

ECOLE NATIONALE SUPÉRIEURE AGRONOMIQUE (ENSA)

En vue de l'obtention du diplôme de MAGISTER

Option : Sciences alimentaires

**ÉTUDE TECHNOLOGIQUE DE QUELQUES LIGNES
ET VARIÉTÉS DE BLE
DUR SELECTIONNÉES EN ALGÉRIE**

Présenté par : CHOUANA Toufik

Directeur de thèse : Mme Ounane GH. Maître de conférences

Année universitaire 2010/2011

Jury: Président: Mr BELLAL M. Professeur Examineurs: Mme Mekliche L. Professeur Mr Ounane S. M. Professeur Mr Sadouki H. Maître de conférences

Table des matières

Remerciements . .	5
Résumé . .	6
Summary . .	8
ص خ لم . .	10
Liste desabréviations . .	11
Introduction . .	12
Partie I : Bibliographie . .	14
1. Biologie etcycle végétatifdublédur . .	14
2. La structure du grainde blé . .	14
3. Qualitéstechnologique etnutritionnelle dublédur . .	15
3.1. La qualitétechnologique . .	15
3.2. La qualiténutritionnelle . .	17
4. Les différentes formes utilisations du blédur enAlgérie . .	17
5. CompositionetClassificationdes protéinesde réservedublé . .	18
5.1. Gliadines . .	19
5.2. Gluténines . .	20
6. La complexitédela qualitéduBlé . .	21
6.1.Effet delacompositionenprotéinessur laqualitédupain(fonctionnalité des composants dugluten) . .	21
7. Effetdel'environnement surla qualité . .	23
7.1. Effetdela température sur la synthèse desgluténines . .	24
7.2. Effetdela fertilisationsur les protéinesderéserves . .	24
Partie II : Matériel végétal . .	26
1. Matériel végétal . .	26
2. Caractérisationdes grains . .	27
2.1 Caractérisationphysique des grains . .	27
3. Caractérisationbiochimique des grains. . .	28
3.1. Teneur en cendres . .	28
3.2. Teneur en protéines . .	28
4. Caractérisationdes semoules . .	28
4.1 Préparationdes semoules . .	28
4.2 Déterminationde la colorationdes semoules . .	29
4.3 Teneur englutensec,glutenhumide etglutenindex . .	29
4.4. Taux dhydratation . .	30
4.5. Testdesédimentation (NormeAFNOR NF V03-704) . .	30
4.6. Mixographe(NormeAACC54-40A) . .	30
5. Essaie la panification . .	31
5.1. Déterminationdu volumedupain . .	32
6.Electrophorèse des protéines en conditions dénaturantes en gel de polyacrylamideà pH 8.4 en présence de dodécylsulfatedesodium(SDS-PAGE) . .	32
6.1. Protocoleexpérimental . .	32

6.2. Préparation des gels de polyacrylamide . . .	33
6.3. Extraction des protéines . . .	33
6.4. Migration . . .	33
6.5. fixations et coloration . . .	33
6.6. Détermination des bandes et poids moléculaires des protéines . . .	33
7. Analyse statistique des résultats . . .	33
7.1. Organisation des données . . .	34
7.2. Analyse de la variance . . .	34
7.3. Les corrélations entre les paramètres étudiés . . .	34
7.4. Analyse en Composantes Principales (ACP) . . .	34
7.5. Classification automatique . . .	34
Partie III : Résultats et discussion . . .	35
1. Effet des facteurs génétiques et agronomiques sur les caractéristiques physiques des grains et la valeur semoulière des blés durs.	35
1.1. Appréciation de la qualité technologique des blés durs étudiés . . .	35
2. Analyse en Composantes Principales (ACP) et Classification automatique . . .	61
3. Analyse Electro phorétique . . .	64
3.1. Electrophorèse des gluténines réduites à pH 8,4 en présence de dodécylsulfate de sodium (SDS-PAGE).	64
Conclusion générale . . .	67
Référence bibliographique . . .	69
Annexes . . .	78

Remerciements

J exprime mes plus vifs remerciements à **M me O u n a n e G H.**, Maître de conférences à l'Ecole nationale supérieure agronomique (ENSA) pour avoir encadré mon travail de mémoire de magister. Ses remarques m'ont aidé à réaliser ce travail et ses conseils ont contribué à ma formation de chercheur.

Mes sincères remerciements vont également aux membres du jury, et tout particulièrement **M r B E L L A L M. M** Professeur (ENSA), **M me M e k l i c h e L. P r o f e s s e u r** (ENSA), **M r O u n a n e S. M. (E N S A) P r o f e s s e u r** (ENSA) et **Mr S a d o u k i H. M a î t r e d e c o n f é r e n c e s (E N S A) p o u r** avoir accepté de participer à l'examen et à l'évaluation de ce travail.

J tiens à remercier mes collègues et tout le personnel de l'ENSA qui ont contribué de loin ou de près pour la réalisation de ce travail.

Résumé

Le présent travail rapporte sur l'étude de ses effets génétiques et environnementaux sur les caractéristiques technologiques associées à la taille du grain, la vitrosité, la teneur en protéines, la force du gluten évaluée par le volume de sédimentation en milieu SDS, et les caractéristiques rhéologiques mesurées par les essais de mixogramme et les indices de coloration.

La qualité technologique de 63 échantillons de blé dur cultivés dans quatre stations situées dans des environnements différents durant deux récoltes successives 2005 et 2006 ont été évaluées.

Les résultats de cette étude montrent clairement que les conditions environnementales qui prévalaient dans les quatre stations de culture et durant deux récoltes successives avaient une influence importante sur la plupart des caractéristiques technologiques et rhéologiques étudiées.

- L'étude des corrélations établie pour les caractéristiques physico-chimiques des grains a révélé aucune corrélation entre le poids de mille grains, le taux de cendre et la teneur en protéines des grains. Par contre elle révèle une corrélation négative et hautement significative entre le taux de mouture et la teneur en protéines des blés.
- Des corrélations positives et hautement significatives entre le degré de mouture et la taille des grains ont été révélées également.
- L'étude des corrélations a permis de révéler une corrélation hautement significative et positive entre le taux des protéines des semoules et l'indice de brun et une corrélation positive et significative avec l'indice de jaune.
- une corrélation non significative entre le taux d'extraction et l'indice de jaune.
- L'étude des corrélations entre les paramètres de qualité révèle une corrélation négative entre l'indice de gluten et la teneur en protéines des semoules.
- Une corrélation significative et positive entre le volume de sédimentation et l'indice de gluten.
- Une forte corrélation positive entre la hauteur des mixogrammes, la teneur en protéines des semoules, et la teneur en gluten.
- Une corrélation positive a été montrée entre le temps de développement et la teneur en protéines des semoules et le volume en SDS.

L'analyse en composante principale a permis d'attribuer à chaque groupe d'individus (génotypes) leurs caractéristiques appropriées et leur usage (destination).

Les génotypes cultivés durant la récolte 2005: GV10, SV1, BV2, BV3, BV8, BV10, BV13, BV14, BV15, BV17, SV2, SV3, BV1, BV4, BV5, BV6, BV7, BV9, BV11, BV12, BV16, BV18 et OV2 caractérisés par un taux élevé en protéines et en gluten, une bonne résistance mécanique lors du pétrissage (hauteur de mixogramme élevée) peuvent avoir la même orientation (subir la même transformation).

Les génotypes mis en essai durant la récolte 2006: SV1, SV2, SV3, BV2, BV3, BV4, BV5, BV6, BV7, BV9, BV10, BV11, BV12, BV13, BV14, BV15, BV16, BV17, BV18, BV19, BV20, OV4, OV14 et OV15 caractérisés par un poids de mille grains élevé, un calibre supérieur à 2,8 mm, des taux élevés en protéines, en gluten sec, et présentent une bonne résistance (hauteur de mixogramme élevée), peuvent subir des tests de panification.

Le test de panification a montré que les génotypes: BV1, BV2, BV3, BV4, BV5, BV6, BV7, BV8, BV11, BV12, BV14 et BV20 présentent une aptitude convenable à la panification; à

savoir un volume de pain important, des hauteurs élevées des mixogrammes, gluten important et également un taux de sédimentation en milieu SDS élevé.

un taux de

Mots clés : blé dur ; propriété technologique ; variété ; descendance ; génétique ; propriété physicochimique ; Algérie

Summary

This work focused on the study of genetic and environmental effects on the technological characteristics associated with grain size, vitriousness, the protein content, gluten strength measured by the volume of sedimentation SDS and rheological characteristics measured by mixographe tests and the coloration index.

The technological qualities of 63 samples of hard wheat grown in four stations located in different environments for two successive harvests in 2005 and 2006 were evaluated. The results of this study clearly show that environmental conditions and genotypes had an important influence on most of the technological characteristics.

The study established correlation to the physico-chemical grain has revealed no correlation between the weight of miles grains, ash and protein content of grain, but it reveals a negative and highly significant correlation between vitriousness and protein content of wheat.

A positive and highly significant correlations between the degree of flek and grain size were also revealed.

The study of correlations revealed a positive and highly significant correlation between protein content and the brown index and it demonstrated a positive correlation and less significant with the yellow index.

The correlation studies showed a nonsignificant correlation between the rate of extraction and yellow index.

The study of correlations between the quality parameters showed a negative correlation between the index of gluten and protein content of semouline.

A significant and positive correlation between the sedimentation volume and gluten index was revealed in this study.

A strong positive correlations between the height of mixogrammes, the protein and gluten content was revealed.

The development time of the dough is positively correlated with protein content and the sedimentation test.

The principal component analysis allowed assigning to each group of genotypes their characteristics and their appropriate use.

The genotypes grown during the 2005 harvest: GV10, SV1, BV2, BV3, BV8, BV10, BV13, BV14, BV15, BV17, SV2, SV3, BV1, BV4, BV5, BV6, BV7, BV9, BV11, BV12, BV16, BV18 and OV2 characterized by high protein and gluten content, good mechanical strength during kneading (high mixogramme height) may have the same use.

The genotypes being tested during the 2006 harvest: SV1, SV2, SV3, BV2, BV3, BV4, BV5, BV6, BV7, BV9, BV10, BV11, BV12, BV13, BV14, BV15, BV16, BV17, BV18, BV19, BV20, ÖV4, OV14 and OV15 characterized by a high thousand grain weight, calibration than 2.8 mm, high levels of protein, dry gluten, and has good strength (height mixogramme high), can be designed for breadmaking.

The test bread we can say that genotypes: BV1, BV2, BV3, BV4, BV5, BV6, BV7, BV8, BV11, BV12, BV14 and BV20 showed an ability to fit the bread, that is, that have a large volume of bread, high height of mixogrammes, a strength gluten and also a high volume of sedimentation in the SDS.

Key Word :durum wheat;proprietary technology; variety;offspringgenetic; physicochemical property; Algeria

ص خ لم

يركز هذا العمل على دراسة التأثيرات الوراثية والبيئية على الخصائص التكنولوجية المرتبطة بحجم الحبوب ، والزجاجية ، والبروتين ، وقوة الغلوتين المقاس بحجم الترسب في وسط SDS ، والخصائص الريولوجية المقاسة بجهاز الميكسوغراف والاختبارات واللونية.
تم دراسة النوعية التكنولوجية لـ 63 عينة من القمح زرعت في أربع محطات تقع في بيئات مختلفة خلال سنتين متتاليتين 2005 و 2006 من التجارب الحقلية.
نتائج هذه الدراسة تظهر بوضوح أن الظروف البيئية السائدة في أربع بيئات مختلفة لسنتين متتاليتين كان لها تأثير كبير على معظم الخصائص التكنولوجية والريولوجية .

• دراسة الترابطية للخصائص الفيزيائية والكيميائية للقمح لم تكشف عن أي علاقة بين وزن الألف حبة ومعدل نسبة الرماد والبروتين من الحبوب. بخلاف الارتباطية السلبية والقوية بين معدل التبقع ومحتوى القمح من البروتين.
• والذي كشف أيضا وجود علاقة إيجابية وهامة للتغذية بين درجة التكتيط وحجم الحبوب.

• كشفت الدراسة وجود علاقة ارتباط إيجابية وهامة للتغذية بين معدل البروتين وجبة مؤشر الاسمران وأظهرت وجود علاقة إيجابية مع أقل أهمية مع مؤشر الاصفران.
• وجود علاقة غير بيئية بين مردود السميد ومؤشر الاصفران.

• دراسة العلاقة بين معايير الجودة أظهرت وجود علاقة سلبية بين محتوى الغلوتين والبروتين .
• هناك علاقة إيجابية طردية بين حجم الترسيب ومؤشر الغلوتين.
• هناك علاقة إيجابية قوية بين ذروة الميكسوغراف ، محتوى البروتين ، والغلوتين..
• هناك علاقة طردية بين مدة العجن ونسبة البروتين وحجم الترسب.

وسمح تحليل المكون الرئيسي (ACP) بإعطاء كل مجموعة من الأفراد (الأنواع القمحية) خصائصها الخاصة واستخدامها على النحو الصحيح.

الأنواع المزروعة خلال موسم الحصاد لعام 2005 : GV10 ، SV1 ، BV2 ، BV3 ، BV8 ، BV10 ، BV13 ، BV14 ، BV15 ، BV17 ، BV18 ، BV16 ، BV12 ، SV2 ، SV3 ، BV1 ، BV4 ، BV5 ، BV6 ، BV7 ، BV9 ، BV11 ، BV12 ، BV16 ، BV18 ، OV2 وتميز بنسبة عالية من البروتين والجلوتين وقوام جيد الميكانيكية أثناء العجن (عالية الارتفاع mixogramme) قد يكون لها نفس الاستعمال .

الأنواع المزروعة خلال موسم الحصاد لعام 2006 : SV1 ، SV2 ، SV3 ، BV2 ، BV3 ، BV4 ، BV5 ، BV6 ، BV7 ، BV9 ، BV10 ، BV11 ، BV12 ، BV13 ، BV14 ، BV15 ، BV16 ، BV17 ، BV18 ، BV19 ، BV20 ، OV4 ، OV14 ، OV15 وتميز بارتفاع وزن ألف حبة والحبوب ذات حجم أكبر من 2.8 ملم ، ومستويات عالية من البروتين ، الغلوتين الجافة ، ومقاومة جيدة أثناء العجن.
وأظهر اختبار العجن أن الأنواع : BV1 ، BV2 ، BV3 ، BV4 ، BV5 ، BV6 ، BV7 ، BV8 ، BV11 ، BV12 ، BV14 ، BV20 لها قابلية ملائمة للعجن ، خاصة تميزها ب حجم سيم للخبز المصنوع ، بنسبة الغلوتين العالية ، وأيضا نسبة كبيرة من الترسيب في SDS .

Liste des abréviations

- AACC : American association of cereal chemistry A.C.P : Analyse en Composantes Principales. AFNOR: Association française de Normalisation
- Bipea: Bureau Inter Professionnel d'Etudes Analytiques
- C.A.H. : Classification Ascendante Hiérarchique. Cal : calibre
- CH : Capacité d'hydratation
- CIE : Commission Internationale d'Eclairage
- CV : Coefficient de variation
- GH : Gluten Humide
- GI: Gluten index Glu : gluténine Gli : Gliadine
- GS : Gluten sec
- HMW-G: High Molecular Weight Glutenine
- Hmix: hauteur de mixogramme HPM : haut poids moléculaire IB : Indice de Brun
- ICARDA : Centre International de la Recherche agricole dans les régions arides. IJ: Indice de Jaune
- ITGC : Institut Technique de Grande Culture
- Jug: Jugement
- FPM : faible poids moléculaire
- LMW-G : Low Molecular Weight Glutenine
- Mit: taux de mitadinage
- CDRG : taux de cendres des grains CDRS: taux de cendres de semoule Mouch : taux de moucheture
- MS : Matière sèche
- PAGE : Polyacrylamide Gel Electrophoresis
- PMG : Poids Mille Grains
- PROG: teneur en protéines des grains PROS : teneur en protéines de semoules SDS: Dodecyl Sulfate de Sodium
- SG-HMW: Les sous-unités de gluténines à haut poids moléculaire SG-LMW: Les sous-unités de gluténines de faible poids moléculaire RS: Rendement en semoule
- TCA : Acide trichloroacétique
- TD : temps de développement
- VP : volume de pain

Introduction

Le blé dur est l'une des céréales les plus cultivées en Algérie. Il occupe près de

43,61% de la superficie totale consacrée à la céréaliculture et représente environ

50% de la production céréalière totale (Chehat 2007). La surface cultivée pour le blé dur se situe entre 1,2 million et 1,5 million d'hectares pour un rendement moyen de

12 qx/h.

De 1995 à 2005, le marché algérien a absorbé, en moyenne 42,45 millions de qx/an de blé dur dont 70,44% de blé dur, soit 29,90 qx/an représentant une valeur de 858 millions de dollars (Chehat, 2007).

En 2009, la production de blé dur a atteint 24,3 millions de quintaux, soit le triple de celle de 2008 (Chehat 2007).

Mais, malgré cette augmentation de la production, l'état doit recourir en plus à des importations de l'ordre de 1,5 million de quintaux pour couvrir les besoins de la population estimés à quelques 60 millions de quintaux de blé.

Afin de réduire cette dépendance, le ministère de l'agriculture et du développement rural (MADR) s'est donné pour objectif depuis quelques années d'améliorer la production en mettant en œuvre plusieurs programmes de développement et d'intensification.

A cet effet, l'ITGC a introduit des lignées et des variétés de différents organismes internationaux. Des essais de comportement et de croisement sont effectués au niveau des stations expérimentales dans le but de élargir la gamme variétale et d'améliorer les potentialités génétiques des variétés locales.

Cependant, les aspects qualitatifs ne sont pas toujours pris en charge par ces programmes qui se limitent toujours à un objectif de rendement.

En effet, la production de blé dur doit répondre aux exigences des industries de transformation qui tiennent compte des caractéristiques physiologiques du grain.

La transformation du blé dur en semoules pour la fabrication des pâtes alimentaires, du couscous et autres produits de panification nécessite la mise en œuvre de variétés qui présentent des spécificités bien définies.

Ainsi la connaissance des caractéristiques biochimiques, génétiques et technologiques des variétés de blé représentent un grand intérêt pour leur utilisation industrielle.

En effet, l'appréciation de la qualité technologique des blés durs constitue un objectif important pour leurs utilisations.

La technologie de transformation utilisée en Algérie ainsi que la tendance à la diversification des modèles de consommation exigent une gamme de variétés de blé dur de qualités technologiques bien définies.

C'est à ce niveau que nous intervenons comme des technologues pour identifier les caractéristiques technologiques du matériel végétal et orienter les activités de création variétale et de définir la vocation ou la spécificité de chaque variété.

La notion de qualité de blé dur est très large et recouvre plusieurs aspects agronomiques, nutritionnels, et technologiques ; Celle qui concerne l'aspect technologique se subdivise en valeur semoulière, en valeur pastière ou en valeur boulangère/couscoussière.

Les principales caractéristiques de la qualité incluent la taille du grain, la vitrosité, la teneur en protéines, la force du gluten évaluée par le volume de sédimentation en milieu SDS, et les caractéristiques rhéologiques mesurées par les essais de mixographe et la teneur en pigment de coloration (Britese *et al.*, 1998).

L'objectif de ce travail est :

- Identifier et caractériser les lignées et les variétés de blé dur.
- Déterminer l'influence des facteurs agronomiques et génétiques.
- Corréler les tests technologiques, physico-chimiques et biochimiques avec les tests de qualité.

Partie I : Bibliographie

1. Biologie et cycle végétatif du blé dur

Le blé appartient à l'ordre des *Poales* (*Glumiflorae*), famille des *Poaceae* (*Gramineae*), tribu des *Tri ticeae*, genre *Tri ticum*. La tribu des *Tri ticeae* se compose de 18 genres, subdivisés en deux sous-groupes, *Tri ticineae* et *Horde inae*. Les principaux genres dans le sous groupe *Tri ticineae* sont les *Tri ticum*, *Aegilops*, *Secale*, *Agropyron* et *Haynaldia* (Odenbachet al., 1985 in Kellou, 2003). Le blé dur est une graminée monocotylédone composée d'un appareil végétatif herbacé, qui comporte un système racinaire fasciculé, une tige plus ou moins creuse et des feuilles engainantes (Jonard, 1970).

2. La structure du grain de blé

Le grain de blé, est un caryopse, selon la variété et les conditions de croissance le blé atteint

4-8 millimètres de longueur (Cornillet Hoveling, 1998). Le grain de blé est composé de trois parties, le péricarpe, le germe et l'endosperme (Worland et Snape, 2001).

La couleur du grain est régie principalement par des pigments présents dans les enveloppes du grain ou le péricarpe. Ce dernier est d'environ 50 µm d'épaisseur, il se compose d'un épiderme (couche externe) et d'un hypoderme (Fig. 1). Une autre mince enveloppe appelée testa, couvrant l'épiderme nucléaire. Puis vient la couche à l'aleurone qui précède un endosperme riche en amidon (Cornillet Hoveling, 1998). Le péricarpe, riche en fibres et en matières minérales, constitue environ 14% du poids du grain (Atwell, 2001).

Le germe de blé constitue environ 3% du poids du grain où se concentrent la plupart des lipides et l'essentiel des nutriments du grain (Atwell, 2001). Le germe est aisément séparé de l'endosperme et du péricarpe par la mouture. Il a une importance diététique, fournissant une bonne source de vitamine E (Cornell et Hoveling, 1998).

L'endosperme (80 à 85% du poids du grain) est constitué de l'albumen amylicé (au sein duquel subsistent des cellules remplies de granules d'amidon dispersés au milieu d'une matrice protéique et dont les parois celluloses sont peu visibles) et de la couche à l'aleurone. Il est principalement constitué d'**a m i d o n** (environ 70%), et de **proté i n e s** (10 à 15% selon la variété et les conditions de culture)

Les autres constituants pondéralement mineurs sont les lipides, la cellulose, les sucres libres et les matières minérales (Feillet, 2000).

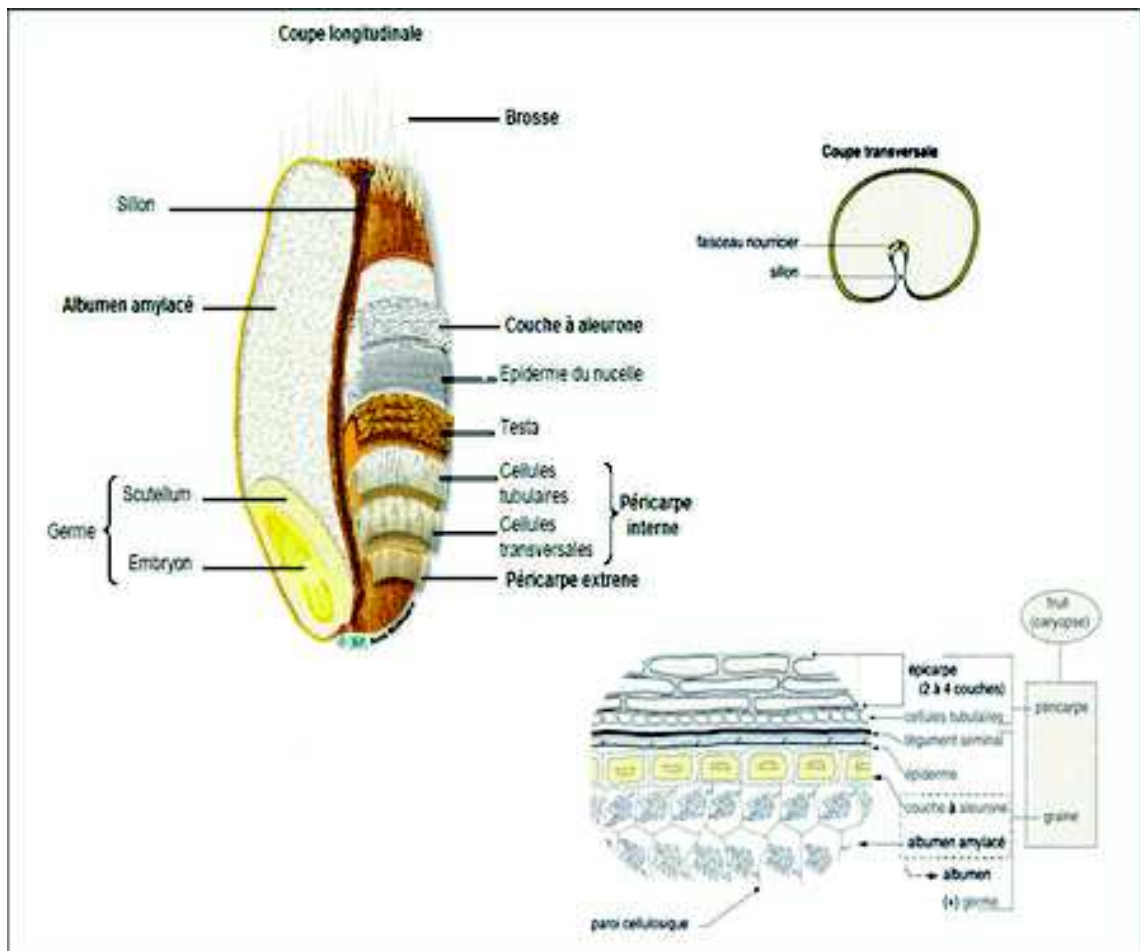


Fig. 1 : Coupe d'un grain de blé

3. Qualité technologique et nutritionnelle du blé dur

3.1. La qualité technologique

On regroupe sous le terme de qualité technologique des blés durs :

- - d'une part la valeur semoulière,
- - d'autre part, la valeur pastière et/ou la valeur boulangère.

3.1.1. Définition de la valeur semoulière

La valeur semoulière est définie comme l'aptitude d'un blé dur à donner un rendement élevé en semoule de pureté déterminée. Elle dépend de trois groupes de facteurs :

- Les facteurs extrinsèques, très liés aux conditions de culture et de récolte : teneur en eau, taux d'impuretés, grains cassés, ... leurs influences sur la valeur semoulière est évidente. Il en est tenu compte dans les transactions commerciales.

- Le deuxième groupe de facteurs englobe les caractéristiques intrinsèques qui dépendent d'avantage de la nature du blé lui-même et qui sont toutes influencées par des facteurs variétaux et agronomiques :
- Le rapport pondéral entre l'albumen amylicé et les enveloppes du grain ;
- La friabilité de l'albumen ;
- L'adhérence entre l'albumen et les enveloppes
 - Le troisième groupe est essentiellement réglementaire puisqu'il est rattaché à la teneur en matière minérale des blés ; on peut alors parler de la qualité réglementaire des blés (Abecassis, 1993).

Le blé dur idéal pour un semoulier possède les caractéristiques suivantes : il est gros et vitreux, a des enveloppes fines et une faible teneur en matières minérales ; riche en protéines. Il possède un gluten ferme et élastique et contient beaucoup de pigments caroténoïdes mais peu d'activités lipoxygénasiques et peroxydasiques (Abecassis *et al.*, 1996).

3.1.2. La valeur pastière

Sous le terme de valeur pastière peuvent être regroupées deux notions très distinctes :

- D'une part la facilité de transformation des semoules en pâtes ; d'autre part, la qualité organoleptique des produits finis (l'aspect des pâtes à l'état cru et leur comportement durant et après la cuisson) (Abecassis *et al.*, 1996).

3.1.3. La Valeur boulangère

Selon Calvel, (1980) la valeur boulangère représente les aptitudes d'un blé ou d'une farine à donner « du beau et du bon pain ». Elle est sous la dépendance de deux groupes de facteurs :

1. Les qualités fermentaires

- Lors de la fermentation de la pâte, pour produire du gaz (CO₂), les levures doivent disposer de sucres simples (glucose ou saccharose). La farine possède de peu de sucres simples mais beaucoup d'amidon qui ne peut pas être utilisé tel quel par les levures. L'amidon peut être hydrolysé en sucres simples par des enzymes (amylase) naturellement présentes dans le grain. Il faut connaître l'activité de ces enzymes pour connaître la capacité de production de gaz par les levures.
- L'amidon dans le grain, se présente sous forme de granule. L'attaque des enzymes est facilitée si on endommage ces granules lors de la mouture. Il est donc intéressant de déterminer l'endommagement des grains d'amidon après mouture.

