie du blé dur produit dans le monde est constituée de blé de printemps ; toutefois, il existe des variétés de blé dur d'hiver (qui ont besoin de vernalisation pour amorcer la transition de la phase végétative à la phase reproductrice) ; ces

variétés ont été évaluées en vue de la production dans le Sud des États Unis (Domnez et coll., 2000 ; Schilling et coll., 2003).

Sur la scène mondiale, la superficie moyenne consacrée annuellement à la culture du blé dur s'étend sur environ 18 millions d'hectares, ce qui donne une production annuelle moyenne approximative de 30 millions de tonnes métriques (Conseil international des céréales, 2002). L'Union européenne (principalement l'Italie, l'Espagne et la Grèce) est le plus grand producteur de blé dur, avec une récolte annuelle moyenne de huit millions de tonnes métriques. Le Canada arrive au deuxième rang avec 4,6 millions de tonnes métriques par année, suivi de la Turquie et des États-Unis, avec 4 et 3,5 millions de tonnes métriques respectivement (Conseil international des céréales, 2002).

2.2. La sélection moderne répond aux attentes agronomiques et qualitatives

Le blé dur, comme son nom l'indique, est trop dur pour être réduit en farine (amidon vitreux et non farineux), en raison de l'absence de certaines protéines (puroindolines). Ceux-ci sont réduits en semoule, utilisée pour la fabrication de pâtes alimentaires. La semoule est également utilisée pour le couscous, pour des potages et pour certains gâteaux secs. Elle peut aussi entrer dans la fabrication de pains et galettes (Grèce, pays du Maghreb, etc.). La sélection variétale moderne doit répondre à la fois aux attentes des agriculteurs et de la filière semoulière. La sélection variétale travaille sur les caractéristiques agronomiques des blés durs : résistance à la verse, productivité et poids du grain important, résistance à certaines maladies (rouille, fusariose, oïdium), bonne valorisation de l'azote. Les profils des différentes variétés cultivées en France (Miradoux, Fabulis, Isildur, Sculptur, Tablur, Pescadou, Babylone, Dakter, etc.) permettent des solutions adaptées à chaque terroir. Les nouvelles variétés sont également sélectionnées sur des critères de qualité alimentaire comme l'indice de jaune, la résistance à la moucheture, la résistance au mitadinage (anomalies de couleur et de texture qui affectent la qualité) et la teneur et la qualité des protéines. De nouvelles contraintes se présentent à nous en termes de sécurité alimentaire : mycotoxines et teneur en cadmium etc. « Au cours de l'histoire de la domestication par l'homme du blé dur, depuis la forme sauvage aux variétés actuelles, la biodiversité génétique s'est réduite d'un facteur de 100 à 15, cette réduction s'échelonnant depuis le Néolithique », indique le spécialiste. Comment répondre aux enjeux agronomiques de l'amélioration variétale (adaptation à la sécheresse et résistance à certaines maladies comme la fusariose), dans ce contexte ? Pour pallier cette perte de biodiversité, la solution est d'aller chercher dans la

diversité des formes ancestrales les gènes intéressants. La forme ancestrale *dicoccum* présente par exemple une bonne résistance à la fusariose. Réussir un croisement entre une espèce ancestrale et une variété actuelle, sélectionner dans la descendance des génotypes qui vont être performants sur les plans agronomique et qualitatif tout en ayant intégré cette résistance est un travail lent et délicat puisque la variété ancestrale présente des défauts «éliminés» par l'homme au fil du temps (grains vêtus, faible productivité, etc.).

2.3. Le rôle de sélection dans l'amélioration de blé :

La sélection joué un rôle déterminant dans l'accroissement de la production agricole (FAO 1995).les sélectionneurs de blé dur met l'accent sur l'amélioration simultanée et comportement agronomique, de la résistance aux maladies et de caractères qualitatifs du grain.

Comme la majorité de des variétés de blé dur cultivé au monde sont des lignées pures obtenues, soit par des cycles répétés d'autofécondation, soit par halo diploïdisation (knox et al. 2002)

2.4. La production de blé :

Tableau 1 : répartition de la production céréalière par groupes de pays :

Toutes céréales	Pays développé	Pays à économie planifié	Pays en développement
Surface	21%	38%	41%
Production	37%	36	27%

Avec 350million de tonnes, le blé est la première céréale dans le monde ; il est essentiellement cultivé dans les zones tempérées d'Europe et d'Amérique du nord.

En tête des pays producteur se trouvent L'U.R.S.S avec 97million de tonnes, soit 27% de la production mondiale. Avant même les mauvais résultats de 1975, ce pays a connu de très grand écart de production 30% entre 1962et 1963,20% entre 1964 et 1965, 13% entre 1971et 1972. Les Etats unis ce situe au 2ème rang avec 43million de tonnes, devenue 58 million en 1975. (Cauderon et al.1976)

En Algérie, la situation alimentaire est caractérisée par un besoin croissant en céréales et dérivé brute ou transformé.

La couverture des besoins essentiels de la population est assurée dans une proportion de plus en plus forte par les importations. L'Algérie importe du blé de Russie, d'Ukraine de Bulgarie, d'Argentine d'Allemagne et du Mexique.

Mais la France reste les plus gros fournisseurs de l'Algérie avec 1.5million de tonnes de blé dur pour une valeur de 29242million de dollars (Anonyme a, 2006)

2. 5. L'utilisation du blé

Selon villement 1994 Le blé est la céréale dont les débouchés sont les plus diversifié dans l'alimentation humaine et animale.

Tableau 2 : principale utilisation de blé dur dans le monde (quaglia 1988in cherdouh 1999)

Pays	Pates (%)	Couscous(%)	Pain(%)	Autres (%)
Italie	60	-	40	-
France	60	-	40	-
Espagne	70	-	30	-
Angleterre	80	-	20	-
Benelux	100	-	-	-
Tunisie	30	50	15	5
Algérie	30	40	10	20
Maroc	7	5	85	3
Egypte	100	-	-	-

Le tableau 2 donne la principale utilisation de blé dur dans le monde et montre que les principales consommations de cette céréale sont sous forme de pain (34%) et pate alimentaire et couscous (58%)

En Algérie, la semoule issue du blé dur est à l'origine de produits alimentaires très divers : pain locaux, la galette, couscous, frick, gâteaux traditionnels.

La farine de blé tendre est utilisé essentiellement pour la panification, le blé due est destiné a la fabrication des pates alimentaire.il reste l'aliment de base des pays en voie de développment (cherdouh 1999).

3. Structure et composition chimique du grain du blé dur :

3.1. Structure du grain :

Le grain de blé est un caryopse, caractérisé par une brosse et parcouru en surface par un sillon Longitudinal dont le repli atteint parfois le cartier médian du grain. Ce caryopse comprend trois parties. Les enveloppes ou son (13%), l'albumen (84%) et le germe 3%. (Boudreau et al. 1992).

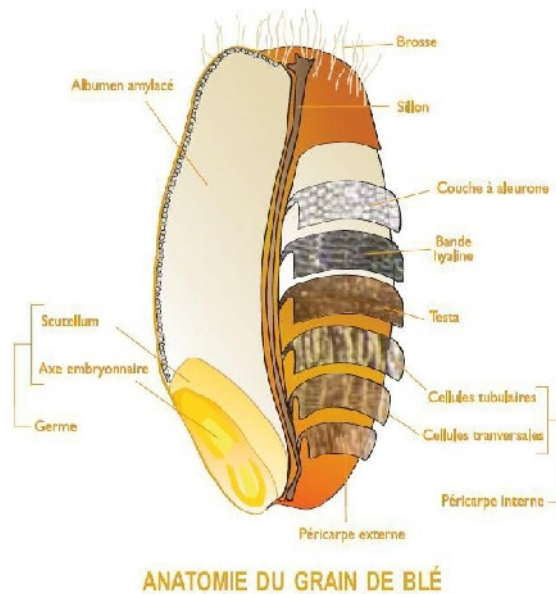


Figure1 : Coupe longitudinale présentant les constituants du grain (Paul, 2007)

3.2. Composition chimique du grain :

Toutes les céréales présentent les mêmes constitutions à savoir : enveloppe, amande farineux et germe de la future plantes dont le blé. Ce qui diffère est le pourcentage de la répartition des différent constituants chimique, que ce soit à l'intérieur des différentes parties de la graine (Tableau 4) ; ou sa distribution au sein des différentes fractions histologiques du grain.

Tableau 3 : Composition des différentes parties du grain (Roudant et al. 2005)

Partie du grain	% du grain	Composition en pourcentage
Enveloppes	9%	Son, cellulose : 20.
Assisse protéique	8%	Protides : 20, lipides : 9, minéraux : 16, Vitamines
Amande ou albumen	80%	Amidon : 72, protides : 10, gluten
Germe ou embryon	3%	Protide : 26, lipides : 10, glucide : 10 Minéraux : 4.5, vitamines.

La connaissance de la composition chimique du blé donne une idée sur sa valeur Nutritionnelle et technologique, globalement le grain du blé est composé de : l'eau, les Glucides, les lipides, les minéraux, les vitamines et les protéines.

3.2.1 L'eau :

Le pourcentage en eau du blé varie selon la variété et le temps de récolte, il est d'environ 13,5%, ce pourcentage a deux effets différentes ; il permet d'une part une aptitude de stockage à long durée et inhibe d'autre part le développement des micro-organismes notamment les moisissures (Fredot, 2005).

3.2.2 Les glucides

La fraction importante des glucides est représentée par l'amidon d'environ 60 à 70% du grain et ainsi d'autres pentoses et matières cellulosiques (Patrick, 2006).

3.2.3. Les lipides

Les grains de blé sont pauvres en lipides, sa teneur en lipides est d'environ 2,7% d'après Feillet (2000). Certains types ont un pouvoir moussant et contribuent à la fabrication d'un pain bien enveloppé (Patrick, 2006).

3.2.4. Les minéraux et vitamines

Grande variation en matière de minéraux à savoir : le potassium (340mg/100g) ; phosphore (400mg/100g) ; calcium (45mg/100g) ; sodium (8mg/100g). La graine de blé est également riche en vitamines notamment celles du groupe B à savoir B1, B2, B3, B6, B9 (Roudant et al. 2005).

4. Les protéines du blé

Les protéines sont à la base de la qualité technologique du blé et de leurs débouchés que ce soit de première transformation (semoule, farine) ou de deuxième transformation (pâtes alimentaires, couscous, pain), ils contribuent à l'expression des caractéristiques culinaires. Le grain de blé contient entre 10 et 15% de protéines selon la variété (Battais et al. 2007).

Ils sont classés suites à leur solubilité en deux classes à savoir :

❖ Les protéines solubles :

Elle représente 15 à 20 de la protéine totale

- ✓ Les albumines solubles dans l'eau,
- ✓ Les globulines solubles dans les solutions salines diluées,

❖ Les protéines de réserves :

Elle représente 80 à 90 des protéines totale (Hernandez *et al.* ,2004)

- ✓ Les gliadine soluble dans les solutions alcooliques.
- ✓ Gluténine soluble dans la solution diluée d'acide ou de base, ainsi que dans les détergents.

5. Le gluten :

Le gluten est un élément de qualité du blé, c'est l'ensemble des gluténines et gliadines associés à d'autres constituants (glucides, les lipides, matières minérales), il rassemble 75 à 80% de protéines de réserves (tableau 6), 15-17% de glucides, 5-8% de lipides, et des éléments minéraux.

Tableau 4 : composition du gluten en fonction en pourcentage de matière sèche du blé (Dacosta, 1986)

Constituants	Protéines	Glucides	Lipides	Matières minérales
Valeurs moyennes MS (%)	75-80%	15-17%	5-8%	0.6-1.2%

Il est responsable de l'élasticité, la cohésion, l'extensibilité et la ténacité des pâtes d'où ses propriétés rhéologiques. Le gluten est un facteur primordial pour la détermination de la Qualité fonctionnelle de la semoule (Feillet, 2000). Il contribue à la force de la pâte et L'élaboration des réticulations par la baie de ses fractions gluténines (Messabihi, 2008).

