

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

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



جامعة الاخوة منتوري قسنطينة
كلية علوم الطبيعة و 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 l'amélioration du blé dur (*Triticum durum*, Desf L.) pour la qualité technologique en Algérie.

Présenté et soutenu par : Bentounsi Amira

Le : 16 /06/2015

Jury d'évaluation :

Présidente du jury : Mme. KHALFALLAH Nadra Professeur UFM Constantine.

Rapporteur : Mr. BENBELKACEM. Abdelkader MR 'A' - INRAA Constantine.

Examineur : Mr. KELLOU Kamel Maître Assistant UFM Constantine.

***Année universitaire
2014 – 2015***

REMERCIEMENTS

Ce travail est le fruit d'une contribution multi-institutionnelle sous la direction de la division de recherche en biotechnologie et amélioration des plantes de l'INRA d'Algérie, de la station expérimentale de l'ITGC d'Elkhroub, du laboratoire de génétique, biochimie et biotechnologie végétale université des frères mentouri et du complexe Moulins Benamor à Guelma, qui ont tous mis à notre disposition le matériel végétal et les laboratoires pour réaliser toutes les manipulations. Qu'ils soient tous (responsables et personnel) grandement remerciés.

Je tiens à exprimer mes remerciements à Mme. Khalfallah Nadra Professeur à la faculté des sciences de la nature et de la vie de Université frères mentouri qui a accepté de présider ce jury. Qu'elle soit ici remerciée de l'intérêt qu'elle a porté à cet humble travail.

Je tiens à exprimer ma gratitude à Mr. Kellou Kamel, à la faculté des sciences de la nature et de la vie de Université frères mentouri qui a accepté d'examiner ce travail. Je le remercie aussi pour les conseils précieux qu'il m'a prodigué tout au long de mes études.

Aussi, Last but not least, je tiens à exprimer ma reconnaissance au Docteur Benbelkacem Abdelkader, qui n'a ménagé aucun effort pour m'encadrer dans ce travail qu'il a choisi pour moi afin de contribuer à l'effort national pour améliorer le blé et fournir aux agriculteurs un produit performant et de qualité. Je voudrais aussi le remercier pour m'avoir pris en charge dans ses laboratoires et champs d'expérimentation malgré ses grandes responsabilités. Il a été pour moi, un guide dans le domaine scientifique mais aussi un père.

Un grand merci à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin dans les différents laboratoires (Professeur Khelifi Douadi et son personnel à Constantine; Mr.Kahlerras et son équipe à Guelma), l'ITGC Elkhroub (Mr.Sakhri L, Mr.Zeltni et Mr.Kelkoula) et Mr.Debbah M Ferme de Beni Mestina et Mr.Aggoune A.L de la ferme pilote de Sigus (O.E.B). Enfin, je voudrais aussi remercier tous mes camarades de ma promotion Biotechnologie et génomique végétales de l'Université frères mentouri.

PDF Pro Evaluation

DEDICACES

A la mémoire de Papa

A ma maman

A mes frères.

Que ce travail soit aussi le votre

PDF Pro Evaluation

Résumé

L'étude relative aux caractéristiques qualitatives sur quarante génotypes de blé dur (*Triticum durum*, Desf L) dont huit témoins locaux parmi les anciennes variétés et cinq nouvelles obtentions a été faite sur huit caractéristiques de qualité et de rendement grain. Pour cela, plusieurs analyses de qualité technologique et biochimique ont été réalisées. Les résultats qui découlent ont montré une grande variabilité génétique parmi les génotypes étudiés pour tous les caractères considérés pris un à un. Les analyses statistiques ont montré des différences très hautement significatives que ce soit pour le taux de protéines totales dont les valeurs ont oscillées entre 9,4% et 15,4%, que pour le poids de mille grains (33,5 à 54,75g), la teneur en eau du grain (8,55 à 9,93%), le gluten humide et sec (6,93 à 12,3 et 2,56 à 5,1g), les taux de mitadinage (1,6 à 10,37%) et de moucheture (2,85 à 11,45%) et enfin pour le rendement grains (23,42 à 48,33q/ha). La grande remarque à tirer de cette étude est qu'en matière de rendement nos variétés populations anciennes ont confirmé leur faible niveau mais ont en contre partie montré un fort PMG et des taux de protéines élevés. Ce travail confirme ainsi la relation négative entre la quantité et la qualité décrite antérieurement par plusieurs auteurs. Nos résultats sont fort intéressants où un bon travail de sélection peut se faire pour mettre plus tard aux agriculteurs des produits très performants en rendement grain et en semoule allié à une bonne qualité technologique. Les analyses biochimiques ont elle aussi contribué à caractériser les différents génotypes et déterminer leur polymorphisme important précisant ainsi une grande variabilité génétique

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

Summary:

The study on the qualitative characteristics of forty genotypes of durum wheat (*Triticum durum*, Desf L) including eight local witnesses among the old varieties and five new varieties was done on eight quality characteristics and grain yield. For this, several technological and biochemical analyzes of quality were conducted. The ensuing results showed high genetic variability among genotypes for all characters considered taken one by one. Statistical analyzes showed very highly significant differences both for the total protein whose values have oscillated between 9.4% and 15.4%, for the thousand kernel weight (33.5 to 54,75g), the water content of the grain (8.55 to 9.93%), wet and dry gluten (6.93 to 12.3 and 2.56 to 5.1 g), mitadinage rates (1.6 to 10.37%) and speck (from 2.85 to 11.45%) and for grain yield (23.42 to 48,33q / ha). The great note to be drawn from this study is that in terms of performance our old varieties have confirmed their populations low but have shown a strong party against PMG and high protein levels. This work confirms the negative relationship between the quantity and quality previously described by several authors. Our results are very interesting where a good job of selection can be made later to bring farmers with high performance products yield grain and semolina combined with a good technological quality. Biochemical analyzes have also contributed to characterize the different genotypes and determine their polymorphism and indicating high genetic variability.

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

الملخص :

وقد أجريت الدراسة على الخصائص النوعية من أربعين التراكيب الوراثية من القمح القاسي (الحنطة القاسي، Desf L) بما في ذلك ثمانية شهود من بين الأصناف القديمة وخمسة أصناف جديدة على ثمانية خصائص الجودة ومحصول الحبوب. لهذا، أجريت عدة تحاليل التكنولوجية والكيميائية الحيوية للجودة. وأظهرت النتائج التي تلت ذلك التباين الوراثي عالية بين التراكيب الوراثية لجميع الشخصيات تعتبر اتخذت واحدا تلو الآخر. وأظهرت التحليلات الإحصائية خلافاً جداً كبيرة للغاية سواء بالنسبة للبروتين الكلي الذين تراوح بين 9.4% و 15.4% القيم، لوزن الألف حبة (33.5 إلى 54.75 g)، ومحتوى المياه من الحبوب (8.55-9.93%)، الجلوتين الرطب والجاف (12.3-6.93 و 5.1-2.56 ز)، ومعدلات (1.6 10.37 %mitadinage) وذرة (2.85 حتى 11.45%) ومحصول الحبوب (23.42 إلى 48.33 q / هكتار). مذكرة كبيرة التي يمكن استخلاصها من هذه الدراسة هو أن من حيث الأداء وأكدت الأصناف القديمة لدينا سكانها منخفضة ولكن أظهرت طرف قوي ضد مستويات PMG ونسبة عالية من البروتين. هذا العمل يؤكد العلاقة السلبية بين كمية ونوعية وصفت من قبل العديد من الكتاب. نتائجا مثيرة جدا حيث يعمل جيد لاختيار ويمكن إجراء في وقت لاحق لجلب المزارعين مع منتجات عالية الأداء محصول الحبوب والسמיד جنبا إلى جنب مع نوعية تكنولوجية جيدة. وقد ساهمت التحليلات الكيميائية الحيوية أيضا لوصف الأنماط الجينية المختلفة وتحديد تعدد الأشكال وتشير التباين الوراثي عالية.

FNJkzAe QzUz

: " ad 4XzEhFNyDzVzZFNuOzFJ QNDNzY NQzUz 5UzEz FNzEzGzso ü

PDF Pro Evaluation

SOMMAIRE

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES ABREVIATIONS

LISTE DES ANNEXES

Introduction

Partie 1 : Synthèse bibliographique

1. Historique du blé dur	4
1.1 Historique et répartition éco géographique	4
2. Origine du blé dur	5
2.1 Culture du blé dur	6
2.2 Rôle de la sélection dans l'amélioration du blé	6
2.3 Accès et conservation des ressources génétiques du blé	7
2.4 Utilisation du blé	8
3. Notion de qualité Critères de qualité chez le blé dur	9
3.1 Notion de qualité technologique	9
3.2 Critères de qualité chez le blé dur	10
3.2.1 La valeur de première transformation ou valeur meunière ou semoulière	10
3.2.2 La Moucheture	11
3.2.3 Le Mitadinage	11
3.2.4 Le Calibrage	11
3.2.5 La valeur pastière	11
3.2.6 Indice de coloration de la semoule	11
3.2.7 Poids de mille grains	12
3.2.8 Le poids spécifique	12
3.3 Qualité culinaire des pâtes alimentaires	12
3.4 Les composants du grain en relation avec la qualité	13
3.4.1 Les protéines	13
3.4.1.1 Les protéines solubles	13

3.4.1.2	Les protéines de réserves	13
3.4.2	Le gluten	14
3.4.3	L'amidon	14
3.4.4	Les pentosanes	15
3.4.5	Les lipides	15
4.	L'amélioration génétique du blé dur	15
5.	Les outils utilisés pour l'amélioration de la qualité	16
5.1	Outils biochimiques et technologiques	17
6.	Outils biotechnologiques	18
7.	L'amélioration de la production sous conditions climatiques variables	18
Partie 2 : Matériel et méthodes		
1.	Le matériel végétal	20
Méthodes		20
2.	Caractères mesurés	20
2.1	Détermination du poids de mille grains	20
2.2	Détermination du taux d'humidité du grain	21
2.3	Détermination du taux de mitadinage	22
2.4	Détermination du taux de moucheture	23
2.5	Teneur en Gluten humide	24
2.6	Teneur en Gluten Sec	24
2.7	Rendement Grain	24
2.8	Analyses biochimiques	24
2.8.1	Analyse par le proche infrarouge (NIRS)	25
2.8.2	Electrophorèse SDS-page	25
2.8.3	Méthode d'extraction séquentielle des gluténines pour l'étude du polymorphisme des « SG-HPM »	26
2.9	Electrophorèse des gluténines	27
2.10	Analyse statistique	29
2.11	Recherche des impuretés	29
2.12	Détermination de la couleur	29
3.	Méthodes statistiques utilisées	30

Partie 3 : Résultats et Discussion

1. Protéines totales	32
2. Poids de mille grains	33
3. Humidité du grain	33
4. Gluten Humide et Gluten sec	34
5. Mitadinage	34
6. Moucheture	35
7. Rendement grain	36
8. Variabilité des glutenines	37
8.1 Diversité génétique des sous unités gluténines HPM des blés durs cultivés...	38
8.1.1 Variabilité du locus <i>Glu-A1</i>	38
8.1.2 Variabilité du locus <i>Glu-B1</i>	39
8.1.3 Calcul des fréquences alléliques	39
8.1.4 Calcul des diagrammes variétaux	40
9. Corrélation entre les différents caractères	41
Conclusion et perspectives	42
Références bibliographiques	43
ANNEXES	50
PUBLICATIONS	

Liste des abréviations

FAO : L'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.

ICARDA : Centre international de recherche agricole dans les zones arides.

CIMMYT : centre international d'amélioration du maïs et du blé du Mexique.

PCR : Réaction en chaîne par polymérase.

PNAB : Programme national d'amélioration de blé.

INRAA : Institut national de la recherche agronomique d'Algérie.

ITGC : Institut Technique des Grandes cultures

NIRS : spectroscopie proche infrarouge

Electrophorèse SDS-page: électrophorèse en gel de polyacrylamide contenant du dodécylsulfate de sodium

SG HPM : gluténines de haut poids moléculaire.

HCL : acide chlorhydrique.

Tris : trishydroxyméthylaminométhane.

PMG : poids de milles grains.

SDS : dodécylsulfate de sodium.

DTT : dithiothréitol.

TEMED : Tétraméthylethylénédiamine

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Lieux d'origine et diffusion de *Triticum monococum* à travers le monde.(*Vilmorin 1880 in Bozzini 1988*).

Figure 2 : Lieux d'origine et diffusion de *Triticum turgidum* à travers le monde (*Vilmorin 1880 in Bozzini 1988*).

Figure 3 : profils electrophorétiques de 15 variétés :témoins : 1(V40Beliouni) , 4(V30 Hedba-03), 7(V35 Bidi17), 11(V25 MMB), 15(V39 Gloire de Montgolfier)

Figure 4. Arbre phylogénique de la collection des blés durs.

PDF Pro Evaluation

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Principales utilisations du blé dur dans le monde (Quaglia 1988 in Cherdouh 1999).

Tableau 2 : Comparaison de moyennes entre les lignées avancées testées, les anciennes et nouvelles variétés pour les différents paramètres mesurés (2013/2014).

Tableau 3 : Fréquence des différentes formes alléliques.

Tableau 4 : Corrélations entre les différents paramètres étudiés.

PDF Pro Evaluation

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Liste du matériel végétal en analyse qualité 2015

Annexe 2 : ANOVA du taux de protéines totales des génotypes testées (2014/2015)

Annexe 3 : ANOVA du poids de mille grains des génotypes testés (2014/2015)

Annexe 4 : ANOVA du caractère Humidité du grain des génotypes testés (2014/2015)

Annexe 5 : ANOVA du caractère Gluten Humide pour les génotypes testés (2014/2015)

Annexe 6 : ANOVA du caractère Gluten Sec pour les génotypes testés (2014/2015)

Annexe 7 : ANOVA du caractère Mitadinage pour les génotypes testés (2014/2015)

Annexe 8 : ANOVA du caractère Moucheture pour les génotypes testés (2014/2015)

Annexe 9 : ANOVA du caractère Rendement grain pour les génotypes testés (2014/2015)

Annexe 10 : Test Newman-Keuls sur le Taux de protéines totales

Annexe 11 : Test Newman-Keuls sur le Poids de mille grains.

ANNEXE 12 : Test Newman-Keuls pour le Taux d'humidité du grain

ANNEXE 13 : Test Newman-Keuls sur le Taux de GLUTEN HUMIDE

ANNEXE 14 : Test Newman-Keuls sur le GLUTEN SEC

ANNEXE 15 : Test Newman-Keuls sur le Taux de Mitadinage

ANNEXE 16 : Test Newman-Keuls sur le Taux de Moucheture :

ANNEXE 17 : Test Newman-Keuls sur le Rendement Grain

Introduction

PDF PRODUCTION

L'Algérie possède une superficie globale de 2.380.000 Km² et possède des caractéristiques topographiques et bioclimatiques qui permettent de montrer une diversité des paysages et des systèmes de cultures. Une grande partie de la céréaliculture se concentre à l'intérieur du pays, sur les hautes plaines. Ces dernières se caractérisent par des hivers froids, un régime pluviométrique irrégulier, des gels printaniers très fréquents et des vents chauds et secs en fin de cycle de la culture. Tous ces facteurs influent sur la production céréalière qui se caractérise par une moyenne nationale très variable d'une année à l'autre (Selmi, 2000; Djekounet *al.*, 2002).

L'amélioration de la production au niveau de ces zones ou du moins sa stabilité peut se voir par la recherche de nouvelles variétés plus adaptées, qui réagissent positivement aux variations pédoclimatiques pour donner un rendement acceptable à chaque récolte. Au niveau des zones semi-arides et arides, caractérisées par de nombreuses contraintes climatiques, la production connaît de fortes variations spatiales et inter annuel. Le plus souvent la sélection n'a fourni que des géotypes sensibles à la variation environnementale.

La variabilité des rendements en grain est due à des interactions des géotypes avec l'environnement de production parce que ces géotypes ont été le plus souvent sélectionnés sur la base de leur potentiel de rendement sans tenir compte de l'aspect adaptation (Fischer, 1985, Ceccarelli et Grando, 1991).

Selon Bozzini(1988), les limites des dimensions du géotype sont rarement atteintes et ne constituent donc jamais une cause de limitation du rendement. Ce qui limite les rendements d'une variété c'est l'environnement mis à sa disposition, de sorte que si une variété donne de meilleurs rendements qu'une autre, c'est parce qu'elle possède la capacité de mieux utiliser les disponibilités de l'environnement de production. La caractérisation du milieu où la plante sera appelée à évoluer est donc un préalable nécessaire à l'identification des contraintes climatiques que cette dernière devra affronter pour lui trouver une stratégie qui la prépare à mieux tolérer ou à échapper à ces stress (Yakoubiet *al.*, 1998).

Dans notre pays, une grande partie de la production céréalière est soumise aux pratiques de l'agriculture traditionnelles, incapable de faire face aux irrégularités du climat, d'où des variations considérables dans les rendements 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 locales en céréales alimentaires et réduire le décalage qui existe entre l'offre et la demande.

Cette augmentation peut être envisagée de deux façons :

- ✓ Par l'augmentation des superficies consacrées aux céréales ; c'est la solution la plus séduisante, mais c'est aussi la plus improbable.
- ✓ Par l'augmentation des rendements; il faut donc se tourner vers une meilleure utilisation des terres labourables existantes, génératrices et garantes de rendements plus élevés, l'influence climatique dans les grandes régions céréalières en réduisant les méfaits des accidents météorologiques (gelées tardives de printemps, sirocco, sécheresse, etc..), il a été démontré que l'on peut cependant par l'application de règles et de techniques des études appropriées, en limiter les effets. (Desclaux et Poirier, 2004; Annicchiarico *et al.*, 2005).