2. Les qualités rhéologiques (ténacité, extensibilité, élasticité).

- Pour donner une pâte de bonne qualité, la farine doit pouvoir absorber une certaine quantité d'eau et conserver ses propriétés lors du pétrissage.

D'où la nécessité de déterminer la capacité d'absorption d'eau de la farine et la résistance de la pâte au travail mécanique.

- La pâte formée doit pouvoir retenir correctement un maximum de gaz produit lors de la fermentation.
- Ces propriétés sont dépendantes de certaines protéines. On déterminera donc la quantité et la qualité des protéines.

3.2. La qualité nutritionnelle

Les grains de céréales et leurs dérivés représentent l'apport principal en calories de l'alimentation humaine (Cheftel, 1991), ils constituent la source la plus importante des protéines dans le monde. En effet, ils fournissent 57% des protéines consommées contre 23% pour les tubercules et les légumineuses et 20% pour les produits animaux (Godon, 1996).

Les produits à base de céréales sont des aliments qui conviennent parfaitement à une alimentation saine et salubre. Ce sont des aliments riches en glucides avec un apport moyen en protéines. Celles-ci possèdent une valeur nutritionnelle relativement faible due principalement aux faibles teneurs en acides aminés essentiels tels que la lysine, mais cette valeur est généralement enrichie par d'autres sources de protéines, telle que la viande, les légumes secs, les œufs..., qui accompagnent souvent les produits à base de céréales.

Les céréales contiennent une très faible teneur en lipides dont 70% sont sous forme d'acides gras saturés et sont d'importants fournisseurs de fibres alimentaires, de vitamines B et de nombreux minéraux.

4. Les différentes formes d'utilisations du blé dur en Algérie

Le blé dur est consommé en Algérie sous plusieurs formes dont essentiellement : le couscous, les pâtes alimentaires, le pain. Néanmoins on peut trouver d'autres produits soit à l'échelle familiale, moyennant une trituration artisanale (à l'occasion des fêtes religieuses, les mariages, les naissances, la circoncision...) tel que Baghrir, cherchem, tamina... ; Soit à partir d'une trituration industrielle tel que Rechta, Tlitli, Trida...

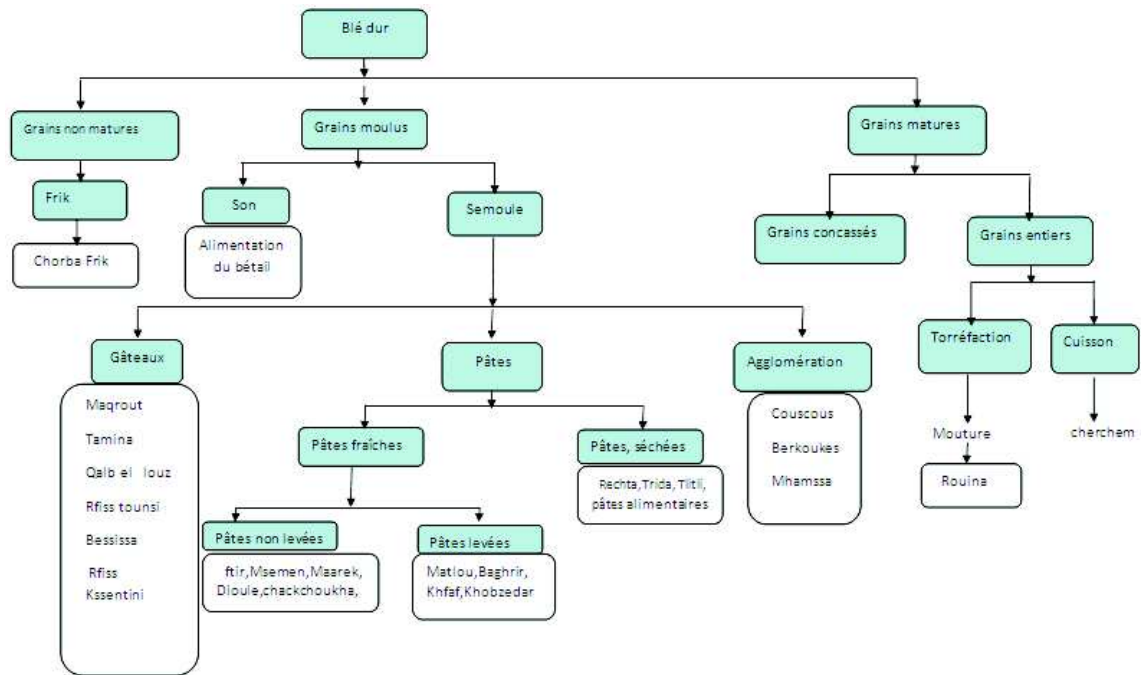


Fig.2- Diagramme représentant les différentes formes d'utilisation du blé dur en Algérie (Zaghouane 2003).

5. Composition et Classification des protéines de réserve de blé

La classification des protéines de réserve est souvent basée sur leur solubilité dans divers solvants et d'autre part sur leur mobilité dans un gel d'électrophorèse SDS-PAGE (Payne et Corfield, 1979; Shewry et Tatham, 1990) (fig.2).

Selon Osborne (1907), les protéines du blé se répartissent en 4 classes sur la base de leur solubilité (fig.3) :

-Les albumines et les globulines représentent le groupe de protéines solubles dans une solution saline et sont présentes dans l'embryon et dans l'endosperme (MacRitchie, 1984). Ces protéines représentent 10% des protéines totales de la graine, mais elles sont très

hétérogènes. On trouve ainsi des enzymes, des inhibiteurs d'enzymes, des émulsifiants, etc. Le reste est représenté par le gluten, accumulé uniquement dans l'endosperme. Le gluten est une macroprotéine insoluble dans l'eau qui peut atteindre un poids moléculaire de plusieurs millions de dalton formant ainsi une masse viscoélastique résiduelle après plusieurs lavages

de la pâte (MacRitchie et al., 1990). Les autres protéines et l'amidon sont éliminés par lavage dans une solution saline. La macromolécule de gluten est, en effet, une agrégation de monomères de gliadines et de polymères de gluténines.

Des études plus approfondies des propriétés physico-chimiques des gliadines et des gluténines ont conduit Shewry et al., (1986) à proposer une autre classification qui ne recouvre que partiellement celle d'Osborne (1907) (fig.2).

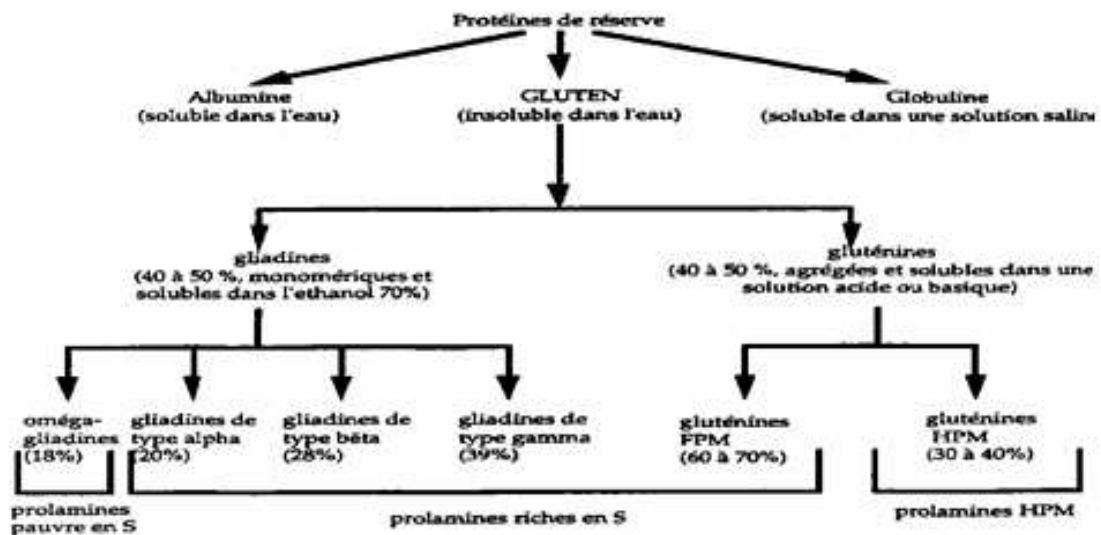


Fig. 3 : Classification des protéines de réserve chez le blé d'après Osborne (1907) et Shewry et al., (1986).

Les gliadines et les gluténines sont regroupées dans la famille des prolamines (protéines de réserve riches en proline et glutamine). En effet, la richesse en acides aminés soufrés et le degré de polymérisation des composants du gluten sont les seuls critères de classification au sein de la famille des prolamines (Fig.2). D'ailleurs, le haut degré de polymérisation a permis aux gluténines de HMW d'occuper une place unique, celles des prolamines HMW. Les gluténines LMW et les gamma, bêta et alpha-gliadines sont réunies dans le groupe des prolamines riches en acides aminés soufrés. Par contre le troisième groupe de prolamines, pauvres en acides aminés soufrés, est représenté par les oméga-gliadines.

5.1. Gliadines

Les gliadines sont caractérisées par leur insolubilité dans l'eau. Elles représentent 30 à 40% des protéines de réserve du grain de blé. Leur masse moléculaire est de 25000-75000 Da (Feillet, 2000). Ce sont des monomères solubles dans l'éthanol (70%) dont les ponts disulfures sont intramoléculaires (Kasarda, 1989).

L'analyse par électrophorèse a montré que les gliadines forment un groupe de prolamines hautement hétérogène, plus de 100 constituants (Payne, 1987). Leur polymorphisme est si important qu'il sert de moyen d'identification variétale (Evans et al., 1977). Branlard et Dardevet, (1985) dans une étude sur la composition en gliadines de 70 variétés ont montré qu'elles sont formées de 20% d'alpha, 28% de bêta, 34% de gamma et 18% d'oméga-gliadines.

Les oméga-gliadines se distinguent des autres familles par une masse moléculaire de (55000-

75000 Da), une forte teneur en glutamine et en proline et surtout par l'absence de cystéine. Alors que les alphas, bêta et gamma-gliadines contiennent moins de glutamine et de proline. Mais elles sont riches en acides aminés soufrés avec des masses moléculaires variant de

30000 à 60000 Da.

5.2. Gluténines

Les gluténines sont des polymères de protéines dont les chaînes polypeptidiques élémentaires, qualifiées de sous-unités de gluténines, sont réunies par des ponts disulfures intermoléculaires (Shewry et al., 1995). Leur capacité à se polymériser leur permet d'atteindre un poids moléculaire supérieur à un million. En plus de représenter 35-40% des protéines de réserve totale du grain de blé, elles jouent un rôle déterminant dans la qualité de la farine de blé.

(Payne et al., 1987 ; Wrigley et Bietz, 1988 ; Gupta et al., 1990). Selon leur mobilité dans un gel SDS-PAGE, ces gluténines sont regroupées en deux classes de sous-unités :

- Une, moins mobile, est représentée par des gluténines à haut poids moléculaire (HMW-G).
- l'autre plus mobile, regroupe les gluténines de faible poids moléculaire LMW (LMW-G),

5.2.1. Les sous-unités de gluténines de faible poids moléculaire (SG-LMW)

Les gluténines LMW sont des sous-unités solubles en milieu acide ou dans l'éthanol (70%) en présence d'agents réducteurs (Payne et al., 1987). Ces prolamines sont riches en acides aminés soufrés, ayant la capacité de se polymériser. Les sous-unités de gluténines LMW constituent

un important groupe de polypeptides (60 à 70% des gluténines) impliqués dans les propriétés rhéologiques du gluten (Seilmeier et al., 1991), dont les masses moléculaires sont comprises entre 30000 et 75000 Da (MacRitchie et al., 1990).

Les SG-LMW sont codées par des gènes situés sur le bras court des chromosomes 1A et 1B. Il s'agit de 2 loci nommés Glu-A3 et Glu-B3 proches, mais distincts de ceux codant la synthèse des gliadines (Gli-A1 et Gli-B1) (Shewry et al., 1986) (tableau 1).

Chromosomes	Bras	Blocs Alléliques	Groupes protéiques
1A, 1B	long	Glu-A1, Glu-B1	SG-HMW
1A, 1B	court	Glu-A3, Glu-B3	SG-LMW
1A, 1B	court	Gli-A1, Gli-B1	ω -glia dines
6A, 6B	court		γ -glia dines (majorité)
			β -glia dines (quelques unes)
		Gli-A2, Gli-B2	α -glia dines
			β -glia dines (majorité)
			γ -glia dines (quelques unes)

Tableau 1 : Localisation des gènes codant les gluténines LMW et HMW.

(Feillet 2000).

5.2.2. Les sous-unités de gluténines à haut poids moléculaire (SG-HMW)

C'est un groupe qui représente 30 à 40% des gluténines.

En se basant sur la position des sous-unités HMW dans un gel SDS-PAGE, Payne et al., (1981) ont suggéré leur subdivision en deux sous-groupes, les sous-unités HMW de type y avec une masse moléculaire variant de 67000 à 74000 Da et les sous-unités HMW de type x avec une masse moléculaire de 83000-120000 Da (Shewry et al., 1984).

Les HMWG sont des polypeptides pauvres en soufre, présentent un fort pouvoir agrégatif lié à leur haut poids moléculaire et à la présence de résidus cystéines localisés à chaque extrémité des polypeptides (Feillet, 2000).

Les HMWG sont codées par 2 groupes de gènes constituant les loci Glu-A1 et Glu-B1 et localisés respectivement sur les bras longs des chromosomes 1A et 1B (Payne et al., 1984) (Tableau 1).

6. La complexité de la qualité du Blé

La farine de blé est une matière organique complexe. Dans laquelle l'amidon interagit avec des protéines et des lipides. La grande variabilité observée dans la qualité de la farine peut être attribuée à la teneur et à la composition en protéines du gluten (Bietz, 1988). Ainsi, la sélection visant l'amélioration de la qualité est possible par l'amélioration de la qualité et la quantité des protéines des cultivars. L'augmentation de la teneur en protéine du grain améliore considérablement le volume et la texture du pain. Cette concentration élevée en protéines est entravée par une corrélation négative entre le rendement et la concentration en protéines des grains (Halloran, 1981 ; Johnson et al., 1985).

6.1. Effet de la composition en protéines sur la qualité du pain (fonctionnalité des composants du gluten)

L'influence des gliadines et des gluténines sur les propriétés rhéologiques du gluten est bien établie (MacRitchie *et al.*, 1990). Les gliadines sont responsables de l'extensibilité et de la viscosité de la pâte tandis que les gluténines sont responsables de la force et l'élasticité de la pâte (résistance à l'étirage) (Eliasson et Lundh, 1989). Les propriétés viscoélastiques résultant de la contribution combinée de ces deux classes de protéines sont souhaitables pour une bonne panification de la farine de blé (Southan et MacRitchie, 1999).

Les distributions entaillées moléculaires des polymères de gluténines jouent un rôle important dans la détermination des propriétés viscoélastiques de la farine (Wrigley et Bietz, 1988). Une corrélation directe entre la taille et la teneur en gluténines sur l'aptitude d'une farine à la panification a été démontrée par Dachkevitch et Autran (1989).

6.1.1. Rôle des gluténines dans la panification

Le blé dur est dans la plupart du temps employé pour la production des pâtes alimentaires, son utilisation en panification est également répandue, particulièrement dans beaucoup de pays méditerranéens, malgré une qualité inférieure à celle du blé tendre. La faible utilisation du blé dur en panification est attribuée à l'absence du gène D (Lafiandra *et al.*, 2000a).

Néanmoins, certaines variétés de blé dur ont montré une bonne aptitude à la panification (Boggini, 1985) et confèrent aux génomes A et B une responsabilité dans l'expression de la qualité boulangère des blés durs, notamment, les SGHMW contrôlées par le locus *Glu-A1* situé sur le chromosome 1A. Les sous-unités 6+8 et 7+8 se caractérisent par des pains bien

développés, une mie bien alvéolée et un bon aspect (Edward *et al.*, 2007). Les génotypes de blé dur, en dépit de la présence des LMW type 2, ayant les sous-unités HMW 20 confèrent aux pains une qualité boulangère moyenne (Edward *et al.*, 2007).

Plusieurs études ont montré la contribution des gluténines dans le processus de panification. Mactriche, (1992) a montré que 2 facteurs influencent la force d'une pâte:

- la proportion et la taille des protéines polymériques.
- La distribution de cette taille moléculaire.

Singh *et al.*, (1991), Gupta *et al.*, (1992) ont montré qu'il existe une corrélation positive entre la quantité totale des polymères de gluténines et le temps de pétrissage.

Preston *et al.*, (2000) montrent que la proportion des gluténines, et la proportion des SG-HMW ou les gluténines insolubles sont corrélées positivement avec la force de la pâte et / ou la qualité boulangère.

Boggini *et al.*, (1988) ont trouvé une corrélation significative entre la teneur en protéines, la force alvéographique (P/L) et le temps de développement au farinographe avec le volume du pain. Ils ont trouvé que les sous-unités de gluténines de haut poids moléculaires SG-HMW Null et SG-LMW-2 ont un effet significatif sur la qualité du pain, et un effet non significatif des gluténines codées par le gène *Glu-A1* sur la qualité du pain.

Gupta *et al.*, (1993) montrent que la force de la pâte et le temps de pétrissage sont plus affectés par les protéines insolubles dans le SDS que par les protéines polymériques.

Weegels *et al.*, (1996) indiquent que les gluténines sont beaucoup plus responsables de la variation de la qualité boulangère que les gliadines.

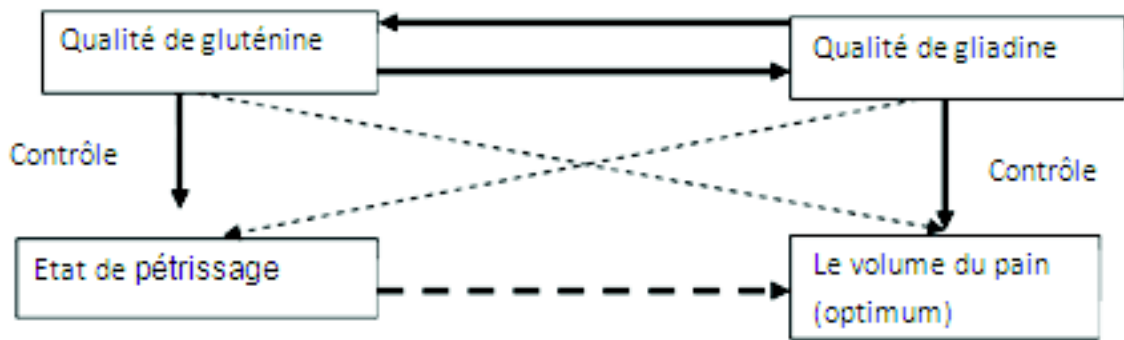


Fig. 4-

Diagramme des rapports probables directs et indirects entre la qualité des gluténines, la qualité des gliadines et les propriétés fonctionnelles, l'état de pétrissage et le volume de pain (Finney *et al.*, 1982).

Les lignes discontinues indiquent des rapports indirects. Les lignes grasses indiquent des rapports forts. En outre, la qualité des gluténines régule la tolérance de la pâte au pétrissage et l'absorption de l'eau. La stabilité de la pâte est fortement liée indirectement au pétrissage (Finney *et al.*, 1982).

6.1.2. Effet des sous-unités des gluténines sur la qualité des pâtes alimentaires

Les études menées par Payne *et al.*, (1984), Pogna *et al.*, (1988) et Ruiz et Carrillo (1995) ont conclu que les sous-unités de gluténines de faibles poids moléculaires, codées par le locus Glu-B3, étaient responsables des différences de qualité. Ces études ont souligné l'effet des différentes gluténines de faibles poids moléculaires, particulièrement de LMW-1 et LMW-2, liées aux gliadines -42 et -45, respectivement (Payne *et al.*, 1984 ; Pogna *et al.*, 1988). Cependant, ces analyses n'étaient pas précises puisque les gluténines de faibles poids moléculaires se composent de différentes sous-unités contrôlées par différents locus (Glu-A3, Glu-B3 et Glu-B2). Par contre, des études sur l'influence de gluténines de faibles poids moléculaires sur la qualité et l'effet séparé des variantes alléliques à Glu-A3, Glu-B3 et Les locus Glu-B2 ont été rapportés par (Ruiz et Carrillo, 1995b ; Vazquez *et al.*, 1996 ; Carrillo *et al.*, 2000 ; Brites et Carrillo, 2001 ; Martinez *et al.*, 2004). En particulier, celles qui sont contrôlées par des gènes situés sur le locus *Glu-B 3*, jouent un rôle majeur dans la détermination de la force du gluten de blé dur.

Les sous-unités gluténines HMW également confèrent ; mais dans une moindre mesure que

les gluténines LMW, de effets différents sur la qualité des blés durs (Boggini et Pogna, 1989, Carrillo *et al.*, 1990 ; Kovacs *et al.*, 1993 ; Peña *et al.*, 1994) .

Cependant, l'influence des sous-unités de gluténines HMW contrôlées par les locus Glu-B1

contrôlant sur la force du gluten est encore controversée.

7. Effet de l'environnement sur la qualité

La composition des protéines et des sous-unités de protéine est déterminée génétiquement (Payne *et al.*, 1987; Johansson *et al.*, 1993; MacRitchie, 1999). Robert *et al.*, (1996) ont noté que la concentration en protéines telles que les gliadines et les protéines non gluten étaient les plus sensibles aux fluctuations environnementales. La fraction de gluténines s'est avérée presque totalement dépendante du génotype (Graybosch *et al.*, 1996).

Le rapport protéines monomériques/protéines polymériques et la distribution du poids moléculaire sont génétiquement contrôlés et peuvent être modifiés par les conditions environnementales (D'egidio, 1990).

Ces résultats ont été confirmés par Zhu et Khan (2001), les teneurs en protéines et en gluténines solubles en SDS sont plus influencées par l'environnement que par les facteurs génétiques, tandis que les gluténines insolubles en SDS étaient beaucoup plus contrôlées par le matériel génétique que par les facteurs environnementaux.

Les conditions de fertilisation (Shewry *et al.*, 2001) et la température (Blumenthal *et al.*, 1990) sont les facteurs environnementaux qui influencent le plus la synthèse des protéines du gluten.

7.1. Effet de la température sur la synthèse des gluténines

Les conditions durant la période de remplissage ont un effet prononcé sur les caractéristiques de la qualité du blé. Les températures extrêmes durant le remplissage du grain ont été identifiées comme une source majeure de la variation des caractéristiques de blé. Par exemple, une réduction de la durée de remplissage du grain peut être due aux hautes températures. Le stress thermique peut entraîner une réduction de la durée de formation des gluténines entraînant un affaiblissement de la force de la pâte.

Pendant le développement du grain, les températures ont une influence significative sur la qualité technologique du blé (Randall et Moss, 1990). Johnson *et al.*, (1972) ont constaté une légère corrélation positive entre les températures élevées pendant les premières phases du remplissage du grain et la teneur en protéines, alors que les températures moyennes ne montrent aucun effet sur cette teneur en protéines. Blumenthal *et al.*, (1994) ont montré que

la chaleur diminue le rapport gluténine/gliadine. Ainsi, elle réduit la taille des polymères de

gluténines et affaiblit la pâte (Ciaffai *et al.*, 1996 ; Stone et Nicolas, 1996 ; Corbellini *et al.*, 1998).

Stone et Nicolas (1996) ont trouvé que la synthèse des sous-unités gluténines de faible poids moléculaire (SG-LMW) continue sans difficulté pendant le stress thermique tandis que celle des sous-unités gluténines de haut poids moléculaire (SG-HMW) diminue.

Blumenthal *et al.*, (1991) ont observé une diminution de la taille des polymères de gluténines dans le grain mûr en réponse à un traitement de stress thermique, et ont suggéré que ceci peut être dû à la sensibilité des enzymes à la chaleur. Par conséquent, les températures élevées limitent la formation des agrégats complexes des protéines responsables des propriétés rhéologiques de la pâte.

7.2. Effet de la fertilisation sur les protéines de réserves

La fertilisation azotée influence significativement la teneur en protéines (Hunter et Stanford,

1973). Une disponibilité élevée en azote entraîne une teneur élevée en protéine dans le grain se traduisant par une extensibilité de la pâte et une augmentation du volume du pain (Luo *et al.*, 2000 ; Altenbach *et al.*, 2002). Pour Wieser et Seilmeier (1998), l'augmentation de la quantité d'azote dans le sol entraîne une augmentation des protéines mineures (-gliadines et SG-HMW) et une diminution de la teneur en protéines hydrophobes (-gliadines et SG-LMW).

Une faible fertilisation soufrée entraîne un réarrangement des quantités relatives des différents groupes protéiques avec un effet négatif sur leur distribution de poids moléculaire et par conséquent, sur les propriétés fonctionnelles des protéines (Wrigley *et al.*, 1984). Dans des conditions d'insuffisance en soufre, la quantité des -gliadines relativement pauvres en soufre augmente, alors que la synthèse des protéines riches en soufre c'est-à-dire les -et -gliadines, les albumines, et les globulines est négativement affectée (Wrigley *et al.*, 1984 ; Zhao *et al.*, 1999 ; Shewry *et al.*, 2001). Dexter *et al.*, (1989) ; Dexter et Edwards (2001) ont suggéré que dans l'endosperme vitreux une teneur élevée en gliadines permettrait une meilleure adhérence des protéines aux granules d'amidon pendant la dessiccation du grain donnant une structure compacte de l'endosperme.

Partie II : Matériel végétal

1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est constitué de 6 variétés et de 18 lignées de blé dur (*Triticum durum Desf.*) mises en culture en 2004 et 2005 dans les parcelles expérimentales de ITGC (l'Institut technologique des Grandes Cultures). Quatre lieux différents de culture ont été retenus : la station d'Oued Smar (Alger), la station de Beni Slimane (Médéa), la station de Sétif, et la station de Guelma (tableau 4). Ces différentes variétés et lignées ont été mises en culture dans le cadre d'un programme de sélection du

Centre International de la Recherche Agricole dans les Régions Arides (ICARDA).

<u>G U E</u> <u>LMA</u>	<u>Alger (Oued Smar)</u>	<u>Medea (Beni Slimane)</u>	<u>SETIF</u>
Récolte 2005 et 2006	Récolte 2005 et 2006	Récolte 2005 et 2006	Récolte 2005 et 2006
GV1 : TING 7/2* GREEN -3	OV1 : TING 7/2* GREEN -3	BV1:TING7/2*GREEN-3	
GV2 : CNDONEE//7* MEXI 75	OV2 : CNDOVEERY//7* MEXI 75	BV2:CONDO^VEE//7*MEXI75	SV1 :BOUSSELEM /OFANTO
GV3 : DAKYA Y2/SLA2	OV3 : DAKYA VAROS2/SLA2	BV3:DAKYAY2/SLA2	
GV4 :1346 LAHN/BCR.LKSY	OV4 :1346 LAHN // BCR.LKSY	BV4:1346 LAHN/BCR	SV2 : BD 7579= SAFA
GV5 :AZEGHAR -2	OV5 :AZEGHAR -2	BV5:AZEGHAR-2	
GV6 :BISU1//CHEN1/TEZ 3 HUI//CII	OV6 :BISU-1//CHEN-1/TEZ 3 HUI//CII	BV6:BSU-1//CHEN-1/TEZ 3 HUI//CI	SV3 : BOUSSELLEM
GV7 :VENRRIKSE-2	OV7 :VENRRIKSE-2	BV7:VENRRIKSE-2	
GV8 :ARAM5/CALI/RASCON37/3/PLATA-8	OV8 :ARAM5/CALI/RASCON37/3/PLATA-8	BV8:ARAM5/CALI/RASCON37/3/PLATA-8	Sv4 :MOUHEMEDB EN BACHIR (MBB)
GV9 :AYAIA12/F3LOCAL(SEL-ETHIO-135.85)/ PLATA	OV9:AJAJIA12 F3LOCAL(SELETHIO135.85)/ PLATA	BV9:AJAJIA12 F3LOCAL (SELETHIO.135.85)/ PLATA	
GV10 :WAHA	OV10 :OFANTO WAHA/MBB	BV10:OFANTO WAHA/MBB	
GV11 :HOGGAR	OV11 :OFANTO WAHA/MBB	BV11:OFANTO WAHA/MBB	
	OV12 : MBB /OFANTO	BV12:MBB /OFANTO	
	OV13 : MBB /OFANTO	BV13:MBB /OFANTO	
	OV14:BOUSSELEM/OFANTO	VB14: BOUSSELEM /OFANTO	
	OV15:OFANTO WAHA	BV15:OFANTO WAHA BV16	
	OV16:OFANTO WAHA	:OFANTO WAHA BV17:SAFA=	
	OV17: SAFA= cham Belikh= 7579	cham Belikh = 7579	
	OV18:BOUSSELEM	BV18 :BOUSSELEM	
		BV19 :WAHA	
		BV20 : HOGGAR	

Tableau02 :listedes génotypes de blé dur étudiés

2. Caractérisation des grains

2.1 Caractérisation physique des grains

2.1.1 Teneur en eau

Le taux d'humidité du blé est déterminé par séchage dans une étuve Chopin réglée à 130°C pendant 2 heures sur 5 g de produit. Deux essais ont été effectués pour chaque échantillon.