6. Les critères d'appréciation de la qualité du grain de blé dur :

Le blé dur est employé depuis longtemps dans les pays méditerranéens pour la fabrication de pain plats traditionnels et d'autres pains de spécialité (Quaglia, 1988). La notion de qualité est complexe, elle est conditionnée par les habitudes alimentaires, les spécificités des blés et les technologies de transformation utilisées (Mebtouche, 1998).

La qualité est une somme de caractéristiques qui vont du rendement semoulier jusqu'à l'aptitude à la transformation (Proceddu, 1995), et s'élabore toute au long du cycle de développement pour répondre d'une part aux attentes des industriels, semouliers et pastiers et d'autre part aux critères nutritionnels, organoleptiques et hygiéniques. Donc il serait intéressant de créer des variétés convenant à la fabrication de pains de fort volume, afin de disposer de débouchés de rechange en cas de surproduction (Liu et al. 1996).

Il existe plusieurs critères pour l'appréciation de la qualité des grains de blé dur. Ils dépendent

en partie de la variété et de techniques culturales :

6.1. Le taux de moucheture :

Est une tache brune du péricarpe causée par des champignons, se traduit par une diminution de la qualité commerciale des semoules à cause de la présence de points noirs dans les semoules, qui diminuent leur qualité commerciale.

6.2. Le taux de mitadinage :

C'est un accident physiologique provoquant un changement de la texture de l'albumen. Cependant, pour satisfaire à la demande de l'industrie, le blé dur idéal doit être vitreux et non farineux. L'état farineux (opaque) pénalise la valeur semoulière (Anonyme, 2006).

6.3. Le calibrage :

Permet de classer la grosseur des grains en 3 fractions une fraction inférieure 2.2 Mm ; une fraction inférieure 2.5mm et une fraction inférieure 2.8mm.

6.4. Poids de milles graine :

Connaitre la masse de 1000graine d'un échantillon de céréale donne des indications sur la mode d'élaboration du rendement et des problèmes pendant son développement. Pour les agriculteurs, cette analyse permettra de calculé plus précisément les doses de semences nécessaire pour répondre à un objectif de densité de semis (Landemaine, 2004).

6.5. La valeur meunière ou semoulière :

La semoule est définie comme étant le produit obtenu à partir des grains de blé dur (*Triticum durum*) par un procédé de mouture au cours duquel le son et le germe sont essentiellement éliminés et le reste est broyé à un degré de finesse adéquat (AFNOR, 1991).

La consommation moyenne de semoule est de 52,2 kg par habitant et par an (kellou, 2008), les produits les plus demandés correspondent à des semoules pures de couleur dorée et présentent une granulométrie homogène.

Leur composition chimique est étroitement liée à celle de blé dur et au diagramme de mouture (nombre de passages d'extraction). Elle contient 10 à 16,5% des protéines dont 80 à 85% sont des protéines de réserve et 80% de glucides dont 78% sous forme d'amidon (amylose et amylopectine) et 2% sous forme de sucres réducteurs. Des pentosanes avec un pourcentage de 1,5 à 3% sont des arabinoxylanes (polymères de xylose) possédant une propriété de gélification exceptionnelle et des oxydases jouant un rôle important dans la couleur jaune des pâtes alimentaires (Christèle-Icard, 2000 cité par Barkouti, 2012).

En Algérie, les semoules sont classées en fonction de leur grosseur :

- ❖ Semoules grosses (SG) : la dimension des particules est comprise entre 900 à 1100 μ m, destinées aux usages domestiques.
- ❖ Semoules grosses moyennes : (SGM) : comprise entre 550 à 900 μ m, destinées à la fabrication de la galette, du couscous
- ❖ Semoules sâssées super extra (SSSE) : 190 à 550 μ m, destinées à la fabrication des pâtes Alimentaires.
- ❖ Semoules sâssées super fines (SSSF) : de 140 à 190 μ m, ces semoules proviennent des couches périphérique du grain (Madani, 2009).

6.6. Effet de l'azote sur la qualité de blé dur :

Les céréales absorbent l'azote pour le stockage des protéines dans les grains. Leur efficacité optimale contrôle leur remobilisation durant la période de maturation des grains (Hawkesford, 2014). La qualité d'un blé dur est essentiellement déterminée par les effets conjugués du génotype et les facteurs agro-climatiques. La variété est un facteur important dans la détermination de la qualité. Toutefois, l'expression du potentiel génétique est étroitement liée au mode de conduite de la culture dont la fertilisation azotée (Abdellaoui et al., 2008) La disponibilité ou la carence des éléments nutritifs ont des répercussions variées sur la composition protéique. La fertilisation azotée joue le rôle primordiale dans l'accumulation des protéines dans les grains.

Plusieurs études ont montrés que la fertilisation azotée influence significativement la teneur en protéines des grains qui détermine la qualité des produits (Hunter et al., 1973). En plus de ça plusieurs auteurs ont affirmés que le mode de fractionnement de la dose d'azote affecte aussi le teneur en protéines (Peltonen, 1995) ; (Martin et al. 1992).

Matériel et Méthodes

1. Matériel végétal utilisé :

Essai répété 4ème année blé dur 2015/2016.

N°	Variétés ou lignées	pédigrée	Origine
1	Waha	T1	Syrie/Algérie
2	Cirta	T2	Algérie
3	Gta/Dur69...	T3	Mexique/Algérie
4	Wahbi	T4	Algérie
5	LD357E/2*TC60//JO69/3/FGO/4/GTA /5/SRN_1/6/...	CDSS04Y00755T-0TOPB- 12Y-0M-06Y-1M-1Y-0B	CIMMYT Mexique
6	BCRIS/BICUM//LLARETA INIA/3/ DUKEM_12/2*RASCON_21/4/...	CDSS04Y00362S-27Y-0M- 06Y-4M-1Y-0B	CIMMYT Mexique
7	MINIMUS/COMB.DUCK_2//CHAM_3/ 3/RCOL*2/4/SOMAT_4/INTER_8	CDSS02B01108T-0TOPB- 0Y-0M-5Y-4M-04Y-0B	CIMMYT Mexique
8	PLATA_7//ILBOR_1//SOMAT_3/3/CAB ECA_2/PATKA_4//ZHONG ZUO/...	CDSS04Y00053S-13Y-0M- 06Y-4M-1Y-0B	CIMMYT Mexique
9	ALTAR84/STINT//SILVER_45/3GUANA Y/4GREEN_14//YAV_10/...	CDSS04Y00341S-11Y-0M- 06Y-3M-1Y-0B	CIMMYT Mexique
10	MINIMUS_6/PLATA_16//IMMER/3/S OOTY_9/...	CDSS02B00396S-0M-4Y- 06Y-4M-1Y-0B	CIMMYT Mexique

1.1. L'historique des variétés et lignées

L'ensemble des nouveaux cultivars V5 à V10 provient d'un long processus de sélection adapté pour le programme national de l'amélioration du blé (PNAB) dirigé par l'INRAA et l'ITGC.

En effet ces nouveaux cultivars sont bien répondus aux tests de rendement depuis leur première introduction en passant par les essais préliminaires de rendement, les essais répétés de 1ère, 2ème, 3ème année successivement.

Cet essai est appelé essai répété 4ème année au niveau de la station ITGC du khroub et chez quelques agriculteurs de la région.

1.2. Conditions de déroulement de la Campagne Agricole 2015/2016 étudiée

Site : Elkhroub/Constantine/Algérie / Localisation : Ferme de Démonstration et de Production de Semences ITGC El-Khroub / Parcelle : Saàd Belkhir

Latitude : 36°,25 Nord **Longitude** : 6°,67 Est **Altitude** : 640m

Caractéristiques du Sol :

Texture : Argileux Limoneux. **Profondeur** : 120cm **Topographie** : Plate.

Etage de Site : Semi-aride ...à...Subhumide

Pluviométrie annuelle Moyenne (longue période) : 450mm

Précédent Cultural : Jachère Travaillée

- **La Mise en Place de l'essai** :

Labour profond : fin Octobre 2015 **Outil du labour** : Charrue à soc **Profondeur** : 35cm

Façons Superficielles : **Recroisage** 1^{er} Passage Septembre 2015 Cover-croop. 2^{ème} passage Octobre 2015 **3ème** Passage 03 décembre 2015 **Hersage** : 10 décembre 2015

Engrais de Fond : MAP (12% N, 52P, 0K) Date : 20/11/2015 dose 1,2QX /ha

Date de Semis : le 15 Décembre 2015, **Densité de semis** : 120kg/ha. (300 à 350 graine/m²)

Mode de semis : Semoir expérimentale type Winter Steiger.

Surface de la parcelle élémentaire : 6m²/Plot

Date de levée : 07/01/2016

- **Dés herbage chimique** : PALLAS OD Dose : 0,5l/ha

Date d'application : 21/02/2016

- **Fertilisation azoté** : engrais : UREE 46% 150kg/ha le 26/02/2016

Méthode

2. Les caractères mesurés :

2.1. Détermination du poids de mille 1000 grains :

C'est un critère plutôt agronomique qui rend compte de la bonne formation et alimentation des grains et dépend essentiellement de la date et de la densité de semis ainsi que de la protection antifongique. Il sert à déterminer le rendement d'une céréale avant la récolte. Cependant il peut aussi permettre de vérifier si un grain a été conservé dans de bonnes conditions, en effet

une baisse du poids de 1 000 grains entre la mise en cellule et la vidange d'un lot rend compte d'une perte de matière sèche, donc d'un problème de conservation.

Cette mesure est surtout effectuée lors de la sélection du blé dur, c'est un critère essentiellement variétale qui dépend beaucoup des conditions de cultures qui l'influencent, de façon très significative.

Mode opératoire :

Prélever au hasard une quantité de graine de blé dur, sélectionner des grains entiers, compter ce dernier à l'aide du compteur automatique Numigral, puis peser la masse de 1000 grains, selon la norme NF V03-702.

Les résultats sont déterminés d'après la formule :

$$\text{PMG (g/ms)} = P * [(100-H)] / 100.$$

Avec :

- P : masse en grammes de 1000 grains entiers
- H : teneur en eau des grains.

2.2 Taux de mitadinage :

Le mitadinage est un accident faisant apparaître des zones farineuses dans un grain de céréale habituellement vitreux et translucide. Les causes de l'apparition du mitadinage semblent se situer au niveau de l'alimentation en azote et en eau de la plante, il est également sous la dépendance de facteurs génétiques.

Le mitadinage peut être provoqué, soit par une teneur en protéine des grains insuffisante, soit par des pluies peu avant la récolte (Bar, 1995).

Selon Bar (1995) toute valeur entre 20% et 40% est acceptable, mais d'après Selselt (1991) pour considérer un blé comme blé de bonne qualité ne doit pas dépasser les 5%.

Selon le règlement communautaire n° 824/2000 du 19 avril 2000, un grain mitadiné est un "grain dont l'amande ne peut être considérée comme pleinement vitreuse"

Le mitadinage est un accident physiologique fréquent qui se traduit par un changement de texture de l'albumen du grain. Les grains de blé mitadinés présentent des zones farineuses et opaques dans un ensemble vitreux alors que les grains de blé normaux apparaissent totalement

vitreux et translucides. Le taux de mitadin (exprimé en %) indique le nombre de grains partiellement ou totalement farineux dans un lot de grains. S'il est trop élevé, le rendement semoulier chute. La qualité commerciale type indique que moins de 20 % des grains doivent être mitadinés. (INRA 2006).

Principe :

C'est une anomalie constatée sur les grains de blé dur qui devient farineux par une modification de la structure de l'albumen provoqué par un manque d'azote au stade gonflement.

Le mode opératoire :

L'expérience a consisté à déterminer le taux de mitadinage d'un échantillon de 100 grains, de blé dur propre après un triage manuel par un farinotome de pohl avec un jeu de plaque et dont chaque plaque contient cinquante alvéoles. En effectuant 12 mesures, on détermine le taux de mitadinage de 600 grains. La présence de la moindre tache farineuse entraîne le classement des grains en mitadiné.