La variabilité des rendements en grain est due à des interactions des génotypes avec l'environnement de production parce que ces génotypes ont été le plus souvent sélectionnés sur la base de leur potentiel de rendement sans tenir compte de l'aspect adaptation. Ainsi le problème posé ces dernières années est l'apparition de variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) caractérisées par une forte productivité mais aussi par une mauvaise aptitude à la transformation industrielle, ce qui nous a amené à rechercher de nouveaux facteurs liés à la qualité culinaire et susceptibles d'être utilisés en sélection.

Parmi les différents facteurs responsables de la qualité, l'influence prépondérante des protéines, et particulièrement celles qui constituent le gluten. Précisément, au niveau de cette fraction, il est possible de distinguer une notion quantitative (teneur en gluten), davantage liée aux facteurs agro climatiques, et une notion qualitative dépendante du patrimoine génétique.

C'est cette dernière notion, qui retient plus particulièrement l'intérêt des sélectionneurs de blé dur. L'amélioration du rendement et de la qualité du blé dur passe donc par la création variétale et le choix de critères fiables pour l'identification de mécanismes d'adaptations aux contraintes environnementales. Parmi ces critères, la stabilité du rendement, la tolérance aux stress abiotiques, la résistance aux maladies en plus d'une bonne qualité technologique.

Cependant les exigences en termes de qualité technologique du grain de blé sont parfois difficiles à concilier avec les contraintes des producteurs. Ainsi, par exemple les forts

taux de mitadinage et de moucheture, enregistrés en zone traditionnelle de culture du blé dur entraînent des réfections importantes. Une amélioration de ces critères nécessite la mise en place d'un programme de recherche qui permet de préciser les déterminants génétiques et environnementaux et d'en connaître les bases physico-chimiques.

Le niveau d'héritabilité de ces critères permet d'atteindre, en partie, un progrès par la sélection. Cependant, ils sont aussi fortement dépendants de l'environnement. Ainsi, le mitadinage est très lié à la nutrition azotée et à la composition protéique des grains. Un fractionnement des apports d'azote (apport tardif à floraison notamment) améliore la teneur en protéines et diminue de façon significative le mitadinage. La moucheture peut être provoquée par des contraintes abiotiques (seuil de température et d'hygrométrie) ou biotiques (insectes et pathogènes). La coloration et l'intensité des taches varient selon l'agent causal. Les variétés de blé dur ont une sensibilité différente vis-à-vis de celui-ci.

La qualité nutritionnelle du produit est aussi importante que sa quantité (Rendement). Pour cela, le sélectionneur a besoin de connaître :

- parfaitement la nature et les priorités des critères nutritionnels,
- les méthodes appropriées d'analyse,
- d'une source de variabilité génétique pour le caractère en question.

Partant de cela, l'objectif spécifique de ce travail est d'étudier une gamme de variétés de blé dur cultivés en Algérie afin de mieux évaluer leurs caractéristiques technologiques et biochimiques et ensuite de faire une analyse comparative de ces différents types de génotypes (anciens et nouveaux) afin de situer leurs niveaux pour les différents caractères de qualité et de rendement grain et contribuer à leur amélioration.

Revue
Bibliographique

1. Historique du blé dur

1.1 Historique et répartition éco géographique

Le blé est l'espèce avec laquelle l'homme a commencé à manipuler la nature et gérer le milieu (Anonyme., 2002). Il fait partie des trois céréales dont les grains sont utilisés pour la nourriture humaine ou animale; de la monocotylédone qui constituent la base alimentaire des populations du globe: blé, riz, maïs. L'origine du blé (*Triticum*), du maïs (*Zea*) et du riz (*Oryza*) semble être commune: étant donné les nombreux gènes communs deux à deux ou dans les trois genres, on pense que ces genres se sont diversifiés, il y a quelques 60 à 70 millions d'années (à la fin du secondaire) à partir d'une espèce ancestrale qui aurait contenu tous les gènes dispersés chez les trois espèces actuelles.

Le terme de blé vient probablement du gaulois *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.

Les premiers indices d'une agriculture apparaissent vers 9.000 ans avant Jésus-Christ dans le croissant fertile. On trouve dans les villages du début du Néolithique l'engrain (*Triticum monococcum*), l'amidonnier (*Triticum dicoccum*), l'orge, la lentille, le pois, la vesce, le pois chiche et le lin.

Les formes sauvages identifiées de ces diverses espèces (amidonnier sauvage, pois chiche sauvage, vesce sauvage) seraient originaire du Proche-Orient et du Moyen-Orient. La céréaliculture se répand ensuite vers l'Europe, l'Asie et la vallée du Nil. Le froment est présent en Grèce il y a 6.000 ans avant Jésus Christ et se propage par la méditerranée et le Danube. Ainsi, en Bretagne, on a trouvé des grains datant d'environ 5.000 avant Jésus-Christ (Henry *et al.*, 2000). Dans la figure qui suit est représentée l'ère de répartition du blé le *Triticum monococcum* (figure1).

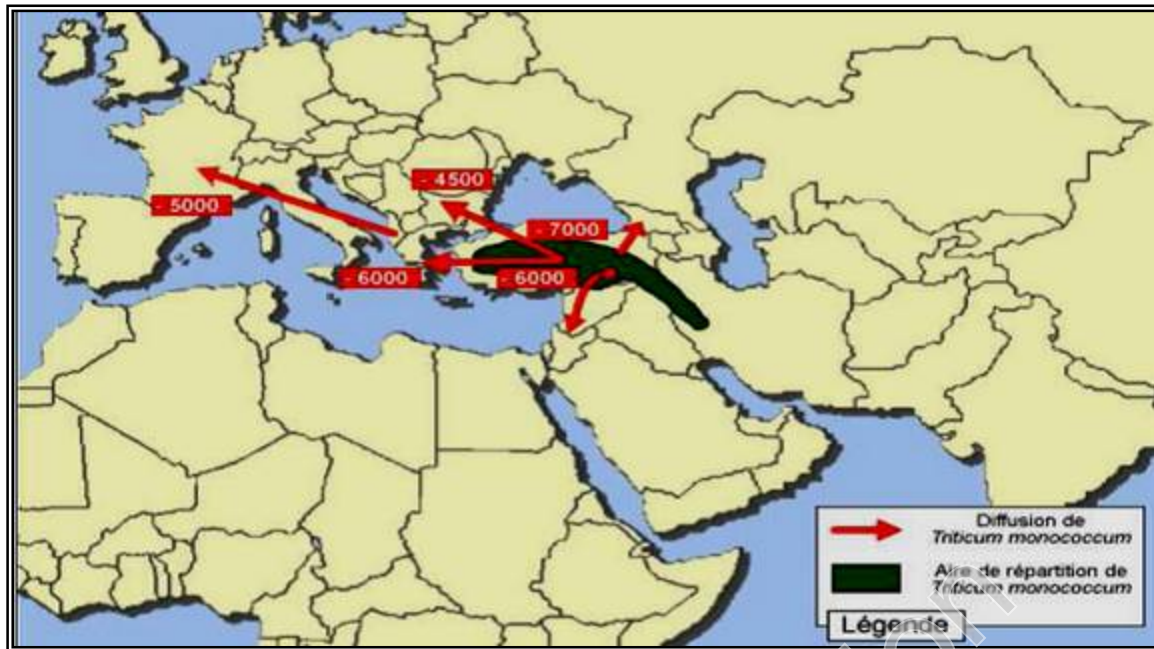


Figure 1 : Lieux d'origine et diffusion de *Triticum monococcum* à travers le monde. (Vilmorin 1880 in Bozzini 1988).

Par la suite, les techniques de panification s'améliorent grâce aux Hébreux, Grecs, et enfin Romains qui en répandent l'usage à travers l'Europe. A la fin du XVIII^e siècle, le blé est exporté en Amérique du Nord par les Anglais et est rapidement adopté par les civilisations présentes comme matière première de base pour la fabrication du pain, en raison de sa composition en gluten supérieure aux autres céréales. A travers les siècles et les générations, le grain de blé a conservé toutes ses valeurs et reste un élément essentiel à notre alimentation. Aujourd'hui le blé fait partie de notre quotidien, présent dans de nombreuses compositions.

2. Origine du blé dur

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), comme le montre la figure suivante n°2 :

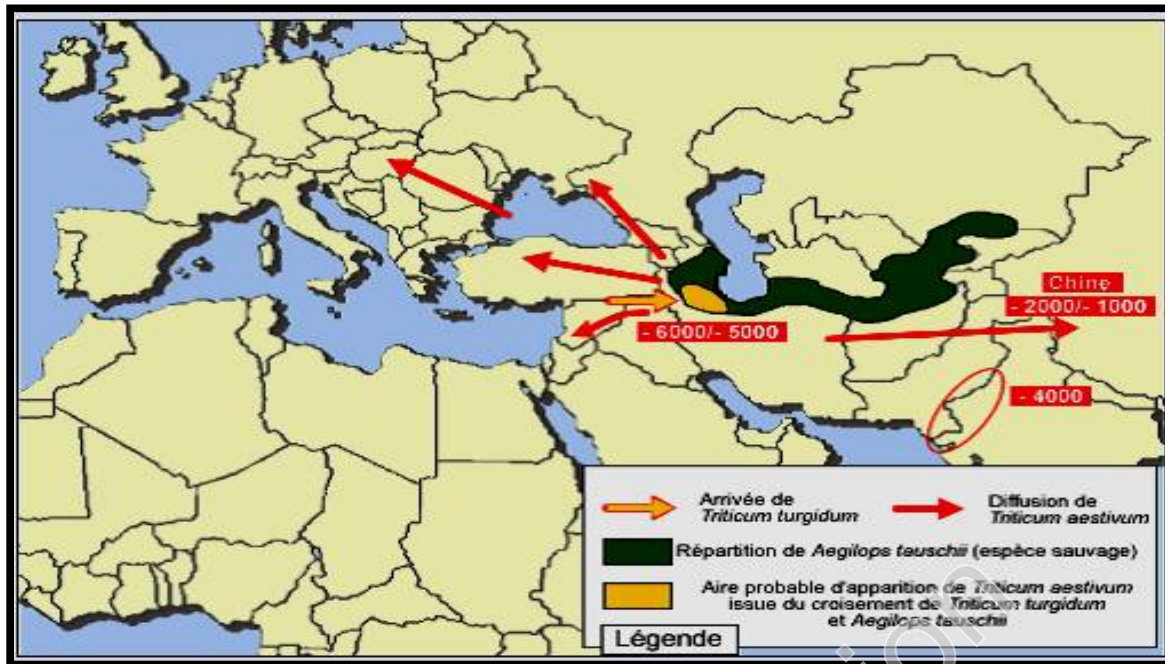


Figure 2 : Lieux d'origine et diffusion de *Triticum turgidum* à travers le monde (Vilmorin 1880 in Bozzini 1988).

2.1 . Culture du blé dur

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 (Domnezetal., 2000; Schilling *et al.*, 2003).

2.2 Rôle de la sélection dans l'amélioration du blé

La sélection a joué un rôle déterminant dans l'accroissement de la production agricole au cours du siècle dernier, tant dans les pays développés que dans les pays en développement. (FAO, 1995). Les sélectionneurs de blé dur mettent l'accent sur l'amélioration simultanée et comportement agronomique, de la résistance aux maladies et des caractères qualitatifs du grain.

Les sélectionneurs de blé dur tentent aussi de maintenir la résistance aux rouilles du blé et s'efforcent constamment d'intégrer une résistance stable aux taches foliaires, aux maladies transmises par les semences et à la fusariose de l'épi. Il existe des gènes de

résistance aux ravageurs, notamment à la cécidomyie orangée du blé (*Sitodiplosismosellana*), au cèphe du blé (*Cephuscinctus*) et à la mouche de Hesse (*Mayetioladestructor*) (Lamb *et al.*, 2000; Lamb *et al.*, 2002; Clarke *et al.*, 2002). La capacité de sélection est si importante pour les pays en développement car ils doivent accroître leur production pour garantir la sécurité alimentaire. Selon certaines estimations, la plupart des cultures dans les pays en développement ne sont exploitées qu'à 20% de leur potentiel. Ce déficit est dû pour l'essentiel aux : stress abiotiques - sols inadaptés, sécheresses ; le reste étant imputable au stress biotique, c'est-à-dire les maladies, les insectes ravageurs, les plantes adventices et la mauvaise nutrition des plantes. (FAO, 2002). Comme la majorité des variétés de blé dur cultivées au monde sont des lignées pures obtenues, soit par des cycles répétés d'autofécondation, soit par haplo diploïdisation (Knox *et al.*, 2002), le processus de création d'une nouvelle variété commence par la production d'hybrides F1 par croisement de deux parents ou plus. Les sélectionneurs doivent veiller à ce que tous les parents servant au croisement possèdent collectivement la majorité des caractères recherchés pour la nouvelle variété.

2.3 Accès et conservation des ressources génétiques du blé

La mise au point d'une nouvelle variété céréalière peut prendre jusqu'à 12 ans de manière conventionnelle, depuis les premières tentatives de croisement jusqu'à sa mise sur le marché finale. Il faut souvent de un à trois ans pour recueillir, évaluer et assembler une nouvelle diversité génétique prometteuse, puis plusieurs années de recombinaison et de sélection pour identifier de nouvelles lignées adaptées à la mise au point de variétés supérieures. Il faut ensuite 1 à 3 années encore pour multiplier les semences et les distribuer aux agriculteurs. (FAO, 2002).

Le développement agricole a conduit à des variétés très performantes mais s'est accompagné d'une réduction sensible de la diversité génétique. Il est donc nécessaire de constituer une "réserve génétique", comprenant des ressources très diversifiées susceptibles de répondre aux besoins futurs de l'homme. Ces ressources sont matérialisées sous forme de variétés, anciennes et modernes, de populations ou écotypes locaux et espèces sauvages proches des plantes cultivées.

Les ressources génétiques peuvent être conservées dans leur milieu naturel (conservation in situ), et la gestion in situ est surtout utilisée pour les espèces sauvages apparentées aux espèces cultivées, ou en dehors de leur habitat d'origine, de manière statique (conservation ex situ) : Leurs ressources génétiques peuvent être alors conservées de manière

stable en dehors de leur habitat d'origine: sous forme de semences par exemple, grains de blé de différentes lignées; ou sous forme de plantes rassemblées en collection conservatoire au champ. (Gargominy,2006).

Selon les derniers chiffres disponibles, les banques de gènes du monde entier ont conservé quelque 1,5 million d'échantillons uniques de cultures vivrières et de plantes sauvages apparentées aux espèces cultivées, offrant aux obtenteurs une source quasiment inépuisable de diversité génétique pour les programmes d'amélioration. (FAO, 2002).

2.4 . Utilisation du blé

Selon Villement (1994), le blé est la céréale dont les débouchés sont les plus diversifiés dans l'alimentation humaine et animale.

Tableau 1: Principales utilisations du blé dur dans le monde (Quaglia 1988 in 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	-	-	-

En Algérie, la semoule issue du blé dur est à l'origine de produits alimentaires très divers: pains locaux, galettes, couscous, frick, pâtes, gâteaux traditionnels (Tableau 6) (Cherdouh1999).

Le tableau 1 donne les principales utilisations de blé dur dans le monde et montre que les principales consommations de cette céréale sont sous forme de pain (34%) et pâtes alimentaires et couscous (58%).

La farine de blé tendre est utilisée essentiellement pour la panification, le blé dur est surtout destiné à la fabrication des pâtes alimentaire. Il reste l'aliment de base des pays en voie de développement (Cherdouh 1999).

3. Notion de qualité

La notion de " qualité " des blés durs est très complexe, sa définition dépend à la fois des variétés, des conditions de culture, de l'interaction entre génotype - milieu et de la valeur nutritionnelle (Liu *et al.* 1996). Par ailleurs, l'amélioration de la qualité des variétés en vue de la fabrication de la semoule ou des pâtes alimentaires, ne sera réalisée que lorsque toutes les contraintes limitant le rendement seront levées (Feillet, 1986., Abecassis, 1993).

Les variétés locales de blé dur sont très utilisées dans l'industrie alimentaire, leur qualité dépend de l'orientation des produits dont ils sont issus, ainsi :

- ✓ Le semoulier recherche des variétés à poids spécifique élevé du fait que les unités de transformation se basent uniquement sur ce paramètre pour triturer le blé (Feillet et Dexter, 1996).
- ✓ Le pastier recherche des semoules pures et non contaminées par le son et dont la qualité des protéines est satisfaisante.
- ✓ La ménagère recherche des semoules pures et de couleur ambrée. Cette semoule doit présenter une granulométrie homogène et une bonne teneur en gluten et de qualité supérieure pour la fabrication du couscous. Quant à la semoule de qualité inférieure, elle est destinée à la fabrication de la galette.

3.1 Notion de qualité technologique

La qualité d'un blé dur est fonction de l'utilisation que l'on en fait. Les produits fabriqués sont surtout les pâtes alimentaires (industries de deuxième transformation) et la semoule (industries de première transformation). La qualité implique donc à répondre à des critères nutritionnels, hygiéniques et organoleptiques (Trenteseaux 1995, Benbelkacem *et al.*, 1995).