2.1.2 Poids de mille grains

Le PMG (norme AFNOR NFV 03-702 : 1981) c'est la détermination en gramme de la masse de 1000 grains entiers, le comptage est effectué à l'aide d'un compteur automatique (Numigral).

2.1.3 vitrosité et taux de mitadinage (ISO-5532; 1987).

La détermination du taux de mitadinage est réalisée sur un échantillon de 300 grammes, en comptant les grains mitadinés après les avoir sectionnés transversalement à l'aide du Farinotome de Pohl

2.1.4. Criblage des grains.

Les lots de grains sont criblés sur trois tamis (2,8 mm ; 2,5 mm ; 2,2 mm) et chaque fraction est pesée, le résultat est exprimé en pourcentage par rapport à la matière sèche de l'échantillon (%M.S).

2.1.5 Taux de moucheture (méthodes BIPEA)

Le taux de moucheture est déterminé sur un échantillon de 20 grammes de grains par appréciation visuelle ; d'une coloration située entre le brun et le noir brunâtre à d'autres endroits que le germe. Les résultats sont exprimés en grammes de grains mouchetés pour 100 g d'échantillons.

3. Caractérisation biochimique des grains.

3.1. Teneur en cendres

La teneur en cendres des grains entiers et des semoules est mesurée suivant la norme AFNOR NFV 03-760 (1981). Les résultats sont exprimés en pourcentage par rapport à la matière sèche de l'échantillon (%MS).

3.2. Teneur en protéines

La teneur en protéines des grains entiers et des semoules est déterminée selon la méthode *Kjeldhal* (norme AFNOR NFV 04-407). La minéralisation est réalisée sur un gramme d'échantillon par l'acide sulfurique concentré, l'ammoniac libéré par addition de la soude est dosé par titrimétrie.

Le coefficient de conversion de l'azote en protéine est de 5,7. Les résultats sont exprimés en pourcentage par rapport à la matière sèche de l'échantillon (MS%).

4. Caractérisation des semoules

4.1 Préparation des semoules

Les moutures sont réalisées au laboratoire de Technologie des Céréales de l'ITGC dans un moulin expérimental CHOPIN.

Après nettoyage, les grains sont conditionnés à 14% d'humidité pendant 24 heures puis à 16,5

% d'humidité 2 heures avant la mouture.

Le rendement en mouture est déterminé par pesée sur l'ensemble des produits récupérés. Les résultats sont exprimés en pourcentage de matière sèche. Les échantillons prélevés après mouture sont stockés à 4° C.

4.2 Détermination de la coloration des semoules

Les indices de brun (I.B) et de jaune (I.J) sont déterminés à l'aide d'un colorimètre HUNTERLAB (géométrie 0/45, illuminant D65, angle d'observation 10°). Ces conditions sont celles retenues par la Commission Internationale de l'Eclairage (C.I.E)

Les résultats sont exprimés en fonction du système d'unité de mesure C.I.E (L*, a*, b*). L'échantillon (épaisseur = 2,5 mm) est placé sous une source lumineuse. Dix mesures successives sont effectuées en tournant l'échantillon d'un quart de tour avant chaque lecture de manière à limiter les effets dus à l'hétérogénéité de la réflexion sur une surface non homogène. L'indice est d'autant plus élevé que la semoule est plus jaune, la valeur (100-L) augmente avec le brunissement.

4.3 Teneur en gluten sec, gluten humide et gluten index

La teneur en gluten sec et humide est déterminée à l'aide du glutomatic (Normes ISO 5531 et 6645) en présence d'une solution saline (5g/l).

Evaluation de la force du gluten par la méthode du gluten index.

a. Le gluten est extrait automatiquement à l'aide d'un glutomatic à partir de 10g de semoule et 5 ml d'eau distillée à 25% de NaCl.

Le gluten obtenu est alors centrifugé (6 000 tours/mn pendant 1 minute) sur un tamis de 600 microns. L'opérateur effectue alors deux pesées (à 0,01g près).

P1 = quantité de gluten ayant traversé le tamis. P2 = quantité de gluten retenu par le tamis.

GH est la quantité P2 obtenue pour 100g de blé à 14 % de teneur en eau.

4.3.1. Legluten humide

La somme des deux fractions P1+P2 représente le gluten humide.

$$GH = \frac{P1 + P2}{10} \times 100$$

4.3.2. Legluten sec

Le gluten sec se calcule après dessiccation du gluten humide. a. La teneur en gluten sec

La quantité de gluten sec est calculée après dessiccation du gluten humide.

Cette teneur est donnée par la formule suivante :

$$GS = \frac{GS}{10} \times 100$$

4.3.3. Le gluten index

Le rapport entre la fraction qui reste sur le tamis et la fraction du gluten total (gluten humide) donne le gluten index.

$$GI = \frac{P2}{P1 - p2} \times 100$$

4.4. Taux d'hydratation

Il nous renseigne sur la capacité de gluten à retenir l'eau.

Expression des résultats :

$$\text{Taux d'hydratation} = \frac{GH - GS}{GH} \times 100$$

GH : gluten humide en % MS GS : gluten sec en % MS

4.5. Test de sédimentation (Norme AFNOR NF V03-704)

Le test de sédimentation est réalisé selon la méthode proposée par Axford *et al.*, (1978). 5 g de semoule sont mis en suspension avec 50 ml d'eau distillée dans une éprouvette graduée de 100 ml. Le mélange est agité brutalement pendant 15 secondes, repos et reprise de l'opération d'agitation aux temps 0, 2, et 4 minutes.

Immédiatement après la dernière agitation, 50 ml d'une solution contenant (20 g/l de SDS et

20 ml/l d'acide lactique dilué au 1/8). Après une alternance d'agitation et de temps de repos dans l'éprouvette, on lit le volume de sédimentation obtenu dans l'éprouvette après un repos

de 20 mn. L'indice de sédimentation en SDS, exprimé en ml, donne une indication globale sur la qualité du gluten du blé (Dick et Quick, 1983). Les valeurs obtenues sont d'autant plus élevées que la qualité des semoules est bonne.

4.6. Mixographe (Norme AACCI 54-40A)

10 g de semoule sont hydratés en fonction de leur teneur en protéine selon la formule suivante : $Y = 1,5 X + 43,6$

Y: pourcentage d'absorption d'eau

X: teneur en protéine (% Ms).

Le pétrissage est effectué dans un bol du mixographe. L'enregistrement se fait pendant 8 minutes.

Trois paramètres ont été pris en considération dans notre étude :

- Le temps de développement (mixing time) et qui caractérise la force de la pâte.
- La hauteur de la pente (high of slope) correspond à la viscosité de la pâte.

Le jugement : se détermine en comparant les mixogrammes obtenus avec les mixogrammes de référence (annexe III).

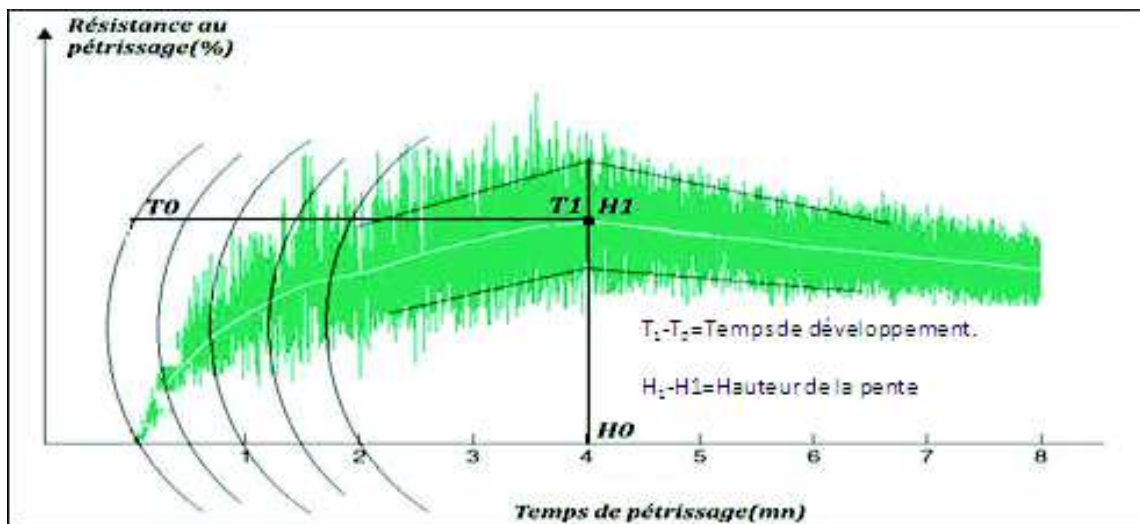


Fig 04 : Méthode de calcul des paramètres du mixogramme (mixogramme d'un blé à gluten fort variété Simeto).

5. Essai de la panification

Un nombre important de génotypes, et l'insuffisance des quantités de semoules issues de la mouture, la panification a été effectuée sur vingt génotypes récoltés en 2006 provenant de la station de Beni Slimane.

L'aptitude à la panification a été déterminée selon la méthode suivante :

100 g de semoule sont mélangés dans le bol du pétrin avec 60 ml d'une solution contenant (1g levures + 1g de sel). L'ensemble est additionné de la quantité d'eau nécessaire pour arriver à la capacité d'hydratation de la semoule (déterminée préalablement sur 10g de semoule à l'aide du mixogramme)

Après pétrissage, la pâte est reparaillée et déposée sur une plaque pour subir une première fermentation de 30 min à 30°C⁰. Ensuite le pâton est soumis à une opération de façonnage suivie d'une deuxième fermentation pendant 180 min.

La cuisson s'effectue dans un four à gaz à une température de $250^{\circ}\text{C} \pm 5\text{C}^0$ pendant 45 minutes en présence de vapeur d'eau.

Le pain après cuisson et refroidissement (60 min) est simplement jugé en mesurant son volume.

5.1. Détermination du volume du pain

Le volume du pain donne une indication sur la capacité de rétention des gaz par la pâte pendant la période de fermentation. Le volume du pain a été déterminé par une simple différence de volume en procédant de la façon suivante : Le pain obtenu est mis dans des sachets fermés hermétiquement et vidé de l'air. Puis on les met dans un récipient de forme et de capacité convenables, sans couvercle, à bords nets affleurant au même niveau, est rempli par simple écoulement d'eau.

Le contenu restant d'eau est récupéré, après est vidé, sans perte, dans un récipient quelconque. Eton mesure la différence entre le volume initial et le volume restant après récupération du pain à l'aide d'une éprouvette graduée.

L'essai est répété plusieurs fois sur des pains pris au hasard et on retient pour volume la moyenne des résultats obtenus.

6. Electrophorèse des protéines en conditions dénaturantes en gel de polyacrylamide à pH 8.4 en présence de dodécylsulfate de sodium (SDS-PAGE)

Principe En présence du 2-mercaptoéthanol + chaleur + SDS (qui est un détergent anionique fort qui enveloppe les chaînes polypeptidiques des protéines de charges négative), les protéines sont dénaturées (elles perdent leur structure tridimensionnelle native) et les protéines n'ont plus de pont disulfure (elles sont sous une forme monomérique) toutes les sous-unités polypeptidiques forment des micelles SDS - sous unité polypeptidique.

Les protéines de l'échantillon sont ensuite séparées par une électrophorèse sur gel de polyacrylamide en présence de SDS.

La réaction de polymérisation est :

- initiée par la formation de radicaux libres par le persulfate d'ammonium catalysée par le TEMED (N,N,N',N'-tétraméthyl-1,2-diaminométhane - toxique)

6.1. Protocole expérimental

La technique utilisée est celle mise au point par Laemmli (1970), modifiée par Payne et al. (1979) et Autran et Berrier (1984).

6.2. Préparation des gels de polyacrylamide

Le support électrophorétique est formé d'un gel de concentration (stacking gel) contenant 3,5 % d'acrylamide, 0,05 % de bisacrylamide (bis) tamponné à pH 6,8 et d'un gel de séparation (gel principal) contenant 13% d'acrylamide, 0,1% de bisacrylamide tamponné à pH 8,8. Les deux gels sont coulés l'un après l'autre entre deux plaques de verre verticales (100×100×1,5 mm).

6.3. Extraction des protéines

100 mg de semoules sont mises en contact pendant 2 heures avec 1,5 ml d'une solution d'extraction du SDS à 2%. 5% de 2-mercaptoéthanol, 10% glycérol et 0,01% de pyronine en tampon Tris-HCl pH 6. La réduction des protéines est obtenue en plongeant l'échantillon dans un bain-marie d'eau bouillante pendant 10 mn. Après centrifugation (à 18000 tr/min, pendant 5 minutes), 10 µl de surnageants sont déposés à l'aide d'une microseringue.

6.4. Migration

Elle est effectuée pendant 8 heures en tampon Tris-SDS glycine de pH 8,4 contenant 0,1% de SDS sous une intensité constante de 40 mA. La migration est arrêtée une fois que le colorant atteint l'extrémité de la plaque. Puis décolorés jusqu'à ce que le gel est net.

6.5. Fixations et coloration

Les gels une fois libérés des plaques, fixés par une solution de TCA à 15 % (V/V) pendant 30 minutes, puis rincés avec de l'eau distillée et colorés au bleu de Coomassie R250 pendant toute la nuit à la température ambiante.

6.6. Détermination des bandes et poids moléculaires des protéines

Le poids moléculaire des protéines est estimé par comparaison de leur mobilité électrophorétique avec celle des protéines standards de poids moléculaires connus «Kit Pharmacia» préalablement réduites et composées de phosphorylase b (PM=97000 Da), Albumine (PM=66000 Da), Ovalbumine (PM=45000), anhydrase carbonique (PM=30000

Da), inhibiteur de Trypsine (PM= 20 100 Da) et -lactalbumine (PM= 14 400 Da).

L'identification des bandes est faite visuellement par comparaison avec les électrophorégrammes obtenus par d'autres travaux effectués sur la qualité technologique du blé (Gianibelli et al., 2001).

Remarque : Dans cette partie d'étude, nous n'avons utilisé que les 20 génotypes provenant de la station de Guelma, plus deux génotypes provenant de la station de Sétif.

7. Analyse statistique des résultats

7.1. Organisation des données

Afin de faciliter le traitement des données, l'ensemble des échantillons ont été codés de la façon suivante : la première lettre représente la provenance du génotype, la deuxième lettre le numéro du génotype.

Par exemple : GV1 : G : Guelma, V1 : génotype 1

Pour chaque campagne culturale, deux tableaux regroupant toutes les données brutes ont été élaborés pour analyser les résultats (annexe I et II).

Chacun comporte l'ensemble des analyses portées sur le blé et les analyses portées sur la semoule, où chaque type d'analyse est considéré comme une variable et chaque génotype est considéré comme une observation (les individus).

7.2. Analyse de la variance

Une analyse de la variance est effectuée, en utilisant le modèle linéaire général (GLM) pour étudier l'effet du milieu, l'année de culture, et l'effet des génotypes sur les valeurs moyennes des paramètres technologiques.

7.3. Les corrélations entre les paramètres étudiés

Les corrélations entre les différents tests de qualité ont été examinées par des coefficients de corrélation de Pearson (matrices de corrélation).

7.4. Analyse en Composantes Principales (ACP)

Le but d'une ACP est de construire une vision simplifiée d'une réalité complexe (HOSTIOU, 2003). Il s'agit d'extraire l'essentiel de l'information d'un grand tableau de données quantitatives, pour en tirer des conclusions au sujet des variables (les caractéristiques physico-chimiques) et des individus (les génotypes). L'objectif est de :

7.5. Classification automatique

L'application combinée d'une analyse en composantes principales et une méthode de classification automatique conduit à une meilleure détermination de groupes homogènes des caractéristiques physico-chimiques (les variables) ou de génotypes (les variétés et les lignées)

Les méthodes de classification automatique regroupent des individus en catégories jugées homogènes suivant les critères sélectionnés au préalable. Nous avons retenu pour cette étude la classification ascendante hiérarchique (C.A.H.). Elle est hiérarchique car on cherche à représenter les individus par un ensemble de parties hiérarchiquement emboîtées ; ascendante car on procède par des regroupements successifs allant des individus vers le groupe. La C.A.H. permet de former un nombre plus réduit de classes ou de groupes par regroupements successifs des individus, en évaluant leur ressemblance.

Partie III : Résultats et discussion

1. Effet des facteurs génétiques et agronomiques sur les caractéristiques physiques des grains et la valeur semoulière des blés durs.

1.1. Appréciation de la qualité technologique des blés durs étudiés

1.1.1. Analyses sur Grains

1.1.1.1. Caractéristiques physico-chimiques

L'ensemble des résultats obtenus des caractéristiques physico-chimiques des blés durs cultivés durant les deux récoltes 2005 et 2006 (moyenne, écart type et coefficient de la variation) est résumé dans le tableau 03.

La très grande diversité des échantillons de blés durs étudiés fait apparaître des écarts très importants pour tous les paramètres mesurés.

1) Poids de 1000 grains (PMG) et calibrage de grains

Le poids de 1000 grains fournit une évaluation du degré de chaudage et met en évidence l'influence des traitements pendant la végétation et la tolérance des génotypes au stress hydrique.

Les résultats obtenus (tableau 03) montrent que les génotypes de la station de Sétif se caractérisent par les plus forts PMG pour les deux années successives (2005 et 2006) avec respectivement (44,34g et 41,49g de la matière sèche). Ces PMG élevés s'accompagnent d'un faible pourcentage de grains inférieurs à 2,2 mm et un fort pourcentage de grains supérieurs à 2,8 mm. Les stations de Beni Slimane (année 2006) et d'Oued Smar (année 2005) ont donné les génotypes à petites grains avec des PMG moyens respectifs de 28,87g et 25,66g/m.s. C'est un faible PMG lié à un fort pourcentage de grains < à 2,2 mm.

ÉTUDE TECHNOLOGIQUE DE QUELQUES LIGNÉES ET VARIÉTÉS DE BLE DUR SÉLECTIONNÉES EN ALGÉRIE

Station ITGC	saison		PM G/M S(g) 35-55g	calibrage des grains			Mitadinage <11%	Moucheture 5%	Cendres 1,6-2,1%	Protéine 13-15%
				2.2	2.5	2.8				
Guelma	2005	moyenne	32.76	14.44	35.77	45.44	27.51	1.09	1.75	9.32
		Ecart type	3.18	8.37	8.75	18.52	14.16	0.45	0.12	0.48
	2006	moyenne	33.77	21.21	31.36	41.31	3.57	0	1.94	13.4
		Ecart type	2.97	10.37	6.49	13.12	2.38	0	0.32	4.5
	Moyenne 2005-2006		33.27	17.83	33.57	43.38	15.54	0.55	1.85	11.36
	Ecart type		0.71	4.79	3.12	2.92	16.93	0.77	0.13	2.88
	c.v		46.58	3.72	10.76	14.85	0.92	0.71	13.73	3.94
Sétif	2005	moyenne	41.49	7.99	25.03	66.32	8.08	4.35	1.74	14.11
		Ecart type	6.32	5.94	10.3	17.56	7.18	8.96	0.28	2.17
	2006	moyenne	44.34	2.73	13.46	67.02	2.69	9.1	2.11	12.3
		Ecart type	4.61	3.72	6.73	40.26	1.79	2.57	0.58	0.69
	Moyenne 2005-2006		42.91	5.36	19.24	66.67	5.38	6.725	1.92	13.20
	Ecart type		2.02	3.72	8.18	0.49	3.81	3.36	0.26	1.28
	c.v		21.30	1.44	2.35	134.69	1.41	2.00	7.36	10.32
Béni Slimane	2005	moyenne	36.86	9.28	27.6	61.08	3.67	13.04	2.02	12
		Ecart type	3.06	3.72	5.36	9.56	3.81	6.87	0.28	0.89
	2006	moyenne	28.87	37.75	37.08	12.92	0.09	0.3	1.86	20.61
		Ecart type	2.47	7.96	8.04	11.86	0.22	1.36	0.22	1.58
	Moyenne 2005-2006		32.87	23.51	32.34	37	1.88	6.67	1.94	16.30
	Ecart type		5.65	20.13	6.70	34.05	2.53	9.01	0.11	6.09
	c.v		5.82	1.17	4.82	1.09	0.74	0.74	17.15	2.68
Oued Smar	2005	moyenne	25.66	23.92	37.52	26.3	1.07	0.58	2.23	12.71
		Ecart type	2.66	5.95	4.81	13.13	1.23	0.24	0.17	0.57
		moyenne	33.39	16.89	30.29	44.55	1.45	0	2.39	15.31
		Ecart type	3.4	5.65	4.39	12.69	1.06	0	0.62	1.34
	Moyenne 2005-2006		29.53	20.40	33.90	35.42	1.26	0.29	2.31	14.01
	Ecart type		5.47	4.97	5.11	12.90	0.27	0.41	0.11	1.84
	c.v		5.40	4.10	6.63	2.75	4.69	0.71	20.42	7.62
Moyenne total		34.64	16.78	29.76	45.62	6.02	3.56	2.01	13.72	
Ecart type total		6.16	11.00	7.98	19.23	9.02	4.96	0.23	3.29	
cv		5.62	1.53	3.73	2.37	0.67	0.72	8.71	4.17	

Tableau 03 valeurs moyennes par lieu de culture des paramètres physico-chimiques des génotypes de blé dur mis en essai durant les saisons 2005 et 2006

Ces caractéristiques physiques sont influencées à la fois par l'origine génétique et les conditions agro climatiques. En effet, l'analyse de la variance (tableau 04) met en évidence une effet hautement significatif de la station avec 42% de la variabilité sont assignés au milieu et 26% au génotype.

paramètres	Effet génotype (8)	Effet station(2)	Effet année (1)	Effet génotype *Station (31)	% de la variabilité assignée à la	
					Génotype	Milieu
PMG	0,573 ^{n.s}	9,226 ^{***}	0,032 ^{n.s}	0,936 ^{n.s}	26,19	42,04
cal2.2	0,568 ^{n.s}	2,645 ^{n.s}	20,772 ^{***}	1,003 ^{n.s}	15,39	12,17
cal2.5	0,433 ^{n.s}	4,405 ^{**}	0,160 ^{n.s}	0,938 ^{n.s}	14,48	23,08
cal2.8	0,700 ^{n.s}	4,008 [*]	10,471 ^{**}	1,086 ^{n.s}	18,16	20,13

() : Degrés de liberté. n.s : non significatif ($p > 0.05$) ; (*) : faiblement significatif ($0.01 < p < 0.05$) ; (**) : moyennement significatif ($0.001 < p < 0.01$) ; (***) : hautement significatif ($p < 0.001$).

Tableau04: Effet du génotype, le milieu et l'année sur le poids des milles grains et la taille des grains du blé: (résultats de l'analyse de la variance F (observé))

Cette variation dans les PMG entre les différentes stations semble être due à une répartition des pluies non équitable au cours des deux campagnes dans les quatre stations expérimentales (fig.5 ; a,b,c et d) : Au cours de la récolte 2005, on a enregistré une moyenne de pluviométrie de 751,1 mm à Guelma; 323,26 mm à Sétif; 624,2 mm à Oued Smaret 367 mm à Béni Slimane. Les mois de octobre, novembre, décembre, janvier, février, avril et juin se sont caractérisés par des pluies permettant d'alimenter la réserve du sol. Les périodes de montaison et de remplissage des grains sont déroulées en plein déficit hydrique comme le montre la fig. 5(a,b,c et d).

L'absence ou la baisse de la pluviométrie dès le mois de février a failli compromettre la production des céréales. À l'exception de la station de Sétif qui a connu un retour des pluies durant les mois de avril et mai, engendrant une correction de la production des céréales dans cette station.

La récolte 2006 a été marquée par une bonne répartition des pluies des semailles et ce jusqu'au mois de avril, enregistrant une pluviométrie cumulée de 617,6 mm à Oued Smar,

328 mm à Guelma, 424,5 mm à Béni Slimane et 386 mm à Sétif.

L'interruption ou l'absence des pluies dès la mi avril 2006 a failli compromettre la production des céréales si ce n'est les pluies salvatrices de la fin mai qui ont permis le redressement de cette dernière. Cette absence de pluies a eu des effets négatifs sur la production. Parallèlement à cette faiblesse de l'eau en fin de cycle végétatif, de hautes températures accompagnées de sirocco ont entraîné le chauffage du grain et une réduction du rendement avec une dépréciation de la qualité de celle-ci.

Ainsi, la taille des grains est conditionnée par le nombre de cellules et le degré de remplissage de celles-ci. D'après Lempereur *et al.*, (1997), un stress hydrique au cours des stades physiologiques précoces induit une diminution du nombre de cellules pour un remplissage constant.

Les grains sont alors de petites tailles (cas des génotypes de la station d'Oued Smaret Beni Slimane en 2006).

L'étude de corrélation entre le PMG et la taille des grains (tableau 09) montre que le PMG est fortement corrélé positivement avec la taille des grains (gros grains) ($r = 0,67$; $p < 0,01$). La taille des grains est considérée comme un facteur important de la valeur semoulière des blés durs. Les génotypes à gros grains donnent de meilleurs rendements en

semoules que les génotypes à petits grains. Pour Simmonset Meredith (1979), la taille des grains semble être un bon indicateur du potentiel semoulier.