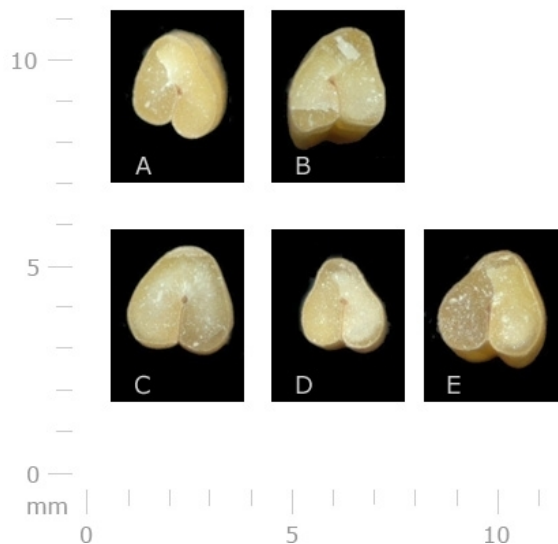


Figure N°2 : Coupe longitudinale d'un grain de blé dur à maturité (Sadli et al, 2013).

Le taux de mitadinage selon la norme NF V03-705 est exprimé selon la formule :

$$M = \sum D * 100 / 150$$

Avec D : le degré de mitadinage pour chaque essai.

Le taux de vitrosité peut être calculé selon :

V=100-M



Figure N°3 : Vitrosité du grain de blé dur à maturité (*photo personnelle*)

2-3. taux de moucheture :

La moucheture du blé dur se caractérise, sur les grains mûrs, par des plages de coloration brune ou noire en d'autres endroits que sur le germe (réglementation CEE 824/2000). Elles sont pénalisantes car on les retrouve dans la semoule et dans les pâtes alimentaires. La dépréciation de la valeur marchande des lots de blés durs peut être très importante avec des réfections de prix, voire des refus de lots présentant des taux de moucheture supérieurs à 5%. Ce % correspond au poids des grains mouchetés par rapport au poids total de l'échantillon.

Intérêt :

L'objectif est essentiellement commercial, la moucheture déprécie la valeur semoulière.

La détermination du taux de moucheture se fait sur un échantillon de 20 grammes de blé dur d'une manière visuelle, les grains mouchetés sont ceux qui présentent des colorations entre brun et noire dans d'autres endroits que le germe et sont exprimés en gramme de grains mouchetés par rapport à 100 grammes d'échantillons (Méthode BIPEA).

Les résultats sont la moyenne de 03 répétitions et sont exprimés en pourcentage, selon la formule :

$$M(\%) = \frac{M1}{M2} * 100$$

Avec : M1 : masse en gramme de grain entier moucheté présent dans 20g de l'échantillon.

M2 : masse en gramme de prélèvement 20g.

2.4. Taux d'humidité des grains :

La teneur en eau ou l'humidité est mesurée au laboratoire car on l'utilise pour beaucoup de travaux ultérieurs, ainsi que pour rapporter certains résultats à la matière sèche.

Généralement comprise entre 11.0% et 14.0%, elle est également importante dans le commerce puisqu'elle peut conditionner le prix de la marchandise par un système de bonification/réfaction.

En pratique, on ne s'inquiétera que si elle dépasse 16% car le blé susceptible d'évoluer spontanément (échauffement et germination), (Goudilet *al.*, 1999) cité par (Boudjabli ,2003)

La teneur en eau du blé ne doit pas cependant dépasser 14.5% selon le codex Alimentaire (1994).

2.5. Dosage des protéines :

Ce critère influe la qualité de blé dur compte tenue de ses relation étroite avec le taux de grains mitadiné et avec la qualité culinaire. la teneur minimale pour la mise à l'intervention est 11.5%. en règle générale, plus la teneur en protéine est élevé, meilleur la qualité de blé dur est meilleur. Un seuil de 14% est le plus souvent nécessaire à l'obtention d'un taux de vitrosité satisfaisant.

Aujourd'hui ce critère est mesurable à l'aide de la méthode classique de kjeldhal, mais également à l'aide de la spectrophométrie proche infrarouge.

Analyse dans le proche infrarouge (NIRS) :

La détermination du teneur en protéine des grains et semoule a été effectuée sur le principe de spectrométrie proche infrarouge, la technique repose sur la mesure de la réflectance d'un rayonnement émis à une longueur d'onde donnée dans le visible ou l'infrarouge, les différentes liaisons chimiques du produit testé (O-H, N-H ou C-H) absorbent à des longueurs d'ondes spécifiques égale à leur fréquence de vibration et passent ainsi d'un état fondamental à un état excité, c'est une technique rapide et non destructive, directement sur les grains entiers, et mesure le teneur en protéines avec une bonne précision (Frédéric et al, 2013).

Le taux de protéines est mesuré à l'aide d'un appareil à infrarouge (analyseur NIR INFRAMATIC). L'analyse se fait par réflexion en proche infrarouge (1400-2500nm) d'un échantillon, avec étalonnage préalable mémorisé dans le microprocesseur intégré.

Les résultats sont exprimés en pourcentage (%) de protéines par rapport à la matière sèche, ils représentent la moyenne de trois répétitions.

2.6. La teneur en gluten humide :

Il donne une indication globale sur la qualité et la quantité des protéines (Anonyme, 2000).

Le gluten humide d'une farine de blé est la substance plasto-élastique composée principalement de gliadine et de gluténine.

Principe :

La détermination de la teneur en gluten humide se base sur la préparation d'une pâte issue d'un échantillon de semoule (10 gramme), avec solution salée (NaCl 2.5%), l'isolement du gluten humide se fait manuellement par lixiviation sous l'eau, la masse plastique issue représente le gluten humide et calculée suivant l'équation

$$GH (\%) = m * 100 / 10$$

GH : gluten humide

M : la masse en gramme de gluten humide, il est exprimé en pourcentage.

2.7 Le gluten sec :

Le produit dégagé du gluten humide est mise a séché dans une étuve à 140° pendant 24h puis pesé à l'aide d'une balance de précision.

3. Electrophorèse des gluténines :

Principe :

L'électrophorèse est une technique biochimique dont le principe est de fractionner des molécules protéique selon leur mobilité différentielle en les soumettant a un courant électrique dans un support poreux. La migration des protéines tout au long du support est en fonction de :

- La taille des mailles du support électrophorétique.
- L'intensité du courant électrique.
- La température de l'électrolyte.
- La charge, la forme et la dimension de la protéine.

Electrophorèse SDS-page :

Une méthode proposé par laemmli (1970), le principe des techniques électrophorétique est basé sur la séparation, sous l'effet d'un courant électrique, des molécules biologiques (protéines,

acide aminé ADN, ARN).la migration s'effectue sur des supports internes filtrant ou non filtrant.la préparation se fait sur gel vertical en système discontinue, en présence d'un détergent anionique Sodium Dodécyl-Sulfate (SDS).

Méthode d'extraction des gluténines pour l'étude du polymorphisme des (SG-HPM) :

jLa technique de (Singh et *al.* 1991) est une technique de séparation séquentielle des protéines, en fonction de leur solubilité dans 3 solutions de bases (tableau 11). Elle permet une meilleure séparation des sous unités gluténines de Haut poids moléculaire (HPM) et de faible poids moléculaire(FPM).

Solutions d'extraction des gluténines :

Solution A

Propanol-1	75 ml
Eau distillée	q.s.p 150 ml

Solution B (conservation environ 2 semaines, à 4°C°)

Propanol-1	10 ml
Tris HCl 1M pH	8 1.6 ml
Eau distillée q.s.p	20 ml

Solution B1 (à préparer ex temporairement)

Solution B	7 ml
Dithiotreitol (DDT)	70 ml

Solutions B2 (à préparer ex temporairement)

Solution B	7ml
4-vinyl-pyridine	98 µl

Solution C (conservation environ 2 semaines, à 4°C°)

SDS	0.2 g
Glycérol	4 ml
Bleu de bromophénol	2 ml
Tris HCl 1M pH 8	0.8 ml
Eau distillée	q.s.p 10 ml

Dans un eppendorf contenant la farine d'un grain entier, on ajoute 1 ml de la solution A (50% propanol-1), après avoir vortexer, étuvé à 30° à 65°C et centrifuger 1min a 10000g, et alors, les gliadine sont les premier à extraire à cause de leur solubilité dans le propanol, ils sont éliminés avec le surnageant.

Pour ces extraits on les recueille dans 1 ml de la solution (A), pendant 30 min à 60C° avec deux agitations intermédiaires toutes les dix minutes, suivies d'une centrifugation pendant 1min. le surnageant est ensuite récupéré dans un autre eppendorf et mis à l'évaporation toute la nuit à 60C°. on a enfin les gliadine. Pour le culot celui qui concerne les gluténines, le premier rinçage ce fait dans 0.5ml de la solutions (A) à 65C° pour 30m, et sans vortex intermédiaire puis centrifuger à 10 000g pendant 1min et éliminer le surnageant aspiration.

Un autre rinçage est réalisé pour notre résidu, avec l'ajout de 0.5ml de la solution (A), dans le but de s'assurer de l'élimination complète des gliadines on vortex, et on centrifuge à 10000g pendant 5min, et le surnageant contenant le reste des gliadine est éliminé par aspiration ; le résidu obtenue forme le matériel de départ de la procédure d'extraction des gluténines.

1(ml) de la solution (B) et un agent réducteur, dithiothreitol (DTT) à 1% sont ajoutés à notre résidu, pour l'extraction des glutérines. Un autre ajout de la solution (B) et un agent alkylant, le 4 vinylpyridine est réalisé après incubation et centrifugation.

Le mélange est incubé et centrifugé et un aliquote (0.1ml) de surnageant est transféré dans un autre eppendorf contenant de la solution (C), le mélange est bien agité et ensuite incubé pour un complexe d' SDS avec le polypeptide des gluténines réduites et alkyles.

Les échantillons sont donc prés pour une révélation des SG - HPM par SDS page.

Electrophorèse des gluténines

En effet le DTT utilisé dans l'extraction dénature les protéines en rompant les ponts disulfures, et le SDS détruisant les liaisons faibles. Ceci aboutit à la formation d'un complexe SDS-protéines dénaturé avec une charge négative qui masque la charge des protéines et annule ainsi les différences de migration due à la charge électrique .Il permet donc une séparation selon la taille, la conformation, et le poids moléculaire. La vitesse de migration des protéines dépend surtout de la taille des mailles des gels et de la température de l'électrolyte.

Préparation des gels

La séparation par la technique SDS-page nécessite la préparation de deux types de gels : un gel de séparation et un gel de concentration. Le gel de séparation permet le fractionnement des protéines selon leurs poids moléculaires, alors que le gel de concentration permet de

stocker les impuretés (tamis, etc....) et de tasser les protéines, avant leur entrée dans le gel de séparation.

Le gel de séparation (running gel)

Le gel est à T=12.8 % et ces dimensions sont : 180 x 160x 1, 5mm. Vu que les solutions mères sont déjà préparées, on commence par le montage des plaques après les avoir nettoyées à l'éthanol, les plaques sont placées l'une contre l'autre en les séparant avec deux séparateurs dont la largeur est choisie selon les paramètres recherchés. Ce gel est constitué d'acrylamide, DeN_N'_méthylen_bis acrylamide (bis acrylamide), de tris HCL, de SDS, et d'eau.

On prépare le gel en respectant les mesures et en travaillant en continuité. La polymérisation de ces constituants est catalysée par (APS) et le TEMED, qui sont ajoutés en derniers. On applique le remplissage du gel par une seringue en plaquant sa queue contre la paroi de la première plaque, et on verse doucement le gel afin d'éviter la formation des bulles d'aires ; on s'arrête au niveau marqué (4cm), ce niveau sera rempli par le gel de concentration.

On applique une fine couche de buthanol tout au long du gel, à l'aide d'une seringue, le buthanol aplatira le gel et fera une barrière contre l'air pour accélérer la polymérisation qui prendra 30 à 45 min, et éliminera les bulles d'air à la surface. Quand le gel se polymérise, on verse le buthanol et on rince 3 fois à l'eau distillée.

Le gel de concentration (stacking)

Ce gel est à T=2.8 % et ses dimensions sont : 180x40x1, 5mm ses constituants sont ceux du gel de séparation avec une différence au niveau des tris HCL qui a un PH de 6.8. On applique le remplissage du gel à l'aide d'une autre seringue, et on le coule au-dessus du gel de séparation, d'une façon plus rapide que pour le premier gel.