La qualité de la matière première dépend de celle du produit fini. Ainsi, la connaissance précise des constituants du grain de blé sont responsables de sa qualité technologique, la définition de leurs déterminants génétiques et le rôle des paramètres agro climatiques constituent des clés indispensables à l'ensemble des agents de la filière : sélectionneurs, agriculteurs et transformateurs (Benbelkacem et Kellou, 2000).

D'anciens travaux ont montré l'importance des protéines du gluten - gliadines et gluténines - ainsi que certaines enzymes et lipides, dans l'aptitude des blés à être transformés en pain ou en pâtes (Abecassis *et al.*, 1990). La qualité technologique du blé dur englobe donc

toute une série de caractéristiques qui vont du rendement en semoule jusqu'à l'aptitude à la transformation de cette semoule en pâtes (Nottin *et al.*, 1949).

Les caractères technologiques d'un blé sont fortement liés à sa variété. Et sont susceptibles de fluctuations sous l'influence des conditions environnantes, ces écarts peuvent aller jusqu'à déprécier complètement le blé vis à vis de l'industrie.

3.2 Critères de qualité chez le blé dur

Le blé dur (*T. durum*) est une culture importante utilisée pour la fabrication de pâtes, de couscous, de bourghoul et de types variés de pain dans le monde.

Le blé dur se distingue du blé tendre par l'absence du génome D responsable de la qualité boulangère

L'objectif essentiel de la sélection demeure l'obtention d'une qualité semoulière et pastière répondant aux exigences des industries de transformations.

3.2.1 La valeur de première transformation ou valeur meunière ou semoulière

La qualité semoulière représente le rendement en semoules d'une pureté déterminée. C'est-à-dire, le poids de semoules rapportés au poids du blé mis en œuvre (Conditionnée par la teneur en protéines, elle-même liée à la vitrosité du grain, de la grosseur du grain dont le calibrage, et du taux de cendres).

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 des usages domestiques.
- ✓ Semoules moyennes : (SGM) : comprise entre 550 à 900 μ m, destinées à la fabrication de la galette, du couscous.
- ✓ Semoules sassées super extra (SSSE) : 190 à 550 μ m, destinées à la fabrication des pâtes alimentaires.
- ✓ Semoules sassées super fines (SSSF) : de 140 à 190 μ m, ces semoules proviennent des couches périphériques du grain.

3.2.2 La moucheture

La moucheture du grain est une tache brune du péricarpe causée par des champignons ce qui se traduit par la présence de points noirs dans les semoules, qui diminuent leur qualité commerciale, elle est évaluée sur 20g et rapportées à 100.

3.2.3 Le mitadinage:

Accident physiologique provoquant un changement de la texture de l'albumen qui devient opaque ou farineux: les blés mitadinés entraînent une baisse du rendement semoulier. On utilise le farinotome de Pohl pour l'évaluer.

3.2.4 Le calibrage

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

3.2.5 La valeur pastière

Elle regroupe deux notions bien distinctes, d'une part l'aptitude des semoules à être transformées en pâtes et d'autre part l'aspect des pâtes cuites évaluée par la teneur en gluten et le viscoélastographe laquelle est associée la notion de qualité culinaire des pâtes. L'aspect des pâtes alimentaires est déterminé par plusieurs facteurs comme les piqûres (dus à une mauvaise pastification ou la moucheture) et les indices de coloration.

3.2.6 Indice de coloration de la semoule

Selon Laignelet *et al.*, (1972), il est représenté par la somme d'une composante jaune et d'une composante grise que l'on souhaite la plus faible possible, coloration sous la dépendance de la teneur en pigments caroténoïdes et en lipoxygénases.

Mesures colorimétriques retenus par la CEI (Commission Internationale de l'Eclairage).

L^* =luminance,

$100-L^*$ =indice de brun,

a^* =indice de rouge,

b^* =indice de jaune

3.2.7 Poids de Mille Grains (PMG)

Connaître la masse de 1000 grains d'un échantillon de céréales donne des indications sur le mode d'élaboration du rendement et des problèmes pendant son développement (échaudage, attaques par les insectes ou par les maladies). Pour les agriculteurs, cette analyse permettra de calculer plus précisément les doses de semences nécessaires pour répondre à un objectif de densité de semis (Landemaine, 2004).

3.2.8 Le Poids Spécifique (PS)

Le PS est une ancienne mesure qui permet de mesurer la masse de grains pour un volume donnée (kg/hl). Etant toujours prise en compte dans les transactions commerciales, c'est une analyse qui présente toujours un intérêt. Le principe est de mesurer la masse d'un hectolitre de grains en kilogramme (Landemaine, 2004).

3.3 Qualité culinaire des pâtes alimentaires

La qualité culinaire est un critère important associé à la qualité de la semoule (Liu *et al.* 1996). Elle est déterminée par deux paramètres : Tenue à la cuisson et à la sur cuisson qui dépend de la quantité et de la viscoélasticité du gluten et de la teneur en protéines (D'egidio *et al.*, 1982). D'après Feillet et Dexter (1996), La qualité culinaire supérieure est liée au rapport élevé gluténines / gliadines ou au pourcentage élevé des protéines insolubles.

Elle peut être appréciée par les caractéristiques suivantes :

- ✓ Temps minimal, optimal et maximal de cuisson (temps à partir duquel il y a gélatinisation de l'amidon, temps nécessaire pour donner à la pâte la texture recherchée et temps au-delà duquel il y a délitescence dans l'eau de cuisson).
- ✓ Gonflement ou absorption d'eau pendant la cuisson (100g de pâtes sèches fixent 160 à 180g d'eau).
- ✓ Texture des produits cuits (caractéristiques rhéologiques). Etat de surface (notions de collant et de délitescence) (Hatcher et Kruger, 1993).

Les caractéristiques pastières et la qualité culinaire sont étroitement liées à la qualité et la quantité de leurs protéines et plus précisément des protéines du gluten (D'egidio *et al.*, 1980). La texture des pâtes cuites est principalement sous la dépendance de la teneur en protéines : 12 à 13% de protéines dans la semoule sont nécessaires pour qu'un blé dur permette de fabriquer des pâtes de qualité requise (Autran, 1996). Elle dépend aussi de la

viscoélasticité du gluten pour un temps de cuisson donné. Les pâtes sont d'autant plus fermes que les propriétés viscoélastiques sont plus satisfaisantes.

3.4 . Les composants du grain en relation avec la qualité

La qualité du blé est influencée par chacun des constituants du grain qui joue un rôle seul ou en interaction avec d'autres constituants dans l'expression de la qualité. Parmi ces composantes : Les protéines, l'amidon, les sucres, les lipides, les enzymes, etc.

3.4.1 Les protéines

Le grain de blé dur est constitué d'environ 12 % de protéines, qui sont essentiellement localisées dans l'albumen et la couche à aleurone. Cette teneur est susceptible de varier énormément (de 8 à 20 % de MS), en fonction des variétés, des facteurs climatiques, agronomiques et des conditions physiologiques de développement de la plante, des parties histologiques du grain et de la maturation du grain.

Dans la couche à aleurone une grande partie est éliminée lors de la transformation du blé en semoule, ce qui entraîne des répercussions sur la valeur nutritionnelle du produit final puisque cette couche contient une proportion élevée en vitamines B1, en minéraux ainsi qu'une fraction non négligeable des protéines du grain (Hernandez *et al.*, 2004).

C'est à OSBORNE (1907) que l'on doit la première classification des protéines. Il les a séparait en deux grands groupes suivant leur solubilité dans l'eau (Linden et Lorient, 1994).

3.4.1.1 Les protéines solubles :

Elles représentent 15 à 20 % des protéines totales :

- ✓ Albumines solubles dans l'eau.
- ✓ Globulines solubles dans les solutions salines.

3.4.1.2 Les protéines de réserves

Elles représentent 80 à 90 % des protéines totales (Hernandez *et al.*, 2004).

- ✓ Gliadines solubles dans les solutions alcooliques.
- ✓ Gluténines solubles dans les solutions diluées d'acides ou de bases, ainsi que dans les détergents.

Les protéines de la semoule de blé dur interviennent à la fois dans le développement des propriétés viscoélastiques des pâtes cuites et dans leurs états de surface (collant, état de surface) (Matsuo *et al.*, 1982 ; Feillet, 1984). Masci *et al.* (1995), affirment que les protéines stockées dans le blé déterminent plusieurs caractéristiques de l'évolution de la qualité de la farine et de la semoule de blé.

Sur le plan quantitatif la teneur en protéines dépend essentiellement des conditions agronomiques du développement de la plante (Mok, 1997). Et sur le plan qualitatif, elle est basée sur les différences de propriétés des protéines, celle-ci étant liées au patrimoine génétique de la variété.

Selon Liu *et al.*, (1996), la qualité de la protéine d'une culture particulière est généralement présumée être contrôlée par un type d'allèles présents dans diverses loci et qui contrôlent le gluten des protéines, nommés les gliadines et les gluténines.

3.4.2 Le gluten

Le gluten est un complexe protéique viscoélastique que l'on peut obtenir par lixiviation sous un mince filet d'eau, d'un pâton formé de semoule ou de farine de blé et d'eau. Le gluten est constitué de 75 à 80 % de protéines, 5 à 7 % de lipides, 5 à 10 % d'amidon, de 5 à 8 % d'eau et des matières minérales en proportion plus faibles (Linden et Lorient, 1994).

Les protéines du gluten constituent 80 % du total des protéines du grain (Osborne 1907 ; Liu *et al.*, 1996). Les composantes majeures du gluten sont les gliadines et les gluténines, qui représentent 70 % des protéines totales du blé. Ce sont les deux principaux groupes de protéines de l'endosperme, et varient suivant la variété de blé utilisée (Linden et Lorient, 1994 ; Masci *et al.*, 1995 ; Mok, 1997).

3.4.3 L'amidon

L'amidon est le composant essentiel du grain de blé. C'est une substance de réserve stockée dans les cellules de l'albumen du grain qui représente 65-70 % (environ 3/4 de M.S.) Chimiquement l'amidon est un polymère d'un sucre, le glucose. (Gibson *et al.*, 1997).

La fonction la plus importante de l'amidon en technologie est attribuée à la gélatinisation, dont l'intensité dépend de l'humidité, de la température, de la durée du traitement et de la teneur en protéines de l'aliment. Selon Gibson *et al.* (1997) la gélatinisation serait un phénomène physique survenant au cours de la cuisson ou de la pré-cuisson en milieu

humide. Le grain d'amidon perd sa configuration native et acquiert une structure plus lâche, dans ce cas, le caractère hydrophile du polymère se développe.

3.4.4 Les pentosanes

Les pentosanes sont des polysaccharides non amylacés constitutifs des parois végétales des Graminées. Les pentosanes solubles possèdent une forte capacité de rétention de l'eau. Ils fixent jusqu'à 10 g eau / g, alors que le gluten et l'amidon ne fixent que 0,5 à 2 g eau / g. Et présentent des propriétés de surface liées à leur viscosité intrinsèque (Bushuk, 1966).

Ces derniers, sensibles aux agents oxydants, gélifient rapidement, sans qu'ils soient nécessaires de leur faire subir un chauffage suivi d'un refroidissement (Lempereur *et al.*, 1995)

3.4.5 Les lipides

Les lipides du blé représentent en moyenne 2 à 3 % du grain sec. Ce sont des constituants mineurs du blé, certains sont libres, mais la majorité est associée aux composantes majeures (amidon, protéines) et leurs effets sont importants dans les processus technologiques.

Les lipides jouent un rôle important dans la technologie des produits céréaliers, que ce soit lors de leur fabrication en intervenant sur les caractéristiques rhéologiques, émulsification et production de composés volatiles des pâtes, et par conséquent sur la qualité du produit fini, ou au cours du stockage, en raison des altérations consécutives de leurs acides gras poly insaturés facilement oxydables (Feillet et Dexter, 1996).

4. L'amélioration génétique du blé dur

L'histoire de l'amélioration génétique du blé dur (génome AB) est relativement courte, si on la compare à celle du blé tendre (génome ABC), qui a bénéficié dès la fin du XIXe siècle, d'efforts considérables de sélection (Monneveux, 1989).

Dans la plupart des pays producteurs de blé dur, et en particulier dans les pays méditerranéens, il faut attendre les années 50 pour voir se développer des programmes importants de sélection portant sur cette espèce ; le travail réalisé va s'intensifier au cours des trois décennies qui suivent grâce à la prise en compte de cette espèce par les programmes nationaux de recherche, et grâce également aux efforts des centres internationaux comme le CIMMYT (Mexique) et l'ICARDA (Syrie) (Alhakimi et Monneveux, 1993).

L'amélioration génétique des céréales s'est donnée pendant longtemps pour objectif primordial l'augmentation de la productivité : rendement potentiel (Monneveux, 1989). Nachit *et al.* (1998), estiment que chez le blé dur, la qualité du grain est primordiale, les espèces sauvages, les variétés locales et les populations de pays représentent une source très riche de variabilité pour les caractères de qualité. De nombreux caractères intéressants comme la tolérance aux stress abiotiques (déficit hydrique, salinité, hautes et basses températures) sont présents chez les espèces sauvages des genres *Triticum* et *Aegilops*. Ces espèces ont été largement utilisées pour l'amélioration de la résistance aux maladies.

5. Les outils utilisés pour l'amélioration de la qualité

Le blé dur (*Triticum turgidum ssp durum*) est une plante cultivée qui sert essentiellement à la fabrication des pâtes alimentaires et de la semoule. Elle a été domestiquée il y a 12000 ans dans le Croissant Fertile à partir de la forme sauvage *Triticum turgidum ssp dicocoides*. Son aire de répartition traditionnelle est le pourtour méditerranéen mais le blé dur est également cultivé en Chine, au Canada et dans les grandes plaines nord-américaines.

Depuis sa domestication, l'espèce a été améliorée par une sélection continue et importante, qui a conduit à une homogénéisation forte du fond génétique des variétés cultivées. Le blé dur fait donc partie des plantes pour lesquelles la conservation des ressources génétiques est active. L'effort de conservation porte à la fois sur la diversité de *T. durum*, mais également sur les formes apparentées au blé dur. Afin de raisonner et de gérer ses ressources génétiques, on s'intéresse à l'histoire évolutive de l'espèce, mais aussi à la diversité génétique qu'elle renferme et aux variations qu'elle a pu subir au cours de son évolution depuis sa domestication jusqu'à nos jours (Kribaa *et al.*, 2001). L'un des objectifs importants de l'amélioration est de promouvoir l'utilisation combinée des outils biotechnologiques et biochimiques avec ceux de la sélection classique (Nachit *et al.*, 1998).

Notamment, l'utilisation des techniques biochimiques qui permettent une caractérisation génétique des variétés, actuellement, ce sont les techniques d'électrophorèses, et dans certains cas d'électro focalisation, qui paraissent présenter le meilleur compromis entre la finesse et la reproductibilité des résultats. Et les biotechnologies, tel que l'haplo diploïdisation qui s'est révélée être un outil efficace tant en sélection qu'en marquage moléculaire (Nachit *et al.*, 1998).

5.1 Outils biochimiques et technologiques

L'application couplée des outils biochimiques et technologiques présente un énorme avantage qui permet d'obtenir des analyses rapides et en grandes séries sur de petites quantités d'échantillons (Branlard et Dardevet, 1993 ; Liu et Shepherd, 1995).

L'application des outils biochimiques diffère suivant l'étape du cycle de sélection. Les premiers tests d'approche de la qualité génotypique ou intrinsèque mis au point par les sélectionneurs et les chimistes céréaliers, sont basés sur l'étude de la fraction protéique.

Comme l'a souligné Autran (1981), c'est en se basant sur les caractéristiques biochimiques du grain que de véritables tests de sélection peuvent être découverts et développés.

Parmi les différents constituants biochimiques susceptibles d'être retenus, il convient de distinguer :

- ✓ Ceux qui, indispensables à l'expression de la qualité, ne sont pas, à première vue, explicatifs des différences variétales de qualité (l'amidon, certaines lipides...).
- ✓ Ceux qui, également indispensable à la qualité, sont vraisemblablement explicatifs des différences variétales de qualité (exemples : certaines protéines, enzymes et peut être des constituants lipidiques et glucidiques impliqués dans des interactions avec les protéines).

C'est ainsi qu'un certain nombre de tests tels que : le test du résidu protéique dans l'acide acétique (Orth et Bushuk, 1972), le test de sédimentation en milieu SDS (Axford *et al.*, 1979), test de la viscoélasticité du gluten (Damidaux, 1979) et le test de gel protéique (Gautier, 1983) ont vu le jour et ayant permis de juger la qualité indépendamment des variations quantitatives en protéines.

De nos jours, l'utilisation des protéines de réserve à un stade précoce de la sélection permet de prédire le potentiel de qualité d'un génotype. L'application couplée des outils biochimiques et technologiques présente un énorme avantage qui permet d'obtenir des analyses rapides et en grandes séries sur de petites quantités d'échantillons (Branlard et Dardevet, 1993 ; Liu et Shepherd, 1995).

6. Outils biotechnologiques

L'apport des biotechnologies végétales, notamment l'utilisation des méthodes *in vitro*, constitue un instrument complémentaire aux méthodes conventionnelles, en particulier l'haplodiploidisation, la culture de cellules isolées embryogènes, la culture de microspores isolées, le sauvetage d'embryons immatures, et l'utilisation des marqueurs moléculaires (L'amplification par PCR, technique rapide et simple) et de l'haplodiploidisation, permettent l'accélération des schémas de sélection (D'ovidio *et al.*, 1990 ; Nachit *et al.*, 1998 ; Ait Kaki, 2007).