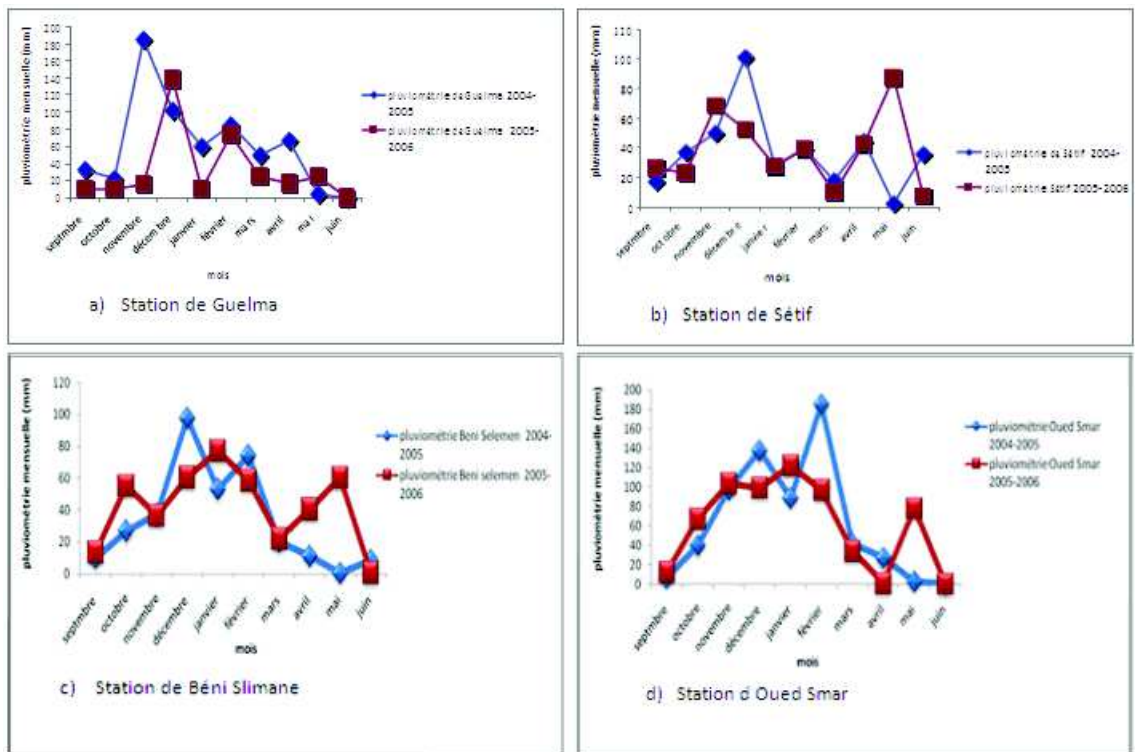


Fig. 5 répartition des pluies au cours des deux³³ campagnes 2005 et 2006 pour les quatre stations

2) Le taux de mitadinage : «taux de vitrosité»

Le taux de mitadinage est un accident physiologique; il provoque un changement de la texture de l'albumen, qui est normalement translucide et vitreuse, et devient en partie ou en totalité opaque et farineuse ce qui pénalise la valeur semoulière.

Les génotypes mis en culture dans la station de Guelma (t a bleau 0 3) durant la campagne 2005 ont montré une sensibilité élevée au mitadinage; les taux enregistrés varient entre 12,75% et 49% avec un moyenné de 27,51% et un écart type 14,16.

Cette sensibilité au mitadinage est probablement due à une faible disponibilité en azote pendant la phase de remplissage (Gate 1996; Samsonet *al.*, 2005).

Ces mêmes géotypes récoltés en 2006 ont enregistré des taux de mitadinage avec une moyenne de 3,57%.

Les géotypes mis en essai dans la station de Sétif, de Beni Slimane, et Oued Smar ont montré une meilleure résistance au mitadinage pour les deux années successives (2005 et 2006), avec respectivement 5,38 % ; 1,88 % et 1,26%.

Dans la station de Beni Slimane (année 2006), le mitadinage est presque totalement absent (0,09%) malgré un taux de grains séchés plus important (37,75%).

Les analyses des résultats du tableau 03 et de l'analyse de la variance (tableau 05) montrent que les conditions de culture et l'année de récolte exercent un considérable effet sur les taux de mitadinage des différents géotypes étudiés.

Tableau 05: Effet du géotype, du milieu et l'année de culture sur le taux de mitadinage et le taux de moucheture: (résultats de l'analyse de la variance F (observé))

Paramètre	Effet géotype	Effet station (2)	Effet année (1)	Effet Géotype * Station	Liberté	
					% Station assignée à la Géotype	Milieu
mitadinage	0,278 n.s	10,566***	12,716***	0,246 n.s	14,25	38,25
Moucheture	0,239	8,029***	26,118***	0,227	9,09	25,12

(): Degré de liberté. n.s: non significatif ($p > 0.05$); (*): hautement significatif ($0.001 < p < 0.01$); (**): très hautement significatif ($p < 0.001$).

Gate (1996); Samson et al. (2005) considèrent que la faible disponibilité en azote constitue le facteur le plus critiqué dans la présence de grains mitadinés, et affecterait la teneur en protéines. En effet, d'après Simmonds (1989), il existe une relation inverse entre la teneur en protéines totales et le taux de mitadinage:

- A un taux de protéines de 13-14% correspond une valeur moyenne de mitadinage de 20%.
- A 10% de protéines, le taux de mitadinage dépasse les 40%.
- Et à plus de 14% de protéines totales, le taux de mitadinage ne dépasse pas 10%.

3) Le degré de moucheture

La présence des grains mouchetés entraîne la présence de points noirs dans la semoule et diminue leur qualité commerciale. La moucheture déprécie les aspects des pâtes alimentaires.

Pour l'ensemble des géotypes récoltés durant la campagne 2005, le degré de moucheture est faible à l'exception des géotypes mis en essai dans la station de Beni Slimane qui ont enregistré un taux de moucheture élevé avec une moyenne de 13,4%, valeur supérieure à la norme établie par la CEE (réglementation CEE 824/2000) qui est de 5%.

Les géotypes les plus sensibles à la moucheture sont : BV2, BV3, BV5, BV6, BV10, BV14 et BV20. Les taux moyens enregistrés dans les trois autres stations sont de : 1,09%.

Pour la campagne 2006, les géotypes mis en essai dans la station de Sétif étaient les plus sensibles à la moucheture, avec une moyenne de 9,1%, un écart type de 2,57 et un coefficient de variation de 2%. Les géotypes les plus touchés sont : SV1, SV2 et SV3. Ces taux élevés de moucheture peuvent être dus aux chutes de pluies dans la région de Sétif au mois

de mai (88 mm) favorisant en conséquence le développement de champignons responsables de la moucheture. Les autres stations ont enregistré des taux faibles inférieurs à 5%.

L'analyse de la variance donnée dans le tableau (05) révèle un effet hautement significatif du milieu et de l'année sur le degré de moucheture, l'effet assigné au génotype est faible il est de 9,09 % alors que la variabilité assignée au milieu avoisine les 25%.

4) Teneur en cendres des blés

Les blés durs cultivés durant les deux campagnes d'essai 2005 et 2006 (tableau 03) ont enregistré des taux élevés en cendres (1,6-2,1%); la moyenne totale enregistrée est de 2,01%, avec un écart type de 0,23 et un coefficient de variation de 8,71%. Pour la récolte de 2005, les génotypes cultivés dans la station de Guelma ont enregistré une teneur moyenne en cendres de 1,75%, un écart type de 0,12 et un coefficient de variation de 14,58%. Et pour la récolte de 2006 la teneur moyenne en cendres obtenue pour les mêmes génotypes était de 1,94%, avec un écart type de

0,32 et un coefficient de variation de 6,06%.

Les génotypes mis en essai dans la station de Sétif et pour la récolte 2005 ont enregistré une teneur moyenne en cendres de 2,11 %, avec un écart type de 0,58 et un coefficient de variation de 3,64%. Durant la récolte 2006, la teneur moyenne enregistrée est de 1,74% avec un écart type de 0,28 et un coefficient de variation de 6,21 %.

Les génotypes mis en essai dans la station de Béni Slimane et pour la récolte 2005 ont enregistré une teneur moyenne en cendres de 2,02%, avec un écart type de 0,28 et un coefficient de variation de 7,21 %. Durant la récolte 2006, la teneur moyenne enregistrée est de 1,86 % avec un écart type de 0,22 et un coefficient de variation de 8,45%.

Les génotypes mis en essai dans la station d'Oued Smar (la récolte 2005) ont enregistré une teneur moyenne en cendres de 2,23 %, avec un écart type de 0,17 et un coefficient de variation de 13,12 %. Durant la récolte 2006, la teneur moyenne enregistrée est de 2,39% avec un écart type de 0,62 et un coefficient de variation de

3,85%.

L'analyse de la variance rapportée dans le tableau (06) montre que le taux de cendres des blés paraît être influencé à la fois par l'année et par le milieu de culture.

25,86 % de la variabilité sont assignées au milieu et seulement 14,90% revient à

l'origine génotypique. La composition minérale est dépendante de la disponibilité des minéraux dans le sol. Néanmoins les génotypes de blé semblent les absorber différemment du sol (Dikeman, 1982), Le lieu de culture est la principale source de variation de la teneur en cendres des grains de blé dur (LEMPEREUR *et al.*, 1997; OURY *et al.*, 2006).

5) Teneur en protéines des blés

Les blés mis en essai pour la récolte 2006 dans les quatre stations : Guelma, Béni Slimane et d'Oued Smar ont enregistré des teneurs élevées en protéines par rapport aux mêmes génotypes de la récolte 2005 (tableau 03).

Les teneurs en protéines des blés varient entre 8,5% et 10,24% à Guelma, avec une moyenne de 9,33%, un écart type de 0,45 et un coefficient de variation de

19,42% pour la récolte 2005. Et elles varient entre 13,70% à 15,75% avec une moyenne de 13,40% un écart type de 4,5 et un coefficient de variation de 2,98 % pour la campagne 2006.

Lesteneurs en protéines des blés varient entre 10,89 % à 16,14 % à Sétif avec une moyenne de 14,11%, un écart type de 1,28 et un coefficient de variation de 6,5% pour la campagne 2005. Elles varient entre 11,35% et 12,97 %, avec une moyenne de 12,30%, un écart type de 0,69 et un coefficient de variation de 17,83% pour la récolte 2006.

Lesteneurs en protéines des blés varient entre 10,45 % et 13,87% à Béni Slimane, avec une moyenne de 12%, un écart type de 0,89 et un coefficient de variation de

13,48 % pour la récolte 2005. Et elles varient entre 17,52% à 23,03% avec une moyenne de 20,61%, un écart type de 1,58 et un coefficient de variation de 13,04% pour la campagne 2006. Cette différence dans les teneurs en protéines à l'intérieur d'une même station et durant les deux années de culture successives peut être due à une fertilisation azotée excessive. Ces mêmes blés mis en essai durant la campagne 2006 étaient les plus résistants à l'umitadine.

Lesteneurs en protéines varient entre 11,83% et 13,68% à Oued Smar, avec une moyenne de 12,71%, un écart type de 0,57 et un coefficient de variation de 22,30% pour la récolte 2005. Et elles varient entre 13,27% et 18,20 % avec une moyenne de

15,31%, un écart type de 1,34 et un coefficient de variation de 11,43 % pour la campagne 2006.

Le teneur en protéines des grains qui est l'un des critères les plus importants dans la détermination de la qualité technologique est donc fonction des conditions de culture et plus particulièrement du milieu de culture. Ainsi, l'analyse de la variance (tableau

06) montre que le teneur en protéines est plus influencée par le milieu de culture, et de l'année de culture que par le génotype. En effet 25,86 % de variabilités sont assignées au milieu; alors que juste 10,82% sont assignées au génotype (tableau 06). Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par MARIANI, *et al.* (1995) ; Brites *et al.* (2000) et Zhu et Khan (2001). Mais l'effet du génotype a aussi été démontré par FENNET *al.*, (1994), ZHANG *et al.* (2004), et SOUZA *et al.* (2004).

Tableau 06 : Effet du génotype, du milieu et l'année de culture sur le taux de cendres et la teneur en protéines des grains : (résultats de l'analyse de la variance F (observée))

paramètres	Effet génotype	Effet station (2)	Effet année (1)	Effet Génotype	% Stationnalité assignée à la	
					Génotype	Milieu
Cendres des grains	0,874 n.s	11,230***	79,903***	0,586 n.s	14,90	25,86
Protéines des blés	0,274	3,17***	80,23***	0,973	10,82	25,86

(): Degrés de liberté. n.s: non significatif ($p > 0.05$); (*) : hautement significatif ($0.001 < p < 0.01$); (***) : très hautement significatif ($p < 0.001$).

1.1.1.2. Etudes des corrélations entre les caractéristiques physico-chimiques des grains

La matrice de corrélation (tableau 07) établie pour les caractéristiques physico-chimiques des grains durant les deux années de culture a mis en évidence

existence des corrélations suivantes:

Le PMG est fortement corrélé positivement avec : la taille des grains (gros grains) ($r=0,67$; $p<0,01$), le taux de moucheture ($r=0,42$; $p<0,01$). Par contre, la matrice de corrélation a révélé aucune corrélation entre le poids de mille grains, le taux de cendre et le teneur en protéines des grains.

Les gros grains sont hautement corrélés négativement et significativement avec le taux de protéines des grains ($r=-0,41$; $p<0,01$),

La matrice de corrélation révèle une corrélation négative et hautement significative entre le taux de mitadinage et le teneur en protéines des blés ($r=-0,46$; $p<0,01$). Cette corrélation négative entre les protéines et le taux de mitadinage est explicable par le fait que le taux de mitadinage est directement lié à la teneur en protéines du grain. En effet, si au cours du remplissage du grain, la matière protéique se trouve en quantité suffisante, l'albumen prendra un aspect vitreux, en revanche la carence protéique conduit à la formation de nombreuses vacuoles d'air dans l'albumen, lui conférant une apparence opaque ou farineuse (Matveef, 1963).

Le taux de mitadinage est un critère d'appréciation déterminant dans le rendement et la qualité de la semoule. Les travaux de LALLEM (1979) montrent que des taux exceptionnellement élevés seraient liés en particulier à une absence de la fumure azotée et qu'un grain totalement vitreux se brise et fournit de la semoule, par contre un grain mitadiné se crase et donne de la farine affectant ainsi le rendement en semoule.

De même, Matsuo et Dexter (1981) ont constaté une baisse de la teneur en protéines associées à un taux élevé d'amidon chez les grains de blé mitadinés.

Des corrélations positives et hautement significatives entre le degré de moucheture et la taille des grains (PMG ; $r=0,42$ et les gros grains $r=0,51$) ont été révélées par

l'étude de corrélation.

	PMG	CAL2.2	CAL2.5	CAL2.8	MIT	MOUCH	CDRG	PROG	RS
PMG									
CAL2.2	-0,584*								
CAL2.5	-0,529**	0,480**							
CAL2.8	0,672**	-0,934**	-0,691**						
MIT	0,113	-0,231*	0,065	0,166					
MOUCH	0,423**	-0,455**	0,403**	0,513**	-0,049				
CDRG	-0,218	0,003	-0,018	-0,015	-0,245*				
PROG	-0,180	0,498*	0,182	-0,411	-0,464*	-0,239	-0,078		
RS	0,443*	-0,421*	-0,292*	0,434*	0,383	0,16	-0,047	-0,268	

Tableau07: Corrélations entre les caractéristiques physico-chimiques des grains de blé dur

** Corrélation significative à 0,01 (bilatérale).

* Corrélations significatives à 0,05 (bilatérale).

1.1.2. Analyses sur semoule

1.1.2.1. Caractéristiques physico-chimiques des semoules de blés durs étudiées

Les résultats des analyses physico-chimiques (rendement en semoule, cendres et teneur en protéines) sont représentés dans le tableau 08.

1) Le rendement en semoule (RS)

Les génotypes étudiés présentent des rendements en semoule moyens de 55,60 %, avec un écart type de 5,49 et un coefficient de variation de 10,13 %.

Pour la récolte de 2005, les génotypes cultivés dans la station de Guelma ont enregistré un rendement en semoule moyen de 61,04 %, un écart type de 3,37 et un coefficient de variation de 18,11% (tableau 08). Et pour la récolte de 2006, le rendement en semoule moyen est de 56,03 %, avec un écart type de 2,16 et un coefficient de variation de 4,47%.

Les génotypes mis en essai dans la station de Sétif et pour la récolte 2005 ont enregistré un rendement en semoule moyen de 57,15 % avec un écart type de 6,93 et un coefficient de variation de 8,25 %. Durant la récolte 2006, le rendement en semoule moyen est de 60,89 % avec un écart type de 7,09 et un coefficient de variation de 8,59% (tableau 08).

Les génotypes mis en essai dans la station de Béni Slimane et pour la récolte 2005 ont enregistré un rendement en semoule moyen de 53,85 %, avec un écart type de 3,83 et un coefficient de variation de 14,10%. Durant la récolte 2006, le rendement en semoule moyen est de 48,8 % avec un écart type de 2,65 et un coefficient de variation de 18,42%.

Les génotypes mis en essai dans la station d'Oued Smar et pour la récolte 2005 ont enregistré un rendement en semoule moyen de 46,72 %, avec un écart type de 3,41 et un coefficient de variation de 13,70 %. Durant la récolte 2006, le rendement en semoule moyen est de 60,34 % avec un écart type de 4,75 et un coefficient de variation de 12,70% (tableau 08).

ÉTUDE TECHNOLOGIQUE DE QUELQUES LIGNÉES ET VARIÉTÉS DE BLE DUR SÉLECTIONNÉES EN ALGÉRIE

Station ITGC	Récolte		RS%	Cendres MS%	Protéine (N*5,7) MS% 13-15%
Guelma	2005	moyenne	61,04	0,53	8,57
		Ecart type	3,37	0,32	0,52
		c.v	18,11	1,66	16,48
	2006	moyenne	58,03	0,76	11,93
		Ecart type	2,16	0,17	0,67
		c.v	25,94	4,47	17,81
	Moyenne pour les deux années de culture		58,535	0,645	10,25
	Ecart type		3,54	0,16	2,38
	c.v		16,52	3,97	4,31
Sétif	2005	moyenne	57,15	0,53	11,27
		Ecart type	6,93	0,11	0,48
		c.v	8,25	4,82	23,48
	2006	moyenne	60,89	0,53	12,08
		Ecart type	7,09	0,12	1,37
		c.v	8,69	4,42	8,62
	Moyenne pour les deux années de culture		59,02	0,53	11,675
	Ecart type		2,64	0,00	0,67
	c.v		22,32	-	20,38
Béni Simen	2005	moyenne	53,85	0,86	10,99
		Ecart type	3,82	0,14	0,72
		c.v	14,10	6,14	15,26
	2006	moyenne	48,8	0,69	16,33
		Ecart type	2,65	0,09	0,97
		c.v	18,42	7,67	16,84
	Moyenne pour les deux années de culture		51,325	0,775	13,66
	Ecart type		3,57	0,12	3,78
	c.v		14,37	6,45	3,62
Oued Smar	2005	moyenne	46,72	1,2	11,11
		Ecart type	3,41	0,24	0,68
		c.v	13,70	5,00	16,34
	2006	moyenne	60,34	0,68	12,72
		Ecart type	4,75	0,23	1,47
		c.v	12,70	2,98	8,65
	Moyenne pour les deux années de culture		53,53	0,94	11,915
	Ecart type		9,63	0,37	1,14
	c.v		5,56	2,56	10,47
Moyenne total			55,60	0,72	11,88
Ecart type total			5,49	0,23	2,18
c.v			10,1	3,18	5,45

Tableau08: Rendement en semoule, teneur en protéines totales et teneur en cendres des semoules des génotypes de blé dur étudiés.

L'analyse de la variance (Tableau 09) fait ressortir un effet hautement significatif du milieu et un effet non significatif du génotype sur le rendement en semoule avec un pourcentage de variabilité de 36,16% assigné au milieu, et 19,59% au génotype.

paramètres	Effet génotype (8)	Effet station (2)	Effet année (1)	Effet Génotype *Station (31)	% de la variabilité assignée à la	
					Génotype	Milieu
Rendement en semoule	0,911 ^{1,3}	16,429 ^{1,3}	0,656 ^{1,3}	1,374 ^{1,3}	19,59	36,16

Tableau09: Effet du génotype, du milieu et l'année de culture sur le rendement en semoule des blés durs : (résultats de l'analyse de la variance F (observé))

(): Degrés de liberté. n.s : non significatif ($p > 0.05$);

(*) : hautement significatif ($0.001 < p < 0.01$);

(***) : très hautement significatif ($p < 0.001$).

La matrice de corrélation établie pour les deux années de culture (tableau 07) révèle une corrélation positive et hautement significative du rendement en semoule avec le poids de mille grains ($r = 0,443$; $p < 0,01$), le taux de mitadinage ($r = 0,383$;

$p < 0,01$) qu'on peut expliquer par les aspects farineux des grains mitadinés.

Cette analyse de corrélation révèle aussi une corrélation négative et hautement significative avec la teneur en cendre des grains ($r = -0,047$; $p < 0,01$), la teneur en protéines des grains

($r = -0,268$; $p < 0,01$).

2) Teneur en cendre des semoules :

Le taux de cendre définit le pourcentage de matières minérales présent dans la semoule. La teneur en cendre permet de contrôler la pureté des produits de mouture (Feillet, 2000).

Les semoules issues de la mouture des blés ont enregistré une moyenne de 0,72% pour les deux récoltes 2005 et 2006 dans les quatre stations.

Comme pour les teneurs en cendre des grains, ce sont les semoules de la station

d'Oued Smar qui se caractérisent par une richesse en matières minérales. La teneur moyenne relevée dans cette station pour les deux récoltes est de 0,94% pour des valeurs qui varient entre 1,2 % pour la récolte 2005 et 0,68% pour la récolte 2006.

Les semoules des géotypes provenant de la station de Sétif ont donné la moyenne la plus faible (0,53%). Les semoules des géotypes SV5 et SV1 ont enregistré les taux les plus faibles 0,41% et 0,55% respectivement (récolte 2006).

Pour la station de Guelma, les semoules ont enregistré une teneur moyenne en cendre de 0,53% avec un écart type de 0,32%. Et pour la récolte de 2006 la teneur moyenne en cendre obtenue est de 0,76%, avec un écart type de 0,17

Les semoules de la station de Béni Slimane et pour la récolte 2005 ont enregistré une teneur moyenne en cendre de 0,82 %, avec un écart type de 0,14. Durant la récolte 2006, la teneur moyenne enregistrée est de 0,69% avec un écart type de 0,09.

L'analyse de la variance (tableau 10) montre que le taux de cendre des semoules est influencé à la fois par l'année et par le milieu de culture. 34,74% de la variabilité sont assignées au milieu et seulement 16,46% au géotype.

Abecassis et Feillet (1985) et Peterson et al. (1986) rapportent que le taux de cendre des semoules en plus de l'année et le milieu de culture est aussi influencé par l'origine génétique.

L'influence prépondérante des conditions agro-climatiques sur la teneur en matières minérales des blés durs et par conséquent sur le taux de cendre des semoules ne permet pas à ce critère d'être utilisé comme un marqueur de la pureté de la semoule.

paramètres	Effet génotype (8)	Effet station(2)	Effet année (1)	Effet Génotype *Station (31)	% de la variabilité assignée à la	
					Génotype	Milieu
Cendres des grains	0,874 ^{n.s}	11,230 ^{***}	79,903 ^{***}	0,586 ^{n.s}	14,90	25,86
Cendres des semoules	0,490	6,657 ^{***}	93,608 ^{***}	0,933	16,46	34,74

Tableau 10: Effet du génotype, du milieu et l'année de culture sur le taux de cendres des grains et des semoules: (résultats de l'analyse de la variance F (observé))

(): Degré de liberté. n.s.: non significatif ($p > 0.05$);

(*): hautement significatif ($0.001 < p < 0.01$);

(***): très hautement significatif ($p < 0.001$).

3) Teneur en protéines des semoules

La teneur en protéines des semoules dépend de la teneur en protéines des blés. Comme pour les teneurs en protéines des grains, celles des semoules varient d'une station à une autre. Les teneurs en protéines des semoules (récolte 2006) sont supérieures à celles de semoules issues de la mouture des mêmes génotypes (récolte 2005).

Ainsi, à la station de Beni Slimane où les teneurs en protéines sont les plus élevées, la valeur moyenne pour les deux récoltes est de 13,66% pour des teneurs se situant entre 10,99% (récolte 2005) et 16,33% (récolte 2006).

Pour les deux récoltes de la station de Guelma, les teneurs en protéines des semoules sont les plus faibles (10,25 %). Ainsi pour la récolte de 2005, les valeurs minimales et maximales sont de 7,91 % et de 9,55% respectivement avec une moyenne de 8,57%. Pour la récolte de 2006, ces teneurs varient entre 10,89% et

13,17 %. La moyenne enregistrée est de 11,93%.

Pour les deux autres stations (Oued smar et Sétif), les valeurs moyennes des protéines sont intermédiaires à celles des stations précédentes. Les teneurs moyennes pour les deux récoltes sont respectivement de 11,67% pour la station de Sétif et 11,91 % pour la station d'Oued Smar.

L'analyse de la variance évoquant l'effet du milieu, l'effet du génotype et l'effet de l'année montre que la teneur en protéines (tableau 11) dépend du milieu de culture, et de l'année de culture. 30,58 % de la variabilité sont assignées au milieu ; alors que 4,40% sont assignées au génotype. En plus de l'effet de milieu et de

l'environnement, la teneur en protéines des semoules est tributaire de la teneur des blés.

La teneur en protéines est un caractère qui varie d'un génotype à l'autre et dépend étroitement des conditions agronomiques (sol, fumure azotée) et climatiques (Feillet, 2000).

De nombreuses études auxquelles ont montré l'existence d'une part génétique dans la variation de la teneur en protéines tandis que Doekes et Belderok (1976) considèrent que sa variation serait plutôt de nature environnementale que génétique.

Selon Nachit *et al.*, (1992), la teneur en protéines semble être influencée par le milieu et/ou par les interactions génotype-milieu.

Selon Felix (1996), la teneur en protéines est un caractère complexe, gouverné par plusieurs gènes répartis surtout les chromosomes et agissant probablement en interaction.

Mebtouche (1998) indique que la teneur en protéines est influencée par les conditions agro-climatiques (phénotypique) de la région de culture et qu'au contraire, la qualité du gluten et le volume de sédimentation sont tributaires des

caractéristiques propres aux lignées testées (génotypique).

paramètres	Effet génotype (8)	Effet station(2)	Effet année (1)	Effet Génotype *Station (31)	% de la variabilité assignée à la	
					Génotype	Milieu
Cendres des semoules	0,490	6,657***	93,608***	0,933	16,46	34,74
Protéines des semoules %	0,142 ^{n.s}	7,05***	113,77***	1,015 ^{n.s}	4,40	30,58

Tableau 11: Effet du génotype, du milieu et l'année de culture sur le taux de cendres des grains et la teneur en protéines des grains: (résultats de l'analyse de la variance F (observé))

(): Degré de liberté. n.s: non significatif ($p > 0.05$);

(*): hautement significatif ($0.001 < p < 0.01$);

(***): très hautement significatif ($p < 0.001$).

4) Détermination de la coloration des semoules

Les consommateurs recherchent des pâtes claires, de belles couleurs jaunes ambrées. La couleur de la semoule se caractérise par deux composantes: l'indice de jaune (I.J) et l'indice de brun (I.B),

Les semoules des génotypes étudiés présentent des indices de jaune faibles inférieurs à 28 pour les deux récoltes 2005 et 2006 et dans les quatre stations (tableau 12). Ceci est dû vraisemblablement à une destruction enzymatique; la teneur en pigments caroténoïdes est associée à l'activité de la lipoxygénase responsable de la dégradation oxydative des pigments caroténoïdes au cours du stockage des grains, puis s'accroît après la transformation du blé en semoule et en pâtes alimentaires (Borrelli *et al.*, 2003).

Les semoules des génotypes étudiés pour la récolte 2006 présentent des indices de jaune et des indices de brun supérieurs aux indices enregistrés durant la récolte

2005 pour tous les génotypes et ceci quel que soit la station.

ÉTUDE TECHNOLOGIQUE DE QUELQUES LIGNÉES ET VARIÉTÉS DE BLE DUR SÉLECTIONNÉES EN ALGÉRIE

Station ITGC	saison		Indice de jaune 28-35	Indice de Brun 18-21
Guelma	2005	moyenne	20,2	5,2
		Ecart type	2,1	0,4
		c.v	9,6	11,8
	2006	moyenne	21,6	10,4
		Ecart type	2,3	0,6
		c.v	9,5	19,2
	Moyen pour les deux saisons			20,9
Ecart type			1,0	3,7
Coefficient de variation.			21,1	2,1
Sétif	2005	moyenne	18,9	6,7
		Ecart type	2,4	0,2
		c.v	7,9	27,8
	2006	moyenne	21,6	11,6
		Ecart type	2,1	0,7
		c.v	10,4	17,4
	Moyen pour les deux saisons			20,2
Ecart type			1,9	3,6
Coefficient de variation.			10,6	2,6
Béni Slimen	2005	moyenne	20,6	7,2
		Ecart type	3,2	1,7
		c.v	6,3	4,3
	2006	moyenne	23,3	11,3
		Ecart type	2,0	0,5
		c.v	11,9	21,6
	Moyen pour les deux saisons			21,9
Ecart type			1,9	2,8
Coefficient de variation.			11,3	3,3
Oued Smar	2005	moyenne	22,7	8,7
		Ecart type	2,4	1,2
		c.v	9,6	7,0
	2006	moyenne	22,0	11,2
		Ecart type	2,0	0,9
		c.v	10,8	12,0
	Moyen pour les deux saisons			22,3
Ecart type			0,6	1,8
Coefficient de variation.			48,6	6,6
Moyenne total			21,3	9,0
Ecart type total			1,4	2,4
Coefficient de variation.			16,0	3,7

Tableau 12: Indices de coloration des semoules de blé dur

Pour la récolte de 2005, les semoules de Guelma ont enregistré une moyenne de l'indice de jaune de 20,16 avec un écart type de 2,1. Et une moyenne de 5,19% avec un écart type de 0,44 pour l'indice de brun. Et pour la récolte de 2006 la moyenne obtenue de l'indice de jaune est de 21,56 avec un écart type de 2,27. Pour l'indice de brun, la moyenne enregistrée est de 10,36 avec un écart type de 0,54.