Des pistes individuelles sont réalisées par l'utilisation d'un "peigne" qui sépare le gel en portions égales destinées à la migration de chaque échantillon. Le pourcentage choisi dépend de la taille de la protéine que l'on veut identifier ou de la sonde dans l'échantillon. ; Plus le poids connu est petit, plus le pourcentage devra être élevé. On pose les peignes délicatement, bien au centre des cassettes s'il y a des vides les remplir avec du gel.

Tampon d'électrophorèse

Après polymérisation du gel, on verse la solution du tampon dans les puits. Le tampon d'électrophorèse contient de la glycine, du tri et le SDS, il contient beaucoup d'électrolytes. Cela permettra au courant électrique de passer dans la cuve et permettra aux protéines de migrer.

Conditions de migration

La température de la cuve est maintenue aux environs de 10° grâce à un système de refroidissement qui lui est accordé. Pour une cuve de deux gels, la migration est menée à une intensité constante de 80Ma, avec une tension maximale de 1200v.

Coloration et décoloration

Après la sortie du front de migration, le gel de concentration est éliminé, les gels sont démoulés et mis dans le bac contenant une solution de coloration qui contient un fixateur de protéines, le TCA (acide trichloroacétique) à 60 % et un colorant, le bleu de coomassie R250 et d'eau distillée. Recouvrir les gels de solution de coloration, placer les sur l'agitateur pendant 24h, afin d'homogénéiser la coloration, puis décolorer les gels dans l'eau, et ils seront prêts à la lecture d'après la nomenclature de Branlard et al (1990).

Fréquences alléliques :

Après la lecture génétique des sous unités gluténines de haut poids moléculaire ; nous avons calculé les fréquences alléliques, tracer un arbre phylogénique ou dendrogrammes à l'aide du logiciel SPSS-9.

4- Analyses des données statistiques :

En premier lieu toutes les données mesurées ont fait l'objet d'un calcul de moyenne par traitement avec un écart type à P=95% ($P < 0,05$) afin de faire une analyse entre les différentes variétés et lignées avancées étudiées.

Résultats et Discussion

Les données collectées ont été soumises à une analyse de variance à un facteur étudié réalisée à l'aide du logiciel de (Tranchefort *et al* ; 1975) (STATITCF), le génotype et un facteur contrôlé (les blocs). Des corrélations entre les différents paramètres ont aussi été réalisées grâce au logiciel STATICF, (Tranchefort et al ; 1975) afin de voir les degrés de liaison entre les différents paramètres étudiés.

1. Conditions Climatiques de la Campagne Agricole 2015/2016

Le bilan hydrique enregistré durant la période du mois de Septembre jusqu'au mois d'Avril montre un écart négatif de 140,7mm par rapport à la moyenne SELTZER pour la FDPS d'El Khroub, la répartition pluviométrique était au début de la campagne pas très favorable au développement du végétale mais à partir du mois de janvier les précipitations ont venues en temps opportun, avec des températures hivernales assez douces.

Ces conditions ont fait que le développement du végétale s'est fait dans de très bonnes conditions.

La répartition mensuelle de la pluviométrie de la FDPS d'El-Khroub est représentée dans le tableau ci-dessous :

Tableau N °5 : La répartition mensuelle de la pluviométrie de la FDPS d'El-Khroub

Mois	Pluvio. Mm	Moyenne (25ans)	ONM	Ecart
Septembre	24	37.5		-13.5
Octobre	49	38.6		+10.4
Novembre	41	44.6		-3.6
Décembre	0	73.2		-73.2
Janvier	44	62.8		-22.8
Février	16	53.8		- 37.8
Mars	66	56.2		+15.8
Avril	42	59		-17
Cumul (mm)	285	425.7		- 140.7

Tableau N °5 bis : Températures Moyennes, minimales et maximales mensuelle à la FDPS d'El-Khroub en 2015/2016 :

Mois	Moy Mensuel	C°Mini	°C Maxi
Septembre	22,2	16,1	28,3
Octobre	17,77	12,16	23,39
Novembre	11,83	6,47	17,2
Décembre	9,05	2,16	15,94
Janvier	9,69	3,61	15,77
Février	9,58	3,41	15,75
Mars	10,53	4,19	16,87
Avril	14,49	8,03	21,96

2. Données mesurées avant semis :

2.1. Poids de mille grains :

Le poids de mille grains est généralement peu maîtrisable, car il est fortement lié à l'effet de l'environnement au moment de la formation et du remplissage de la graine.

Tableau N°6 : Histogramme représentant le PMG des différentes variétés Elkhroub 2015

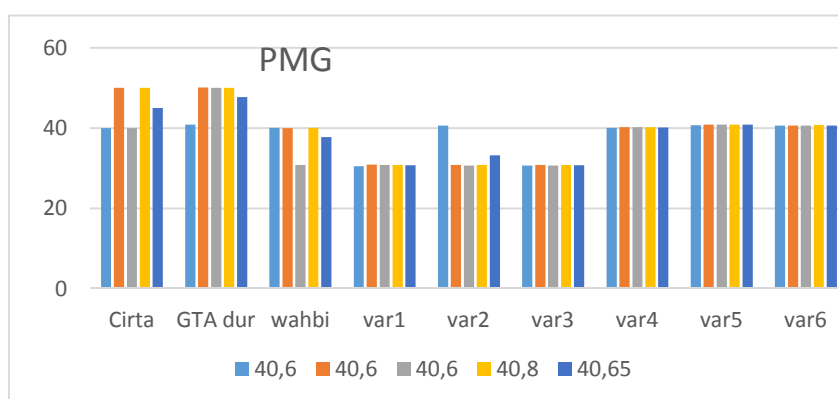


Tableau n°7 : Anova du caractère poids de mille grains pour les génotypes testés

Effet	SCE	DL	CM	F c	F t	Signification
Blocs	0.32	3	1.10	1.25	2.97	NS
Variété	6.7	9	0.74	9.25	2.27	***
Erreur	2.32	27	0.08			

$$X=43.22 \quad , \quad PPDS/0.05= \quad , \quad CV= 5.4\%$$

En considérant le poids de mille grains des lots de semence mis dans l'essai objet de notre étude on constate d'après les résultats fournis au tableau n°6, une variabilité allant de 37.5g pour la variété 6 et 8 jusqu'à 50g pour la variété 4.

Tous les témoins utilisés ont montré un bon poids de milles grains variant entre 45g et 50g, tout en tant dépassant toutes les autres variétés à l'exception de la variété 10 qui a présenté un PMG de 48.5g.

Il convient de signaler que d'après l'ANOVA (tableau N°7) que les différences entre les variétés ont été très hautement significatives.

Il est aussi possible de signaler que dans l'ensemble, le PMG globale moyen est assez bon (43.22).

Nos résultats semblent satisfaisants étant donné que le CV est assez faible 5.4% indiquant une bonne précision de notre essai.

2.2. Taux de moucheture :

Le taux de moucheture, caractère très dépendant des conditions humides du milieu qui génèrent un climat propice au développement de maladie est un paramètre qui influence directement sur la coloration de la semoule et donc de la qualité technologique de cette dernière. La moucheture est l'ensemble des points ou tache sombre à noires qui se déposent sur la graine de blé et donc après mouture on obtient cette couleur sombre sur la semoule.

Tableau N9: Taux de moucheture chez les différentes variétés de Blé dur 2015.

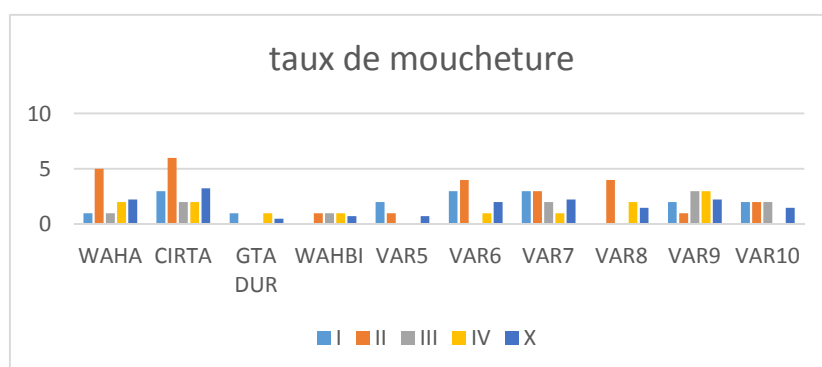


Tableau N10 : ANOVA du caractère moucheture pour les géotypes testés

Effet	SCE	DI	CM	Fc	Ft	Signification
Blocs	13.28	3	4.24	0.74	2.98	NS
Variété	26.03	9	2.89	0.50	2.27	NS
Erreurs	153.69	27	5.69			

Moy= 67

CV= 3.56%

Nos résultats (Tableau 9) montrent en général un faible taux de moucheture qui varie entre 0.75% (var4 wahbi et v5) et 3.25% (v2 cirta)

L'anova montre qu'il n'y a pas de différences significatives entre les traitements. Nos résultats semblent satisfaisants et fiables étant donné que le coefficient de variation est assez faible 3.5% indiquant une bonne précision de notre essai.

2.3. Taux de mitadinage :

A l'exception du lot de semence de la variété Cirta (v2) qui présente un très fort taux de grains mitadinée (52.75%), toute l'autre variété montre des taux appréciable allant de 2.75% (v10) à 12.25% (v3) (Tableau N°11), ces taux indiquent une bonne vitrosité des grains qui peuvent donner un bon rendement semoulier

Tableau N°11:

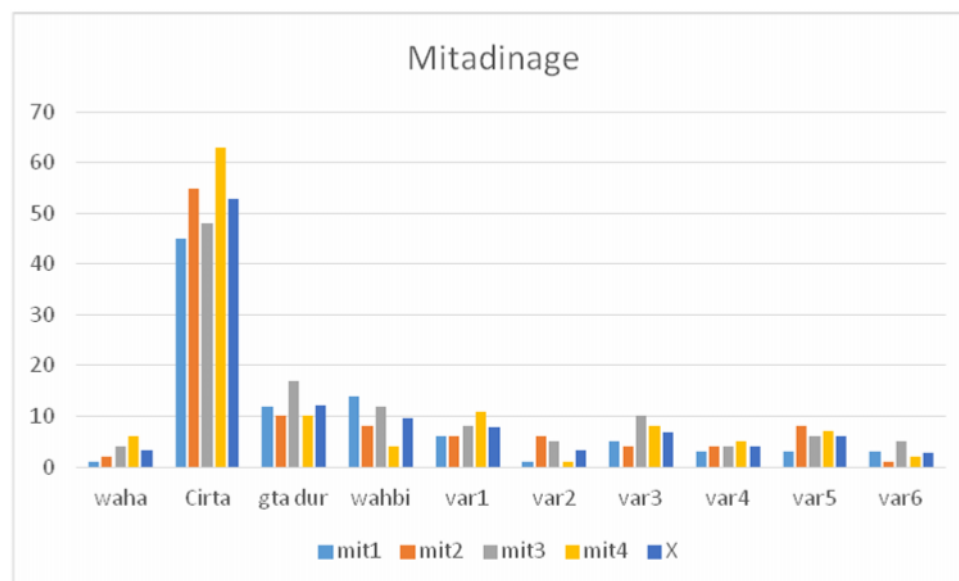


Tableau N°12 : ANOVA du caractère mitadinage pour les géotypes testés

Effet k	SCE	DI	CM	Fc	Ft	Signification
Blocs	43.72	3	14.57	1.15	2.98	NS
Variété	8148	9	905.44	71.68	2.27	***

Erreurs	341.16	27	12.63			
---------	--------	----	-------	--	--	--

Moy = 10.82 ppds= 7.12 CV=32.8

L'ANOVA (tableau 12) montre que les différences entre les traitements (génotype) sont très hautement significatives. Le coefficient de variation est très haut à cause du taux de mitadinage présenté par la variété Cirta.

3. évolution de matériel étudié pendant le cycle végétatif et de reproduction du blé dur :

3.1. Données phénologiques :

3.1.1. Type agronomique à la sortie hiver :

La comparaison entre les moyennes montre des résultats variant entre 3.75% et 4.25%. Cette faible variation est le fait que la levée a été globalement homogène.

Tableau n°13 : Notation agronomique à la sortie hiver 2015.