Les biotechnologies se caractérisent par le fait qu'elles s'adressent, en général, à des éléments dissociés de la plante. Elle permet une nouvelle ouverture vers la génétique moderne par:

- ✓ Dissociation de la plante en organes, tissus, cellules, protoplastes, noyaux, ADN etc.
- ✓ Manipulation et modification de l'élément dissocié
- ✓ Reconstitution d'individus - plantes nouvelles
- ✓ Sélection des produits obtenus
- ✓ Mise en évidence de gène candidats.
- ✓ Cartographie d'une population de blé. (Demarly, 1995).

Le développement de la biotechnologie a permis la réduction des délais d'obtention de lignée pure, objective du sélectionneur, ainsi la caractérisation phénotypique et l'appréciation de la valeur génétique des génotypes pourront se faire précocement.

Les biotechnologies mettent donc à la disposition des biologistes des possibilités dont la variété et la puissance sont incomparables et ont ouvert une nouvelle voie à l'étude des réactions de la plante face à l'environnement (Monneveux, 1997).

7. L'amélioration de la production sous conditions climatiques variables

La culture des céréales, et en particulier celle des blés, est soumise à différentes contraintes tant climatiques, techniques qu'économiques et sociales. De ce fait, leur production ne satisfait guère les besoins de consommation de la population, imposant le recours aux marchés extérieurs pour de massives importations qui représentent pas moins de 70% de la demande domestique en produits céréaliers (Djekounet *et al.*, 2002).

7.1 La sélection directe

L'objectif de tout programme de sélection est l'amélioration de la production. De ce fait le rendement en grain est le caractère le plus utilisé comme critère de sélection. Cette sélection est pratiquée au niveau des générations précoces par le choix des plantes ségrégant, en semis espacé, aussi bien qu'au niveau des essais comparatifs de rendement en grain d'un matériel végétal beaucoup plus homogène et homozygote (Mc Intoch, 1988; Djekoun *et al.*, 2002). Dans les milieux erratiques, les variétés sélectionnées sur la base du rendement en grain se montrent très performantes en bonnes années mais réagissent défavorablement en années difficiles.

7.2 La sélection indirecte

Le rendement en grain est un caractère fortement influencé par le milieu et par conséquent se caractérise par un faible coefficient d'héritabilité ce qui explique son inefficacité à identifier des variétés stables lorsqu'il est utilisé comme critère de sélection. Ceci est d'autant plus vrai que la sélection est pratiquée au niveau de milieux caractérisés par l'irrégularité du climat (Rharrabti *et al.*, 2001 ;Rharrabti *et al.*,2003).

Matériel

&

méthodes

1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans cette étude comprend une collection de blé dur (*Triticum durum* Desf) représentée par 40 génotypes anciens et nouveaux de différentes origines (Annexe.1), fournies par le programme national de l'amélioration du blé (PNAB) et dont la provenance d'origine est soit le CIMMYT (centre international pour l'amélioration du Maïs et du blé du Mexique), de l'ICARDA (Centre international pour la recherche agronomique dans les régions sèches dont le siège est à Alep en Syrie) et des différentes autres stations de l'Institut national de la recherche agronomique d'Algérie (INRAA) et de l'Institut Technique des Grandes cultures (ITGC) . Ce matériel génétique a été initié après hybridation et sélection dans les populations en ségrégation et après introduction du Mexique pour les caractéristiques suivantes :

- ✓ Bon comportement agronomique.
- ✓ Bonne adaptation à nos différents milieux.
- ✓ Bon potentiel de rendement.
- ✓ Bonne résistance aux différentes maladies cryptogamiques.

Les mesures du rendement grain et du poids de mille grains ont été fait sur les produits de la récolte 2013/2014 de la station ITGC d'Elkhroub à une altitude de 640m et une pluviométrie annuelle moyenne de 450 mm ; faisant partie de la région sub humide des hautes plaines constantinoises a climat tempéré avec des hivers doux à froids et des étés assez chauds.

Les tests technologiques ont été réalisés en partie au niveau du moulin AMOR BENAMOR implantés à la zone industrielle d'El-Fedjoudj Guelma et au niveau du laboratoire de génétique, biochimie et biologie végétale de l'Université Constantine 1.

Méthodes

2. Caractères mesurés

2.1 Détermination du poids de mille (1000) grains

La masse de 1000 grains est la masse de 1000 grains entiers exprimée en grammes. C'est un critère d'un grand intérêt dans les expérimentations agronomiques. Il permet de caractériser une variété, de mettre en évidence des anomalies comme l'échaudage, d'étudier l'influence des traitements en végétation ou des conditions climatiques qui toutes modifient la masse de 1000 grains (Scotti., 1997).

C'est une des composantes du rendement agronomique et rendement semoulier. Cette mesure est surtout effectuée lors de la sélection du blé dur, c'est un critère essentiellement variétal qui dépend beaucoup des conditions de cultures qui l'influencent, de façon très significative.

Mode opératoire :

Prélever au hasard une quantité de grains de l'espèce considérée. Sélectionner des grains entiers, compter ces derniers 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 :

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

Avec :

- ✓ P. Masse en grammes de 1000 grains entiers.
- ✓ H. Teneur en eau des grains.

2.2 Taux d'humidité des graines

2.2.1 Teneur en eau

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'inquiète que si elle dépasse 16% car le blé susceptible d'évoluer spontanément (échauffement et germination), (Goudjilet *al.*, 1999) cité par (Boudjabli, 2003) La teneur en eau du blé ne doit pas cependant dépasser 14,5% selon le Codex Alimentarius (1994).

2.3 Taux de mitadinage

On entend par grains mitadinés de froment dur, les grains dont l'amande ne peut être considérée comme pleinement vitreuse (Scottiet Mont., 1997). Un grain mitadiné présente, à la coupe, une ou plusieurs plages farineuses et à tendance lors de la mouture, à se désagréger en farine et non à éclater en semoule (Bar, 1995). Cette texture farineuse est due à la présence de fissure ou de vacuoles d'air dans l'albumen qui le rendent poreux et d'aspect blanc (Scotti, 1984).

Le mitadinage peut être provoqué, soit par une teneur en protéines 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%.

2.3.1 Détermination du mitadinage

L'objectif du semoulier est de fabriquer de la semoule et non de la farine, le blé dur doit donc être peu mitadiné. 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 mitadin 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, au-delà de 40 %, le blé dur est vendu au prix du blé tendre.

Le mitadinage est dépendant à la fois de la quantité d'azote présent dans le grain et des conditions de récolte. En effet, plus la teneur en protéines d'un lot est élevée, moins le mitadinage est important.

2.3.2 Principe

C'est une anomalie constatée sur les grains de blé dur qui devient farineux par une modification de la structure de l'albumine provoquée par un manque d'azote au stade gonflement. La détermination est faite sur 4 *100 grains, selon la méthode du Farinotome de POHL.

2.3.3 Le mode opératoire

- ✓ Introduire la plaque du coupe grain, verser une poignée de grains entiers sur la grille ensuite secouer de façon qu'un grain se place verticalement dans chaque alvéole et rabattre le couvercle pour maintenir les grains à tranché. On procède à la sélectionner lentement de tous les grains.
- ✓ On retire la plaque avec précaution puis on compte le nombre de grains mitadinés.

- ✓ On donne à chaque grain un degré selon le mitadinage (0.25, 0.50, 0.75, 1) et on calcule la somme des degrés et exprimer en pourcentage par rapport à 150 (Afnor, 1982).

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

$$M = \Sigma D \times 100 / 150$$

Avec, D : le degré de mitadinage pour chaque essai.

Le taux de vitrosité peut être calculé selon:

$$V = 100 - M$$

2.4 Taux de moucheture

Les grains mouchetés présents à la surface des taches brunes ou noires qui provoquent des points noirs dans la semoule et dans les pâtes alimentaires et affectent ainsi la valeur commerciale du produit fini (Bar, 1994).

En générale, la moucheture est provoquée par des champignons ou de piqûres de thrips, et leurs taux ne doit pas passer les 5% (Selselet, 1991).

2.4.1 Détermination de la moucheture

2.4.1.1 Intérêt

Le taux de moucheture est essentiellement commercial. La présence sur les grains de tache brun ou noire plus au moins grandes causé par le développement de certains champignons, provoquent des points noirs dans la semoule et les pâtes alimentaires et affectent ainsi la valeur commerciale du produits fini dans l'état actuelle des connaissances on pense que la moucheture du blé dur traduit la réaction de défense de la plante à des stress multiples, toutes les variétés n'ont pas le même degré de sensibilité à ce dommage.

2.4.1.2 Détermination

La détermination se fait selon la méthode de BIPEA, norme ISO 7970. Elle s'effectue sur 20g de blé propre par appréciation visuelle, seuls sont considérés comme mouchetés les grains présentant à des endroits autre que le germe, des colorations situés entre le brun et le noire brunâtre.

Les résultats sont la moyenne de 04 trois répétitions et sont exprimés en pourcentage, selon la formule :

$$M (\%) = (M1/M2) \times 100$$

Avec :

M1: Masse en gramme de grain entier Mouchetés présent dans 20g de l'échantillon

M2: Masse en gramme de prélèvement 20g.

2.5 La teneur en gluten humide

Le blé est la seule céréale dont les protéines ont la propriété de constituer dans la pâte un réseau protéique ; le gluten, fraction insoluble des protéines dans une solution saline, est le responsable majeur de la qualité rhéologique des pâtes c'est-à-dire l'extensibilité, l'élasticité et la ténacité, qui ont une influence sur le comportement des pâtes au cours de la fabrication et sur la qualité du produit fini.

Sa mesure est assez peu utilisée dans certains pays telles que la France, mais elle l'est d'avantage en Italie et en Grande Bretagne où elle constitue le plus souvent, le seuil test technologique d'appréciation de la qualité des blés durs. La quantité de gluten est très liée à la teneur en protéines.

2.5.1 Principe

Extraction du gluten par malaxage d'un mélange de mouture d'une solution de chlorure de sodium.

2.5.2 Mode opératoire

La pesée de 10g de semoule que l'on met dans un mortier spécifique après y avoir ajouté 5ml de solution NaCl.

2.6 Le gluten sec

Le produit dégagé du gluten humide est mis à sécher dans une étuve à 102°C pendant 24H puis pesé à l'aide d'une balance de précision.

2.7 Rendement grain

Le rendement grain est mesuré après pesée à la balance analytique de toute la quantité de grains récolté sur la surface de la parcelle expérimentale (6m² dans notre cas) et élevé au quintal par hectare (unité de mesure).

2.8 Analyses biochimiques

2.8.1 Dosage des protéines

Ce critère influe fortement la qualité du blé dur compte tenu de ses relations étroites avec le taux de grains mitadinés et avec la qualité culinaire. La teneur minimale pour la mise à l'intervention est de 11.5%. En règle générale, plus la teneur en protéines est élevée, meilleure est la qualité du blé dur. 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 spectrophotométrie proche infrarouge.

2.8.2 Analyse dans le proche infrarouge (NIRS)

2.8.2.1 Intérêt

La spectrométrie dans le proche infrarouge est une technique analytique de plus en plus répandue, pour le contrôle rapide de la qualité des céréales.

Le plus souvent non destructive, elle ne nécessite qu'une préparation réduite de l'échantillon. En outre, elle permet la détermination rapide et non coûteuse de plusieurs paramètres.

2.8.2.2 Principe

La spectrométrie dans le proche infrarouge (NIRS) est une méthode d'analyse comparative dont le principe repose sur l'absorption de la lumière proche infrarouge par la matière organique (Alava *et al.*, 2001).

En utilisant des calibrations dans lesquelles les données spectrales d'échantillons connues sont mises en corrélations avec les valeurs analytiques de référence, la spectrométrie peut prédire, pour un lot inconnu, le niveau du paramètre en se basant uniquement sur l'empreinte spectrale de l'échantillon.

La collecte des spectres se fait sur un appareil NIRS 6500 à partir d'échantillons placés dans des modules de « transport » contenant environ 500 grains ou quelques grammes de semoule de blé dur.

Par sa rapidité et sa précision, cette méthode réduit considérablement le travail analytique, lourd et coûteux, des méthodes chimiques traditionnelles de laboratoire.

Pour l'analyse des constituants des grains, qui repose sur la mesure directe de l'interaction entre constituant chimiquement défini et le rayonnement (teneur en protéines, teneur en eau,...), l'erreur de prédiction est généralement faible quoique par définition toujours supérieure à celle de la méthode de référence (0.3 pour les protéines de blé contre 0.2 en méthode de référence) (ITCF et ONIC, 1995 ; Alava *et al.*, 2001).

2.8.3 Electrophorèse SDS-page

Une méthode proposée par Laemlli (1970), le principe des techniques électrophorétiques est basé sur la séparation, sous l'effet d'un courant électrique, des molécules biologiques (protéines, acides nucléiques, ADN, ARN). La migration s'effectue sur des supports inertes filtrant ou non filtrant. La préparation se fait sur gel vertical en système discontinu, en présence d'un détergent anionique, le Sodium Dodécyl Sulfate (SDS).

2.8.3.1 Identification variétale

Toutes les variétés de blé dur n'ont pas les mêmes caractéristiques technologiques. Certaines d'entre elles peuvent ainsi mieux répondre que d'autres à une spécificité recherchée par l'industriel. Les utilisateurs se sont donc intéressés à la notion variétale et à la connaissance de la composition d'un lot de blé dur. L'électrophorèse des gliadines permet de reconnaître les variétés présentes dans un lot et par conséquent de s'assurer du respect du contrat.

2.8.4 Méthode d'extraction séquentielle des gluténines pour l'étude du polymorphisme des « SG-HPM »

Dans le but d'étudier le polymorphisme des SG-HPM des protéines des blés; on opte pour l'électrophorèse monodimensionnelle des gluténines; le polymorphisme des gluténines est utilisé comme marqueurs génétique des variétés, afin d'évaluer leur variabilité génétique.

L'extraction de ces protéines est séquentielle, et se réalise grâce à 3 solutions de base :

- ✓ Solution (A) 50% v/v 1- propanol
- ✓ Solution (B) 50% v/v 1- propanol.0.08 M Tris Hcl PH=8.8
- ✓ Solution(C) la solution tampon 2% p/v SDS, 40% P/V glycérol, 0.02% P/V bleu de bromophénol, 0.08 de tris Hcl pH=8.

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

Pour ces extraits, on les recueille dans 1 ml de la solution (A), pendant 30 min à 60°C avec deux agitations intermédiaires toutes les dix minutes, suivi d'une centrifugation pendant 1min. Le surnageant est ensuite récupéré dans un autre eppendorf et mis à l'évaporation toute la nuit à 65°C. On a enfin les gliadines. Pour le culot celui qui concerne les gluténines, le premier rinçage se fait dans 0.5ml de la solution (A) à 65°C pour 30°m, et sans vortex intermédiaire puis centrifuger à 10 000g pendant 1 min et éliminé le surnageant par 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 gliadines est éliminé par aspiration ; le résidu obtenu forme le matériel de départ de la procédure d'extraction des gluténines.

1ml de la solution (B) et un agent réducteur, dithiothreitol (DTT) a 1% sont ajoutés à notre résidu, pour l'extraction des gluténines. 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 prêts pour une révélation des SG - HPM par SDS page.

2.9 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.

2.9.1 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.

2.9.2 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.

2.9.3 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.

2.9.4 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.

2.9.5 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.

2.9.6 Coloration et décoloration

Après la sortie du front de migration, le gel de concentration est éliminés, 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).

2.10 Analyse statistique

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

2.11 Recherche des impuretés

Cette analyse revêt un caractère particulier dans le cas du blé dur. Le produit transformé étant relativement peu élaboré, la présence de certaines impuretés a une incidence sur la qualité de la semoule ou des pâtes.

Les impuretés sont classées en 05 catégories : les grains cassés, les impuretés constituées par les grains, les grains mouchetés et/ou fusariés, les grains germés et les impuretés diverses.

La recherche des grains mouchetés est spécifique au blé dur. La moucheture, en entraînant la présence de piqûres brunes dans les produits finis (semoule et pâtes), crée un préjudice commercial. Cette caractéristique, essentiellement variétale, peut être favorisée par des conditions climatiques particulières au moment de la floraison

2.12 Détermination de la couleur

L'intérêt de la mesure est surtout commercial. En effet, le consommateur recherche des pâtes claires de belle couleur jaune ambrée. Or la législation interdisant toute adjonction de coloration dans les pâtes, la couleur ne peut provenir que de la semoule et par conséquent du blé dur. Ce caractère résulte d'une composante jaune, principalement génétique, qui doit être la plus élevée possible et d'une composante brune, davantage liée aux conditions de culture, qui doit être faible. Différentes méthodes permettent d'évaluer le potentiel couleur, depuis le blé jusqu'aux pâtes.

2.12.1 La composante jaune

Principalement génétiques, elle est fonction des pigments caroténoïdes des semoules et de l'activité des lipoxygénases détruisant ces pigments au cours de la pastification (Grignac, 1981). Elle est mesurée par l'indice de jaune et doit être la plus élevée possible. Et il semble que la destruction des pigments jaunes commence au cours du stockage du grain et s'accélère après la transformation du blé en semoule.

2.12.2 La composante brune

Liée aux conditions de culture, elle est corrélée aux activités des peroxydases et des polyphénoloxydases et doit être très faible (Abecassis, 1991). Son évaluation quantitative se fait par l'indice de brun. Les substances responsables du brunissement de la semoule hydratée résultent d'une oxydation des pigments de couleur orange « Flavones » et jaunes

«caroténoïdes ». Les réactions de peroxydation des acides gras insaturés contenus dans la semoule contribuent à augmenter ce brunissement (Laigne*et al.*,1972). Certaines protéines riches en cuivre seraient à l'origine d'une élévation de l'indice de brun. Plusieurs chercheurs ont montré l'importance du facteur génétique sur l'aptitude des semoules à donner des pâtes de couleur foncée. La couleur est donc un critère essentiellement variétal.