La moyenne enregistrée de l'indice de jaune pour les semoules de la station de Sétif (récolte 2005) est de 18,88 avec un écart type de 2,4. Et une moyenne de 6,67 avec un écart type de 0,24 pour l'indice de brun. Durant la récolte 2006, les semoules étudiées ont enregistré une moyenne de l'indice de jaune de 21,57 avec un écart type de 2,08 et. Pour l'indice de brun la moyenne enregistrée est de 11,63 avec un écart type de 0,67.

La moyenne enregistrée de l'indice de jaune pour les semoules de la station de Béni Sliman et pour (récolte 2005) est de 20,57 avec un écart type de 3,24. Et une moyenne de 7,23 avec un écart type de 1,68 pour l'indice de brun. Durant la récolte

2006, les semoules étudiées ont enregistré une moyenne de l'indice de jaunissement de 23,31 avec un écart type de 1,96. Pour l'indice de brunissement enregistré est de 11,25 avec un écart type de 0,52.

Les semoules de la station d'Oued Smaret pour (récolte 2005) ont enregistré une moyenne de l'indice de jaunissement de 22,65 avec un écart type de 2,35. Une moyenne de

8,68 avec un écart type de 1,24 pour l'indice de brun. Durant la récolte 2006, la moyenne enregistrée de l'indice de jaunissement est de 22 avec un écart type de 2,03. Pour l'indice de brun, la moyenne enregistrée est de 11,17 avec un écart type de 0,93.

L'analyse de la variance (Tableau 13) montre un effet non significatif du génotype et du milieu sur l'indice de brun (IB) et l'indice de jaunissement (IJ). Par contre, on a enregistré un effet hautement significatif de l'année de culture sur l'indice de brun et hautement significatif sur l'indice de jaunissement. Borrelli *et al.*, (1999) ont montré que la teneur en pigments jaunes est sous l'influence de plusieurs facteurs environnementaux. L'indice de jaunissement est une composante variétale mais surtout phénotypique ; elle est par conséquent très influencée par les conditions du milieu (facteurs climat, sol, techniques culturales, etc.). En plus, l'aspect d'une semoule est fonction de sa granulométrie : une semoule grosse paraît plus jaune ; la même broyée finement paraît moins jaune et plus claire alors que la quantité de "pigments jaunes" extractibles reste invariable (Trentesaux ; 1995).

La teneur en pigments jaunes peut être considérée comme une qualité hautement héréditaire (Parker *et al.*, 1998).

paramètres	Effet génotype (8)	Effet station (2)	Effet année (1)	Effet Génotype * Station (31)	% de la variabilité assignée à la	
					Génotype	Milieu
Indice de jaune	1,675	1,389	8,082**	1,029	30,96	4,57
Indice de brun	0,379 ^{n.s.}	2,817*	153,438***	1,306 ^{n.s.}	9,21	8,85

Tableau 13: Effet du génotype, le milieu et l'année sur l'indice de jaunissement et l'indice de brun : (résultats de l'analyse de la variance F observée)

(): Degrés de liberté. n.s.: non significatif ($p > 0.05$); (*) : hautement significatif ($0.001 < p < 0.01$); (***) : très hautement significatif ($p < 0.001$).

1.1.2.2. Etude des corrélations entre les indices de coloration et la teneur en protéines et le taux de cendres des semoules et le rendement en semoule.

L'étude de corrélation (tableau 14) a permis de révéler une corrélation hautement significative et positive entre le taux des protéines des semoules et l'indice de brun ($r = 0,702$; $p < 0,1$), et une corrélation positive et moins significative avec l'indice de jaunissement ($r = 0,325$; $p < 0,1$).

Une corrélation négative et moins significative entre l'indice de brun et le rendement en semoule ($r = -0,195$; $p < 0,1$) a été révélée. Par contre, une corrélation non significative entre le rendement en semoule et l'indice de jaunissement a été révélée.

	RS	CDRS	PROS	IJ	IB
RS					
CDRS	-.455**				
PROS	-.345**	-.076			
IJ	-.131	.082	.325**		
IB	-.195*	-.010	.702**	.343**	

Tableau14: Corrélations entre les indices de coloration, la teneur en protéines, le taux de cendres des semoules et le rendement en semoule.

** Corrélation significative à 0,01 (bilatérale).

* Corrélations significatives à 0,05 (bilatérale).

1.1.3 Analyses technologiques

L'ensemble des résultats des analyses technologiques de différentes semoules de blé dur des deux récoltes 2005 et 2006 (moyenne, écart type et coefficient de la variation) est résumé dans le tableau 15.

1.1.3.1. Teneur en gluten

1.1.3.1.1. Gluten humide

Les valeurs moyennes du gluten humide (tableau 15) des semoules de blé dur (récolte 2005) des stations de Guelma, de Sétif et de Béni Slimane sont supérieures aux valeurs moyennes obtenues dans les mêmes stations durant la récolte 2006, et elles sont respectivement de : 16,76%; 23,91%; 26,49%.

La valeur moyenne du gluten humide des semoules d'Oued Smar de la récolte 2005 est inférieure à la moyenne obtenue durant la récolte 2006 ; pour la récolte 2005, la valeur moyenne enregistrée est de 32,19 et 24,31% pour la récolte 2006 (tableau 15).

Les semoules des stations de Guelma, Sétif et Béni Slimane (récolte 2006) ont enregistré des valeurs moyennes du gluten humide de 21,69%; 27,03%; 31,67 % (tableau 15) respectivement.

1.1.3.2. Gluten sec

Les valeurs moyennes du gluten sec des semoules des géotypes de blé dur (récolte 2005) des stations de : Guelma, Sétif, Béni Slimane et de Oued Smar sont supérieures aux valeurs moyennes obtenues dans les mêmes stations durant la récolte 2006.

Pour la récolte 2005 les valeurs moyennes enregistrées du gluten sec sont respectivement de : 5,71% à Guelma; 8,24% à Sétif; 8,89 % à Béni Slimane et 10,9% à Oued Smar (tableau 15).

Concernant les semoules des stations de Guelma, Sétif et Béni Slimane et durant la récolte 2006, les valeurs moyennes du gluten sec enregistrées sont de 7,32% à Guelma; 8,42 % à Sétif; 9,06% à Béni Slimane; 6,34% à la station d'Oued Smar pour la récolte 2006 (tableau 15).

En effet, d'après la classification de Matveef (1966), les blés des stations de Guelma, de Sétif, de Béni Slimane et d'Oued Smar (récoltes 2005 et 2006) ayant des teneurs en gluten sec < 11% donnent des produits de qualité médiocres.

1.1.3.3. Gluten index

Le gluten index est un paramètre lié à la force du gluten et semble fournir une indication d'avantage de la qualité du gluten.

Les valeurs moyennes en gluten index des semoules fluctuent entre 20 et 48 pour la récolte 2005, et entre 50 et 73 pour la récolte 2006 (tableau 15).

Les valeurs moyennes en gluten index des semoules pour la récolte 2005 sont respectivement : 73,03 avec un écart type de 19,2 ; 20,26 avec un écart type de

11,23 à Sétif ; 41,76 avec un écart type de 15,08 à Béni Slimane. La valeur moyenne en gluten index des semoules d'Oued Smar de la récolte 2005 est inférieure à la moyenne obtenue durant la récolte 2006 ; pour la récolte 2005, la valeur moyenne enregistrée est de 47,25 avec un écart type de 18,85 et un coefficient de variation de 2,51 et 54,4 avec un écart type de 23,35 pour la récolte 2006 (tableau 15).

Les semoules de Guelma, Sétif et Béni Slimane et durant la récolte 2006 ont enregistré des valeurs moyennes en gluten index de 65,66 avec un écart type de

20,48 à Guelma ; 50 avec un écart type de 14,09 à Sétif et 41,76 avec un écart type de 15,08 à Béni Slimane (tableau 15).

En effet, selon les indices du gluten enregistrés et les normes données par Cubbada *et al.*, (1992) et Yiu Hui (2006), les blés dur étudiés sont de force moyenne. Ces chercheurs considèrent que le gluten de force doit avoir un gluten index compris entre 66 et 85.

ÉTUDE TECHNOLOGIQUE DE QUELQUES LIGNÉES ET VARIÉTÉS DE BLE DUR SÉLECTIONNÉES EN ALGÉRIE

Station ITGC	saison		Gluten humide 30 %	Gluten sec 11-15%	Gluten index 66-85	CH %	SDS (ml)
Guelma	2005	moyenne	16.76	5.71	73.03	65.83	38.89
		Ecart type	2.46	0.76	19.2	0.9	6.66
		c.v	6.81	7.51	3.80	73.14	5.84
	2006	moyenne	21.69	7.32	65.66	68.07	43.43
		Ecart type	2.47	1.14	20.48	7.06	8.02
		c.v	8.78	8.42	3.21	9.22	5.42
	Moyen pour les deux saisons		19.23	6.52	69.35	65.45	41.16
	Ecart type		3.49	1.14	5.21	0.54	3.21
	Coefficient de variation pour les deux récoltes		5.51	5.72	13.31	121.79	12.82
	Sétif	2005	moyenne	23.91	8.24	20.26	65.51
Ecart type			2.35	0.78	11.23	0.41	10.64
c.v			10.17	10.56	1.80	159.78	3.24
2006		moyenne	27.03	8.42	50	66.23	32.6
		Ecart type	6.04	1.74	14.09	0.43	6.72
		c.v	4.48	4.84	3.55	154.02	5.70
Moyen pour les deux saisons		25.47	8.33	35.13	65.87	33.55	
Ecart type		2.21	0.13	21.03	0.51	1.34	
Coefficient de variation pour les deux récoltes		11.54	65.45	1.67	129.38	24.97	
Béni Slimen		2005	moyenne	26.49	8.89	41.76	66.25
	Ecart type		3.2	0.92	15.08	2	8.24
	c.v		8.28	9.66	2.77	33.13	4.94
	2006	moyenne	31.67	9.06	36.82	70.95	44.48
		Ecart type	4.23	2.04	19.37	7.09	10.43
		c.v	7.49	4.44	1.90	10.01	4.26
	Moyen pour les deux saisons		29.08	8.97	39.29	68.6	42.58
	Ecart type		3.66	0.12	3.49	3.32	2.69
	Coefficient de variation pour les deux récoltes		7.94	74.66	11.25	20.84	15.85
	Oued Smar	2005	moyenne	32.19	10.9	47.25	66.09
Ecart type			3.36	1.09	18.85	1.03	9.28
c.v			9.58	10.00	2.51	64.17	3.58
2006		moyenne	24.31	6.34	54.4	70.84	44.83
		Ecart type	3.46	2.59	23.35	9.46	7.82
		c.v	7.03	2.45	2.33	7.49	5.73
Moyen pour les deux saisons		28.25	8.62	50.825	68.465	39.03	
Ecart type		5.57	3.22	5.06	3.36	8.20	
Coefficient de variation pour les deux récoltes		5.07	2.67	10.05	20.38	4.76	
Moyenne total		25.51	8.11	48.65	67.10	39.08	
Ecart type total		5.08	1.64	16.54	2.38	5.08	
Coefficient de variation total		5.02	4.93	2.94	28.22	7.89	

Tableau 15: Valeurs moyennes par lieu de culture des caractéristiques technologiques des différents génotypes de blé dur récoltés en 2005 et 2006

L'analyse de la variance montre que le gluten sec (tableau 16) est hautement et significativement influencé par le milieu. Et un effet non significatif du génotype et de l'année de culture sur le gluten sec. Un effet 35,87% de la variabilité sont assignés au milieu et 22,73% sont assignés au génotype.

Pour le gluten humide 19,89% de la variabilité sont assignés au génotype et 52,64% au milieu.

L'analyse de la variance (tableau 16) montre également un effet hautement significatif du milieu et du génotype sur l'indice de gluten. 51,13% de la variabilité sont assignés au génotype et 30,98% au milieu. Par contre l'année de culture a montré un effet non significatif. Le gluten index est fortement dépendant du génotype et pourrait donc fournir une bonne appréciation de la qualité intrinsèque du génotype.

paramètres	Effet génotype (8)	Effet station(2)	Effet année (1)	Effet Génotype *Station (31)	% de la variabilité assignée à la	
					Génotype	Milieu
Gluten sec	1,099 ^{n.s}	16,217 ^{***}	1,887 ^{n.s}	1,118 ^{n.s}	22,73	35,87
Gluten humide	0,928	32,231 ^{***}	0,785	2,106	19,89	52,64
Indice de gluten	3,910 ^{***}	13,018 ^{***}	0,170	0,855	51,13	30,98
Coefficient d'hydratation	0,575	1,908	8,946 ^{**}	0,640	13,34	6,17

Tableau16: Effet augénotype, du milieu et del annéesur le gluten sec, le gluten humide, l'indice de gluten et le coefficient d'hydratation: (résultats de l'analyse de la variance F (observé))

(): Degré de liberté. n.s: non significatif ($p > 0.05$);

(*): hautement significatif ($0.001 < p < 0.01$);

(***): très hautement significatif ($p < 0.001$).

1.1.3.4. Indices de sédimentation en milieu SDS (Sulfate dodécylque de sodium)

L'indice de sédimentation sert à apprécier la force du gluten indépendamment de la teneur en protéines doublé. Il permet une classification des blés suivant leur qualité. Pour les semoules issues de la mouture de blé dur de la station de Béni Slimane, la valeur moyenne de l'indice de sédimentation enregistrée durant les deux récoltes

2005 et 2006 est supérieure aux valeurs moyennes enregistrées dans les autres stations: Guelma, Sétif et Oued Smar.

La valeur moyenne de l'indice de sédimentation enregistrée dans la station de Béni Slimane est de 40,68 ml avec un écart type de 8,24 pour la récolte 2005. Elle est de 44,48 ml avec un écart type de 10,43 pour la campagne 2006 (tableau 15).

Les génotypes de blé dur de la station de Guelma, et durant la récolte 2005, ont enregistré une valeur moyenne en indice de sédimentation de 38,89 ml avec un écart type de 6,66. Et une valeur moyenne de 43,43 ml avec un écart type de 8,02 pour la campagne 2006 (tableau 15).

La valeur moyenne de l'indice de sédimentation des semoules issues de la mouture de blé dur cultivées dans la station de Sétif est de 34,5 ml avec un écart type de 10,64 pour la récolte 2005. Et la valeur moyenne de l'indice de sédimentation est de 32,6 ml avec un écart type de 5,72 pour la récolte 2006 (tableau 15).

Pour les semoules de la station d'Oued Smar, la valeur moyenne de l'indice de sédimentation est de 33,23 ml avec un écart type de 9,28 pour la récolte 2005. Et elle est de 44,83 ml avec un écart type de 7,82 pour la campagne 2006 (tableau 15).

Ces valeurs sont bien inférieures aux valeurs maximales requises par les normes établies par William *et al.*, (1988) (annexe). Pour qu'un blé soit de bonne qualité boulangère il doit avoir au moins un indice de sédimentation de 50 ml. Pour cela, les génotypes étudiés ont des forces variables allant de très faibles forces à des forces

moyennes, mais la plupart des génotypes ont appréciés des forces faibles ou proche de faibles.

Cependant, ce «grading», ne juge en rien la qualité pastière des blés. En effet, plusieurs auteurs ont rapporté des valeurs similaires pour des blés ayant une très bonne qualité pastière (Matsuo *et al.*, 1982; Aufran *et al.*, 1986). Plus récemment, Yiu Hui (2006); Royo *et al.*, (2009), ont donné un classement des génotypes de blé dur en fonction des valeurs du volume de sédimentation-SDS. En effet, une valeur inférieure à 30 indique un gluten faible, tandis qu'une valeur du volume de sédimentation-SDS > 35 indique un gluten fort.

L'analyse de la variance (tableau 17) a démontré un effet hautement significatif du génotype sur le volume de sédimentation, et un effet moins significatif du milieu et de l'année de culture a été montré. 46,12% de la variabilité ont été assignés au génotype alors que 9,44% seulement de la variabilité ont été assignés au milieu. Dexter *et al.*, (1980), Brites *et al.*, (2000) dans une étude similaire de l'effet de l'environnement sur le test de sédimentation ont trouvé que ce dernier est influencé aussi bien par le génotype que par le milieu de culture.

paramètres	Effet génotype (8)	Effet station (2)	Effet année (1)	Effet Génotype * Station (31)	% de la variabilité assignée à la	
					Génotype	Milieu
SDS	3,198***	3,042**	13,003**	1,255 ^{n.s}	46,12	9,49

Tableau 17: Effet du génotype, du milieu et de l'année sur le volume de sédimentation. (résultats de l'analyse de la variance F (observé))

(): Degré de liberté. n.s: non significatif ($p > 0.05$); (*) : hautement significatif ($0.001 < p < 0.01$); (***) : très hautement significatif ($p < 0.001$).

1.1.3.5. Les essais au Mixographe

Ce test permet de déterminer quelques propriétés rhéologiques importantes de la pastification et de la panification des cultivars de blé dur en mettant en évidence en particulier la force du gluten (Landi *et al.* Guarneri, 1992; Marchylo *et al.*, 1998).

Le test au Mixographe nous a permis d'évaluer la performance des pâtes issues des différentes semoules mises en essai durant les deux années de culture 2005 et 2006.

Les paramètres qui régissent l'expression des résultats du mixographe sont principalement le temps de pétrissage ou temps de développement (mixing time), la hauteur de la pente (height of slope) et l'appréciation (judgement). Les deux premiers

paramètres fournissent des valeurs objectives contrairement au jugement qui est subjectif (Mebtouche, 1998).

L'ensemble des résultats de cette analyse est regroupé dans les tableaux 18 et 19

Les hauteurs des pics des mixogrammes des génotypes de la station de Béni Slimane (récolte 2005) sont supérieures à celles des trois autres stations (Guelma, Sétif et Oued Smar).

Les valeurs moyennes des hauteurs des pics des mixogrammes des génotypes (récolte 2006), varient entre 74,25 mm et 55,27 mm. La plus forte valeur moyenne a été observée dans la station expérimentale de Béni Slimane, ce qui confirme les résultats obtenus dans la même station en 2005. Comme en 2005, la valeur moyenne la plus faible de la hauteur des pics a été notée dans la station de Guelma. Ainsi qu'il ressort des tableaux (20 et 21), les valeurs moyennes relatives au temps de développement varient de 35 min (station de Guelma) à 45 mm (station d'Oued

Smar) avec une moyenne totale de 40 mm (année 2005) et qui est bien inférieure à la valeur moyenne obtenue en 2006 (35 mm).

L'année 2006, s'est caractérisée par des valeurs moyennes de temps de développement inférieures pour toutes les stations avec respectivement 32,45 mm pour la station de Guelma, 33,75 mm pour la station de Sétif, 35,25 pour la station de Béni Slimane et 35 mm pour la station d'Oued Smar.

Concernant ces caractéristiques, les valeurs moyennes enregistrées, d'après la norme établie par William *et al.*, (1988) (tableau 33, annexe III) indiquent que toutes les génotypes présentent des caractéristiques rhéologiques indicatrices d'une qualité boulangère moyenne à forte.

De même, selon les courbes des références pour les blés durs établies par la station expérimentale d'agriculture de l'université américaine du Nord (DACOSTA) (fig. 15

Annexe III), la majorité des génotypes des stations étudiées sont de moyennes à bonnes qualités boulangères.

L'analyse de la variance (tableau 20) montre un effet hautement significatif du milieu sur la hauteur des pics du mixogramme, par contre le génotype ne joue aucun effet sur cette hauteur. 65,09% de la variabilité sont assignés au milieu alors que 22,58% de la variabilité sont assignés au génotype.

Le temps de développement de la pâte est influencé essentiellement par l'année, par contre le milieu et le génotype n'ont pas d'effets sur ce paramètre comme le montre l'analyse de la variance. La largeur des bandes sur laquelle est basé le jugement (Les formes) des mixogrammes varient d'un génotype à un autre (effet du génotype) ainsi que pour le même génotype les formes changent d'un milieu à l'autre (effet de milieu). Rappelons que ce jugement est subjectif.

Station ITGC	Génotype	Hmix (mm)	TD (mm)	Jugement
Guelma	moyenne	51	35	8
	Ecart type	5	35	-
	var	10	35	-
Sétif	moyenne	59	36	6
	Ecart type	4	8	-
	var	15	5	-
beniselemene	moyenne	70	41	6
	Ecart type	5	12	-
	var	13	3	-
oued-smar	moyenne	62	45	7
	Ecart type	6	10	-
	var	11	4	-
	moyenne total	63	40	6
total	Ecart type total	9	12	-
	Var total	7	3,4	-

Tableau 18: Résultats de test effectués au Mixographe sur les génotypes mis en essai durant la récolte 2005

Station ITGC	Génotype	Hmix (mm)	TD (mm)	Jugement
Guelma	moyenne	55,27	32,45	7
	Ecart type	4,82	5,18	-
	var	11,47	6,26	-
Sétif	moyenne	68,75	33,75	6
	Ecart type	4,64	7,27	-
	var	14,80	4,64	-
Beniselemene	moyenne	74,25	35,25	7
	Ecart type	4,23	5,24	-
	var	17,56	6,73	-
Oued-Smar	moyenne	66	35	6
	Ecart type	5	7	-
	var	13	5	-
total	moyenne total	67	35	6
	Ecart type total	8	6	-
	var total	8	6	

Tableau19:RésultatsdestestseffectuésauMixographe sur les génotypes mis en essai durant la récolte 2006

paramètres	Effet génotype (8)	Effet station(2)	Effet année (1)	Effet Génotype *Station (31)	% de la variabilité assignée à la	
					Génotype	Milieu
HMIX	1,090 ^{n.s}	54,078 ^{***}	3,875 [*]	1,164 ^{n.s}	22,58	65,09
Tmm	1,230 ^{n.s}	1,147 ^{n.s}	9,325 ^{**}	1,465 ^{n.s}	24,76	3,81
JUG	1,952 ^{**}	5,117 [*]	0,585 ^{n.s}	2,050 [*]	34,31	15,00

Tableau20:Effet dugénotype, du milieu et del'année sur la hauteur des pics des mixogrammes et le temps de développement: (résultats del'analyse de la variance F (observé))

(): Degré de liberté. n.s: non significatif ($p > 0.05$); (*) : hautement significatif ($0.001 < p < 0.01$); (***) :

très hautement significatif ($p < 0.001$).

1.1.4. Corrélations entre les caractéristiques physico-chimiques des semoules et les tests technologiques.

L'étude de corrélation entre les paramètres de qualité (tableau 21) révèle une corrélation négative entre l'indice de gluten et la teneur en protéines des semoules ($r = -0,367$; $p < 0,01$) du fait que la teneur en gluten qui représente un facteur phénotypique des lignées est influencée par l'environnement, la fertilisation et les pratiques culturales (Boggini et Pogna, 1989). Clarke et al., (2004) mentionnent une corrélation faible entre le gluten index et la teneur en protéine des semoules de blés durs.

L'étude de corrélation a montré une corrélation significative et positive entre le volume de sédimentation et l'indice de gluten ($r = 0,367$; $p < 0,01$). Tandis qu'aucune corrélation n'est signalée entre le test de sédimentation en milieu SDS et la teneur en protéine (tableau 08). Ce qui confirme que ces tests sont indépendants de la teneur en protéine comme il a été rapporté par Quiket Donnelly (1980), Monneveux et al., (1984) et Brites et al., (2000).

La matrice de corrélation (tableau 23) révèle une forte corrélation positive entre la hauteur des mixogrammes, la teneur en protéines des semoules ($r = 0,322$;

$p < 0,001$), et la teneur en gluten ($r = 0,478$; $p < 0,001$). Les hauteurs des mixogrammes prennent des formes ascendantes avec des teneurs élevées en protéines des semoules.

Le temps de développement de la pâte est corrélé positivement avec la teneur en protéine des semoules volume ($r = 0,311$; $p < 0,001$) et le volume en SDS ($r = 0,470$; $p < 0,001$).

Khathareta *l.*, (1994) rapportent que le temps de pétrissage, la hauteur maximale et la largeur de bande dépendent de la qualité et de la quantité des protéines. Celle-ci, est fortement influencée par la quantité d'engrais d'azote, par le stress hydrique et par les températures élevées pendant le remplissage de grains.

	RS	CDRS	PROS	GH	GS	GI	CH	IJ	IB	SDS	HMIX	TD	JUG
RS													
CDRS	- .455*												
PROS	- .345*	- .076											
GH	- .710*	.438*	.568*										
GS	- .668*	.510*	.215*	.773*									
GI	.292*	- .088	- .367*	- .428*	- .348*								
CH	- .081	- .086	.369*	.304*	- .353**	- .113							
IJ	- .131	.082	.325*	.256*	.113	.073	.114						
IB	- .195*	- .010	.702*	.388*	.155	- .14	.244*	.343*					
SDS	.184	- .252*	.229*	- .138	- .138	.367*	.065	.068	.197*				
HMIX	- .407	.223*	.322*	.647*	.478**	- .490*	.178	.051	- .038	- .061			
TD	.062	- .114	.311*	.070	.018	.131	- .025	.233*	.234*	.470*	.039		
JUG	- .002	.107	- .043	- .085	- .005	.261*	- .086	.161	.114	.406*	- .135	.310*	

** Corrélation significative à 0.01 (bilatéral).

* Corrélation significative à 0.05 (bilatéral).

Tableau 21 - Corrélations entre les caractéristiques physico-chimiques des semoules et les tests technologiques des semoules.

1.1.4.1. Les tests technologiques

Les tests technologiques ont été néanmoins limités par les quantités de semoule disponibles. Pour cette raison, seules les semoules de la station de Béni Slimane ont été panifiées.

L'ensemble des tests technologiques réalisés sur les semoules panifiées est donné dans le tableau 22.

1) Volume de pain

Les génotypes panifiés, ont enregistré des volumes de pain (sans fermentation) variant de 33 ml à 65 ml avec une moyenne de 44,45 ml, un écart type de 8,69 et un coefficient de variation de 5,12 ml.

2) Le test de sédimentation

La moyenne enregistrée pour le volume de sédimentation des génotypes panifiés est de 40,68 mm, avec un écart type de 8,24 et un coefficient de variation de 4,94 mm. La moyenne de volume de sédimentation est supérieure à 35 mm, En effet, on peut dire que les blés panifiés ont un gluten fort. Rappelons qu'une valeur inférieure à 30 indique un gluten faible, tandis qu'une valeur du volume de sédimentation-SDS³ 35 indique un gluten fort.

3) les hauteurs des pics des mixogrammes

Les génotypes panifiés ont enregistré une hauteur des pics des mixogrammes qui varient entre 68 mm et 84 mm avec une moyenne de 74,25 mm, et un écart-type de 4,23.