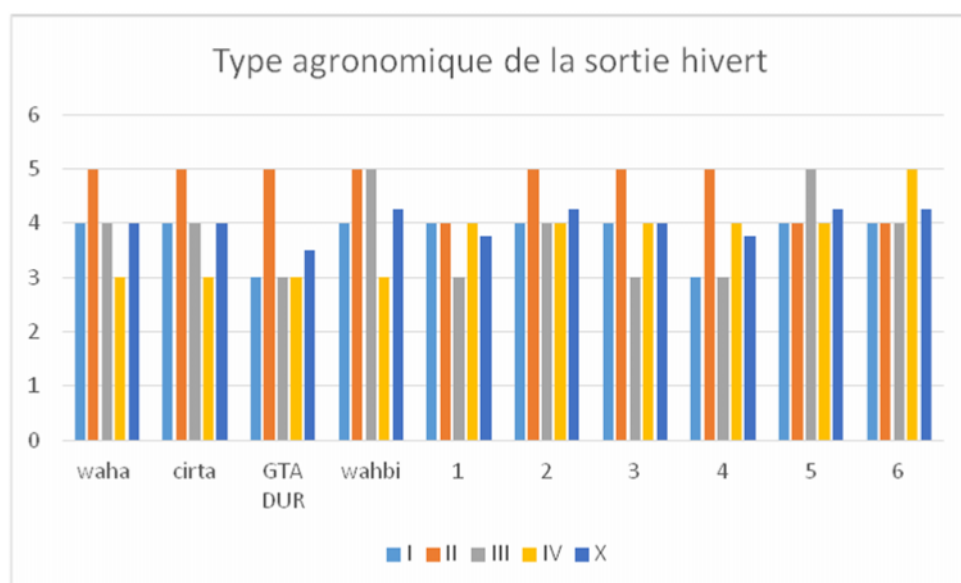


Tableau N°14 : ANOVA pour le type agronomique à la sortie hiver

Effet	SCE	Dl	CM	Fc	Ft	Signification
blocs	6.6	3	2.2	5.5	2.98	**
variété	2.5	9	0.27	0.69	2.27	NS
Erreur	10.9	27	0.40			

Moy=4

CV=0.39%

L'anova (tableau N°14) montre que les différences entre les traitements ne sont pas significatives. Cet essai ayant un coefficient de variation inférieur à 10% (0.39%), on peut

déduire que l'essai est assez précis et que les renseignements qu'il fournit sont dignes de confiance.

3.1.2. Précocité à l'épiaison :

La nouvelle gamme variétale montre de faibles différences même significatives entre elles pour ce qui est de leur date d'épiaison qui a oscillé en moyenne de 96,5 jours à partir du 1^{er} janvier à 100,5 jours (Tableau n°15), ce qui indique que ces génotypes sont assez précoces à l'épiaison et par la même à la maturité. Les témoins locaux ayant en moyenne 98,87 jours semblent relativement plus tardifs à l'exception de la variété Waha la plus précoce.

Tableau n°15 : Mesure de la date d'épiaison des variétés étudiées en 2015/2016 à Elkhroub.

N°	Variétés ou Lignées	Epiaison 1 (j)	Epi 2	Epi 3	Epi 4	Moy
1	Waha	95	91	93	98	94,25
2	Cirta	108	98	107	110	105,75
3	Gta/Dur69...	97	98	96	100	97,75
4	Wahbi	96	98	98	99	97,75
5	LD357E/2*TC60//JO69/3/FGO/4/GTA/5/SRN_1/6/... CDSS04Y00755T-0TOPB-12Y-0M-06Y-1M-1Y-0B	95	96	102	97	97,5
6	BCRIS/BICUM//LLARETA INIA/3/DUKEM_12/2*RASCON_21/4/... CDSS04Y00362S-27Y-0M-06Y-4M-1Y-0B	99	96	97	94	96,5
7	MINIMUS/COMB.DUCK_2//CHAM_3/3/RCO L*2/4/SOMAT_4/INTER_8 CDSS02B01108T-0TOPB-0Y-0M-5Y-4M-04Y-0B	94	96	100	97	96,75
8	PLATA_7//ILBOR_1//SOMAT_3/3/CABECA_2/PATKA_4//ZHONG ZUO/... CDSS04Y00053S-13Y-0M-06Y-4M-1Y-0B	98	97	107	95	99,25
9	ALTAR84/STINT//SILVER_45/3GUANAY/4 GREEN_14//YAV_10/... CDSS04Y00341S-11Y-0M-06Y-3M-1Y-0B	97	99	110	96	100,5
10	MINIMUS_6/PLATA_16//IMMER/3/SOITY_9/... CDSS02B00396S-0M-4Y-06Y-4M-1Y-0B	99	101	104	97	100,25
		97,8	97	101,4	98,3	

Moy = 100,25j PPDS 5% = 2,75 CV = 7,11%

Le coefficient de variation est assez faible indiquant une bonne précision des mesures.

3.1.3. Hauteur de la plante

Au cours de cette campagne agricole 2015/2016, il s'est avéré que le port de la plante (taille) est assez correct dans l'ensemble de l'essai. Les variétés se sont comportées de manière différenciée (Tableau n°16); les témoins locaux ont paru en moyenne légèrement plus court (95,5cm) par rapport à la moyenne de l'essai (97,4cm).

Les différences inter variétales ne sont pas très élevées et ont varié de 91 cm chez waha (V1) à 100,5 cm au niveau de la variété V6 soit environ 9cm.

Tableau N°16 : Mesures de la hauteur des plantes des variétés de blé dur (Elkhroub 2015/2016).

N°	Variétés ou Lignées	Hauteur				Moy
		1 (cm)	Haut 2	Haut 3	Haut 4	
1	V1	89	91	94	90	91
2	V2	94	96	100	97	96,75
3	V3	98	97	96	95	96,5
4	V4	97	98	96	100	97,75
5	V5	96	98	98	99	97,75
6	V6	97	99	110	96	100,5
7	V7	99	101	104	97	100,25
8	V8	96	98	98	99	97,75
9	V9	95	96	102	97	97,5
10	V10	96	101	98	98	98,25

PPDS 5% :3.12cm, CV= 7.23%

Ces différences se sont avérées significatives au vue des résultats de l'ANOVA où une PPDS à 5% de 3,12cm est noté. Le coefficient de variation est aussi bon puisqu'il a été faible (7,23%).

4. Analyse des paramètres technologique

4.1. Protéines totales :

Le taux de protéine totale varie entre 9.2% (v2) à 14.14 (v10). Les témoins waha, GTA DUR, Cirta ont nettement été dépassés par quelque variété (v10, v8, v6, v7) avec 14.17% 13.52%, 13.5% et 13.47 respectivement (annexe 5). La variété Cirta est nettement inférieure.

Tableau n° 17: Histogramme du taux de protéines totales pour les différentes variétés testées Elkhroub 2015.

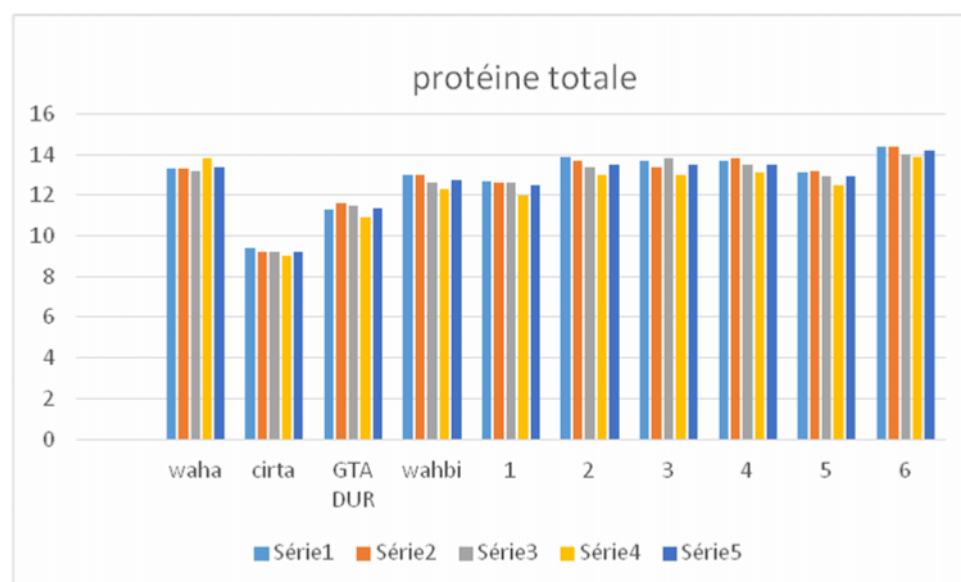


Tableau N° 18 : ANOVA du taux de protéines totales pour les génotypes testés.

effet	SCE	DI	CM	Fc	Fth	Signification
blocs	4669.6	3	1556.53	7.09	2.98	***
Variété	5412.09	9	601.34	2.74	2.27	*
Erreur	5924.6	27	219.43			

X= 12.67 PPDSb= 21.47 PPDS_t=13.57 CV=2.82%

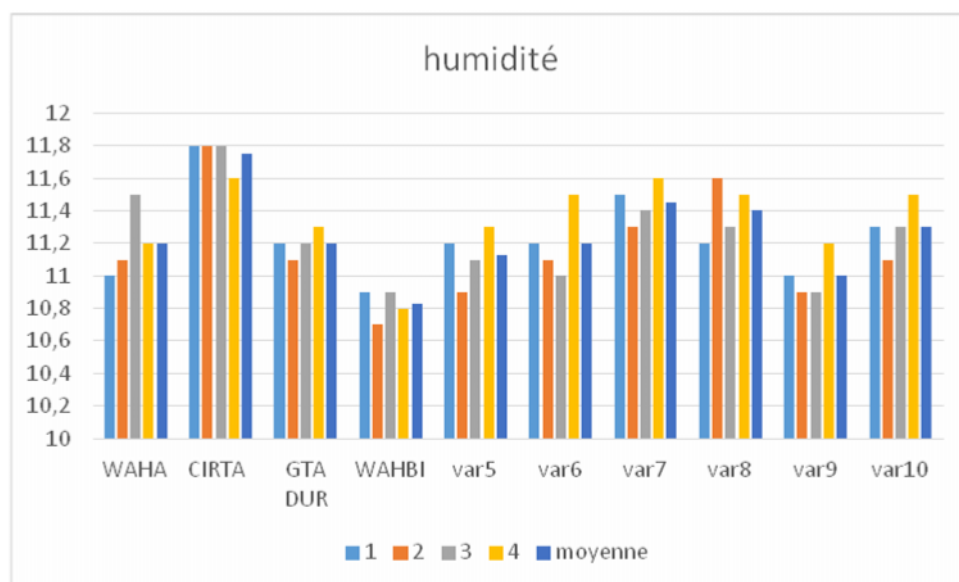
Ces différences entre les variétés ont été hautement significatives (tableau N°11) ; Le coefficient de variation est assez faible 2.82% indiquant une bonne précision de notre essai.

Autran (1196), a indiqué dans ses travaux que la teneur en protéines variant de 12% à 13% dans la semoule est nécessaire pour qu'un blé dur permette de fabriquer des pâtes de qualité requise, ce qui est en conformité avec une bonne la majorité de nos génotype étudiés qui dépassent ce seuil ou se situent à sa limite .

4.2. Humidité des graines :

Afin de comparaitre nos résultats sur l'humidité des grains, le seuil requis généralement est compris entre 11%et 14%. Cette teneur en eau est également importante dans le commerce puisqu'elle peu conditionner le prix de la marchandise par un système de bonification/réfaction.

Tableau n°19 : Taux d'humidité des grains pour les différentes variétés Elkhroub 2015.



La teneur en eau du blé ne doit pas dépasser 14.5% selon le codex alimentaire (1994).

Ce caractère a donné des mesures moyennes entre (10.82% v4) et (11.75% v2) entre les différents génotypes (Tableau n°19). Ces différences constatées ont été non significatives (tableau N°20). Le cv est assez faible indiquant que l'essai est précis.

Tableau N°20 : ANOVA du taux d'humidité des graines pour les génotypes testés.

Effet	SCE	dl	CM	Fc	Ft	Signification

blocs	1000	3	333.36	1.01	2.98	NS
variété	1002	9	111.36	0.33	2.27	NS
erreur	8879.63	27	328.87			

X= 11.24

CV=4.03

4.3. Gluten :

4.3.1 : gluten humide

Les résultats montrent des valeurs assez importants dans l'ensemble pour ce caractère varie entre 5.8g (v2) et 5.8g (v10). (Tableau n°21) la différence entre les variétés et les blocs sont hautement significatives (tableau 22).