2.12.3 Principe

Il s'agit d'apprécier la couleur de la semoule par un colorimètre. Les résultats sont exprimés dans le système L, a, b, dans les conditions retenues par la commission international de l'éclairement (CIE).

- ✓ Indice de Brun $IN/B = 100 - L$.
- ✓ Indice de jaune $IN/J = b$ (Alary*et al.*, 1988).

Avec,

L : lecture à la longueur d'onde 550 nm.

b : lecture à la longueur d'onde 480 nm.

Le nombre de répétitions est de 10 essais.

3. Méthodes statistiques utilisées

Une comparaison de moyennes a été d'abord réalisée pour l'ensemble des caractères mesurés ; par la suite une analyse de variance mono factorielle a été faite à l'aide du logiciel STATISTICA version 10.2 pour tous les paramètres afin de situer le niveau de signification des différences inter génotypiques et des différents blocs.

Le test de Newman-Keuls a servi pour la détermination des groupes homogènes. Enfin et pour voir s'il y a des relations qui existent entre les différents caractères, une matrice des corrélations a été réalisé par le même logiciel.

Pour la partie biochimique, la lecture génétique des sous unités gluténines de haut poids moléculaire des gels a été faite en calculant les fréquences alléliques, et tracer un arbre phylogénique ou dendrogrammes à l'aide du logiciel SPSS-9 qui sert à faire la classification des génotypes.

Résultats
&
Discussion

Afin d’atteindre les objectifs fixés pour cette étude à savoir évaluer une gamme de variétés de blé dur cultivés en Algérie pour leur qualité technologique et comparer les différents types de génotypes (anciens et nouveaux) afin de situer leurs niveaux pour les différents caractères de qualité et de rendement grain, nous avons procédé aux analyses statistiques de tous nos résultats que nous avons entamé par une analyse comparative de moyennes des différentes variétés testées pour chaque paramètre pris en considération. Les résultats de l’analyse biochimique complètent ce travail.

Ainsi, nos résultats confinés au tableau 2, indiquent clairement qu’il y a des différences importantes entre les lignées avancées testées par rapport aux anciennes variétés hérité du temps des colons Français ou bien de celles développées par les chercheurs Algériens dans les différents instituts de recherche (INRAA) ou de développement (ITGC) pour la plupart des paramètres étudiés.

Tableau. 2 : Comparaison de moyennes entre les lignées avancées testées, les anciennes et nouvelles variétés pour les différents paramètres mesurés (2013/2014).

	Protot	Humi Grain	PMG	GH	GS	Mit	Mou	Rdt
Lignées	11,6± 0,3	9,27±0, 2	47,9± 1,8	9,4± 0,7	3,83± 0,3	5,5± 0,6	5,98±0, 3	39,6± 1,3
Variétés Anciennes	13,8 ± 0,7	9,24 ±0,4	50,2 ± 1,4	10 ± 0,5	4,16 ± 0,2	6,5± 0,7	7,78±0, 6	30,5± 0,9
Nouv Var	11,7 ± 0,4	9,34 ±0,5	44,4 ± 1,6	10 ± 0,4	4,11 ± 0,1	6,3± 0,4	5,34±0, 4	42,3± 0,7

Nos résultats indiquent bien que la qualité technologique du blé dur englobe toute une série de caractéristiques qui vont du rendement en semoule jusqu'à l'aptitude à la transformation de cette semoule en pâtes (Nottin*et al.*, 1949). La qualité de la matière première dépend de celle du produit fini. Pour cela, la connaissance des constituants du grain de blé sont responsables de sa qualité technologique, la définition de leurs déterminants génétiques et le rôle des paramètres agro climatiques constituent des clés indispensables à l'ensemble des agents de la filière : sélectionneurs, agriculteurs et transformateurs, ceci étant mis en évidence par (Benbelkacem et Kellou, 2000).

1. Protéines totales

En effet pour le paramètre protéines totales, on constate clairement que les anciennes variétés ayant une moyenne de $13,8\% \pm 0,7$ sont supérieures aux nouveaux cultivars ($11,7\% \pm 0,4$) ou aux nouvelles lignées ($11,6\% \pm 0,3$). Les différences inter génotypiques décelées par l'analyse de variance (Annexe 2) sont très hautement significatives.

Individuellement, de la comparaison intra génotypique, on constate un intervalle allant de 9,35% de protéines pour la variété V8 (Bellaroi/5/1A.1D 5+1-06/3*Mojo) à 15,38% pour la variété V35 (Bidi 17) (Annexe1).

Le test de Newman-Keuls a fait ressortir pour ce paramètre (Annexe 10) dix groupes homogènes ; la variété 35 (Bidi 17) qui a exhibé un taux de protéines totales des plus élevés (15,38%) constitue un groupe à elle seule, les groupes importants suivants contiennent la plupart des variété population locales V39(Gloire de Montgolfier), V38 (GuemgoumRkhem), V25 (Mohamed Ben Bachir), V36 (Oued Zenati), V37 (DjennahKhetifa) et V40 (Beliouni) où seule V14 (Sooty_9/Rascon_37//Somat_3.1/5/Guayacan Inia/Kucuk/4/...) se retrouve avec les groupes de tête (13,5%).

Autran(1996), 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 dizaine de nos génotypes étudiés qui dépassent ce seuil ou se situent à sa limite.

D'anciens travaux ont aussi montré l'importance des protéines du gluten - gliadines et gluténines - ainsi que certaines enzymes et lipides, dans l'aptitude des blés à être transformés en pain ou en pâtes (Abecassis*et al.*, 1990). Les caractères technologiques d'un blé sont fortement liés à sa variété et ce fait a aussi mis en exergue dans notre étude où on a pu observer une grande diversité au sein de tous nos génotypes et qui peuvent être susceptibles de fluctuations sous l'influence des conditions environnantes.

La richesse en protéines d'une semoule et les propriétés intrinsèques de celle-ci constitue un paramètre de qualité importante. Elle dépend de nombreux facteurs tels que la variété, les conditions de culture, le stade de maturité du grain. La teneur en différentes fractions protéiques d'une variété fluctue moins que la teneur en azote total car moins dépendante des variations environnementale (Royo*et al.*,2004). Inscrites au niveau du génome, les différentes fractions protéiques peuvent toutefois être présentes à des teneurs

variables selon la nutrition azotée. La fertilisation azotée a une incidence sur le rapport N/S qui se traduit par des variations quantitatives de la synthèse d'acides aminés soufrés comme la méthionine et la cystéine (Rharrabti *et al.*, 2001).

2. Poids de mille grains

Le poids de mille grains est généralement peu maîtrisable, car il est fortement lié aux effets de l'environnement au moment de la formation et du remplissage du grain. Un manque d'eau après la floraison combiné aux températures élevées (conditions fréquentes en Algérie) entraîne une diminution du poids de 1000 grains par altération de la vitesse et/ou de la durée de remplissage, ce qui se traduit par l'échaudage des grains (Zouaoui, 1993 ; Chaker, 2003).

La comparaison entre les différents groupes de variétés étudiés (lignées avancées, anciennes variétés populations et nouveaux cultivars) montre des résultats variables intra et inter génotypiques pour le poids de mille grains (Tableau 2). Il est à noter que globalement et pour la campagne 2013/2014 le poids de mille grains a été assez fort dans l'ensemble où trente-six génotypes sur les quarante ont dépassé les 40 grammes. Les variétés populations anciennes reconnus pour la grosseur de leurs grains ont de ce fait été en moyenne supérieures aux autres types de variétés $50,2 \pm 1,4\text{g}$ contre $47,9 \pm 1,8\text{g}$ pour les lignées avancées actuelles et $44,4 \pm 1,6\text{g}$ pour les nouveaux cultivars.

Ces différences constatées entre les génotypes révélés par l'analyse de variance sont très hautement significatives ; il n'y a pas eu néanmoins de différences significatives entre les blocs (Annexe 3). Le test Newman-Keuls (Annexe.11) révèle 13 groupes homogènes indiquant une variabilité assez étalée entre les génotypes.

En connaissant le poids de mille grains des différentes variétés ainsi que leur qualité (taux de germination, mitadinage, taux de moucheture) les agriculteurs peuvent calculer plus précisément les doses de semences nécessaires pour répondre à un objectif de densité de semis (Landemaine, 2004).

3. Humidité du grain

Ce caractère a donné des mesures en moyenne assez faibles (9,24% à 9,34%) entre les différents génotypes, cela est probablement du aux conditions de stockage inappropriées. Les différences ont été quand même très significatives (Annexe 4). La classification réalisée montre cinq groupes homogènes pour ce caractère (Annexe.12).

Afin de comparaître nos résultats sur l'humidité des graines, on remarque que nous sommes en dessous du seuil requis généralement compris entre 11.0% et 14.0%. Cette teneur en eau est également importante dans le commerce puisqu'elle peut conditionner le prix, de la marchandise par un système de bonification/réfaction. (Goudjilet *al.*,1999) cité par Boudjabli(2003). La teneur en eau du blé ne doit pas cependant dépasser 14,5% selon le Codex Alimentarius (1994).

4. Gluten Humide et Gluten sec

Les résultats montrent des valeurs assez importantes dans l'ensemble pour ces caractères (Tableau 2). Il y a beaucoup de différences entre les génotypes pour ces deux caractères. Ces différences entre les génotypes sont hautement significatives, par contre les blocs ne sont pas différents significativement chez ces deux caractères (Annexes 5 et 6). Le test Newman-Keuls indique quinze à quatorze groupes homogènes respectivement pour le gluten humide et le gluten sec (Annexes 13 et 14).

5. Mitadinage

La vitrosité constitue un important facteur aussi bien au niveau de la mouture que de l'agréage. Les grains mitadinés sont ceux qui sont amyliques, gravement endommagés, brisés ou provenant de blés d'autres classes.

Le taux de mitadinage est un critère d'appréciation déterminant dans le rendement et la qualité de la semoule et des produits dérivés (pâtes, couscous). Les grains endommagés, ayant une incidence sur le poids spécifique, diminuent le rendement de la mouture, alors que d'autres types de dommages, tels que la moucheture, peuvent causer la décoloration et des piqûres dans la semoule (Feuillet, 2000 ; Desclaux *et al.*, 2005).

Le mitadinage dû, en particulier, à l'excès d'eau dans le sol ou à sa pauvreté en azote, donne des grains gonflés, blanchâtres, à structure partiellement ou entièrement farineuse, en d'autres termes c'est la présence, dans la masse de la cornée de l'albumen, de tâches d'amidon farineux (Desclaux, 2005). Ces zones sont visibles soit à l'extérieur soit à la coupe du grain.

Le mitadinage diminue le rendement en semoule et provoque des points blanchâtres sur les pâtes. La fumure tardive, à la montaison, limite cet accident (Cheret *et al.*,2003).

Le mitadinage est un caractère qui a donc une relation directe avec la vitrosité du grain et donc avec sa qualité et sa capacité à faire de la bonne semoule. Les résultats montrent en général un faible niveau de mitadinage à travers tous les génotypes étudiés. Les valeurs

oscillent entre 1.6 % pour la variété V18 (PLATA_6/GREEN_17/3/CHEN/AUK//BISU*2/5/PLATA_3//GREX/...) et 10,3% chez V35 (Bidi17). On peut dire que nos valeurs sont bonnes pour ce caractère et corrobore ceux de Selselet (1991) qui a conclu dans ses travaux que pour considérer un blé comme étant de bonne qualité, il ne doit pas dépasser les 5%. Mais selon BAR (1995) toute valeur entre 20% et 40% est acceptable, d'après Selselet (1991) la qualité commerciale type indique que moins de 20 % des grains doivent être mitadinés, au-delà de 40 %, le blé dur est vendu au prix du blé tendre.

Les différences inter génotypiques existantes sont très hautement significatives (Annexe .7). Là aussi quatorze groupes homogènes se sont révélés par le test de newman-Keuls (Annexe.15).

6. Moucheture

La moucheture du blé dur est un phénomène observé depuis fort longtemps : dès 1909, des publications paraissent sur ce sujet. Pendant une longue période, pathologistes et entomologistes combattent par publications interposées, revendiquant la paternité de l'agent causal unique : infections fongiques pour les premiers, action des insectes piqueurs (type thrips) pour les seconds. Cependant, de part la divergence des résultats obtenus et la publication de nombreux travaux montrant qu'en l'absence de tout agent pathogène, la moucheture pouvait s'observer sur les grains mûrs (Tabusse, 1986 ; Williamson, 1997), les facteurs abiotiques ont commencé à intéresser un certain nombre de chercheurs. Grignac (1988) met ainsi en évidence l'importance d'une forte hygrométrie dans l'induction de la moucheture.

Les semoules et produits dérivés issus de grains mouchetés présentent des points noirs indésirables qui diminuent leur qualité commerciale. Le pourcentage de grains mouchetés est relativement faible (inférieurs pour la majorité à 5%). Et pour l'instant, on ignore encore la cause réelle de cet imputées. Cela peut être imputable aux différentes zones climatiques dans lesquels sont semés nos cultivars.

Dans l'ensemble, les variétés s'avèrent très peu mouchetées et donc, n'ont pas d'incidence sur le rendement en semoule, ni sur sa texture.

Le taux de moucheture, caractère très dépendant des conditions humides du milieu qui génèrent un climat propice au développement de maladies est un paramètre qui influe directement sur la coloration de la semoule et donc de la qualité technologique de cette dernière. La moucheture est l'ensemble des points ou taches sombres à noires qui se déposent

sur la graine de blé et donc après mouture on obtient cette couleur sombre sur la semoule. Nos résultats (Tableau.2) montrent en général un faible niveau de moucheture ce qui est recherché par les utilisateurs. Les variétés populations anciennes ont montré en moyenne un taux de 7,78% \pm 0,6, par contre les nouvelles obtentions ou lignées avancées se situent à des niveaux plus bas avec 5,98% \pm 0,3 et 5,34% \pm 0,4. Les valeurs oscillent entre 2.85 % pour la variété V2 (Sooty_9/Rascon_37//Jupare C2001/3/Sooty_9/Rascon_37//..) et 11,45% chez V31 (SILVER_14/MOEWE//BISU_1/PATKA_3/3/PORRON_4/YUAN_1/9/...).

Les différences inter génotypiques sont très hautement significatives (Annexe 8). La aussi treize groupes homogènes se sont révélés par le test de newman-Keuls (Annexe.16). En générale, la moucheture est provoquée par des champignons ou de piqûres de thrips, et leurs taux ne doit pas dépasser les 5% d'après Selselet, 1991 ; d'après nos résultats nous avons quand même environ 40% des génotypes qui répondent à ce seuil.

7. Rendement grain

La comparaison entre les différents groupes de variétés étudiés (lignées avancées, anciennes variétés populations et nouveaux cultivars) montre des résultats très variables intra et inter génotypiques pour le rendement grain (Tableau 2). Il est à noter que globalement le rendement moyen a été très satisfaisant durant la campagne 2013/2014 à la station d'Elkhroub (> 35q/ha). Les variétés populations anciennes se sont toutes classées en dernier dont la V39 (Gloire de Montgolfier ou Rahouia) qui n'a atteint que le niveau de 23,42q/ha, les nouvelles lignées avancées et nouveaux cultivars étaient beaucoup plus performants produisant 39,5q/ha et 42,3 q/ha respectivement. La variété la plus performante a été la V11 (Sooty_9/Rascon_37//Jupare C2001/3/Sooty_9/Rascon_37//..) avec 48,33q/ha.

Ces différences constatées entre les génotypes révélés par l'analyse de variance sont très hautement significatives (Annexe.9). Le test Newman-Keuls (Annexe.17) révèle 13 groupes homogènes indiquant une variabilité assez étalée entre les génotypes d'où une grande possibilité de sélection au sein de ces génotypes pour ce caractère.

La quasi-totalité du blé dur produit en Algérie est destiné à l'alimentation humaine via la fabrication de pâtes ou de semoules. La qualité du grain est donc déterminante pour la valorisation des récoltes.

La valeur technologique d'une variété de blé dur est évaluée à l'aide d'une douzaine de critères technologiques qui peuvent être répartis en trois grandes catégories :

- Valeur semoulière ; par le déterminisme du poids de mille grains, le poids spécifique et le taux de mitadinage.
- Aspect des pâtes ; par l'étude du taux de moucheture, et les indices de coloration (indice de jaune, indice de brun).
- Qualité des pâtes, par le dosage de l'azote (teneur en protéine), le test de viscoélasticité et d'état de surface (Abecassis, 1993 ; Ait kaki, 2007).

De par l'accroissement du nombre de variétés proposées aux agriculteurs, et de l'importance d'augmenter les rendements en grain du pays, il ne suffit plus d'avoir uniquement un bon matériel végétal, il est indispensables de bien l'exploiter en quantifiant l'importance des interactions génotypes x environnement pour les critères technologiques et de définir les bases d'un échantillonnage de lieux d'essais afin de maintenir une bonne récolte associée à une bonne appréciation de la valeur technologique du blé dur (Bouzerzour et Djekoun, 1996 ; Desclauxet *al.*, 2005).

Les critères technologiques choisis ici pour approfondir l'étude de leur stabilité concernent le poids de mille grains (PMG), le poids spécifique, le taux d'extraction, le taux de mitadin, le taux de moucheture, la teneur en cendre, les indices de colorations et le taux de protéines

8. 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 électrophorétiques 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).