Les valeurs du temps de développement de la pâte varient entre 1 min 41 s et 2 min 9 s avec une moyenne de 1 min 46 s, un écart-type de 16.

génotype	SDS	Hmix (mm)	temps sec	jugement	volume du pain (ml)
BV1	44	69	129	8	45
BV2	39.5	72	111	8	63
BV3	48	75	114	8	40
BV4	34	77	105	7	45
BV5	41	82	102	7	48
BV6	45.5	77	120	8	47
BV7	68	75	126	8	50
BV8	46	71	126	8	65
BV9	37	71	99	8	42
BV10	31.5	72	90	7	48
BV11	42	80	99	8	44
BV12	34	76	102	7	41
BV13	36	75	93	8	28
BV14	41	70	114	6	45
BV15	33	74	66	8	37
BV16	46	84	129	7	48
BV17	31	71	96	8	35
BV18	35	68	102	8	33
BV19	40	72	93	8	43
BV20	41	74	99	7	42
moyenne	40.68	74.25	105.75	7.60	44.45
Ecart type	8.24	4.23	15.72	0.60	8.69
Coefficient de variation	4.94	17.55	6.73	12.67	5.12

Tableau 22 : résultats des tests technologiques (volume du pain ; SDS, test au Mixographe).

4) Corrélations entre les tests technologiques des génotypes et le volume de pain.

La matrice de corrélation (tableau 23) révèle une relation hautement significative et positive entre le volume du pain et l'indice de gluten ($r=0,66; p<0,01$) et le temps de développement de la pâte ($r=0,53; p<0,05$). Ces résultats sont en accord avec les résultats de (Mebtouche, 1998).

Le volume de pain est corrélé positivement et non significativement avec le volume de sédimentation en milieu SDS ($r=0,39; p<0,01$). Contrairement aux résultats de Axford et al., (1979) et Mebtouche (1998) qui ont montré qu'il existe une forte corrélation entre le test de sédimentation et le volume de pain.

	CDRS	PROTS	GH	GS	GI	CH	IJ	IB	SDS	HMIXO	TMM	JUG	VP
CDRS													
PROTS	.454*												
GH	.319	.853**											
GS	.437	.842**	.911**										
GI	.070	-.102	-.169	-.129									
CH	-.100	.307	.516*	.126	-.236								
IJ	.641**	.279	.068	.306	.171	-.389							
IB	.352	.326	.108	.391	-.184	-.444*	.728*						
SDS	-.495*	-.043	-.080	-.256	.290	.263	-.521*	-.323					
HMIXO	.097	.591**	.756**	.589**	-.061	.539*	-.350	-.226	.207				
TD	-.146	-.112	-.239	-.302	.525*	-.021	-.260	-.160	.676**	.094			
JUG	-.149	-.151	-.172	-.071	.063	-.265	.109	.107	.170	-.229	-.050		
VP	-.328	-.210	-.189	-.189	.864*	-.178	-.386	-.459*	.387	.064	.526*	-.065	

Tableau23-Corrélation entre les teststechnologiquesdesgénotypeset levolume du pain.

** : Corrélationsignificativeà0.01(bilatéral).

* : Corr é l a t i o n s i g n i f i c a t i v e à 0.05 (b i l a t é r a l).

2.Analyse en Composantes Principales(ACP) et Classification automatique

Vuelacomplexité, lenombreimportantdesgénotypes(63lignéesetgénotypes), ladifficultédetirerdesconclusion

L'analyseencomposantesprincipalesnousàpermisd'attribueràchaquegroupe d'individus(génotype)leurscaractéristiquesappropriées(figures:06;07,08,09, 10,11,12et13).

LesvaleurspropresdelapremièreACP(lesdonnéesdelarécolte2005)indiquent quelesdeuxpremiersaxesfactorielsexpliquaient48,09%delavariancetotale (fig.06et07).L'analysedesfigures06et07montreque31,70%desvariables étudiéessonttrésurésuméessurlepremieraxe.Ledeuxièmeaxeregroupe16,40%delavariabilité.

La classification hiérarchique a permis d'identifier trois groupes de génotype que se discriminent clairement (figure 12). Un premier groupe de 17 génotypes correspond au premier groupe dans la figure 07, un deuxième groupe de 21 génotypes correspond au deuxième groupe, et un troisième groupe de 10 génotypes correspond au troisième groupe dans la même figure.

Le groupe 03 (cadran inférieur) dans la figure 07 représenté par les génotypes: GV10, SV1, BV2, BV3, BV8, BV10, BV13, BV14, BV15, BV17 peuvent avoir la même orientation (subir la même transformation) que le groupe 01, représenté par les génotypes: SV2, SV3, BV1, BV4, BV5, BV6, BV7, BV9, BV11, BV12, BV16, BV18 et OV2. Ils sont caractérisés par un taux élevé en protéines et en gluten, et une bonne résistance (hauteur de mixogramme élevée), (figure 06).

LesvaleurspropresdeladeuxièmeACP(lesdonnéesdelarécolte2006)indiquent quelesdeuxpremiersaxesfactorielsexpliquaient59,02%delavariancetotale (fig.08et09).L'analysedesfigures08et09montreque35,10%desvariables étudiéessonttrésurésuméessurlepremieraxe.Ledeuxièmeaxeregroupe23,93%delavariabilité.

La classification hiérarchique a permis d'identifier trois groupes de génotype qui se discriminent clairement (figure 13). Un premier groupe de 22 génotypes correspond au premier groupe dans la figure 09, un deuxième groupe de 21 génotypes

correspond au deuxième groupe, et un troisième groupe de 11 génotypes correspond au troisième groupe dans la même figure.

Les génotypes: SV1, SV2, SV3, BV2, BV3, BV4, BV5, BV6, BV7, BV9, BV10, BV11, BV12, BV13, BV14, BV15, BV16, BV17, BV18, BV19, BV20, OV4, OV14 et OV15 regroupés dans le cadre supérieur de la figure 09 (groupe 02) sont caractérisés par un poids de mille grains élevé, un calibre supérieur à 2,8 mm, des taux élevés en protéines, en gluten sec, et présente une bonne résistance (hauteur de mixogramme élevée), (figure 08). Ce qui nous ramène à dire que ce groupe de génotypes peut

être destiné à subir des tests de panification. Les deux autres groupes peuvent subir des améliorations dans leurs caractéristiques dans le futur par le biais de la sélection ou l'amélioration des pratiques culturales.

Les valeurs propres de la troisième ACP effectuée pour caractériser les génotypes qui ont subi le test de panification indiquent que les deux premiers axes factoriels expliquaient 47,77% de la variabilité totale (fig. 10 et 11). L'analyse des figures 09 et

11 montre que 30,10% des variables étudiées sont résumées sur le premier axe. Le deuxième axe regroupe 17,67% de la variabilité.

Le groupe représenté par les génotypes: BV1, BV2, BV3, BV4, BV5, BV6, BV7, BV8, BV11, BV12, BV14 et BV20 dans le cadre inférieur de la figure 10, montre une aptitude convenable à la panification; c'est-à-dire avoir un volume de pain important, des hauteurs élevées des mixogrammes, un taux de gluten important et également un taux élevé de sédimentation en milieu SDS.

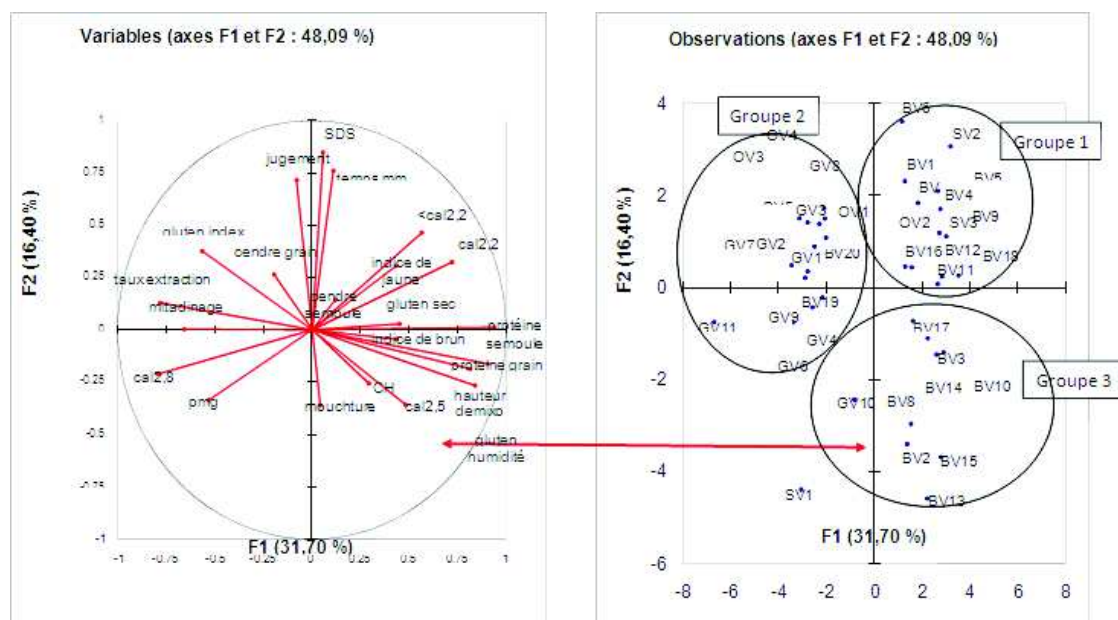


Fig. 06- Répartition des caractéristiques technologiques sur les deux axes F1 et F2
 Fig. 07- Répartition graphique des génotypes mis en essai durant la saison 2004-2005.

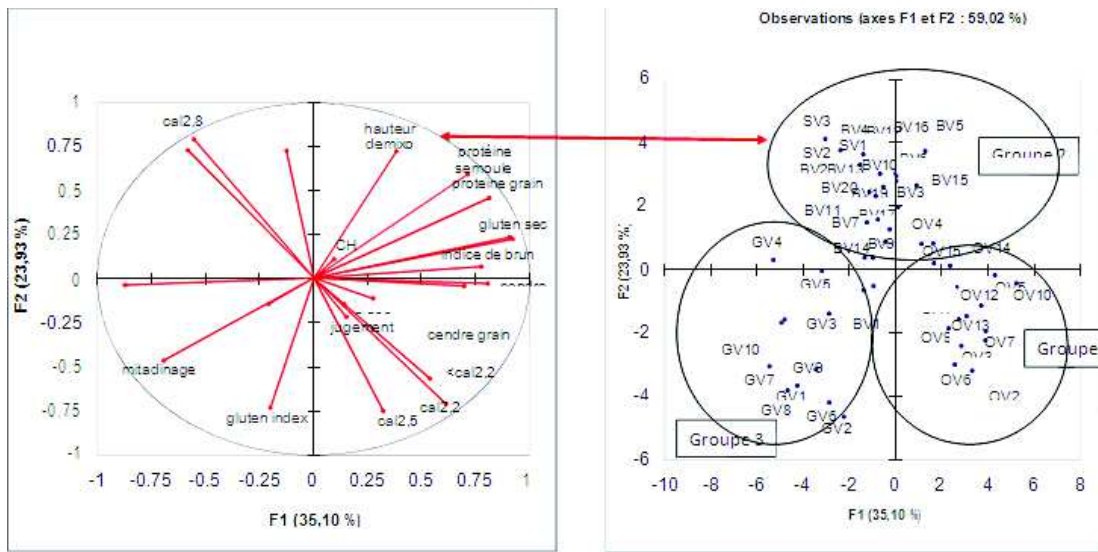


Fig. 08 Répartition des caractéristiques technologiques sur les deux axes F1 et F2
 Fig. 09 Répartition graphique des génotypes mis en essai durant la saison 2005-2006.

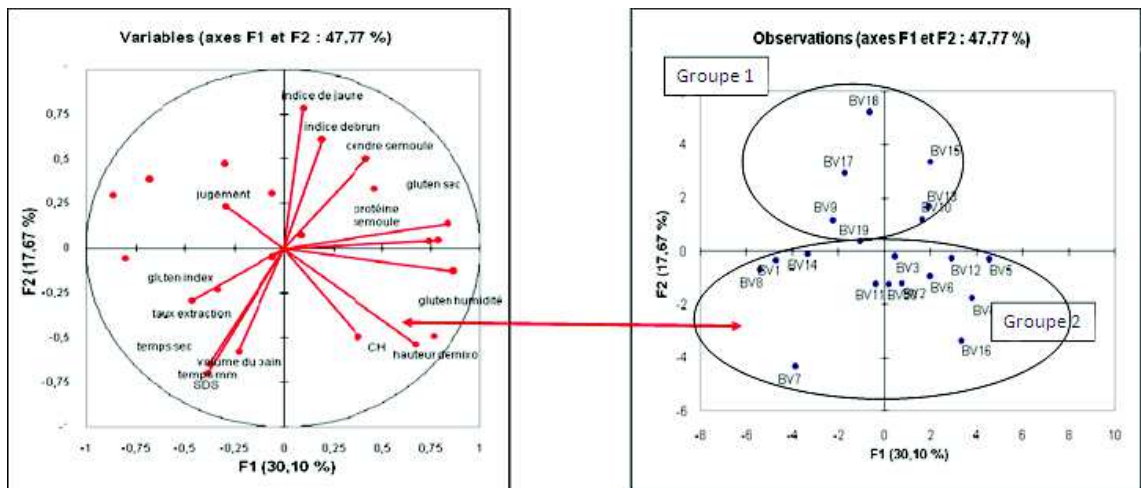


Fig. 10- Répartition des caractéristiques technologiques sur les deux axes F1 et F2
 Fig. 11 - Répartition graphique des génotypes mis en panification.

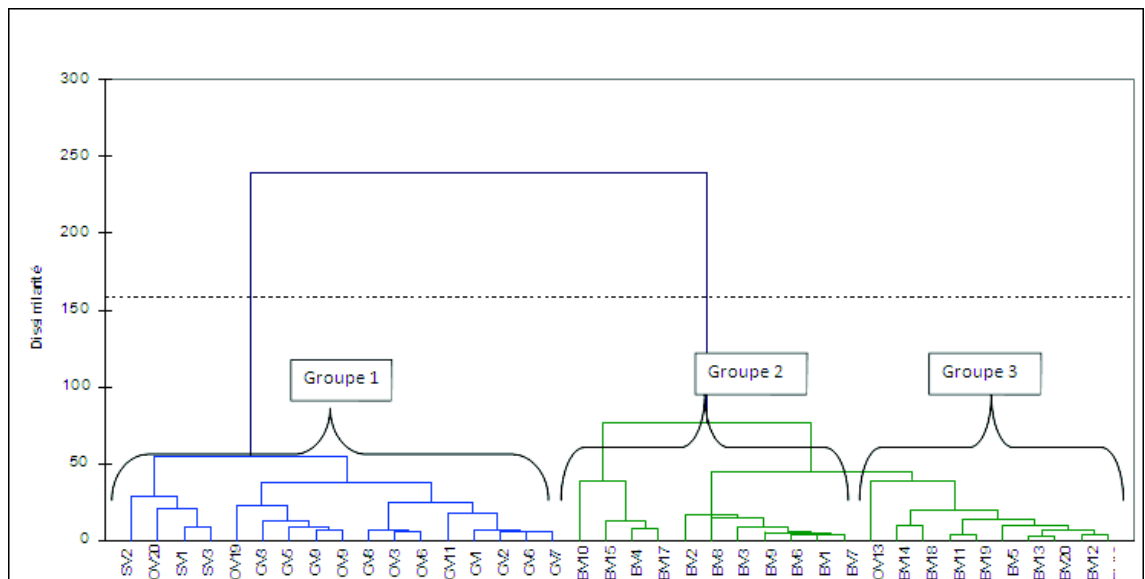


Fig.12 -Dendrogramme de la classification des génotypes mis en étude durant la saison 2005

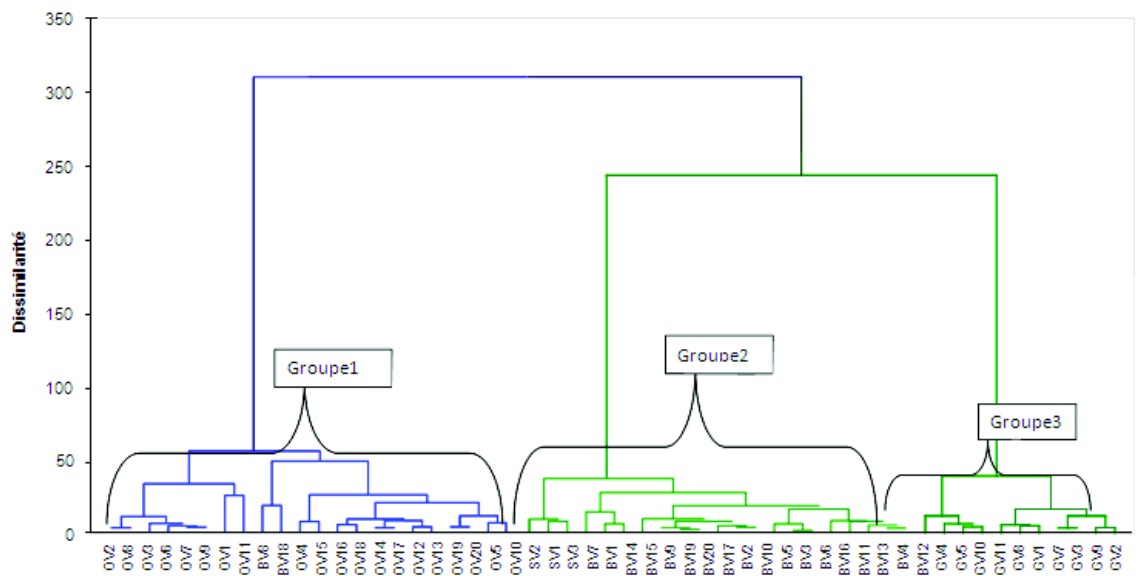


Fig.13-Dendrogramme de la classification des génotypes mis en étude durant la saison 2006

3. Analyse Electro phorétique

3.1. Electrophorèse des gluténines réduites à pH 8,4 en présence de dodécylsulfate de sodium (SDS-PAGE).

Les protéines extraites et réduites dans les conditions décrites dans la partie (matériel et méthodes), ont été examinées.

A n a l y s e v i s u e l l e.

Quelques soit le génotype, le diagramme électrophorétique obtenu apparaît constitué de 3 zones principales:

diagramme électrophorétique obtenu apparaît

- Une zone de mobilité élevée correspondant vraisemblablement à des protéines de type albumines et globulines.
- Une zone intermédiaire, essentiellement constituée de fraction gliadines et des sous-unités gluténines de faible poids moléculaire.
- Une zone de bandes à faibles mobilités renfermant des constituants de haut poids moléculaire.

Généralement, on n'observe pas de nettes différences variétales dans la zone des gliadines. Cette zone médiane de GS, qui est incomplètement résolue, ne révèle pas de différences majeures entre les différents génotypes.

C'est la zone des bandes à haut poids moléculaire qui a été utilisée pour caractériser les génotypes.

- dans les conditions habituelles d'électrophorèse, il se produit un doublet particulier très prononcé pour certaines bandes. Chaque fois que ce doublet se produit, on n'enregistre qu'une seule bande.
- certaines bandes peuvent apparaître très faiblement concentrées et généralement nettement plus fines que celles recensées jusqu'ici par PAYNE et LAWRENCE (1983).

L'examen de la région des HMW-

GS montre que les 10 génotypes de blé dur analysés possèdent chacun une seule bande bien intense et facilement

14).

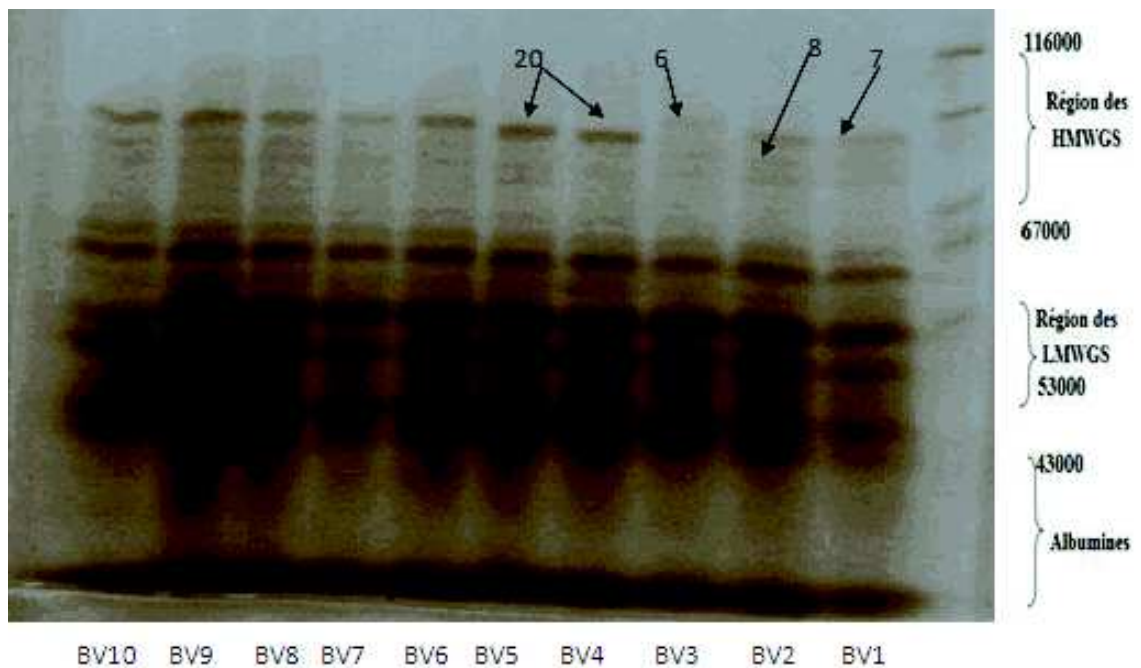


Fig. 14-Electrophorèse des gluténines (SDS-PAGE)

Sur l'ensemble des 10 génotypes étudiés, seulement 4 bandes différentes de glutenines ont été identifiées (le tableau 26).

	6	7	8	20
Bv1	-	+	+	-
Bv2	-	+	+	-
Bv3	+	-	+	+
Bv4	-	-	+	+
Bv5	-	-	+	+
Bv6	-	+	+	+
Bv7	-	+	+	+
Bv8	-	+	+	+
Bv9	-	+	+	+
Bv10	-	+	+	+

Tableau 24: Composition en sous-unités gluténines de haut poids moléculaire des génotypes de blés durs (HMW-GS)

La détermination des bandes restes insuffisante pour déduire des corrélations entre les caractéristiques

Conclusion générale

Les résultats de cette étude montrent clairement que les conditions environnementales qui prévalaient dans les quatre stations de culture, durant les deux années de culture avaient une influence importante sur la plupart des caractéristiques technologiques.

- Le poids de mille grains paraît être influencé à la fois par l'origine génétique, et le milieu de culture (les conditions agro climatiques).
- Le taux de mitadinage et la moucheture sont influencés par l'année et le milieu de culture. Par contre, l'analyse de la variance a montré un effet faible de la variété sur le taux de mitadinage.
- L'analyse de la variance évoquant le effet du milieu, le effet de la variété et le effet de l'année montre que la teneur en protéine et la teneur en cendre (pour les grains de blé et les semoules) dépendent du milieu et de l'année de culture. Alors que le effet génotype est non significatif.
- L'analyse de la variance fait ressortir un effet hautement significatif du milieu sur le rendement en semoule et un effet non significatif du génotype.
- L'analyse de la variance montre un effet non significatif de la variété et du milieu sur l'indice de brun (IB) et l'indice de jaune (IJ). Par contre un effet hautement significatif de l'année de culture sur l'indice de brun et moyennement significatif sur l'indice de jaune a été révélé.
- Le gluten sec est hautement et significativement influencé par le milieu et le gluten index est fortement dépendant de la variété.
- Le volume de sédimentation est influencé par la variété, par contre un effet moins significatif du milieu et de l'année de culture a été montré.
- La résistance mécanique des génotypes au pétrissage (hauteur des pics de mixogramme) et beaucoup plus influencé par le milieu que par l'origine génotypique.
- Le temps de développement de la pâte est influencé essentiellement par l'année de culture.
- L'étude de corrélation entre les différentes caractéristiques physico-chimiques des grains de blé n'a révélé aucune corrélation entre le poids de mille grains, le taux de cendre et la teneur en protéine des grains. Par contre elle révèle une corrélation négative et hautement significative entre le taux de mitadinage et la teneur en protéines des blés.
- Des corrélations positives et hautement significatives entre le degré de moucheture et la taille des grains ont été révélées également.
- L'étude de corrélation a permis de révéler une corrélation hautement significative et positive entre le taux des protéines des semoules et l'indice de brun et une corrélation positive et moins significative avec l'indice de jaune. Une corrélation négative et moins significative entre l'indice de brun et le taux de extraction a été révélée.
- L'étude de corrélation entre les paramètres de qualité révèle une corrélation négative entre l'indice de gluten et la teneur en protéines des semoules, une corrélation significative et positive entre le volume de sédimentation et l'indice

de gluten. Par contre, aucune corrélation entre le test de sédimentation en milieu SDS et la teneur en protéine n'a été établie.

- Pour les paramètres mixographiques, la matrice de corrélation révèle une forte corrélation positive entre la hauteur des mixogrammes, la teneur en protéines des semoules et la teneur en gluten. Le temps de développement de la pâte est corrélé significativement et positivement avec la teneur en protéine des semoules et le volume de sédimentation en milieu SDS.

Malgré la complexité des résultats et le nombre important des génotypes étudiés, l'analyse en composante principale nous a permis d'attribuer aux différents groupes d'individus (génotypes) leurs caractéristiques appropriées et leur usage (destination).

Les génotypes cultivés durant l'année 2005 (GV10, SV1, BV2, BV3, BV8, BV10, BV13, BV14, BV15, BV17, SV2, SV3, BV1, BV4, BV5, BV6, BV7, BV9, BV11, BV12, BV16, BV18 et OV2) caractérisés par un taux élevé en protéines et en gluten, une bonne résistance (hauteur de mixogramme élevée) peuvent avoir la même orientation (subir la même transformation) telle que la pastification par exemple.

Les génotypes mis en essai durant l'année 2006 (SV1, SV2, SV3, BV2, BV3, BV4, BV5, BV6, BV7, BV9, BV10, BV11, BV12, BV13, BV14, BV15, BV16, BV17, BV18, BV19, BV20, OV4, OV14 et OV15) caractérisés par un poids de mille grains élevé, un calibre supérieur à 2,8 mm, des taux élevés en protéines et en gluten sec, et présentant une bonne résistance (hauteur de mixogramme élevée), peuvent être destinés à la panification.

Le test de panification a permis de montrer que les génotypes (BV1, BV2, BV3, BV4, BV5, BV6, BV7, BV8, BV11, BV12, BV14 et BV20) présentent une aptitude convenable à la panification à savoir, un volume de pain important, des hauteurs élevées des mixogrammes, un taux de gluten et un volume de sédimentation en milieu SDS élevés.

Pour les recherches et futures, il serait intéressant d'envisager de:

- Approfondir la recherche sur les relations entre les caractéristiques technologiques et le potentiel génétique des génotypes.
- Déterminer les sous-unités gluténines et gliadines responsables du potentiel qualitatif des blés durs.
- Confirmer l'influence des conditions de l'environnement sur l'expression du potentiel génétique.

Référence bibliographique

A A C C, 1983.

Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. Am. Assoc. Cereal Chem., Inc., St. Paul

A B E C A S S I S, J ., 199

3. Nouvelles possibilités d'apprécier la valeur meunière et la valeur semoulière des blés. *Ind. Céréales*, 81:25

A B E C A S S I S, J ., F E I L L E T, P., 1985.

Pureté des semoules de blé dur, taux de cendres et régulation. *Industrie des céréales*, 36:13-18.

A B E C C A S S I S, J ., A U T R A N J . C., & F E I L L E T, F., 1996.

La qualité technologique. In: blé dur, brochure de l'institut technique des céréales et des fourrages (ITCF) et l'

A F N O R, 1982.

Céréales et produits céréaliers. Recueil des normes françaises édité par l'AFNOR.

A L T E N B A C H, S . B ., K O T H A R I, K . M. & L I E U, D ., 200

2. Environmental conditions during wheat grain developmental alter temporal regulation of major gluten proteins. *Plant Physiol* 79:279-285.

A T W E L L, W . A ., 2001.