Tableau n°21 : Taux de gluten humide pour les dix variétés testées 2015.

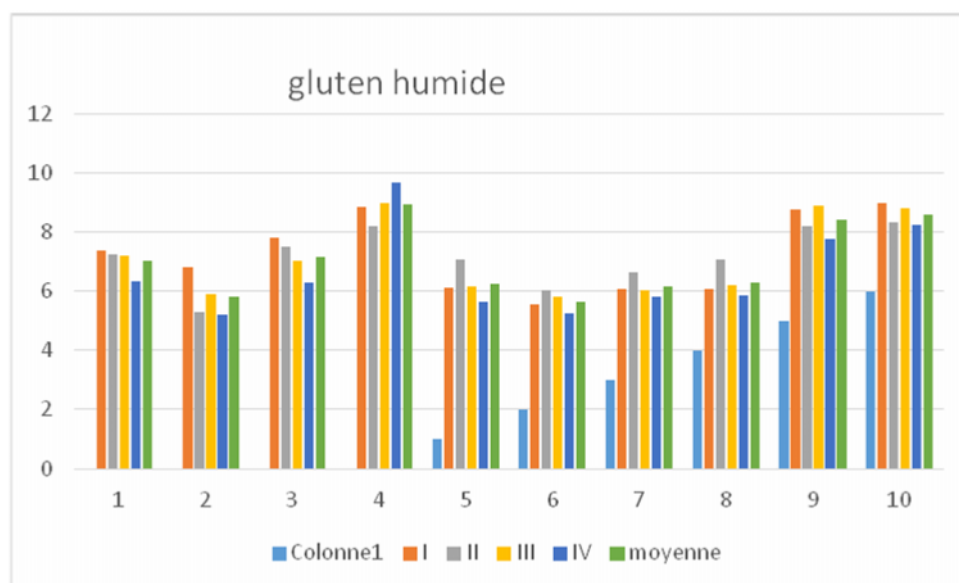


Tableau N°22 : ANOVA du caractère gluten humide pour les génotypes testés.

effet	SCE	dl	CM	Fc	Ft	signification
blocs	902.45	3	300.81	8.23	2.98	***
variété	1951.7	9	216.85	5.93	2.27	**

erreur	986.29	27	36.52			
--------	--------	----	-------	--	--	--

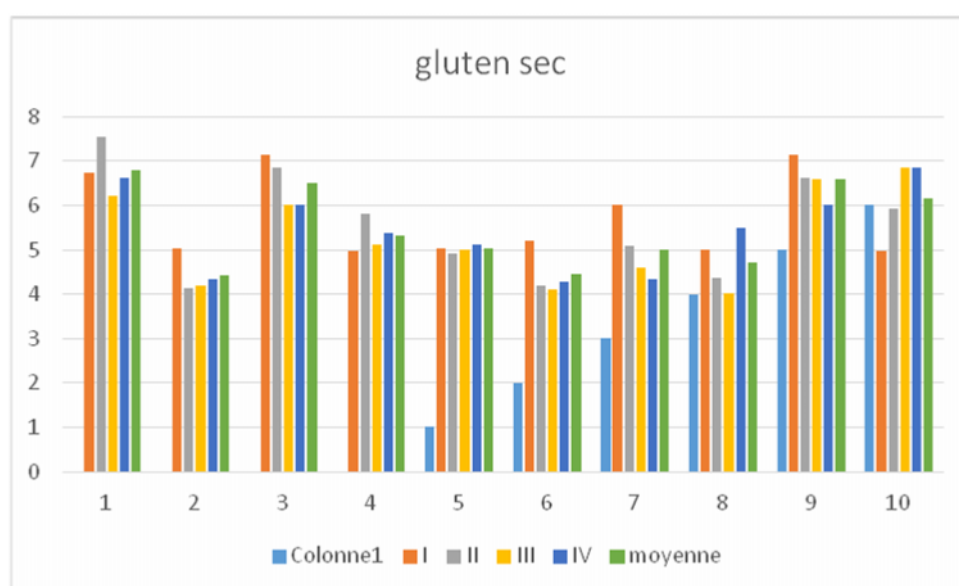
X=280.8 PPDSb= 8.76, PPDS_t=5.53 CV= 2.15%

Le CV est faible, on peut déduire une précision de notre essai.

4.3.2 : gluten sec

Comme pour le gluten humide les résultats montrent de bonnes valeurs qui varient entre 4.24g (v2) et 6.78 (v1) (Tableau n°23).

Tableau 23 : Taux de gluten sec des 10 variétés testées.2015.



D'après l'anova (tableau 24) , les différences entre les variétés sont hautement significatives

Tableau N°24 : ANOVA du caractère gluten sec pour les génotypes testés

effet	SCE	dl	CM	Fc	Tt	Signification
blocs	1.08	3	0.36	0.056	2.89	NS
variété	1011.75	9	112.41	17.46	2.27	**
erreur	172.12	27	6.37			

4.4. Variabilité des gluténines

L'étude biochimique d'une collection de blé dur, par une électrophorèse monodimensionnelle en présence de SDS (SDSPAGE), nous a permis de séparer l'ensemble des sous unités gluténines et d'obtenir des profils électrophorétique très clairs.

Chaque profil est composé de trois groupes de bandes. On se basant sur la mobilité et la preuve génétique, le groupe de bandes à mobilité lente correspond aux sous unités gluténines de haut poids moléculaire (zone A) tandis que les bandes intermédiaires et rapides correspondent aux sous unités gluténines de faible poids moléculaire (Zone B et C).

Notre étude a porté uniquement sur les gluténines de haut poids moléculaire (zone A) qui sont d'une importance majeure dans la détermination des caractères technologiques de la qualité des blés.

Cette zone a fait l'objet de nombreuses études, portant sur des collections mondiales de blé cultivés, apparentés et sauvage, entre autre : les travaux de Branlard et *al.* ;(1990) et Yan et *al.* ;(2003).

Le blé dur est une espèce tétraploïde ayant le génome AABB. Les SG-HPM sont codée par les gènes localisés sur le bras longs des chromosomes homologues du groupe 1, les locis sont nommés Glu-A1 et Glu-B1 (Bietz et *al.* 1975 in Gianebelli *etal.* 2001). le locus Glu-A1 comporte deux gènes étroitement liés (Glu-A1-1 et Glu-A1.2) le premier code pour une ou très rarement deux sous unités de type-x, et le deuxième est responsable de la sous unité de type-y, différentes par leurs mobilités relatives, les bandes de type-x sont plus rapides que celles de type-y, pour la lecture de nos gels, nous avons utilisé la nomenclature de Payne et Lawrence (1983) complétée par Branlard et *al.* ;(1990)

4.4.1 Diversité génétique des sous unité gluténine HPM des blés durs cultivé :

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

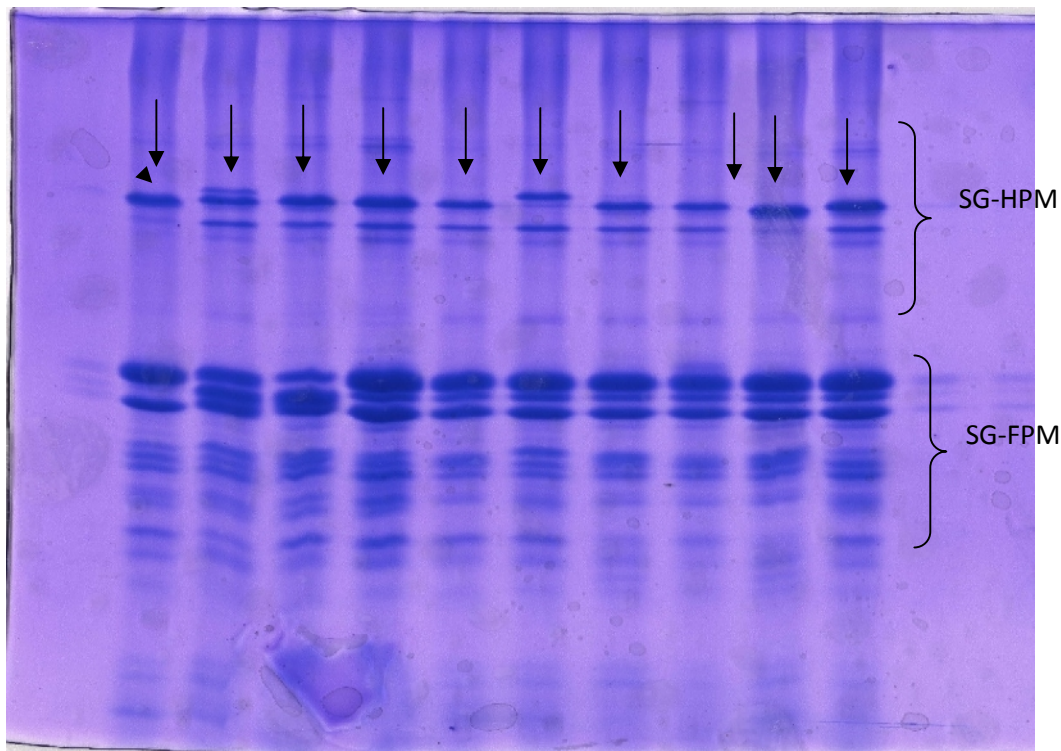


Figure 4 : profil électrophorétique des 10 variétés de blé dur.

4.4.2. La variabilité de locus *Glu-B1*

L'analyse électrophorétique des 10 variétés des blés durs a permis de distinguer les bandes suivantes : 6, 7, 8, 13, 16, Presque la quasi-totalité des SG-HPM sont exprimées par le locus *Glu-B1*. En se référant à la nomenclature de Branlard *et al.* (1990) on a observé l'apparition de différentes combinaisons entre les sous-unités citées précédemment. Le couple (7-8) est l'allèle *GluB1b* avec une fréquence de 80% en présence de 8 variétés.

Le couple (6-8) lié à la mauvaise qualité des blés, exprimé par l'allèle *GluB1d* avec la fréquence de 10% présenté par une seule variété le couple (13-16) (allèle *Glu-B1f*) avec une fréquence de 10% présent chez une seule variété sachant qu'il caractérise l'excellente qualité technologique de la pâte (Tableau N°25).

4.4.3 Calcul des fréquences allélique

Les calculs des fréquences des différentes formes alléliques portées par les loci *Glu-A1* et *Glu-B1*, ont donné des résultats résumés dans le tableau suivant :

Tableau n°25 : fréquence des différentes formes alléliques

locus	Allèle	Sous unité	Fréquence	%
Glu -A1	c	Nul	1	100
Glu-B1	b	7+8	0.8	80
	d	6+8	0.1	10
	f	13+16	0.1	10

Pour le locus Glu A1, la distribution des deux allèles dans la collection des 10 variétés des blés due à été à 100% nul pour l'allèle c exprimant l'allèle nul.

Pour le locus Glu-B1, plusieurs formes allélique sont répondues par les différentes proportions qui étaient de 80% de l'allèle b suivi par l'allèle d avec une fréquence de 10% et en dernier par l'allèle f qui a aussi la fréquence 10%.

4.4.4 Calcul des diagrammes variétaux :

L'analyse révélée par le dendrogramme (figure n °5) montre l'existence de 3 groupes distincts, le premier comprenant l'ensemble des témoins et les variétés 1, 2, 3, 4, 5,7 le 2ème groupe contient les variétés 8,10 et le troisième groupe forme par la variété 6 et 9.