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 sauvages, entre autres : les travaux de Branlard et *al.*, (1997) et (Yan et *al.*, 2003).

Les blés durs sont des espèces tétraploïdes ayant le génome AABB. Les SG-HPM sont codées par les gènes localisés sur le bras longs des chromosomes homologues du groupe 1, les loci sont nommés *Glu-A1* et *Glu-B1* (Bietz et al., 1975 in Gianebelli et al., 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 dite 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). (Figure 9).

8.1 Diversité génétique des sous unités gluténines HPM des blés durs cultivés

8.1.1 Variabilité du locus *Glu-A1*

Une protéine seulement a été exprimée par ce locus, il s'agit de la sous unité 1 qui, selon la nomenclature de Branlard et al. (1990), est codée par l'allèle *Glu-A1a*, et cette dernière qui est rencontrée chez une seule variété sur les 40 variétés analysées qui est la variété Beliouni. (figure 3). L'allèle *Glu-A1a* est aussi lié à une bonne qualité pour la ténacité et la force de la pâte d'après Branlard 1990, (Payne et al., 1993).

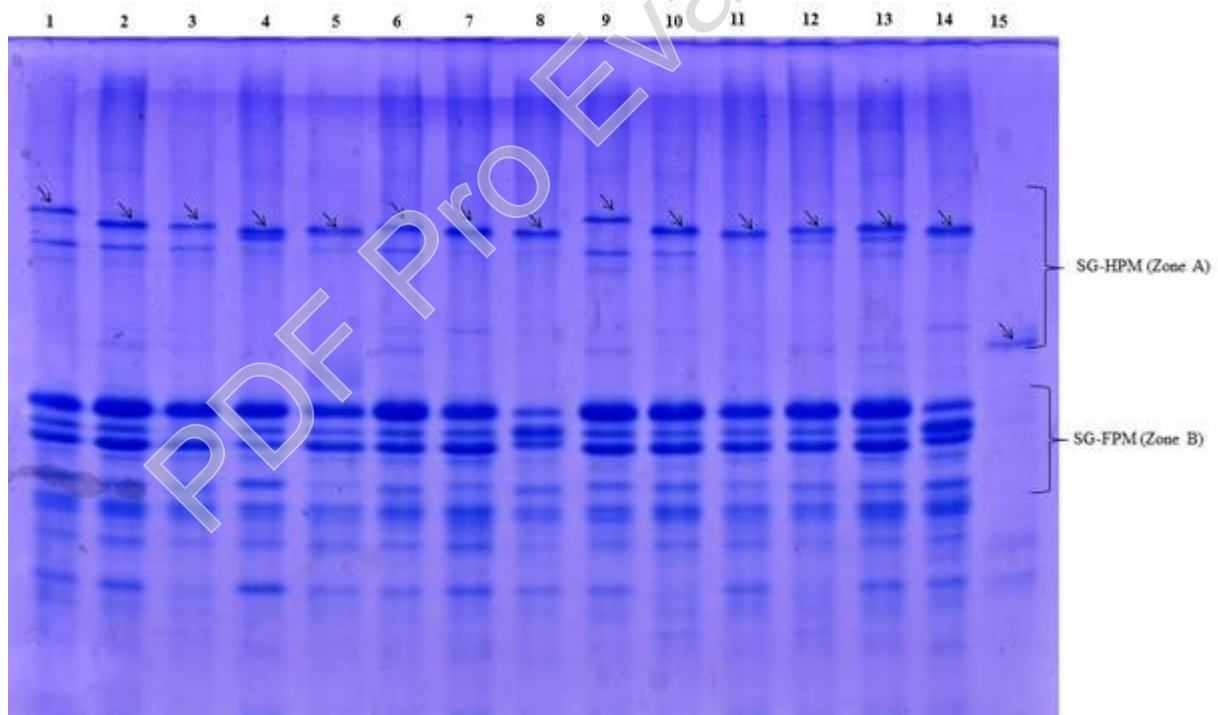


Figure.3 :profil électrophorétiques de 15 variétés témoins : 1(V40Beliouni) , 4(V30 Hedba-03), 7(V35 Bidi17), 11(V25 MMB), 15(V39 Gloire de montgolfier).

8.1.2 Variabilité du locus Glu-B1

L'analyse électrophorétique des 40 variétés des blés durs a permis de distinguer les bandes suivantes : (6, 7, 8, 13,14, 15,16, 20 et 22). Presque la quasi-totalité des SG-HPM sont exprimées par le locus *Glu-B1*. En se référant à la nomenclature de Branlardet *al.*, (1990) (figure 9), 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 47,5%, est présent chez 19 variétés (figure 12 et 13). Le couple (6-8) lié à la mauvaise qualité des blés, exprimé par l'allèle *Glu-B1d* avec la fréquence de 7,5% représenté par 3 variétés. Le couple (14-15) codé par l'allèle *GluB1h* ; est présent chez 2 variétés et fait la fréquence de 5%. Le couple (13-16) (allèle *Glu-B1f*) avec une fréquence de 17,5% ; présent chez 7 variétés; sachant qu'il caractérise l'excellente qualité technologique de la pâte.

Pour l'allèle E est exprimé par la sous unité 20 (de type x) avec une fréquence de 20% présenté chez 8 variétés.

L'allèle k est exprimé par une seule variété avec une fréquence allélique de 2,5%.

8.1.3 Calcul des fréquences alléliques

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 3 ci-après.

Tableau 3 : Fréquence des différentes formes alléliques.

Locus	Allèle	Sous unité	Fréquence	%
Glu-A1	A	1	0,03	2,5
	C	null	0,98	97,5
H index			0,05	
Glu-B1	B	7+8	0,48	47,5
	D	6+8	0,08	7,5
	E	20	0,20	20
	F	13+16	0,18	17,5
	H	14+15	0,05	5
	K	22	0,03	2,5
	H index			0,70

Pour le locus Glu-A1, la distribution des deux allèles dans la collection des 40 variétés des blés durs a été a 97,5% pour l'allèle « c » exprimant la bande nulle, 2,5% pour la deuxième forme allélique répertorié sur ce locus qui est la « a » codant pour la sous unité 1

Pour le locus Glu-B1, plusieurs formes alléliques sont répondues par des différentes proportions qui était de 47,5% qui sont les allèles « b », , suivi par l'allèle « e » avec une fréquence intermédiaire de 20% ; après l'allèle <d> avec une fréquence de 7,5% et en dernier lieu les allèles « h », « k » qui partagent les plus faibles fréquences de 5% & 2,5% .

8.1.4 Calcul des diagrammes variétaux

Pour les dendrogrammes les résultats montrent des degrés d'hétérogénéité différents, dans le profiles protéiques des blés durs. Une diversité caractérisée par un polymorphisme protéique entre les 40 variétés de blé dur (figure 4). Le présent dendrogramme est un arbre phylogénique de la collection des blés durs. L'arbre contient deux grands nœuds ; avec 2 mutants de distances différentes, le premier grand nœud est plus polymorphe que le deuxième.

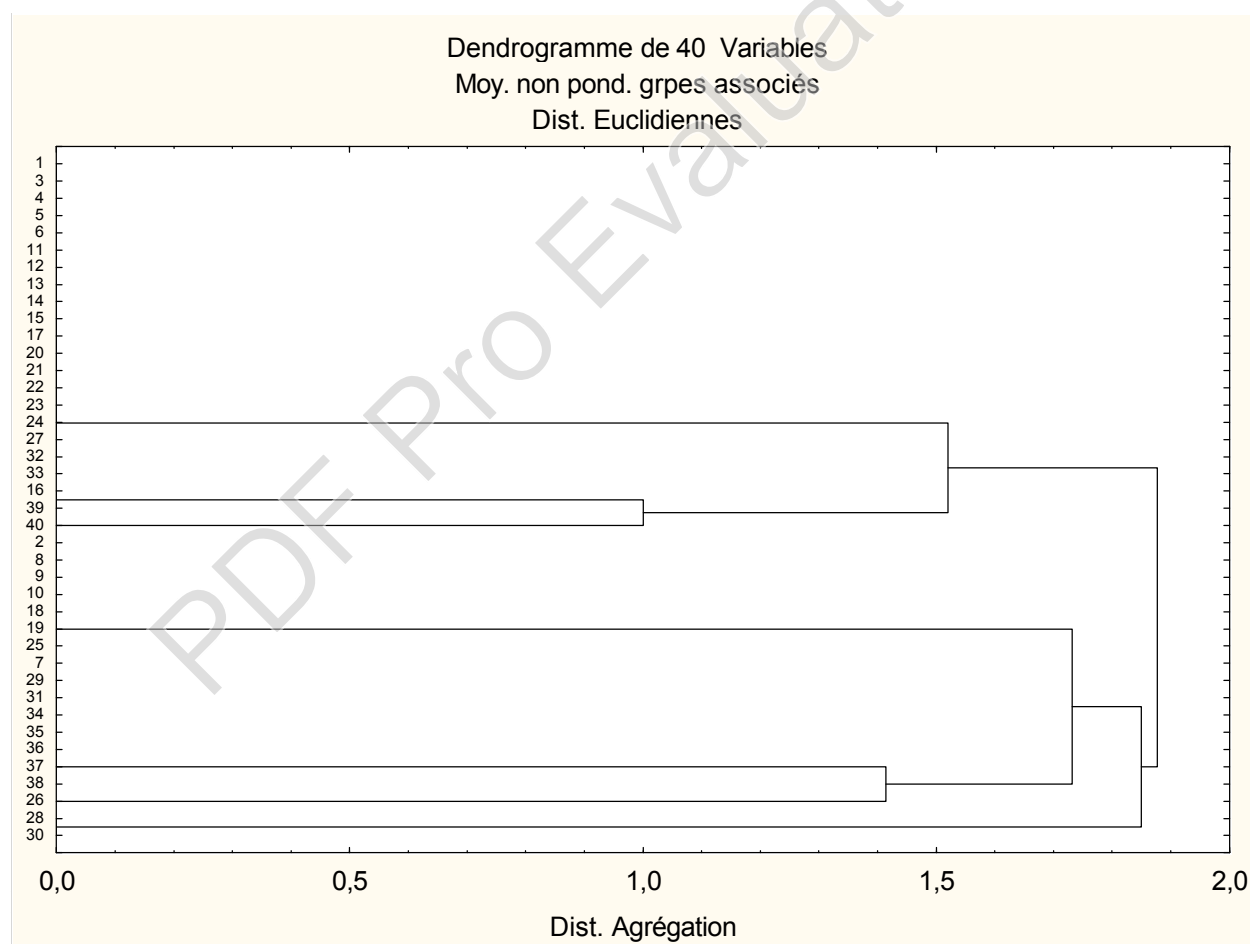


Figure.4 : Arbre phylogénique de la collection des blés durs.

Le premier groupe contient deux sous-groupes, et chaque sous-groupe contient des clades ou clusters; qui contiennent à leur tour des feuilles; et chaque feuille représente une variété, donc, chaque clade ou cluster représente un ensemble de variétés qui sont similaires et qui ont les mêmes caractéristiques ; donc un diagramme type donné. Par exemple: le premier clade représente le 3eme diagramme type avec 5 feuilles qui sont les variétés : 28, 30, 7, 19, 27.

Les variétés du 1er cluster sont totalement différentes et dissimilaires avec celle dudernier. Malgré que le premier nœud est très polymorphe par rapport au 2eme ; mais les variétés à qui appartiennent ont des caractéristiques similaires.

9. Corrélation entre les différents caractères

La matrice des corrélations entre les différents caractères mesurés contenu au Tableau n°4 : fait ressortir des relations importantes. En effet celle qui attire l’attention est celle reliant significativement et négativement le rendement grain au taux de protéines totales avec une valeur de -76% indiquant que plus le rendement est grand et moins est le taux de protéines, ceci est en conformité avec les études antérieures (Benbelkacemet *al.*, 2015) qui parlent de relations inversement proportionnelles entre le rendement d’un produit et sa qualité technologique . Les autres relations significatives se situent entre le taux de protéines et le gluten sec (73%), le gluten humide (0,67) ; le poids de mille grains et le taux de mitadinage et même avec le rendement grain.

Tableau .4: Corrélation entre les différents paramètres étudiés.

Variables	PMG	HUM	GLUHUM	GLUSEC	MITA	MOUCH	RDT
PMG	1						
HUM	- 0,18	1					
GLUHUM	0,1	0,13	1				
GLUSEC	-0,02	0,14	0,91	1			
MITA	-0,67	0,11	0,37	0,08	1		
MOUCH	0,3	0,64	0,07	0,01	0,23	1	
RDT	0,53	0,46	-0,26	-0,24	-0,31	-0,4	1
PROTOT	0,42	0,54	0,67	0,73	0,52	0,41	-0,76

Quoique les valeurs soient faibles, on remarque aussi des relations négatives entre le rendement et les caractères de qualité (gluten humide et sec, moucheture et mitadinage).

Conclusion

PDF PRO Evaluation

Conclusion

Les résultats qui découlent de cette étude ont montré une importante variabilité génétique parmi les génotypes étudiés pour tous les caractères de qualité technologique et de rendement considérés. Les différences ont toutes été hautement significatives que ce soit pour le taux de protéines totales dont les valeurs ont oscillées entre 9,4% et 15,4%, que pour le poids de mille grains (33,5 à 54,75g), la teneur en eau du grain (8,55 à 9,93%), le gluten humide et sec (6,93 à 12,3 et 2,56 à 5,1g), les taux de mitadinage (1,6 à 10,37%) et de moucheture (2,85 à 11,45%) et enfin pour le rendement grains (23,42 à 48,33q/ha).

En matière de rendement nos variétés populations anciennes ont confirmé leur faible niveau mais en contrepartie, elles ont montré un fort PMG et des taux de protéines élevés. Cette règle est vérifiée chez la plupart des espèces où la quantité du produit est négativement corrélée à sa qualité. Il est à signaler que nos résultats sont fort intéressants où on peut faire un bon travail de sélection pour offrir plus tard aux agriculteurs des produits très performants en rendement grain et semoulier et de bonne qualité technologique.

Les analyses biochimiques ont elle aussi contribué à caractériser les différents génotypes et déterminer leur polymorphisme important indiquant une grande variabilité génétique. L'application des outils biochimiques diffère suivant l'étape du cycle de sélection. Les premiers tests d'approche de la qualité génotypique ou intrinsèque mis au point par les sélectionneurs et les chimistes céréaliers, sont basés sur l'étude de la fraction protéique. Et comme l'a souligné Autran (1981), c'est en se basant sur les caractéristiques biochimiques du grain que de véritables tests de sélection peuvent être découverts et développés.

Perspectives

Il serait utile de refaire ces tests une seconde année afin de confirmer toutes ces mesures et en tirer des conclusions plus adéquates.

Promouvoir l'utilisation combinée des outils biotechnologiques et biochimiques avec ceux de la sélection classique et aller vers la sélection assistée par marquage moléculaire pour aider les sélectionneurs à être plus efficaces dans leur travail et fournir aux utilisateurs des produits de bonne qualité technologique.

*Références
bibliographiques*

- ABECASSIS J. (1993). Nouvelles possibilités d'apprécier la valeur meunière et la valeur semoulière des blés. Ind. Céréales N° 81. pp 35.
- ABECASSIS J., AUTRAN J.C., ADDA J. (1990). La qualité technologique des blés. Le blé à l'INRA : Recherches et innovations. Revue mensuelle INRA. N°4. pp. 6-9.
- AIT KAKI S. (2002). Evaluation de la qualité d'un germoplasme de blé dur (*Triticum durum* Desf) : appréciation de l'aptitude technologique et biochimique. Mémoire. Magistère. Univ. Annaba. 130p.
- AIT KAKI Y. (2007). Etude comparative des potentialités technologiques des blés durs
- AL HAKIMI A., MONNEVEUX Ph. (1993). Variation of some morphophysiological traits of drought tolerance in tetraploid wheats. In: A.B. Damania (Ed). Biodiversity and Wheat improvement. John Wiley and sons. pp 199-216.
- ALARY R., CHAURAND M., COMBE D., GARCON-MARCHAND O. (1985). Caractéristiques technologiques des variétés de blés durs. Laboratoire de technologie des céréales. I.N.R.A. Montpellier. pp.1-10.
- ALAVA J.M., MILLAR S.J. and SALMON S. E. (2001). The determination of wheat breadmaking performance and bread dough mixing time by NIR spectroscopy for high speed mixers. Journal of Cereal Science 33. pp 71-81.
- ANNICCHIARICO P., BELLAH F. and CHIARI T. (2005). Repeatable genotype x location interaction and its exploitation by conventional and GIS-based cultivar recommendation for durum wheat in Algeria. Journal of Cereal Science.
- ANONYME. (2002). Les outils de la sélection variétale en sélection des céréales. : classiques ou innovants, ils permettent de franchir de nouvelles étapes. GNIS : Dossier céréales 2002.
- AUTRAN J.C. (1981). Recent data on the biochemical basis of durum wheat quality. In: The quality of foods and beverages chemistry and technology. Vol. 1. Academic Press: New York. pp. 257-273.
- BENBELKACEM A, A.BENTOUNSI et L.ELHADEF EL OKKI., (2015). L'amélioration du blé pour la qualité technologique. L'Algérie Agricole. P27-29.