Wheat Flour. Eagan Press Handbook Series. St. Paul, Minnesota, USA.

A U T R A N, J . C ., E T B E R R I E R, M., 198

4: Durum wheat functional subunit revealed through the treatment biochemical and genetic implication in "gluten". *Int. Symp. Workshop on gluten proteins* p.175-183.

A U T R A N, J . C. e t F E I L L E T, P., 1987.

Genetic and technological basis of protein quality for durum wheat in pasta. In: "Protein evaluation in cereals and pulses". CEC programme of coordination of agricultural research on plant productivity (V. Pattakou, Ed.), Thessaloniki

A U T R A N, J . C ., A B E C A S S I S, J. E T F E I L L E T, P., 1986.

Statistical evaluation of different technological and biochemical tests for quality assessment in durum wheat

A X F O R D & A L 1979. note on the sodium dodecyl sulfate test of bread making quality: comparison with pshenke and zeleny tests.)

A X F O R D, D . W . E., M C D E R M O T T, E . E., E T R E D M A N, D. G ., 1978 .

Small-scale test of bread-making quality. *Milling Feed and Fertilizer* 66:18-20.

BIETZ, J. A ., 1988. Genetic and biochemical studies of non-

enzymatic endosperm protein. In: *Wheat and wheat improvement*. 2nd ed. Agron. Monogr. 13, ASA, CSSA et SSSA, Madison, WI. pp.215-242.

BRITES, C ., C A R R I L L O, J.M., 2001 .

Influence of high molecular weight (HMW) and low molecular weight (LMW) glutenin subunits controlled by G

BLUMENTHAL, C.S., BATEY, I.L., BEKES, F., WRIGLEY, C.W. et BARLOW, E.W.R., 1990. Gliadin genes contain heat-

- shock elements: Possible relevance to heat-induced changes in grain quality. *J. Cereal Science* 11:185-187.
- BLUMENTHAL, C.S., BATEY, I.L., BEKES, F., WRIGLEY, C.W., BARLOW, E.W.R., MOSS, H.J., MARES, D.J., et BARLOW, E.W.R., 1991.**
Interpreting of grain quality results from wheat variety trials with reference to high temperature stress. *Australian Journal of Agricultural Research* 42:185-187.
- BLUMENTHAL, C., WRIGLEY, C.W., BATEY, I.L. & BARLOW, E.W.R., 1994.** The heat-shock response relevant to molecular and structural changes in wheat yield and quality. *Australian Journal of Plant Physiology* 21:901-909.
- BOGGINI, G. et POGNA, N.E., 1989.**
The breadmaking quality and storage protein composition of Italian durum wheat. *J. Cereal Sci.*, 9:131-133.
- BOGGINI, G., PALUMBO, M., et BIANCARDI, A.M., 1988.**
Breadmaking quality of Italian durum wheat cultivars. Results of three years (in Italian) *Tec. Molitoria* 39:60-63.
- BORRELLI, G.M., TROCCEOLI, A., DIFONZO, N. et FARES, C., 1999.**
Durum wheat lipooxygenase activity and other quality parameters that affect pasta colour. *Cereal Chemistry* 76:100-103.
- BRANLARD ET DARDEVEY, 1985.** Les sous-unités gluténines de haut poids moléculaire des blés tendres et des blés durs cultivés en France. *Agronomie* 15:1-10.
- BRITES, C., CARRILLO, J.M., 2001.** Influence of high molecular weight (HMW) and low molecular weight (LMW) glutenin subunits controlled by Glu-1 and Glu-3 loci on durum wheat quality. *Cereal Chemistry* 78:59-63.
- BRITES, C.M., MAÇAS, B., MUACHO, C. et COCO, J., 2000.**
Quality of durum wheat breeding lines: Genetic and environmental effects. *Options méditerranéennes* 5:39-40.
- BURNOUF, T., BIETZ, J.A., 1984.** Reversed-phase liquid chromatography of reduced glutenin, a disulphide-bonded protein of wheat endosperm. *J. Chromatogr.* 299:185-199.
- CIAFFI M., TOZZI L., BORGHI B., CORBELLINI M et LAFIANDRADA., 1996.**
Effect of heat shock during grain filling on the gluten protein composition of bread wheat. *Australian J. plant Physiol.* 23:1-10.
- CALVEL, 1973.** *Laboulangerie moderne*. 9^{ème} Edition ERYOLLES. PARIS:11-78
- CARRILLO, J.M., VAZQUEZ, J.F. AND ORELLANA, J. (1990).**
Relationship between gluten strength and glutenin proteins in durum wheat cultivars. *Plant Breeding*, 104:325-333.
- CARRILLO, J.M., MARTINEZ, M.C., BRITES, C., NIETO-TALADRIZ, M.T., VAZQUEZ, J.F., 2000.**
Relationships between endosperm proteins and quality in durum wheat (*Triticum turgidum* L var. durum). *Cereal Chemistry* 77:467.
- CLARKE, F.R., CLARKE, J.M., AMES, N.A., KNOX, R.E., 2004.**
Environmental effects on measurement of gluten index and SDS sedimentation volume in durum wheat. *Journal of Cereal Science* 39:1-10.
- CHEFTEL J-T, 1991.** *Protéines alimentaires*. édition Lavoisier

- CORBELLINI, M., MAZZA, L., CIAFFI, M., LAFIANDRA, D. et BORGHI, B., 1998.**
Effect of heat shock during grain filling on protein composition and technological quality of wheats. In: Wheat, Ankara, Turkey, 10-14 June 1996. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands. 213-220.
- CORNELL, H.J. & HOVELING, A.W., 1998.**
Wheat. Chemistry and Utilization. Technomic Publishing Company, Lancaster, Basel.
- CUBADDA, R., CARCEA, M. et PASQUI, L.A., 1992.**
Suitability of the Gluten Index method for assessing gluten strength in durum wheat semolina. *Cereal Food World* 37: 866-869.
- DACHKEVITCH, T. & AUTRAN, J.-C., 1989.**
Prediction of baking quality of bread wheat's in breeding programs by size-exclusion high-performance liquid chromatography. *Cereal Chem.* 66: 448-456.
- DEGIDIO, M.G., MARIANI, B.M., NARDI, S., NOVARO, P., CUBADDA, R., 1990.**
Chemical and technological variables and their relationships: a predictive equation for pasta cooking quality. *Cereal Food World* 35: 281.
- DEXTER, I.E., et MATSUO, R.R., 1980.**
Relationship between durum wheat protein properties and pasta dough rheology and spaghetti cooking quality. *Cereal Food World* 31: 899.
- DEXTER, J.E., EDWARDS, N.M., 2001.**
1. The implication of frequently encountered grading factors on the processing quality of durum wheat. *Tec. Mol. Food Eng.* 2: 1-10.
- DEXTER, J.E., MARCHYLO, B.A., MACGEGOR, A.W., TKACHUK, R., 1989.**
The structure and protein composition of vitreous spikelet and starch in durum wheat kernels. *J. Cereal Sci.* 10: 1-10.
- DICK, J. ET QUICK, J.S., 1983.**
A modified screening test for rapid estimation of gluten strength in early generation durum wheat breeding lines. *Cereal Food World* 34: 1-10.
- DOEKES, G.J. AND BELDEROK, B. 1976.**
Kernel hardness and baking quality of wheat - a genetic analysis using chromosome substitution lines. *Euphytica* 25: 565-576.
- EDWARDS, N.M., GIANIBELLI, M.C., MCCAIG, T.N., CLARKE, J.M., AMES, N.P., LARROQUE, O. AND DEXTER, J.E., 2007.**
Relationships of dough strength to polymeric protein quantity and composition for a diverse durum wheat population. *Journal of Cereal Science* 45: 140-149.
- ELIASSON, A.-C., & LUNDH, G., 1989.**
Rheological and interfacial behaviour of some wheat protein fractions. *Food and Nutrition Research*, JTS. 20: 431-441.
- EVANS, L.T., WARDLAW, J.F., FISCHER, R.A., 1975. WHEAT.**
Crop physiology - some case histories. pp. 101-149.
- FEILLET, P., 2000.** Le grain de blé. Composition et utilisation. Ed Inra. 308 pages
- FELIX (1996).**
#tude de la diversité allélique des protéines de réserve (gluténines et gliadines), en relation avec des tests de qualité. Ferrand, 146p.

FENN, D., LUKOW, O.M., BUSHUK, W., DEPAUW, R.M., 1994.

Milling and baking quality of 1BL/1R translocation wheats. I. Effects of genotype and environment. *Cereal Sci. Technol.* 195.

FINNEY, K.F., JONES, B.L. & SHOGREN, M.D., 1982.

Functional (breadmaking)

properties of wheat protein fractions obtained by ultracentrifugation. *Cereal Chem.* 59:449-453.

GATE, P., 1996.

Une filière orientée vers la qualité. Page 126 in: INRA, ITCRONIC. Perspectives Blé dur: Toulouse, France

GIANIBELLI, M.C., LARROQUE, O.R., MACRITCHIE, F. & WRIGLEY, C.W., 2001.

Biochemical, genetic, and molecular characterization of wheat endosperm proteins. Online review. *American Journal of Plant Physiology*

GODON, 1996. In *Le grain de blé: composition et utilisation*; Pierre Feillet.

Le blé dur, qualité, importance et utilisation dans la région des hautes plateaux (projet IRDEN).

GRAYBOSCH, R.A., PETERSON, C.J., SHELTON, D.R. & BAENZIGER, P.S., 1999

6. Genotypic and environmental modification of wheat flour protein composition in relation to end quality. *Crop Sci.* 36:296-300.

GUEGUEN, 1997

Solubilité des protéines de la féverole (*Vicia faba* L.) et du pois (*Pisum sativum* L.) dans des solutions salines

HALLORAM, G.M., 1981. Grain yield and protein relationships in a wheat cross. *Crop Sci.* 21:699-701.

HAZEN, S.P., WARD, R.W., 1997.

Variation in soft winter wheat characteristics measured by the single kernel characterization system. *Crop Sci.* 1086.

HOSTIUN, 2003.

Pratiques et stratégies de gestion des ressources herbagères cultivées par des éleveurs laitiers sur un front

hèse Doctorat. INA-PG, 215p.

HUNTER, A.S. & STANFORD, G., 1973.

Protein content of winter wheat in relation to rate and time of nitrogen fertilizer application. *Agronomy Journal* 65:772-774.

JACKSON, E.A., HOLT, L.M., & PAYNE, P.I., 1983.

Characterization of high molecular weight gliadin and low molecular weight glutenin subunit of wheat endosperm by two-dimensional electrophoresis and the chromosomal location of their controlling genes. *Theoretical and Applied Genetics* 66:29-37.

JOHNSON, J.A., KHAN, M.N.A. & SANCHEZ, C.R.S., 1972.

Wheat cultivars, environment and breadmaking quality. *Cereal Science Today* 17:323-326.

JOHNSON, V.A., MATTERN, P.J., PETERSON, C.J. & KUHR, S.L., 1985.

Improvement of wheat protein by traditional breeding and genetic techniques. *Cereal Chemistry* 62:350-355.

JOHANSSON, E., HENRIKSSON, P., SVENSSON, G., HENEEN, W.K., 1993.

Detection, chromosomal location and evaluation of the functional value of a novel high Mr glutenin subunit from
Cereal Science 17:237-245.

JONARD, P., 1970.

Etude comparative de la croissance de deux variétés de blé tendre. *Annales d'amélioration des plantes*:14:10

KASARDA, D.D., 1989. Glutenin structure in relation to wheat quality. In: Y. Pomeranz (Ed.). *Wheat is Unique*. American Association of Cereal Chemistry, St Paul, MN. pp.277-302.

KHATHAR, B.S., BELL, A.E. AND SCHOFIELD, J.D., 1994. The dynamic rheological properties of gluten and gluten sub-fractions from wheat of good and poor bread-making quality. *J. Cereal Science*. 22:29-44.

KOVACS, M.I.P., HOWES, N.K., LEISLE, D. AND SKERRITT, J.H. (1993).

The effect of high Mr glutenin subunit composition on the results from tests used to predict durum wheat quality
Cereal Sci., 18:43-51.

LANDI, A. ET GUARNERI, R. 1992.

Durum wheat and pasta industries: Twenty years of achievement in science and technology. In: *Cereal Chemistry and Technology: A Long Past and a Bright Future, Proc. of the 9th Cereal and Bread Congress*, Feillet, P. (ed.), Paris, 1995. Institut National de la Recherche Agronomique, Montpellier, France, pp.139-142.

LAFIANDRA, D., MARGIOTTA, B., COLAPRICO AO, G., MASCI, S., ROTH, M.R. & MACRITCHIE, F., 2000a. Introduction of the D-genome related high- and low-

Mr glutenin subunits into durum wheat and their effect on technological properties. In: P.R. Shewry & A.S. Tatt

LEMPEUR, I., CHAURAND, M., ABECCASSIS, J., et AUTRAN, J.C., 1997.

Valeur semoulière des blés durs (*Triticum durum* Desf.): Influence de la taille des grains. *Industries des Céréales*

LUO, C., BRANLARD, G., GRIFFIN, W.B. & McNEIL, D.L., 2000.

The effect of nitrogen and sulphur fertilisation and their interaction with genotype on wheat glutenin and quality
Cereal Science 31:185-194.

MACRITCHIE, F., 1984. Baking quality of wheat flours. *Adv. Food Res.* 29:201-277.

MACRITCHIE, F., DUCROS, D.L., & WRIGLEY, C.W., 1990.

Flour polypeptides related to wheat quality. In: Y. Pomeranz (Ed.). *Advances in Cereal Science and Technology*, Vol. 10. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN. pp.79-145.

MACRITCHIE, F., 1999.

Wheat proteins: Characterization and role in flour functionality. *Cereal Foods World* 44:188-193.

MARCHYLO, B.A., DEXTER, J.E., CLARKE, J.M. AND AMES, N. 1998. Effect of protein content on CWAD quality. In: *Wheat Protein in Production and Marketing, Proc. of the Wheat Protein Symposium*, Fowler, D.B., Geddes, W.E., Johnston, A.M. and Preston, K.R. (eds), Saskatoon, 1998. University of Saskatchewan, Saskatoon, pp.53-62.

MARIANI, B.M., DEGIPIO, M.G. AND NOVARO, P. 1995.

Durumwheat quality evaluation: Influence of genotype and environment. *Cereals*, 72:194-197.

MARTINEZ, M.C., RUIZ M., CARRILLO J.M., 2004.

Effects of different prolamina alleles on durum wheat quality properties. Unidad de Genética, Departamento de Biotecnología, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Ciudad Universitaria, 28040

Madrid, Spain Received 28 May 2004; revised 16 September 2004; accepted 20 October 2004

MATSUO, R.R., IRVINE, G.N., KOSMOLAK, F.G. ET LE

ISLE, D., 1982. Statistical evaluation of tests for assessing spaghetti-making quality of durum wheat. *Cereal Chem.*, 59:222-230.

MATVEEF, M., 1963.

L'impact de la dureté des blés durs, son évaluation et son influence sur le rendement et la valeur des semoules. *Bull. O.I.A.C.*, 299-306.

MABTOUCHE, K.; 1998.

Caractérisation technologique de quelques lignées de blé dur, In *Céréaliculture: Revue technique et scientifique*

MONNEVEUX P., MERLE J.C ET BLANC J.F. 1984.

Étude des relations entre les diagrammes électrophorétiques des gliadines et certaines caractéristiques agronomiques. *Agronomie*:4(1):1-10

NACBIT, M.M. (1992). Cereal Improvement Program, Annual Report, pp.74-111.

ODENBACH & AL, 1985 IN KELLOUK, 2003.

Sauvagement d'embryons issus de croisements *Triticum durum*. Desf × *Aegilops geniculata* Roth. Et *T. Durum*

OSBORNE, T.B., 1907.

The proteins of the wheat kernel. Carnegie Institute, Washington. Publ.84. pp.1-119.

OURY F.X., LEENHARDT F., REMESY, C., CHANLIAUD, E.

, DUPERRIER, B., BALFOURIER, F. et CHARMET, G., 2006.

Genetic variability and stability of grain magnesium, zinc and iron concentrations in bread wheat. *European Journal of Agronomy*, 25, pp.177-185.

PARKER, G.D., CHALMERS, K.J., RATHJ

EN, A.J., LANGRIDGE, P., 1998. Mapping

loci associated with flour colour in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theor Appl Genet* 97:238 - 245.

PAYNE, P.I., CORFIELD, K.G. & BLACKMAN

N, J.A., 1979. Identification of a high-molecular-

weight subunit of glutenin whose presence correlates with bread-

making quality in wheat of related pedigree. *Theor. Appl. Genet.* 55:153-159.

PAYNE, P.I. & LAWRENCE, G.J., 1983.

Catalogue of alleles for the complex gene loci, *Glu-A 1*, *Glu-B 1*, and *Glu-*

D1, which code for high-molecular weight subunits of glutenin in hexaploid wheat. *Cereals Res. Commun.* 11:29-35.

PAYNE, P.I., NIGHTINGALE, M.A., KRATTIGER, A.F. & HOLT, L.

M., 1987. The relationship between HMW glutenin subunit composition and the bread-making quality of British-grown wheat varieties. *J. Sci. Food Agric.* 40:51-65.

- PEN A , R.J., Z A R C O - H E R N A N D E Z , J . , A M A Y A - C E L I S , A . A
N D M U J E E B - K A Z I , A . (199 4)**. Relationships between chromosome 1B-
encoded gluten subunit compositions and bread-
making quality characteristics of some durum wheat (*Tri t icum tu r gidu m*) cultivars. *J. Ce
real S c i.*, 19:243-249.
- P E T E R S O N , C . J . , J O H N S O N , V . A . , a n d M A T T E R N , P . J . 1986.**
Influence of cultivar and environment on mineral and protein concentration of wheat flour, bran and grain. *Ce*
- P O G N A , N . E . , L A F I A N D R A , D . , F E I L L E T , P . & A U T R A N , J . - C . ,
1988.**
Evidence for a direct causal effect of flow molecular weight gluten subunits on gluten viscoelasticity in durum
. *C e r e a l S c i e n c e* 7:211-214.
- P R E S T O N , K . R . , D E X T E R , J . E . , W I L L I A M S , P . C . , H U C L , P . , 2 0 0 0 .**
Effects of cultivar and environment on milling related properties of high grade Canadian western red spring whe
Cereals and Bread Congress'. Surfers Paradise, Qld.
(Eds M Wooton, I L Batey, C W Wrigley) pp.521-525.
(Cereal Chemistry Division of Royal Australian Chemical Institute).
- Q U I K & D O N N E L Y 1 9 8 0**
. Rapid test for estimating durum wheat gluten quality. *crop sciences*:20:816-818)
- R A N D A L L , P . J . & M O S S , H . J . , 19 9 0.**
Some effects of temperature regime during grain filling on wheat quality. *Au s t. J. Agric. Re
s.* 41:603-617.
- R O B E R T , A . G . , P E T E R S O N , C . J . , S H E L T O N , D . R . & B A E N Z I C A R , P . S . ,
199 6 .**
Genotypic and environmental modification of wheat flour protein composition in relation to end-
use quality. *C r o p S c i.* 36:296-300.
- R O Y O , C . , E L I A S , M . E . , M A N T H E Y F . A . , 2 0 0**
9. Durum Wheat Breeding. In: Handbook of plant breeding: Cereals. Springer, p.198-219.
- R U I Z & C A R R I L L O , 19 9 5 B ;**
relation between different prolamin proteins and some quality parameters in durum wheat. *plant breed.*, 114:
- S A M S O N , M . - F . , M A B I L L E , F . , C H É R E T , R . ,
A B E C A S S I S , J . , E T M O R E L , M . - H . , 2 0 0 5:**
Mechanical and physicochemical characterization of vitreous and mealy durum wheat endosperm. *Cereals*
- S E I L M E I E R W , B E L I T Z H - D , W I E S E R H , 1 9 9**
1. Separation and quantitative determination of high-molecular-
weight subunits of glutenin from different wheat varieties and genetic variants of the variety Sicco. *Z Lebensm*
- S H E W R Y , P . R . , T A T H A M , A . S . , 19 9**
0. The prolamin storage proteins of cereals seeds: Structure and evolution. *Biochem. J.* 267:1-12.
- S H E W R Y , P . R . , T A T H A M , A . S . , F O R D E , J . , K R E I S , M . A N D M I F L I N ,
B . J . , 19 8 6.**
The classification and nomenclature of wheat gluten proteins: a reassessment. *Journal of Cereal Science*, 4,
- S H E W R Y , P . R . , T A T H A M , A . S . , B A R R O ,
F . , B A R C E L O , P . & L A Z Z E R I , P . , 19 9 5 .**

- Biotechnology of breadmaking: Unravelling and manipulating the multi-protein gluten complex. *Bio Technology* 13:1185-1190.
- SHE WR Y , P . R . , T A T H A M , A . S . & H A L F O R D , N . G . , 2001.**
Nutritional control of storage protein synthesis in developing grain of wheat and barley. *Plant Growth Regulation* 34:105-111.
- S I M M O N S , L . , M E R E D I T H , P . , 1979.**
9: Width, Weight, endosperm, and bran of normal and shrivelled wheats. *New Zealand Journal of Science* 22:1-10.
- S I M M O N D S , D . H . , 1989.** 'Wheat and wheat quality in Australia.' (CSIRO Australia).
- S I N G H , N . K . & S H E P H E R D , K . W . , 1988.**
Linkage mapping of the genes controlling endosperm proteins in wheat. 1. Genes on the short arms of group 6 chromosomes. *Genetics* 128:628-641.
- S O U T H A N , M . & M A C R I T C H I E , F . , 1999.**
Molecular weight distribution of wheat proteins. *Cereal Chemistry* 76(6):827-836.
- S O U Z A , E . J . , M A R T I N , J . M . , G U T T I E R I , M . J . , O ' B R I E N , K . M . , H A B E R N I C H T , D . K . , L A N N I N G , S . P . , M C L E A N , R . , C A R L S O N , G . R . , e t T A L B E R T , L . E . , 2004.**
Influence of Genotype, Environment, and Nitrogen Management on Spring Wheat Quality. *Crop Science* 44:105-111.
- S T O N E , P . J . e t N I C O L A S , M . E . , 1996.**
Effect of timing of heat stress during grain filling on two wheat varieties differing in heat tolerance. *Fractionation of Wheat Proteins* 1:1-10.
- T R E N T E S A U X , E . , 1995 .**
Evaluation de la qualité du blé dur. In: FONZON, D. I. (ed.), KANF. (ed.), NACHITM. (ed.). *Durum wheat quality in the Mediterranean region = La qualité du blé dur dans la région méditerranéenne*. IAMZ, 1995. 284p.
(Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 22). *Seminar on Durum Wheat Quality* 1:1-10.
- V A Z Q U E Z J . F . R U I Z , M . , N I E T O - T A L A D R I Z , M . T . & A L B U R I Q U E , M . M . , 1996.**
Effect on gluten strength of flour Mr glutenin subunits coded by alleles at the Glu-A3 and Glu-B3 loci in durum wheat. *J. Cereals Sci.* 24:125-130.
- W I E S E R , H . , S E I L M E I E R , W . , 1998.**
The influence of nitrogen fertilization on quantities and proportions of different protein types in wheat flour. *Journal of Cereal Science* 37:55-60.
- W I L L I A M S , P . , H A R M E I N , F . , N A K K O U L , H . , E T R I H A W I , S . , 1988 .**
Crop quality evaluation: methods and guidelines. P.O. Box 5466, Allipo, Syria second edition (Revised) 1988.
- W O R L A N D , T . & S N A P E , J . W . , 2001.**
Genetic Basis of Worldwide Wheat Varietal Improvement. In: A.P., Bonjean, & W.J., Angus (Eds.). *The World of Wheat* 100.
- W R I G L E Y , C . W . & B I E T Z , J . A . , 1988.**
Proteins and amino acids. In: Y. Pomeranz (Ed.). *Wheat Chemistry and Technology*, Vol. 1. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, 1988. 1-10.
- W R I G L E Y , C . W . , D U C R O S , D . L . , F U L L I N G T O N , J . G . & K A S A R D A , D . D . , 1984.**
Changes in polypeptide composition and grain quality due to sulfur deficiency in wheat. *J. Cereal Science* 2:pp.15-24.
- W E E G E L S , P . L . , V A N D E P I J P E K A M P , A . M . , G R A V E L A N D , A . , H A M E R , R . J . A N D S C H O F I E L D , J . D .** Depolymerisation and re-

polymerisation of wheat gluten in during dough processing. I. Relationship between gluten in macropolymer
r n a l of C e r e a l S c i e n c e **23** (1996)103–111

Y I U H U I H., **2 0 0 6**. Handbook of food science, technology, and engineering. CRC Press,
 928p.

**Z A G H O U A N E B . F M E R A B T I A . Z A G H O U N E O. B O
 U A B D E L L I F . A I T A B D E L L A H J . A M R A N I M. 2 0 0 3.**
 Le blé dur, qualité, importance et utilisation dans la région des hauts plateaux; Brochure élaborée par l'Institut
 El-Harrach p15.

**Z H A N G, Y ., H E, Z. H., Y E, G . Y ., Z H A N G, A . M ., V A N G I N K E L ,
 M., 2 0 0 4 .** Effect of environment and genotype on bread-making quality of spring-
 sown spring wheat cultivars in China. *Euphytica* 139, 75–83.

Z H A O, F . J., H A W K E S F O R D, M . J. & M c G R A T H, S . P., 1 9 9 9 .
 Sulphur assimilation and effects on yield and quality of wheat. *J. C e r e a l S c i e n c e*
 30:pp.1-17.

Z H U, J . & K H A N, K., 2 0 0 1.
 Effects of genotype and environment on gluten in polymers and bread making quality. *C e r e a l
 C h e m.* 78(2):125-130.