Tableau N° 26 : diagramme type des SG-HPM des blés dur

Colonne1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
7	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

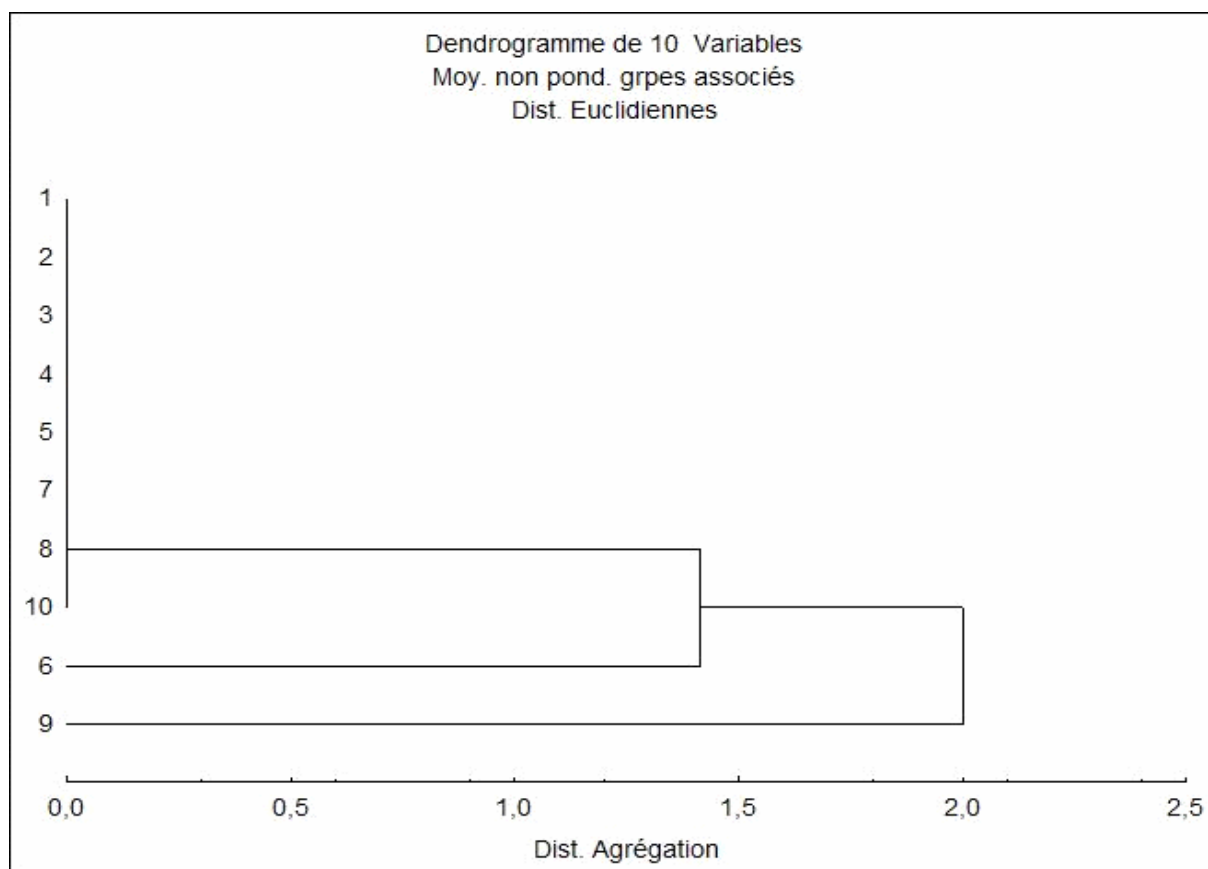


Figure n°5 : dendrogramme de la collection de blé dur

D'après les résultats obtenus pour chaque paramètre étudié, on a essayé de faire une analyse des moyennes suivi d'une évaluation de l'impact d'un caractère sur un autre. Pour cela nous avons procédé à l'établissement d'une matrice des corrélations entre les différents caractères mesurés contenu au (Tableau n°27)

5. Corrélation entre les différents caractères

Il apparait clairement qu'il y a globalement des corrélations importantes positives et significatives entre le taux de protéines totales et le gluten humide et sec. Entre le taux de gluten humide et sec, la corrélation est logique soit très haute et positive 0,94%.

On constate aussi que le poids de mille grains a une assez forte relation inversement proportionnelle avec le taux de mitadinage. Ceci est aussi attendu puisque ces caractères sont tous les deux fortement influencés par le milieu.

Tableau n°27 : Matrice des corrélations entre les différents paramètres étudiés :

conclusion

	Hauteur	Epiaison	PMG	Humi grain	pro tot	GH	GS	MIT	MOU
Hauteur	1								
Epiaison	-0,45	1							
PMG	0,53	0,33	1						
Hum grain	-0,41	0,67	-0,32	1					
protot	0,17	0,41	-0,33	0,74	1				
GH	0,23	0,35	0,3	0,33	0,77	1			
GS	0,19	0,13	-0,06	0,24	0,83	0,94	1		
MIT	-0,36	-0,28	-0,78	0,31	0,82	0,47	0,19	1	
MOU	0,24	0,24	0,45	0,73	0,35	0,15	0,11	0,19	1

Au niveau des autres paramètres, il n'y a pas lieu de signaler une quelconque corrélation vu que les taux sont assez faibles et non significatifs.

Ces résultats corroborent ceux signalés par Benhalillou, 2013 et Bentounsi et al, 2015 pour la même espèce au niveau du constantinois.

CONCLUSION :

De cette étude qui est une contribution à l'identification de paramètres de qualité technologique les plus importants chez le blé dur, nous avons pu voir que la plupart des paramètres sont d'une importance considérable qu'il faut considérer afin d'atteindre un équilibre alimentaire adéquat.

Il a été surtout noté que tous les génotypes sont différents et ont montré une importante variabilité génétique pour tous les caractères de qualité technologique et agronomique considérés.

Les différences ont été pour la plupart des traits, significatives à hautement significatives que ce soit pour le taux de protéines totales dont les valeurs ont oscillées entre 9,2% et 14,18%, que pour le poids de mille grains (37,5 à 50g), la teneur en eau du grain (11% à 11,8%), le

gluten humide et sec (5,65 à 8,92 et 4,42 à 6,8g), les taux de mitadinage (2,75 à 12,25% à l'exception de la variété Cirta 52,75%) et de moucheture (0,75 à 3,25%) , à l'exception de la levée à la sortie hiver et le taux d'humidité des grains.

Il est à signaler les fort PMG et taux de protéines, ainsi que le faible taux de moucheture et une vitrosité importante chez toutes les variétés sauf pour le lot Cirta.

Les résultats de ce travail peuvent être considéré en vue d'une contribution à la sélection et l'obtention de nouvelles variétés de blé dur en Algérie et servir aussi les utilisateurs finaux de ce produit et qui sont les agriculteurs.

La lecture de l'électrophorèse réalisée permet aussi de contribuer à la caractérisation des différentes variétés en déterminant leur polymorphisme. Ce dernier a indiqué une grande variabilité génétique

Enfin les corrélations positives et négatives significatives signalées entre les caractères de qualité et du PMG confirment tous les travaux antérieurs des autres auteurs.

PERSPECTIVES :

- Il est indispensable de refaire les mêmes travaux à l'avenir pour identifier les meilleurs attributs de la qualité technologique des blés qui serviront à leur sélection et caractérisation.
- Les analyses biochimiques devraient être complétées par des analyses de qualité technologique tel que le rendement semoulier et tous les autres paramètres utiles pour la confection des pâtes et autres produits (couscous et différents gâteaux traditionnels).
- Promouvoir l'utilisation combinée des outils biotechnologiques et biochimiques avec ceux de la sélection classique et aller vers la sélection assistée par marquage

Références Bibliographiques

moléculaire pour aider les sélectionneurs à être plus efficaces dans leur travail et fournir aux utilisateurs des produits de bonne qualité technologique.

- Enfin, ce travail aurait été plus intéressant si on avait pu aller jusqu'à l'analyse du rendement grain et ses composantes pour avoir une idée plus claire sur les relations quantité/qualité du produit.

Références bibliographiques :

- **ABDELLAOUI Z., MARICHE O., 2008** : Effet de la fertilisation azotée sur l'expression de la qualité technologique du blé dur : propriétés physico-chimiques. *Céréaliculture*, n°50 : 18-28.
- **A.CAUDERON 1976** le blé ; céréale d'avenir France p13.
- **A.DJERMOUN.** La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques.
- **AFNOR ., 1991** : 178, Norme Codex pour la semoule et la farine de blé dur.
- **ANONYME., 2006** : Amélioration de la valeur technologique et commerciale du blé dur : vers une réduction des taux de moucheture et de mitadin. Colloque régional du 21 juin 2006 «Campus INRA-AGRO Montpellier » : 4p.

- **BARKOUTI A., 2012** : Agglomération humide de poudres à réactivité de surface – de la morphogénèse de structures alimentaires agglomérées Thèse pour obtenir le grade de docteur de l'université Montpellier II .185p.
- **BATTAIS F., RICHARD C., LEDUC V., 2007** : les allergènes du grain du blé, Département recherche, laboratoire ALLERBIO, Groupe ALK-Abello, 51140 Van deuil, France Revue française d'allergologie et d'immunologie clinique 47 ; pp 171–174.
- **BENBELKACEM A, SADLI F, BRINIS L.1995**La recherche pour la qualité des blés durs en Algérie. **Séminaires Méditerranéens**. ICARDA / CIHEAM / CIMMYT.zaragoza 17-19 novembre.
- **BENBELKACEM A, A.BENTOUNSI et L.ELHADEF EL OKKI,. 2015**. L'amélioration du blé pour la qualité technologique. L'Algérie Agricole. P27-29.
- **BENHALILOU N, 2013**. Contribution à l'étude de la qualité d'une gamme de variétés algériennes de blé dur (*Triticum durum* Desf.L). Mémoire de master 2. Univ.Mentouri Constantine. P.54.
- **BENTOUNSI A, 2015**. Contribution à l'étude de l'amélioration du blé dur (*Triticum durum* Desf.L) pour la qualité technologique. Mémoire de master 2. Univ.Mentouri Constantine. P. 67.
- **BOUDREAU A., MATSUO R., LAING W., 1992** : L'industrie des pâtes alimentaires, pp : 193-223. In « Le blé. Eléments fondamentaux et transformation ». Coordonnateurs : Boudreau A. et Menard G., Ed. Les presses de l'Université Laval, Canada. 439 pages
- **BOZZINI A. (1988)**. « Origin, distribution, and production of durum wheat in the world. »Dans Fabriani G. et C. Lintas (éd). *Durum: Chemistry and Technology*. AACC (Minnesota), États-Unis. p. 1-16
- **Branlard, G., Autran, J.C., Rousset. Dardevet, M et Koenig, g, (1990)**.Catalogue des sous unités de haut poids moléculaire des gluténines des blés (*T.aestivum*et *T.durum*) INRA ed.60p.
- **CHERDOUH A. (1999)**.caractérisation biochimique et génétique des protéines de réserve des blés dur algériens : relation avec la qualité. Mémoire .magister.Univ. Constantine.
- **DACOSTA Y., 1986** : Le gluten de blé et ses applications. APRIA. Association pour la promotion industrielle agriculture. Paris édition, pp : 29-56.
- **FAO, Food and Agriculture Organisation (.1995)**.Conservation et utilisation durable des

Ressources phylogénétiques pour la méditerranée ; Annexe du rapport de la réunion préparatoire sous-régionale pour la méditerranée. Octobre, 1995, Tunisie.

- **FEILLET P., 2000** : Le grain de blé, composition et utilisation, Paris : 303 p.
- **FELDMEN, M. (2001)**. Origin of Cultivated Wheat. Dans Bonjean A.P. et W.J. Angus (éd.) The World Wheat Book : à history of wheat breeding. Intercept Limited, Andover Angleterre 3-58.
- **FREDOT E., 2005** : Connaissance des aliments. TEC & DOC, Paris, 397p.
- **Giannibélli, MC; Larroque, O.R. MacRitchie, F. et Wrigley, C.W. (2001)**. Biochemical, genetic, and Molecular Characterization of Wheat Endosperm Proteins. Cereal CHEM. 78/635-646.
- **HAWKESFORD M.J., 2014** : Reducing the reliance on nitrogen fertilizer for wheat Production, Journal of Cereal Science (59) ; pp 276-283.
- **HERNANDEZ J.A.Z. SANTIVERI F., MICHELENA A. And PENA R.J. (2004)**. Durum wheat (*triticum turgidum*.) carrying the 1BL/1RS chromosomal translocation : agronomic and quality characteristics under Mediterranean conditions. European journal of agronomy 30.
- **HUNTER A.S., STANFORD G., 1973** : Protein content of winter wheat in relation to rate and time of nitrogen fertilizer application. *Agron. J.* 65 : pp 772-774
- **INRA. 2000**. Le blé dur, histoire d'une sélection millénaire
- **KELLOU R., 2008** : Analyse du marché algérien du blé dur et les opportunités d'exportation pour les céréaliers français dans le cadre du pôle de compétitivité qualité-méditerranéen le cas coopérative sud céréales, groupe coopératif occitan et Auecoop. Thèse master en science IAAMM n°93 .CIHEMM Montpellier .160 pages.
- **LIU C.Y., SHEPHERD K.W., RATHJEN A.J., 1996** : Improvement of durum wheat pasta making and bread making qualities. *Cereal Chemistry* 73 : pp 155-166.
- **MADANI M., 2009** : qualité technologique de quelques céréales (blé tendre, blé dur, orge et triticale) C/S du laboratoire de technologie de l'ITGC. 20p.
- **MARTIN R.J., SUTTON K.H., MOYLE T.H., HAY R.L., GILLESPIE R.N., 1992** : Effect of nitrogen fertilizer on the yield and quality of six cultivars of autumn-sown wheat. *Crop Hortic. Sci*, N°20, pp 273-282.
- **MEBTOUCHE K., 1998** : Caractérisation technologique de quelques lignées de blé dur In : Céréaliculture N°32. Revue technique et scientifique de l'ITGC. Alger, pp 27-33.