- BENBELKACEM A., KELLOU K. (2000). Evolution du progrès génétique chez quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) cultivées en Algérie. Symposium blé 2000 enjeux et stratégie. Pp192.
- 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.
- BOUZERZOUR H., BENMAHAMMED A., BENKHARBACHE N., HASSOUS K.L. (2001). Contribution des nouvelles obtentions à l'amélioration et à la stabilité du rendement d'orge en zone semi-aride d'altitude. Revue de la recherche agronomique de l'INRAA.
- BOZZINI A. (1988). Origin, distribution, and production of durum wheat in the world. Durum Wheat: Chemistry technology. pp 1-16.
- BOZZINI A. (1988). « Origin, distribution, and production of durum wheat in the world. » Dans Fabriani G. et C. Lintas (éd). *Durum: Chemistry and Technology*. AACCC (Minnesota), États-Unis. p. 1-16.
- BRANLARD G., DARDEVET M. (1993). A Null Gli- D1 Allele with a Positive Effect on Bread Wheat Quality. Journal of Cereal Science. N° 20 pp 235-244.
- 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.
- BUSHUK W. (1966). Distribution of water in dough and bread. The Baker's Digest. N°40. pp. 38-40.
- CECCARELLI S., GRANDO S., HAMBLIN J. (1992). Relationships between barley grain yield measured in low and high yielding environments. Euphytica. 49-58 pp.
- CHAKER A. (2003). Etude de l'effet des stress thermiques (chaleur et froid) sur quelques paramètres physiologiques et biochimiques du blé dur (*Triticum durum* Desf.). Mémoire. Magistère. Univ. Annaba.
- CHERDOUH A, D KHELIFI , J .M. CARRILLO, M.T. NIETO-TALADRIZ (2005). The high and low molecular weight glutenin subunit polymorphism of Algerian durum wheat landraces and old cultivars. Plant Breeding; 124.338-342.
- CHERDOUH A. (1999). Caractérisation biochimique et génétique des protéines de réserve des blés durs Algériens (*Triticum durum* Desf.) : relation avec la qualité. Mémoire. Magistère. Univ. Constantine.

- CHERET R., MOREL M.H., SAMSON M.F. (2003). Caractérisation physico-chimique du mitadinage chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.). Ind. Céréales. 131.
- CLARKE, J.M., W.A. NORVELL, F.R. CLARKE ET T.W. BUCKLEY. (2002). « Concentration of cadmium and other elements in the grain of near-isogenic durum lines. » *Can. J. Plant Sci./Revue canadienne de phytotechnie*, 82:27-33.
Colloque : Grandes Cultures Semences en Languedoc Roussillon. DADP.
- DAMIDAUX R., FEILLET P. (1978). Relation entre les propriétés viscoélastiques du gluten cuit, la teneur en protéines et la qualité culinaire des blés durs. *Ann. Technique d'Agriculture* N° 27. pp. 799 - 808.
- D'EGIDIO M. G., DE STEFANIS E., FORTINI G., GALTERIO S., NARDI S., SGRULLETTA D., BOZZINI A. (1982). Standardization of cooking quality analysis in macaroni and pasta products. *Cereal Foods World*. 27. pp.367-368.
- DEMARLY Y. (1995). De la plante entière à l'ADN. Introduction. *Biotechnologies végétales*. AUPELF- UREF. pp.15.
- DESCLAUX D. (2005). Amélioration de la valeur technologique et commerciale du blé dur : vers une réduction des taux de moucheture et de mitadin. Rapport du projet de recherche. INRA. Montpellier. France.
- DESCLAUX D., POIRIER S. (2004). Moucheture du blé dur : bilan des connaissances.
- DJEKOUN A., YKHLEF N., BOUZERZOUR H., HAFSI M., HAMADA Y., KAHALI L. (2002). Production du blé dur en zones semi-arides : identification des paramètres d'amélioration du rendement. Act des 3ème Journées Scientifiques sur le blé dur. Constantine.
- D'OVIDIO R., TANZARELLA O.A., PORCEDDU E. (1990). Rapid and efficient detection of genetic polymorphism in wheat through amplification by polymerase chain reaction. *Plant Molecular Biology* N°15. pp 169- 171.
- FAO, (1995). Conservation et utilisation durable des ressources phytogénétiques pour la méditerranée ; Annexe du rapport de la réunion préparatoire sous-régionale pour la méditerranée. Octobre, (1995), Tunisie.
- FEILLET P. (1984). The biochemical basis of pasta cooking quality. Its consequences for durum wheat breeders. *Science Alimentaire* N° 4. pp. 551 - 566.

- FEILLET P. (1986). L'industrie des pâtes alimentaires : Technologies de fabrication, qualité des produits finis et des matières premières. Ind. Agric. Aliment. N°103. pp. 979 - 989.
- FEILLET P., ABECASSIS J. (1976). Valeur d'utilisation des blés durs C.R. Semaine d'étude céréaliculture Gembloux, 551-560 p.
- FEILLET P., DEXTER J.E. (1996). Quality requirements of durum wheat for semolina milling and pasta production. In "Monograph on Pasta and Noodle Technology", Matsuo R.R., Minnesota, A.A.C.C. N°95. pp132.
- FEILLET.P. (2000).Le grain de blé. INRA.Pris.N°280168v.p :88, 81, 82, 83,199.
- FELDMAN, M. (2001).Origin of Cultivated Wheat. Dans Bonjean A.P. et W.J. Angus (éd.) The World Wheat Book: a history of wheat breeding. Intercept Limited, Andover, Angleterre,p 3-58.75
- FISCHER R.A. (1985). Number of kernels in wheat crops and the influence of solar
- GIBSON T.S., SOLAH V.A., McCLEARYT B. V. (1997). A procedure to measure amylose in cereal starches and flours with concanavalin A. Journal of Cereal Science N°25. pp. 111 - 119.
- GRICNAC P. (1981). Rendement et composantes du rendement du blé d'hiver dans l'environnement méditerranéen français. Séminaire de Bari. CEE. Univ Bologne. Pp 185 – 195.
- HATCHER D.W., KRUGER J.E. (1993). Distribution of polyphenol oxidase in flour millstreams of canadian common wheat classes milled to three extraction rates. Cereal chem.. 70. pp 51-55.
- HENRY, Y; ET BUYSER, J. (2000).L'origine du blé. Pour la Science, Hors-série.26 :60-62.
- HERNANDEZ J.A.Z., SANTIVERI F., MICHELENA A. and PENA R.J. (2004). Durum wheat (*Triticum turgidum* L.) carrying the 1BL/1RS chromosomal translocation : agronomic performance and quality characteristics under Mediterranean conditions. European Journal of Agronomy 30.
- KRIBAA M., HALLAIRE V., CURMINB P. Et LAHMARC R. (2001). Effet de diverses méthodes de culture sur la structure et les propriétés hydrauliques d'un sol dans un climat semi-aride. Unité experte en matière de DES Techniciens d'Internationale d'association de c et Chercheurs. France.

- LAEMMLI U.K.(1970) ; Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. Nature, 227 :680-685.
- LAIGNELET B. (1983). Lipids in pasta and pasta processing. In "lipids in cereal
- LEMPEREUR I., ROUAU X., ABECASSIS J. (1995). Genetic and Agronomic variation in Arabinoxylan and Ferulic Acid contents of Durum Wheat (*Triticum durum L.*) grain and its milling fractions. Journal of Cereal Science N° 25. pp 103-110.
- LINDEN G., LORIENT D. (1994). Biochimie agro-industrielle : Valorisation alimentaire de la production agricole. Ind. Alim. Et Biologiques. éd. Masson.pp. 70 - 80.
- LIU C.Y., SHEPHERD K. W. (1995). Inheritance of B subunits of glutenin and ω - and γ - gliadins in tetraploid wheats. Theor. Appl. Genet N°90. pp 1149-1157.
- MACINTOSH. (1988).Le bléhybride. In: Gallais A, Bannerot H eds (1992). Amélioration des espèces végétalescultivées. INRA Editions: 13-7 1.p37.
- MASCI S., LEW E. J.-L., LAFIANDRA D., PORCEDDU E., KASARDA D. (1995). Characterization of Low Molecular Weight Glutenin Subunits in Durum Wheat by Reversed- Phase High- Performance Liquid Chromatography and N-Terminal sequencing. Cereal Chemistry. Vol. 72, No. 1.pp 100-104.
- MATSUO R. R., BRADLEY J. W., IRVINE G. N. (1972). Effect of protéin content on the cooking quality of spaghetti. Cereal Chem. N° 49.
- MOK C. (1997). Mixing properties of durum wheat semolina as influenced by protein quality and quantity. Food and Technology. Vol. 6. NO. 1. pp. 1-4.
- MONNEVEUX Ph. (1984). Sélection des variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) de valeur technologique élevée : Quantité et qualité des protéines du grain. Ind. Cereal N° 28.
- MONNEVEUX Ph. (1989). Quelles stratégies pour l'amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique des céréales d'hiver. Journées Scientifiques de l'AUPELF : " Amélioration des plantes pour l'adaptation au milieu aride". Tunis, 4 -9 Décembre.
- MONNEVEUX Ph. (1997). La génétique face au problème de la tolérance des plantes cultivées à la sécheresse : espoirs et difficultés. Cahier "sécheresse".Vol. 8, N° 1, pp 29-37.

- NACHIT M., PICARD E., MONNEVEUX Ph, LABHILILI M., BAUM M., RIVOAL R. (1998). Présentation d'un programme international d'amélioration du blé dur pour le bassin méditerranéen. Réseaux transnationaux d'amélioration des plantes utilisant les biotechnologies. Revue Cahiers Agricultures, Volume 7, N° 5. pp. 10 -15.
- NOTTIN, DAROS, PIGNARRE (1949). Valeur industrielle des blés durs. Chambre d'agriculture de Constantine. Algérie. pp. 260.
- Orth RA. & BUSHUK W.(1974). Studies of glutrinin VI. Chromosomal location of genes coding . Cereals chemistry : 51 :118-126.
- OSBORNE T.B.(1924). The vegetal proteins. Longmans, Green, London.
- PAYNE , P.I. ET LAWRENCE,G.J. (1983). Catalogue of alleles for the complex gene loci, Glu-A1 , Glu6b1 AND Glu6D1 which code for the high molecular- weight subunits of glutenin in hexaploid wheat. Cereal Res. Commun.11:29-35.
- PICARD E. (1988). Sélection du blé. L'intégration des biotechnologies : 48 – 58. radiation and temperature. J. Agric. Sci. 108, pp. 447–461.
- RHARRABTI Y., ROYO C., VILLEGAS D., APARICIO N. and GARCIA DEL MORAL L.F. (2003) a. Durum wheat quality in Mediterranean environments. I. Quality expresión under different water regimes across Spain. Field Crops Res. 802. pp. 123–131.
- RHARRABTI Y., VILLEGAS D., GARCIA DEL MORAL L.F., APARICIO N., EIHANI S. and ROYO C. (2001). Enviromental and genetic determination of protein content and grain yield in durum wheat under Mediterranean conditions. Plant Breeding 120. pp.381–388.
- ROYO C., APARICIO N., BLANCO R. and VILLEGAS D (2004). Leaf and green area development of durum wheat genotypes grown under Mediterranean conditions. European Journal of Agronomy. Volume 20, Pages 419-430
- SELMI R. (2000). Fin du mythe de l'autosuffisance alimentaire et place aux avantages comparatifs. Revue Afrique Agriculture .N° 280. pp 30-32.
- SELSLET – ATOUT G., GUEZLENE L. (1983). Caractéristiques physico-chimiques des principales variétés de blé dur cultivé en Algérie. Annales de l'Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie. Vol 56. pp 12-20
- TRENTESAUX E. (1995). Evaluation de la qualité du blé dur. Durum wheat quality in the Mediterranéan Region. Seminaires Méditerranéan N° 22.

- YAKOUBI M., EL-MOURID M., CHBOUKI N., et STOCKE C.O. (1998). Typologie de la sécheresse et recherche d'indicateurs d'alerte en climat semi-aride Marocain. Sécheresse n°9. pp 269-276.
- ZOUAOUI G. (1993). Etude en F1 et F2 des hybrides issus du croisement de 05 variétés de blé dur : détermination génétique des principaux caractères a intérêt agronomique. Mem .Ing. D'Etat. I.N.R.A El Harrach. Alger. 7p.

PDF Pro Evaluation

Annexes

PDF Proxyvaluation

Annexe 1

Liste du matériel végétal en analyse qualité 2015

N°Ordre	Variétés ou lignées	Origine 2014
1	Silk_3/Dipper_6//Aco89*6/Dukem_4/3/Plata_7//Ilbor_1//...	CDSS07Y00046 S-099Y-18Y- 2M-04Y-0B
2	Sooty_9/Rascon_37//Jupare C2001/3/Sooty_9/Rascon_37//..	CDSS06B183S- 099Y-5Y-2M- 04Y-0B
3	Simeto/3/Sora/2*Plata_12//SRN_3/Nigris_4/5/Toska_26/...	CDSS06B00488 T-099Y-099M- 11Y-0M-04Y-0B
4	PH896-21/4/Hubei//3*Sooty_9/Rascon_37/3/Sooty_9/...	CDSS07Y00459 T-099Y-18Y- 3M-04Y-0B
5	Waha	T1
6	Preco/10/Tarro_1/2*Yuan_1//Ajaia_13/Yazi/9/USDA595/3/...	CDSS06B00461 T-099Y-099M- 15Y-1M-04Y-0B
7	Sora/2*Plata_12//Somat_3/6/Chen_1/Tez/3/Guil//Cit71/...	CDSS06B00304 S-099Y-099M- 16Y-2M-04Y-0B
8	Bellaroi/5/1A.1D 5+1-06/3*Mojo//Rcol/4/Arment//SRN_3/...	CDSS07Y00472 T-099Y-099M- 1Y-2M-04Y-0B
9	Saragoza/10/Rcol/Thknee_2/9/USDA595/3/D67.3/Rabi//CRA/...	CDSS07Y00459 T-099Y-18Y- 3M-04Y-0B
10	Beni Mestina	T2
11	Sooty_9/Rascon_37//Jupare C2001/3/Sooty_9/Rascon_37//..	CDSS06B00181 S-099Y-099M- 4Y-2M-04Y-0B
12	Sooty_9/Rascon_37//Somat_3.1/3/Sooty_9/Rascon_37//...	CDSS07Y00802 D-099Y-099M- 2Y-4M-04Y-0B
13	Plata_7//Ilbor_1//Somat_3/3/Sora/2*Plata_12//Srn_3/...	CDSS07Y00032 S-099Y-099M- 16Y-2M-04Y-0B
14	Sooty_9/Rascon_37//Somat_3.1/5/Guayacan Inia/Kucuk/4/...	CDSS07Y00556 T-099Y-099M- 7Y-4M-04Y-0B
15	Sigus	T3
16	ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4/3/CANELO_9.1/4/TOSKA_26/...	RIV/02
17	1A.1D 5+1-06/3*WB881/6/CHEN_1/TEZ/3/GUIL//CIT71/CII/4/...	RIV/03
18	PLATA_6/GREEN_17/3/CHEN/AUK//BISU*2/5/PLATA_3//GREX/...	RIV/04
19	AINZEN_1//PLATA_6/GREEN_17/5/TATLER_1/TAROO_1/3/...	RIV/06
20	Ain Lehma	T4 RIV/15
21	LD357E/2*TC60//JO69/3/FGO/4/GTA/5/SRN_1/6/TOTUS/7/ENTE/...	RIV/07
22	GODRIN/GUTROS//DUKEM/3/THKNEE_11/4/DUKEM_1//PATKA_	RIV/08

	7/...	
23	GUANAY//TILO_1/LOTUS_4/3/SOMAT_3/PHAX81//TILO_1/...	RIV/09
24	AJAIA_12/F3LOCAL(SEL.ETHIO.135.85)//PLATA_13/3/...	RIV/11
25	Mohamed Ben Bachir	T5
26	AJAIA_12/F3LOCAL(SEL.ETHIO.135.85)//PLATA_13/3/...	RIV/12
27	NETTA_4/DUKEM_12//RASCON_19/3/DIPPER/RISSA//ALTER 84/...	RIV/13
28	MOHAWK/10/LD357E/2*TC60//JO69/3/FGO/4/GTA/5/SRN_1/6/...	RIV/14
29	ADAMA_15//ALBIA_/ALTAR 84/3/SNITAN/4/SOMAT_4/INTER_8/...	RIV/16
30	Hedba-03	T6
31	SILVER_14/MOEWE//BISU_1/PATKA_3/3/PORRON_4/YUAN_1/9/ ...	RIV/17
32	BICHENA/AKAKI_7/4/LIS_8/FILLO_6/3/FUUT//HORA/JOR/5/...	RIV/18
33	DUSKY_2/3/MINIMUS/COMB DUCK_2//CHAM_3/9/USDA595/3/...	RIV/19
34	Gta/Dur69..	RIV/20
35	Bidi 17	T7
36	Oued Zenati 368	T8
37	Djennah Khetifa	T9
38	Guengoum Rkhem	T10
39	Gloire de Montgolfier	T11
40	Beliouni	T12

Annexe 2

ANOVA du taux de protéines totales des génotypes testés (2014/2015)

Effet	SCE	dl	CM	F	Prob	Signification
Blocs	14,45	3	4,82	6,62	0,00	***
Variétés	213,7	39	5,48	7,53	0,00	***
Erreur	85,12	117	0,73			

Annexe 3

ANOVA du poids de mille grains des génotypes testés (2014/2015)

Effet	SCE	dl	CM	F	Prob	Signification
Blocs	4,87	3	1,62	0,76	0,519	NS
Variétés	5970,69	39	153,09	71,54	0,000	***
Erreur	250,38	117	2,14			