- **MESSABIHI M., 2008.** Ionisation d'un blé dur : incidences biochimiques et physiologiques, mémoire d'ingénieur d'état en Agronomie, Technologie alimentaire et nutrition humaine,
- **MOSINIAK M. PRAT R. et ROLANDE J, C., 2008** Le blé au pain. Biologie et multimédia. France dossier.15p
- **PATRICK J.F., 2006 :** Influence des fractions de mouture de blé tendre (farines patente, de Coupure et basse) sur les propriétés rhéologiques des pâtes et caractéristiques des biscuits. Thèse de doctorat en sciences et Technologie des Aliments. Université Laval-Québec. 293p
- **PAUL C., 2007 :** Céréales et alimentation : une approche globale Agriculture Environnement Alimentation et Céréales-INRA 07, pp 1-4.
- **PELTONE J., 1995 :** Grain yield and quality of wheataaffected by nitrogenfertilizer Application timedaccording to apical development. Acta. Agri. Scand. Sect. B. Soil and plantscience, N°45, pp 2-14.
- **PORCEDDU E., 1995 :** Durumwheatquality in the Mediterranean Countries, OptionsMéditerranéennes, Série A : N°22, Zaragoza (ESP), University of Tuscia. Dept. OfAgrobiology and Agrochemistry, Viterbo, Italy, pp 11-21.
- **QUAGLIA G.B., 1988 :** Otherdurumwheatproducts. In :*Durum:Chemistry and Technology*, G Fabriani and C Lintas, eds. American Association of CerealChemists, St.Paul, MN. pp 263-282.
- **ROUDAUT H., LEFRANCQ E., 2005 :** Alimentation théorique, Série science des aliments, centre régional de documentation pédagogique d'Aquitane. 305 p.

Annexes

Annexe 1 : tableau du caractère poids de mille grains des variétés testé

Colonne1	Colonne2	Colonne3	Colonne4	Colonne5	Colonne6
waha	46	46	46	48	40,65
Cirta	40	50	40	50	45
GTA dur	49	51	50	50	47,75
wahbi	41	40	38	41	37,75
var1	35	39	38	38	30,75
var2	46	38	37	38	33,225
var3	37	38	37	38	30,75
var4	41	42	42	42	40,175
var5	47	49	49	49	40,85
var6	46	46	46	48	40,65

Annexe 2 : tableau du caractère moucheture des variétés testé

Colonne1	I	II	III	IV	X
WAHA	1	5	1	2	2,25
CIRTA	3	6	2	2	3,25
GTA DUR	1	0	0	1	0,5
WAHBI	0	1	1	1	0,75
VAR5	2	1	0	0	0,75
VAR6	3	4	0	1	2
VAR7	3	3	2	1	2,25
VAR8	0	4	0	2	1,5
VAR9	2	1	3	3	2,25
VAR10	2	2	2	0	1,5

Annexe n° 3 : tableau du caractère mitadinage des variétés testé

variété	mit1	mit2	mit3	mit4	X
waha	1	2	4	6	3,25
Cirta	45	55	48	63	52,75
gta dur	12	10	17	10	12,25
wahbi	14	8	12	4	9,5
var1	6	6	8	11	7,75
var2	1	6	5	1	3,25
var3	5	4	10	8	6,75
var4	3	4	4	5	4
var5	3	8	6	7	6
var6	3	1	5	2	2,75

Annexe n°4 : tableau de mesure de type agronomique a la sortie hiver :

Colonne1	I	II	III	IV	X
waha	4	5	4	3	4
cirta	4	5	4	3	4
GTA DUR	3	5	3	3	3,5
wahbi	4	5	5	3	4,25
1	4	4	3	4	3,75
2	4	5	4	4	4,25
3	4	5	3	4	4
4	3	5	3	4	3,75
5	4	4	5	4	4,25
6	4	4	4	5	4,25

Annexe n°5 : protéines totales des variétés testées

Colonne1	I	II	III	IV	Colonne2
1	13,3	13,3	13,2	13,8	13,4
2	9,4	9,2	9,2	9	9,2
3	11,3	11,6	11,5	10,9	11,325
4	13	13	12,6	12,3	12,725
5	12,7	12,6	12,6	12	12,475
6	13,9	13,7	13,4	13	13,5
7	13,7	13,4	13,8	13	13,475
8	13,7	13,8	13,5	13,1	13,525
9	13,1	13,2	12,9	12,5	12,925

10	14,4	14,4	14	13,9	14,175
	119,1	119	117,5	114,5	12,6725

Annexe n°6 : tableau du caractère humidité des variétés testé

Colonne1	1	2	3	4	moyenne
WAHA	11	11,1	11,5	11,2	11,2
CIRTA	11,8	11,8	11,8	11,6	11,75
GTA DUR	11,2	11,1	11,2	11,3	11,2
WAHBI	10,9	10,7	10,9	10,8	10,825
var5	11,2	10,9	11,1	11,3	11,125
var6	11,2	11,1	11	11,5	11,2
var7	11,5	11,3	11,4	11,6	11,45
var8	11,2	11,6	11,3	11,5	11,4
var9	11	10,9	10,9	11,2	11
var10	11,3	11,1	11,3	11,5	11,3

Annexe n°7 : tableau du caractère gluten humide des variétés testé

Colonne1	I	II	III	IV	moyenne
waha	7,39	7,23	7,18	6,32	7,03
cirta	6,8	5,3	5,9	5,2	5,8
GTA DUR	7,8	7,5	7,01	6,28	7,1475
wahbi	8,85	8,2	8,97	9,66	8,92
1	6,13	7,05	6,15	5,63	6,24
2	5,53	6,01	5,8	5,26	5,65
3	6,08	6,64	6,03	5,81	6,14
4	6,08	7,05	6,21	5,86	6,3
5	8,77	8,2	8,88	7,77	8,405
6	8,97	8,33	8,81	8,25	8,59

Annexe n°8 : tableau du caractère gluten sec des variétés testé

Colonne1	I	II	III	IV	moyenne
waha	6,74	7,54	6,21	6,63	6,78
cirta	5,02	4,13	4,2	4,33	4,42
GTA DUR	7,15	6,84	6	6,01	6,5
wahbi	4,98	5,82	5,11	5,37	5,32
1	5,03	4,92	5	5,13	5,02
2	5,2	4,19	4,1	4,27	4,44
3	6,01	5,1	4,6	4,33	5,01
4	5	4,37	4,03	5,48	4,72
5	7,13	6,63	6,6	6	6,59
6	4,96	5,94	6,84	6,86	6,15

Contribution de l'étude de quelques caractères agronomiques et technologiques chez quelques variétés de blé dur (*Triticum durum*, Desf.L)

Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Master en Biologie et Génétique végétale

Résumé :

Ce travail fait partie de l'étude relative à quelques caractéristiques qualitatives sur dix génotypes de blé dur (*triticum durum*, Desf L) dont 4 témoins locaux. La réalisation a été faite sur huit caractéristiques de qualité ; pour cela plusieurs analyses de qualité technologique et biochimique ont été réalisées. Les résultats qui en découlent ont montré une grande variabilité génétique entre les génotypes étudiée pour tous les caractères considérés pris un à un. Les analyses statistiques ont montré des différences hautement significatives que ce soit pour le taux de protéines totales dont les valeurs ont oscillées entre 9,2% et 14,18%, ou pour le poids de mille grains (37,5 à 50g), la teneur en eau du grain (11% à 11,8%), le gluten humide et sec (5,65 à 8,92 et 4,42 à 6,8g), les taux de mitadinage (2,75 à 12,25%) entre les différentes variétés testées à l'exception de Cirta (52,75%) et de moucheture (0,75 à 3,25%). L'étude biochimique sur cette collection a permis de séparer l'ensemble des sous unités gluténines et d'obtenir des profils électrophorétiques très clairs avec un polymorphisme important. Des corrélations importantes positives et significatives entre le taux de protéines totales et le gluten humide et sec sont constatées ; entre le taux de gluten humide et sec (0,94%). Le poids de mille grains a une assez forte relation inversement proportionnelle avec le taux de mitadinage car fortement influencés par le milieu.

De ces résultats fort intéressants, un bon travail de sélection est suggéré pour parvenir à mettre à la disposition des agriculteurs des produits très performants en rendement grains et en semoule allié à une bonne qualité technologique

Mots clés : *Blé dur, qualité technologique, analyse biochimique, variabilité, polymorphisme.*

Laboratoire de recherche : ITGC khroub,

Jury d'évaluation :

Président du jury : Mr.KELLOU Kamel Maître-assistant - UFM Constantine

Rapporteur : Dr.BENBELKACEM Abdelkader DR-INRAA Constantine.

Examineurs : Dr HAMMOUDA Dounia maitre-assistant - UFM Constantine

Date de soutenance : 18/06/2016

Contribution de l'étude de quelques caractères agronomiques et technologiques chez quelques variétés de blé dur (*Triticum durum*, Desf.L)

Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Master en Biologie et Génomique végétale

Résumé :

Ce travail fait partie de l'étude relative à quelques caractéristiques qualitatives sur dix génotypes de blé dur (*triticum durum*, Desf L) dont 4 témoins locaux. La réalisation a été faite sur huit caractéristiques de qualité ; pour cela plusieurs analyses de qualité technologique et biochimique ont été réalisées. Les résultats qui en découlent ont montré une grande variabilité génétique entre les génotypes étudiée pour tous les caractères considérés pris un à un. Les analyses statistiques ont montré des différences hautement significatives que ce soit pour le taux de protéines totales dont les valeurs ont oscillées entre 9,2% et 14,18%, ou pour le poids de mille grains (37,5 à 50g), la teneur en eau du grain (11% à 11,8%), le gluten humide et sec (5,65 à 8,92 et 4,42 à 6,8g), les taux de mitadinage (2,75 à 12,25%) entre les différentes variétés testées à l'exception de Cirta (52,75%) et de moucheture (0,75 à 3,25%). L'étude biochimique sur cette collection a permis de séparer l'ensemble des sous unités gluténines et d'obtenir des profils électrophorétiques très clairs avec un polymorphisme important. Des corrélations importantes positives et significatives entre le taux de protéines totales et le gluten humide et sec sont constatées ; entre le taux de gluten humide et sec (0,94%). Le poids de mille grains a une assez forte relation inversement proportionnelle avec le taux de mitadinage car fortement influencés par le milieu.

De ces résultats fort intéressants, un bon travail de sélection est suggéré pour parvenir à mettre à la disposition des agriculteurs des produits très performants en rendement grains et en semoule allié à une bonne qualité technologique

Mots clés : *Blé dur, qualité technologique, analyse biochimique, variabilité, polymorphisme.*

Laboratoire de recherche : ITGC khroub,

Jury d'évaluation :

Président du jury : Dr HAMMOUDA Dounia maitre-assistant - UFM Constantine
Examineurs : Dr.BENBELKACEM Abdelkader DR-INRAA Constantine.
Rapporteur : Mr.KELLOU Kamel Maître-assistant - UFM Constantine

Date de soutenance : 18/06/2016