Annexe 4

ANOVA du caractère Humidité du grain des génotypes testés (2014/2015)

Effet	SCE	dl	CM	F	Prob	Signification
Blocs	0,585	3	0,195	3,57	0,01	*
Variétés	9,414	39	0,241	4,41	0,000	***
Erreur	6,399	117				

Annexe 5

ANOVA du caractère Gluten Humide pour les génotypes testés (2014/2015)

Effet	SCE	dl	CM	F	Prob	Signification
Blocs	0,83	3	0,276	0,86	0,46	NS
Variétés	262,08	39	6,72	21,00	0,000	***
Erreur	37,43	117	0,32			

Annexe 6

ANOVA du caractère Gluten Sec pour les génotypes testés (2014/2015)

Effet	SCE	dl	CM	F	Prob	Signification
Blocs	0,34	3	0,11	1,38	0,25	NS
Variétés	69,08	39	1,77	21,84	0,000	***
Erreur	9,49	117	0,08			

Annexe 7

ANOVA du caractère Mitadinage pour les génotypes testés (2014/2015)

Effet	SCE	dl	CM	F	Prob	Signification
Blocs	7,55	3	2,52	2,91	0,037	*
Variétés	776,83	39	19,92	23,03	0,000	***
Erreur	101,2	117	0,865			

Annexe 8

ANOVA du caractère Moucheture pour les géotypes testés (2014/2015)

Effet	SCE	dl	CM	F	Prob	Signification
Blocs	18,46	3	6,15	8,94	0,000	***
Variétés	734,43	39	18,83	27,37	0,000	***
Erreur	80,5	117	0,865			

Annexe 9

ANOVA du caractère Rendement grain pour les géotypes testés (2014/2015)

Effet	SCE	dl	CM	F	Prob	Signification
Blocs	66,31	3	21,77	5,49	0,001	**
Variétés	5568,12	39	142,77	36,06	0,000	***
Erreur	463,3	117	3,96			

Annexe 10

Test Newman-Keuls sur le Taux de protéines totales

variété	moyenne	bloc									
V35	15,37	a									
V39	14	b									
V38	13,72	b c									
V25	13,6	b c d									
V36	13,52	b c d									
V14	13,5	b c d									
V37	13,4	b c d e									
V40	13,25	b c d e									
V13	13,2	b c d e f									
V30	13,15	b c d e f gg									
V26	12,72	b c d e f gg h									
V19	12,7	b c d e f gg h									
V24	12,35	b c d e f gg h I									
V23	12,2	b c d e f gg h I									
V2	12,15	b c d e f gg h I									
V32	12	b c d e f gg h I									
V11	12	b c d e f gg h I									
V20	11,97	b c d e f gg h I									
V15	11,82	c d e f gg h I									
V34	11,75	c d e f gg h I									
V29	11,7	c d e f gg h I									
V31	11,57	c d e f gg h I									
V17	11,57	c d e f gg h I									
V3	11,57	c d e f gg h I									
V12	11,55	c d e f gg h I									
V4	11,55	c d e f gg h I									
V9	11,52	c d e f gg h I									
V16	11,5	c d e f gg h I									
V10	11,45	c d e f gg h I									
V5	11,37	d e f gg h I									
V22	11,35	d e f gg h I									
V1	11,35	d e f gg h I									
V33	11,17	e f gg h I									
V28	10,95	f gg h I J									
V7	10,9	f gg h I J									
V6	10,85	gg h I J									
V18	10,7	h I J									
V27	10,67	h I J									
V21	10,4	I J									
V8	9,35	J									

Annexe 11

Test Newman-Keuls sur le Poids de mille grains.

Variété	Moyenne	bloc									
V30	54,75	a									
V35	53,25	a	b								
V26	52		b	c							
V17	52		b	c							
V3	51,75		b	c	d						
V27	51,75		b	c	d						
V11	51,5		b	c	d	E					
V19	51,5		b	c	d	E					
V18	51,25		b	c	d	E					
V9	50,75		b	c	d	E	f				
V32	50,25		b	c	d	E	f				
V29	50		b	c	d	E	f				
V12	49,75			c	d	e	f				
V33	49,75			c	d	e	f				
V2	49,75		b	c	d	e	f				
V16	49,75		b	c	d	e	f				
V10	49,75		b	c	d	e	f				
V1	49,5			c	d	e	f				
V31	48,75			c	d	e	f				
V39	48,25				d	e	f				
V28	48					e	f				
V34	48					e	f				
V37	48					e	f				
V20	47,25						f	g	h		
V21	47							g	h		
V23	47							g	h		
V22	44,75									i	
V4	44,25									i	
V40	43,5									i	
V25	43,25									i	
V15	43,25									i	
V36	43,25									i	
V24	41,5									i	k
V7	40,25										k
V13	39										l
V14	36,25										l
V8	36										m
V5	33,5										m
											n

ANNEXE 12

Test Newman-Keuls pour le Taux d'humidité du grain

Variété	moyenne	Bloc				
V8	9,92	a				
V24	9,67	a	b			
V23	9,6	a	b	c		
V12	9,57	a	b	c		
V32	9,55	a	b	c		
V5	9,55	a	b	c		
V30	9,55	a	b	c		
V19	9,47	a	b	c		
V39	9,42	a	b	c		
V31	9,4	a	b	c		
V33	9,4	a	b	c		
V21	9,37	a	b	c	d	
V15	9,35		b	c	d	
V4	9,35		b	c	d	
V10	9,32		b	c	d	
V18	9,32		b	c	d	
V34	9,3		b	c	d	
V28	9,27		b	c	d	
V35	9,27		b	c	d	
V36	9,25		b	c	d	
V14	9,25		b	c	d	
V16	9,25		b	c	d	
V26	9,25		b	c	d	
V27	9,22		b	c	d	
V17	9,22		b	c	d	
V29	9,22		b	c	d	
V1	9,2		b	c	d	
V25	9,2		b	c	d	
V20	9,17		b	c	d	
V37	9,15		b	c	d	
V22	9,15		b	c	d	
V6	9,12		b	c	d	
V38	9,07		b	c	d	
V9	9,05		b	c	d	
V13	9,05		b	c	d	
V40	9,02			c	d	
V3	9,02			c	d	
V7	9			c	d	
V11	8,75				d	e
V2	8,55					e

ANNEXE 13

Test Newman-Keuls sur le Taux de GLUTEN HUMIDE

variété	moyenne	bloc													
V13	12,3	a													
V31	11,49		b												
V12	11,43	a	b												
V35	11,16		b	c											
V33	11,09		b	c	d										
V32	11,01		b	c	d										
V34	10,91		b	c	d	e									
V39	10,88		b	c	d	e	f								
V14	10,87		b	c	d	e	f								
V25	10,72		b	c	d	e	f	g							
V38	10,55		b	c	d	e	f	g	h						
V26	10,24		b	c	d	e	f	g	h						
V5	10,2		b	c	d	e	f	g	h						
V6	10,17		b	c	d	e	f	g	h						
V11	10,06			c	d	e	f	g	h	i	j				
V19	10,03			c	d	e	f	g	h	i	j				
V27	9,99			c	d	e	f	g	h	i	j				
V37	9,99			c	d	e	f	g	h	i	j				
V29	9,92			c	d	e	f	g	h	i	j				
V8	9,77			c	d	e	f	g	h	i	j	k			
V40	9,74			c	d	e	f	g	h	i	j	k			
V20	9,69				d	e	f	g	h	i	j	k			
V15	9,55					e	f	g	h	i	j	k	l		
V10	9,47						f	g	h	i	j	k	l		
V17	9,32							g	h	i	j	k	l		
V23	9,3								h	i	j	k	l		
V4	9,27								h	i	j	k	l		
V16	9,2								h	i	j	k	l		
V9	9,11								h	i	j	k	l		
V36	9,02									i	j	k	l		
V28	8,69										j	k	l	m	
V2	8,52											k	l	m	
V21	8,47											k	l	m	
V30	8,45													m	n
V22	8,22														n
V24	7,66														n
V1	7,33														n
V7	7,19														n
V18	7,07														n
V3	6,93														n

ANNEXE 14

Test Newman-Keuls sur le GLUTEN SEC

Variété	moyenne	bloc																					
V13	5,1	a																					
V39	5,09	a																					
V33	4,99	a																					
V35	4,74	a	b																				
V31	4,73	a	b	c																			
V15	4,73	a	b																				
V12	4,71	a	b	c																			
V32	4,63	a	b	c	d																		
V14	4,38		b	c	d	e																	
V8	4,37		b	c	d	e																	
V25	4,3		b	c	d	e	f																
V26	4,28		b	c	d	e	f	g															
V27	4,27		b	c	d	e	f	g															
V6	4,26		b	c	d	e	f	g															
V38	4,23		b	c	d	e	f	g															
V34	4,16		b	c	d	e	f	g	h														
V40	4,13		b	c	d	e	f	g	h	i													
V11	4,1		b	c	d	e	f	g	h	j													
V10	4,03			c	d	e	f	g	h	i	j	k											
V5	4,01				d	e	f	g	h	i	j	k											
V19	3,99				d	e	f	g	h	i	j	k											
V37	3,92					e	f	g	h	i	j	k	l										
V4	3,88						e	f	g	h	i	j	k	l									
V29	3,83							e	f	g	h	i	j	k	l								
V17	3,72								e	f	g	h	i	j	k	l	m						
V28	3,69									e	f	g	h	i	j	k	l	m					
V20	3,61										f	g	h	i	j	k	l	m					
V23	3,59											f	g	h	i	j	k	l	m				
V16	3,57												g	h	i	j	k	l	m				
V22	3,48													h	i	j	k	l	m	n			
V9	3,45															i	j	k	l	m	n		
V30	3,43																i	j	k	l	m	n	
V21	3,42																	j	k	l	m	n	
V36	3,37																		k	l	m	n	
V1	3,28																			l	m	n	
V2	3,15																				m	n	
V7	2,89																					n	o
V24	2,61																						o
V3	2,57																						o
V18	2,55																						o

ANNEXE 15

Test Newman-Keuls sur le Taux de Mitadinage

Variété	moyenne	bloc													
V35	10,37	a													
V34	9,45	a	b												
V1	8,95	a	b	c											
V36	8,92	a	b	c											
V24	8,7	a	b	c	d										
V13	8,35		b	c	d										
V22	8,3		b	c	d										
V14	7,92		b	c	d	e									
V5	7,8		b	c	d	e									
V23	7,57		b	c	d	e									
V28	7,15			c	d	e	f	g							
V31	7,15			c	d	e	f	g							
V25	6,7				d	e	f	g	h						
V20	6,7				d	e	f	g	h						
V37	6,7				d	e	f	g	h						
V32	6,6				d	e	f	g	h						
V8	6,12					e	f	g	h						
V4	6,1					e	f	g	h	i					
V21	5,9					e	f	g	h	i	k				
V29	5,8					e	f	g	h	i	k				
v33	5,4						f	g	h	i	j	k			
V40	5,35							g	h	i	j	k			
V30	5,3							g	h	i	j	k			
V16	5,3						f	g	h	i	j	k			
V2	5,3						f	g	h	i	j	k			
V9	5,2							g	h	i	j	k			
V38	5,2							g	h	i		k			
V15	4,55								h	i	j	k			
V7	4,45								h	i	j	k	l		
V12	4,1									i	j	k	l	m	
V27	3,95									i	j	k	l	m	
V26	3,75										j	k	l	m	
V11	3,2										j		l	m	n
V39	3,05												l	m	n
V19	2,97												l	m	n
V10	2,85												l	m	n
V6	2,7												l	m	n
V3	2,2													m	n
V17	2,1													m	n
V18	1,6														n

ANNEXE 16

Test Newman-Keuls sur le Taux de Moucheture :

Variété	Moyenne	bloc											
V31	11,5	a											
V37	10,6	a											
V38	10,2	a											
V34	9	b											
V24	8,6	b	c										
V3	8,35	b	c	d									
V22	8,32	b	c	d									
V29	8,2	b	c	d									
V39	8	b	c	d	f								
V30	7,95	b	c	d	e	f							
V33	7,95	b	c	d	f								
V32	7,95	b	c	d	f								
V35	7,4	b	c	d	e	f	g						
V21	7	c		d	e	f	g	h					
V25	6,85	c		d	e	f	g	h					
V26	6,6	d			e	f	g	h					
V19	6,5	d			e	f	g	h					
V28	6,37	d			e	f	g	h	i				
V23	6,35	d			e	f	g	h	i				
V9	6,1	e			f	g	h	i	j				
V36	6	e			f	g	h	i	j	k			
V1	5,9	g			g	g	h	i	j	k			
V7	5,9	g			g	g	h	i	j	k			
V27	5,9	g			g	g	h	i	j	k			
V20	5,5	g			g	g	h	i	j	k	L		
V4	5,3	h			h	h	h	i	j	k	L	m	
V14	5,2	h			h	h	h	i	j	k	L	m	
V10	5,2	h			h	h	h	i	j	k	L	m	
V40	5,2	h			h	h	h	i	j	k	L	m	
V11	4,4	i			i	i	i	j	k	L	m	n	
V17	4,22	j			j	j	j	k	L	m	n		
V6	4,1	k			k	k	k	L	m	n			
V18	4,1	j			j	j	j	k	L	m	n		
V15	4	k			k	k	k	L	m	n			
V12	3,65	L			L	L	L	m	n				
V16	3,5	m			m	m	m	n					
V13	3,5	m			m	m	m	n					
V5	2,97	n			n	n	n	n					
V8	2,9	n			n	n	n	n					
V2	2,85	n			n	n	n	n					

ANNEXE 17

Test Newman-Keuls sur le Rendement Grain

Variété	Moyenne	bloc													
V11	48,32	a													
V17	48	a													
V10	47,02	a	b												
V27	46,85	a	b												
V18	45,5	a	b	c											
V12	44,9	a	b	c	d										
V7	44,4	a	b	c	d	e									
V21	43,52		b	c	d	e									
V16	42,85		b	c	d	e	f								
V34	42,82		b	c	d	e	f								
V5	42,05			c	d	e	f								
V1	40,6					e	f	g							
V15	40,4					e	f	g	g						
V28	40,4					e	f	g	g	g					
V8	40,4				d	e	f	g	g	g					
V26	40,4				d	e	f	g	g	g					
V3	40,4				d	e	f	g	g	g					
V4	40,4				d	e	f	g	g	g					
V20	40,4				d	e	f	g	g	g					
V19	38,57						f	g	g	h					
V30	38,55						f	g	g	h					
V33	38,15						f	g	g	h	i				
V29	38,02						f	g	g	h	i				
V23	36,77							g	g	h	i				
V6	36,7							g	g	h	i				
V22	36,42							g	g	h	i	J			
V9	35,15								g	h	i	J			
V32	34,72									h	i	J	k		
V24	34,15									h	i	J	k		
V25	34,15									h	i	J	k		
V2	34,15									h	i	J	k		
V13	34,15									h	i	J	k		
V35	33,9									h	i	J	k		
V31	33,45										i	J	k		
V14	31,97											J	k		
V36	30,47												k	l	
V37	28,4													l	
V40	28,17													l	
V38	26,82													l	
V39	23,42														m

Nom :Bentounsi Prénom :Amira

Mémoire pour l'obtention du diplôme de :

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Master Biologie et Génomique Végétale.

Option : Biologie et Génomique Végétale.

**Thème : Contribution à l'étude de l'amélioration du blé dur (*Triticum durum*, Desf L.)
pour la qualité technologique en Algérie.**

Résumé :

L'étude relative aux caractéristiques qualitatives sur quarante génotypes de blé dur (*Triticum durum*, Desf L) dont huit témoins locaux parmi les anciennes variétés et cinq nouvelles obtentions a été faite sur huit caractéristiques de qualité et de rendement grain. Pour cela, plusieurs analyses de qualité technologique et biochimique ont été réalisées. Les résultats qui découlent ont montré une grande variabilité génétique parmi les génotypes étudiés pour tous les caractères considérés pris un à un. Les analyses statistiques ont montré des différences très hautement significatives que ce soit pour le taux de protéines totales dont les valeurs ont oscillées entre 9,4% et 15,4%, que pour le poids de mille grains (33,5 à 54,75g), la teneur en eau du grain (8,55 à 9,93%), le gluten humide et sec (6,93 à 12,3 et 2,56 à 5,1g), les taux de mitadinage (1,6 à 10,37%) et de moucheture (2,85 à 11,45%) et enfin pour le rendement grains (23,42 à 48,33q/ha). La grande remarque à tirer de cette étude est qu'en matière de rendement nos variétés populations anciennes ont confirmé leur faible niveau mais ont en contre partie montré un fort PMG et des taux de protéines élevés. Ce travail confirme ainsi la relation négative entre la quantité et la qualité décrite antérieurement par plusieurs auteurs. Nos résultats sont fort intéressants où un bon travail de sélection peut se faire pour mettre plus tard aux agriculteurs des produits très performants en rendement grain et en semoule allié à une bonne qualité technologique. Les analyses biochimiques ont elle aussi contribué à caractériser les différents génotypes et déterminer leur polymorphisme important précisant ainsi une grande variabilité génétique

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

Jury d'évaluation :

Présidente du jury : Mme. KHALFALLAH Nadra Professeur UFM Constantine

Rapporteur : Mr. BENBELKACEM.Abdelkader MR 'A' - INRAA Constantine.

Examineurs : Mr. KELLOU Kamel Maître Assistant UFM Constantine.

Année universitaire : 2014/2015