Annexes

DCLT Lignes	Variétés	H.G %	PMG/MS (g)	calibrage des grains			Middage %	Moucheure %	Cendre%	Protéine%
				2.2	2.5	2.8				
Guelma	GV1	10.8	33.58	15.46	38	41.21	46.33	-	1.86	3.5
	GV2	10.9	25.73	28.51	44.4	18.32	16.66	-	2.02	9.14
	GV3	11	31.48	9.02	36.17	53.88	12.83	1.7	1.77	9.95
	GV4	10.8	37.95	4.23	20.17	75.22	12.75	-	1.74	3.4
	GV5	11.2	35.54	8.19	26.01	63.36	17.41	-	1.77	10.24
	GV6	11.2	34.61	30.39	41	17.33	28.58	0.75	1.73	9.35
	GV7	11.35	33.46	9.63	31.73	55.2	40.16	-	1.73	3
	GV8	11.2	31.15	12.61	46.99	36.58	43	0.75	1.65	3.3
	GV9	11.6	31.59	16.04	45.61	34.38	14.33	-	1.69	9.48
	GV10	10.45	32.55	10.31	27.64	56.88	37	1.15	1.55	9.27
	GV11	10.2	30.08	8.8	31.78	57.42	16.5	-	1.63	9.42
	moyenne	11.05	32.76	14.44	35.77	45.44	27.51	1.09	1.75	9.32
Ecart type	0.40	3.18	8.37	8.75	18.52	14.16	0.45	0.12	0.48	
SETIF	SV1	10.05	48.48	8.24	19.94	7.06	2.75	9.4	1.84	12.33
	SV2	10.7	40.19	1.68	8.28	89.17	5	11.95	2.07	11.35
	SV3	10.8	48.17	0.83	7.06	91.46	2.33	9.35	1.59	12.97
	SV5	9.65	40.5	0.18	18.55	80.38	0.66	3.7	2.93	12.54
	moyenne	10.30	44.34	2.73	13.46	67.02	2.69	9.10	2.11	12.30
Ecart type	0.55	4.61	3.72	6.73	40.26	1.79	2.57	0.58	0.69	
Bent Salem	BV1	11.1	33.34	16.18	36.21	44.71	7.33	3.3	1.83	11.58
	BV2	10.75	38.59	5.16	21.46	72.51	4.33	21.55	2.08	11.71
	BV3	10.85	36.94	9.79	28.15	59.54	1.83	18.1	2.02	12.26
	BV4	11.1	43.98	2.75	16.2	80.36	4.1	12.84	1.63	12.12
	BV5	10.8	38.18	7.99	28.03	62.25	1.16	22.05	1.79	13.87
	BV6	10.7	38.4	6.52	26.11	66.87	1.83	23.25	2.09	13.05
	BV7	11.25	35.59	12.15	38.97	47.31	2.66	2.4	2.14	11.51
	BV8	10.35	34.15	14.31	31.99	50.09	5	3.2	2.33	10.59
	BV9	11.1	33.68	12.62	28.63	54.64	2.5	9.5	2.3	11.67
	BV10	10.7	37.83	5.64	22.32	70.89	2.83	22.6	2.14	12.06
	BV11	10.9	35.53	9.65	30.55	58.11	2.33	11	1.36	11.11
	BV12	11.1	33.85	12.1	29.08	56.96	8.83	8.05	2.46	11.67
	BV13	11.4	37.85	11.11	26.32	58.96	0.83	8.35	1.96	11.89
	BV14	11.1	35.07	10.15	25.43	61.87	1.16	21.75	2.55	13.73
	BV15	11.2	42.43	4.37	22.5	72.29	2.5	1.5	1.77	12.67
	BV16	11.2	39.42	5.24	23	70.83	2	12.1	1.98	12.58
	BV17	11.4	33.65	12.43	33.53	51.1	1.16	10.05	2.19	10.45
	BV18	10.75	37.9	6.99	24.32	67.5	17.16	10.55	1.84	12.07
	BV19	11.65	38.45	7.07	27.95	63.47	0.66	11.7	2.09	12.19
	BV20	11.2	32.31	13.3	31.23	51.66	3.16	19.5	1.94	11.14
moyenne	11.03	36.86	9.28	27.60	61.08	3.67	13.04	2.02	12.00	
Ecart type	0.30	3.06	3.72	5.36	9.56	3.81	6.87	0.28	0.89	
Ov	OV1	12.85	22.94	28.03	35.4	15.55	1.5	-	2.2	13.41
	OV2	12.6	22.02	34.75	37.22	4.85	0.33	-	2.29	12.69
	OV3	12.9	23.87	27.94	28.91	16.13	1.25	0.55	2.04	13.47
	OV4	13.3	30.91	14.27	32.8	52.73	1.25	0.8	2.02	12.43
	OV5	12.5	26.14	24.53	36.17	29.89	0.16	0.8	2.13	13.32
	OV6	13.65	22.74	27.42	37.97	16.06	2.41	-	2.4	11.83
	OV7	13.15	22.55	30.77	40.14	15.04	1.08	0.65	2.27	13.05
	OV8	12.5	23.16	31.4	42.7	9.3	0.66	0.9	2.28	13.68
	OV9	12.45	25.84	22.38	43.43	22.11	0.25	0.8	2.12	11.94
	OV10	12.45	29.06	16.74	38.54	31.46	0.25	-	2.34	12.94
	OV11	12.8	24.47	22.03	29.16	27.84	0.5	-	2.19	12.08
	OV12	12.15	29.07	16.83	31.21	45.12	0.75	0.95	2.22	12.63
	OV13	11.75	27.53	17.08	44.64	43.91	1.41	0.25	2.59	12.66
	OV14	12.35	27.36	19.53	34.03	29.69	0.66	-	2.25	12.29
	OV15	12.2	28.51	16.6	36.05	43.91	1.41	-	2.37	12.45
	OV16	11.8	23.98	24.58	33.91	24.04	5.58	0.3	2.01	11.94
	OV17	11.85	27.04	20.15	41.3	32.37	1.5	-	2.33	13.49
	OV18	11.75	28.43	23.47	39.36	26.61	0.16	-	1.87	12.21
	OV19	12.85	23.81	29.74	40.77	29.74	0.16	-	2.51	13.09
	OV20	13	23.86	30.14	44.72	9.59	0.16	-	2.17	12.57
moyenne	12.54	25.66	23.92	37.52	26.30	1.07	0.58	2.23	12.71	
Ecart type	0.53	2.66	5.95	4.81	13.13	1.23	0.24	0.17	0.57	
moyenne	11.52	32.46	15.05	31.74	45.95	7.22	8.29	2.05	11.74	
Ecart type	0.91	6.60	9.17	9.01	22.52	11.79	7.66	0.30	1.43	

Tableau 25 - Analyses physico-chimiques des génotypes de blé dur mis en essai durant la récolte 2005

	génétype	semoule H%	TE%	Cendre %	Protéine %	Gluten humide %	Gluten sec %	Gluten index %	Ch%	Indice de Jaune	Indice de Brun	SDS (ml)
Qualina	GV1	16,3	59,9	1,07	7,91	15,43	5,08	80,68	67,06	21,02	4,83	42
	GV2	15,8	60,21	0,86	8,62	16,66	5,74	100	65,59	29,8	4,97	49,5
	GV3	16,1	56,5	0,5	9,13	19,44	6,43	78,32	66,88	21,84	5,05	43,25
	GV4	15,6	68	0,79	8,98	12,46	4,31	42,14	65,38	14,52	5,08	29,5
	GV5	15,6	55,57	0,69	9,55	21,67	7,21	44,14	66,74	21,55	6,12	38
	GV6	15,7	61,4	0,56	8,42	18,09	6,01	66,48	66,77	22,17	5,72	44
	GV7	15,7	64,58	0,45	7,95	13,31	4,73	90,11	64,42	21,22	5,2	39,5
	GV8	15,95	62,1	0,52	8,45	17,24	5,88	72,34	65,9	18,64	4,56	41
	GV9	15,3	59,39	0,51	8,1	16,63	5,76	94,4	65,39	19,88	5,51	42
	GV10	15,95	60,13	0,1	9,02	17,41	5,97	61,41	65,68	18,8	5,39	34
	GV11	16,25	63,64	0,11	8,1	15,95	5,68	53,34	64,36	21,27	4,68	25
moyenne	15,84	61,04	0,53	8,57	16,76	5,71	73,03	65,83	20,16	5,19	38,88	
Ecart type	0,29	3,37	0,32	0,52	2,46	0,76	19,20	0,90	2,10	0,44	6,66	
SETIF	SV1	14	50,9	0,5	11,13	25,02	8,71	18,15	65,17	16,81	6,91	24,5
	SV2	14,7	67,02	0,69	10,66	24,66	8,54	8,54	65,36	19,45	6,62	31
	SV3	13,25	56	0,51	11,77	20,43	7,07	18,79	65,38	17,21	6,79	49,5
	SV5	14,1	54,68	0,43	11,52	25,53	6,65	35,57	66,11	22,03	6,35	33
	moyenne	14,01	57,15	0,53	11,27	23,91	8,24	20,26	65,51	18,68	6,67	34,50
	Ecart type	0,59	6,93	0,11	0,48	2,35	0,78	11,23	0,41	2,40	0,24	10,64
Bent Solomon	BV1	13,85	58,52	0,84	10,37	22,37	7,54	58,63	66,3	22,44	7,19	44
	BV2	15,1	54,07	0,81	10,81	25,87	8,75	55,33	66,17	19,17	6,78	39,5
	BV3	15,7	54,21	0,94	11,83	28,56	9,19	57,04	67,81	22,8	7,05	48
	BV4	15,4	55,82	0,9	10,56	29,37	9,77	31,98	66,69	18,07	6,7	34
	BV5	15,9	54,73	0,99	13,09	34,91	11,37	44,72	67,39	22,49	7,88	41
	BV6	16,2	56,83	0,99	11,43	29,14	9,47	55,42	67,47	23,35	7,36	45,5
	BV7	15,5	58,83	0,56	10,58	25,08	7,95	30,46	68,23	12,44	5,27	68
	BV8	15,5	56,27	0,76	9,92	20,58	7,94	73,9	60,39	18,74	5,96	46
	BV9	15,75	57,75	0,82	10,7	25,56	8,65	43,56	65,97	20,28	6,11	37
	BV10	15,3	49,49	0,87	11,02	24,33	8,45	29,25	65,19	20,78	6,7	31,5
	BV11	15,3	49,6	0,74	10,36	26,11	8,57	46,51	67,17	18,76	6,17	42
	BV12	15,2	49,21	1,01	11,29	25,09	9,7	38,66	61,34	29,3	13,69	35
	BV13	14,65	57,64	0,64	10,57	25,94	8,68	32,1	66,54	21,01	7,75	40
	BV14	15,1	52,81	1	11,19	29,03	9,61	42,61	66,83	22,57	6,7	33
	BV15	15,7	45,91	0,97	11,83	29,3	9,46	46,16	67,7	18,12	7,02	46
	BV16	15,2	49,5	0,88	11,39	28,8	9,5	35,59	66,98	19,82	7,4	34
	BV17	16,2	54,49	0,96	10,19	22,39	7,32	51,83	67,29	21,24	6,35	41
	BV18	15,1	51,66	0,91	11,28	26,43	8,86	5,62	66,43	18,63	8,35	36
	BV19	11,9	57,73	0,58	10,87	26,68	8,68	31,92	67,45	18,78	7,37	41
	BV20	16,25	50,97	1,01	10,48	24,26	8,35	23,94	65,57	22,58	6,72	31
moyenne	15,24	53,85	0,86	10,99	26,49	8,89	41,76	66,25	20,57	7,23	40,68	
Ecart type	0,96	3,82	0,14	0,72	3,20	0,92	15,08	2,00	3,24	1,68	8,24	
Oued Smaïr	OV1	15,2	46,6	1,22	11,57	29,07	9,72	54,16	66,54	24,05	9,03	38
	OV2	15,25	47	1,05	11,3	27,89	9,56	66,99	65,45	23,44	8,65	44
	OV3	15,35	46,8	1,16	10,56	29,93	10,19	66,28	65,95	25,13	8,5	46
	OV4	13,5	47	1,17	10,61	27,77	9,8	6,2	64,69	15,66	9,05	21
	OV5	15	40,4	1,92	11,74	33,09	11,75	38,04	64,48	23,76	9,09	34
	OV6	13,45	49,6	1,19	9,31	28,21	9,78	67,28	66,5	23,05	10,32	42
	OV7	13,2	46	1,04	11,58	33,6	11,21	55,27	66,62	23,99	10,84	42
	OV8	15,4	47,8	1,21	11,22	32,8	11,37	65,01	65,34	22,37	8,61	43,5
	OV9	15,1	48,4	1,05	11,19	32,42	10,34	66,54	68,08	22,37	8,47	47
	OV10	15	46,2	1,22	10,61	31	10,58	37,62	66,5	19,82	8,34	25,5
	OV11	13,3	46,6	1,22	9,85	34,41	11,35	40,82	67,01	22,43	9,72	31
	OV12	13,35	53	1,27	11,42	33,01	10,73	46,32	67,47	25,27	8,84	29
	OV13	14,05	50	1,19	11,33	24,27	8,65	2,57	64,37	24,44	7,24	14
	OV14	13	48	1,02	11,28	34,1	11,26	48,12	66,97	21,39	7,15	31
	OV15	13	51,4	1,09	11,28	34,78	11,85	49,99	65,93	24,97	7,64	34,5
	OV16	13,95	49,8	0,99	10,57	31,7	10,76	65,1	65,97	23,44	7,01	29
	OV17	13,4	42	1,15	11,89	36,77	12,94	41,32	64,79	22,89	6,98	29,5
	O	13,65	44,8	1,07	11,27	35,37	12,17	26,62	65,55	29,3	7,14	23,5
	OV19	13	39,6	1,74	11,63	37,72	12,35	43,47	67,25	24,89	10,53	22
OV20	13,2	44,4	0,97	11,86	34,91	11,74	57,18	66,35	20,69	10,4	38	
moyenne	14,02	46,72	1,2	11,11	32,19	10,9	47,25	66,09	22,65	8,68	33,23	
Ecart type	0,92	3,41	0,24	0,68	3,36	1,09	16,85	1,03	2,35	1,24	9,28	
moyenne	14,83	52,94	0,89	10,57	26,43	8,94	48,45	66,05	21,09	7,31	37,16	
total	Ecart type	1,11	6,60	0,34	1,20	6,40	2,11	22,05	1,42	2,90	1,79	8,99

Tableau 26 - Analyses physico-chimiques de semoules issues de la mouture des génotypes mis en essai durant la récolte 2005

ÉTUDE TECHNOLOGIQUE DE QUELQUES LIGNÉES ET VARIÉTÉS DE BLE DUR SÉLECTIONNÉES EN ALGÉRIE

Station ITGC	variété	Hauteur du mikogramme (mm)	Temps de développement (mm)	Temps de développement (mn)	Jugement
Guelma	GV ₁	52	30	1 Min 30 s	8
	GV ₂	58	36	1 Min 48 s	8
	GV ₃	62	27	1 Min 21 s	8
	GV ₄	55	25	1 min 15 s	6
	GV ₅	61	34	1 Min 42 s	7
	GV ₆	57	41	2 Mins 3 s	8
	GV ₇	51	33	1 Min 39 s	8
	GV ₈	48	40	2 mins	7
	GV ₉	61	27	1 Min 21 s	8
	GV ₁₀	51	31	1 Min 33 s	7
	GV ₁₁	52	33	1 Min 39 s	6
	moyenne	55,27	32,45	1 min 37 s	-
	Ecart type	4,82	5,18	16 s	-
	SETIF	SV ₁	67	27	1 min 21 s
SV ₂		73	33	1 Min 39 s	7
SV ₃		63	31	1 Min 33 s	6
SV ₄		72	44	2 Mins 12 s	6
moyenne		68,75	33,75	1 Min 41 s	-
Ecart type		4,64	7,27	22 s	-
BV ₁		69	43	2 mins 9 s	8
BV ₂		72	37	1 Min 51 s	8
BV ₃		75	38	1 Min 54 s	8
BV ₄		77	35	1 Min 45 s	7
Bent Sousemme	BV ₅	82	34	1 min 42 s	7
	BV ₆	77	40	2 Mins	8
	BV ₇	75	42	2 Mins 6 s	8
	BV ₈	71	42	2 Mins 6 s	8
	BV ₉	71	33	1 Min 39 s	8
	BV ₁₀	72	30	1 Min 39 s	7
	BV ₁₁	80	33	1 Min 39 s	8
	BV ₁₂	68	34	1 Min 42 s	8
	BV ₁₃	72	31	1 Min 33 s	8
	BV ₁₄	74	22	1 Min 6 s	8
	BV ₁₅	84	43	2 Mins 9 s	7
	BV ₁₆	76	34	1 Min 42 s	7
	BV ₁₇	70	38	1 min 54 s	6
	BV ₁₈	75	31	1 Min 33 s	8
	BV ₁₉	74	33	1 Min 39 s	7
	BV ₂₀	71	32	1 Min 36 s	8
moyenne	74,25	35,25	1 min 46 s	-	
Ecart type	4,23	5,24	16 s	-	
Oued Sraïl	OV ₁	63	35	1 min 45 s	7
	OV ₂	62	47	2 Min 21 s	8
	OV ₃	59	29	1 Min 27 s	8
	OV ₄	60	32	1 Min 36 s	8
	OV ₅	73	37	1 min 51 s	7
	OV ₆	60	32	1 Min 36 s	8
	OV ₇	61	30	1 Min 30 s	8
	OV ₈	69	41	2 Mins 3 s	8
	OV ₉	62	31	1 min 33 s	8
	OV ₁₀	67	34	1 Min 42 s	8
	OV ₁₁	61	38	1 Min 54 s	8
	OV ₁₂	67	40	2 Mins	8
	OV ₁₃	62	32	1 min 36 s	8
	OV ₁₄	71	45	2 Mins 15 s	6
	OV ₁₅	72	39	1 Min 57 s	7
	OV ₁₆	68	50	2 Mins 30 s	8
	OV ₁₇	69	30	1 min 30 s	8
	OV ₁₈	74	29	1 Min 27 s	8
	OV ₁₉	68	34	1 Min 42 s	8
	OV ₂₀	71	20	1 mn	4
moyenne	66	35	1 min 46 s	-	
Ecart type	5	7	21 s	-	
total	moyenne	67	35	1 min 44 s	-
	Ecart type	8	6	18 s	-

Tableau 27- Résultats d'un test mixographe porté sur les semoules issues des génotypes mis en essai durant la récolte 200

CULTURE	Variété	H2O	PH2O	calibrage des grains			Mouillage %	Moucheure %	Cendre %	Protéine %
		%	(g)	2,2	2,5	2,8				
Gourfina	GV ₁	12,8	33,75	18,32	38,35	38,50	0,75	0,00	1,76	13,76
	GV ₂	13,1	32,77	20,81	29,80	29,04	3,75	0,00	1,88	14,28
	GV ₃	12,9	31,52	15,96	35,64	44,82	1,75	0,00	1,2	13,27
	GV ₄	12,4	38,88	17,37	38,80	39,33	0,50	0,00	1,73	8,40
	GV ₅	13,0	37,82	9,72	24,72	63,96	0,50	0,00	2,34	15,75
	GV ₆	11	28,35	22,84	35,49	30,97	4,37	0,00	2,22	15,68
	GV ₇	12,6	33,82	18,20	31,59	43,04	4,12	0,00	1,85	14,19
	GV ₈	12,6	30,77	21,25	32,52	35,58	3,82	0,00	1,97	14,81
	GV ₉	13,4	34,78	35,43	17,57	40,98	1,37	0,00	2,25	14,90
	GV ₁₀	12,7	35,67	9,64	25,71	61,41	4,37	0,00	1,97	15,01
	GV ₁₁	13,9	34,28	44,47	35,82	16,14	8,50	0,00	2,11	13,70
	moyenne	12,8	33,77	21,21	31,36	41,31	3,57	0,00	1,84	13,40
Ecart type	0,73	2,97	10,37	6,49	13,12	2,38	0,00	0,32	4,50	
SETIF	SV ₁	13,9	36,53	16,20	35,48	45,04	0,25	0,00	1,47	16,14
	SV ₂	13,7	45,01	2,38	15,76	83,11	9,42	0,00	1,88	10,89
	SV ₃	14,3	44,32	6,68	22,62	71,07	0,50	1,419	1,43	15,98
	SV ₄	11,8	33,24	12,32	38,21	59,75	0,50	0,00	1,88	14,25
	moyenne	13,1	41,48	7,99	25,07	68,22	0,63	4,23	1,74	14,11
	Ecart type	1,24	6,32	5,94	10,30	17,56	7,18	8,98	0,28	2,17
Boukhallem	BV ₁	11,4	27,75	40,33	32,30	7,09	0,00	0,00	2,17	20,74
	BV ₂	11,1	24,59	45,82	21,67	2,51	0,50	0,00	2,03	18,15
	BV ₃	11,2	28,25	33,64	45,16	11,12	0,50	0,00	1,96	17,52
	BV ₄	11,4	30,82	17,29	42,48	51,34	0,50	0,00	1,85	21,09
	BV ₅	11,1	30,10	39,24	42,65	9,93	0,87	0,00	2,16	21,99
	BV ₆	10,4	25,12	40,83	31,51	7,51	0,50	0,00	1,8	20,67
	BV ₇	10,6	28,22	45,49	29,68	5,03	0,50	0,00	1,85	20,82
	BV ₈	10,9	25,62	48,54	20,16	2,44	0,50	0,00	2,17	21,14
	BV ₉	10,9	27,35	45,77	34,51	5,29	0,25	0,00	1,89	17,83
	BV ₁₀	10,2	36,01	30,01	39,27	29,54	0,50	0,09	1,77	19,79
	BV ₁₁	11,3	27,92	47,25	33,98	5,21	0,50	0,00	1,81	23,03
	BV ₁₂	11,3	27,54	42,58	28,10	51,94	0,50	0,00	1,79	19,44
	BV ₁₃	12,4	29,89	35,35	43,66	12,36	0,12	0,00	1,44	21,26
	BV ₁₄	12,4	31,30	25,73	44,42	23,77	0,50	0,00	1,53	22,80
BV ₁₅	10,8	30,33	34,89	49,81	7,94	0,50	0,00	1,91	21,05	
BV ₁₆	12,6	30,21	38,35	41,24	8,17	0,50	0,00	1,72	21,05	
BV ₁₇	11,9	29,11	33,62	41,85	13,96	0,50	0,00	1,75	18,89	
BV ₁₈	12,4	29,22	38,38	39,74	9,52	0,50	0,00	1,62	21,12	
BV ₁₉	11,3	28,44	42,52	35,26	4,39	0,50	0,00	1,8	20,24	
BV ₂₀	11,0	29,77	29,32	44,80	18,34	0,50	0,00	2,27	22,88	
moyenne	11,34	28,87	37,75	37,08	12,92	0,89	0,39	1,86	20,61	
Ecart type	0,68	2,47	7,96	8,04	11,86	0,22	1,58	0,22	1,58	
Oued-Elmer	OV ₁	12,7	38,24	20,84	33,17	35,75	0,75	0,00	2,17	18,36
	OV ₂	11,9	29,16	16,38	39,69	46,29	1,50	0,00	2,25	13,27
	OV ₃	12,5	34,79	19,99	38,49	38,16	0,50	0,00	2,45	15,56
	OV ₄	12,4	32,98	9,92	23,09	63,68	0,25	0,00	2,68	16,95
	OV ₅	12,4	33,31	15,74	28,31	48,96	2,31	0,00	2,39	15,48
	OV ₆	12,3	33,69	28,22	37,76	22,34	0,50	0,00	2,16	16,20
	OV ₇	11,9	27,72	20,80	35,14	33,89	2,25	0,00	2,58	15,22
	OV ₈	11,1	35,31	28,46	33,92	22,06	0,50	0,00	1,99	13,64
	OV ₉	12,4	27,70	19,15	39,49	53,27	0,25	0,00	2,18	15,26
	OV ₁₀	12,3	34,82	19,50	27,10	55,42	0,5	0,00	1,94	18,20
	OV ₁₁	12,0	0,00	22,16	34,05	36,92	1,25	0,00	2,4	16,88
	OV ₁₂	12,3	32,24	20,99	29,75	40,03	0,50	0,00	2,8	13,75
	OV ₁₃	12,1	28,48	14,22	28,94	54,02	1,75	0,00	2,52	16,70
	OV ₁₄	12,4	27,18	10,22	27,46	57,66	3,12	0,00	2,22	14,27
OV ₁₅	11,6	38,17	9,74	25,73	34,81	3,50	0,00	1,91	14,23	
OV ₁₆	12,8	35,40	18,40	33,91	41,12	1,82	0,00	2,5	14,27	
OV ₁₇	14,7	34,87	10,85	28,46	59,71	0,50	0,00	4,65	13,92	
OV ₁₈	12,8	36,34	12,85	23,72	58,94	1,50	0,00	2,55	13,2	
moyenne	12,4	33,39	16,89	30,29	44,25	1,45	0,00	2,39	15,31	
Ecart type	0,74	3,40	5,85	4,39	12,69	1,36	0,00	0,62	1,34	
moyenne	12,1	32,54	24,67	32,54	34,79	1,79	0,52	2,04	16,70	
Ecart type	1,00	4,88	13,03	7,77	21,75	2,87	2,88	0,48	3,85	

Tableau28-Analyses physico-chimiques desgénotypes de blé durmisen essaiaurant lasaison

ÉTUDE TECHNOLOGIQUE DE QUELQUES LIGNÉES ET VARIÉTÉS DE BLE DUR SÉLECTIONNÉES EN ALGÉRIE

Station TPO	Variété	Hls	TE %	Densité %	Protéine %	GH %	GS %	G %	CHls	1000 gr litre	1000 gr litre	SDS (mg)	
Guelma	GV ₁	19,3	57,28	0,41	11,31	19,82	7,16	77,92	63,87	24,12	10,93	41,75	
	GV ₂	16,1	52,05	0,56	11,76	18,06	8,23	89,59	54,59	21,39	10,26	34	
	GV ₃	14,9	57,48	0,95	13,17	24,89	8,13	81,76	66,96	24,08	9,89	41	
	GV ₄	12,8	56,90	0,98	10,89	23	7,3	88	-	15,86	8,83	32	
	GV ₅	14,9	53,93	0,90	12,38	23,36	8,82	54,04	62,24	22,74	10,50	47,5	
	GV ₆	15,1	57,98	0,85	10,99	17,38	7,41	95,19	57,31	22,91	11,04	49	
	GV ₇	16,0	57,14	0,76	11,88	22,70	7,51	79,42	67,81	21,50	11,13	39,5	
	GV ₈	16,5	53,68	0,74	12,18	21,92	4,54	74,70	79,31	20,41	10,27	47,5	
	GV ₉	14,9	54,02	0,80	12,47	22,34	7,45	28,54	66,79	21,46	10,13	35	
	GV ₁₀	15,5	57,94	0,66	11,9	24,80	-	32,47	-	22,37	10,53	20,5	
	GV ₁₁	14,4	57,99	0,76	12,21	20,59	6,85	40,85	66,74	20,16	8,41	40	
	moyenne	15,1	56,02	0,76	11,92	21,69	7,32	65,66	66,07	21,56	10,36	43,42	
	E-type	1,00	2,16	0,17	0,67	2,47	1,14	20,48	7,06	2,27	0,54	8,02	
	SEIF	SV ₁	16,2	50,82	0,45	13,82	29,88	10,02	49,40	66,48	21,29	10,88	34
		SV ₂	13,7	62,58	0,52	10,00	19,18	6,57	68,50	65,73	20,20	11,36	32,5
SV ₃		14,0	58,57	0,55	12,47	25,84	8,66	32,13	68,48	19,15	11,38	24	
SV ₄		13,3	70,36	0,41	12,88	33,21	-	51,95	-	22,81	11,62	40	
moyenne		14,5	60,89	0,52	12,08	27,03	8,42	50,00	68,23	21,57	11,63	32,80	
E-type		11,13	7,09	0,12	1,37	6,64	1,74	14,59	0,43	2,08	0,67	5,72	
Bou salem	SV ₁	12,3	50,42	0,62	17,87	32,48	10,49	44,79	67,72	25,96	11,38	54,5	
	SV ₂	12,2	48,71	0,45	17,81	33,79	6,95	39,41	79,48	24,67	11,27	33	
	SV ₃	13,3	52,14	0,73	16,13	28,85	6,83	87,44	76,43	24,79	10,71	35	
	SV ₄	12,1	53,14	0,75	15,74	34,84	6,23	25,58	82,31	20,94	10,38	36,5	
	SV ₅	11,5	48,16	0,62	16,2	31,97	6,09	28,46	80,95	20,564	12,14	33,5	
	SV ₆	12,0	50,8	0,72	15,79	30,72	7,06	25,93	77,04	25,10	11,25	51,5	
	SV ₇	12,2	51,5	0,83	17,55	29,75	9,89	40,60	66,76	25,10	11,35	50	
	SV ₈	12,2	50,14	0,74	15,03	18,42	8,04	71,19	58,27	24,01	11,46	50	
	moyenne	12,3	49,14	0,69	15,41	30,28	6,97	40,86	67,08	22,44	10,62	53,5	
	E-type	12	47,33	0,70	14,63	29,39	8,43	28,62	71,32	22,94	11,46	32,5	
Oued S. Slim	BV ₁	11,8	50,40	0,70	17,19	30,67	10,30	14,75	66,30	21,35	10,71	31	
	BV ₂	11,85	48,80	0,59	17,12	34,72	11,56	61,81	66,71	24,764	11,29	31	
	BV ₃	11,7	50,80	0,69	16,3	28,12	9,69	16,35	65,55	20,1	10,48	41	
	BV ₄	11,9	51,4	0,71	17,19	30,73	10,24	1,83	66,87	24,56	10,82	22	
	BV ₅	11,5	47	0,54	15,22	31,27	10,22	37,98	67,32	20,982	11,56	51,5	
	BV ₆	11,5	48,6	0,71	16,28	29,31	10,48	53,10	75,40	22,28	11,81	43,5	
	BV ₇	11,6	52	0,82	15,36	36,35	12,30	72,37	65,51	25,83	10,73	44	
	BV ₈	11,5	44,4	0,66	15,96	31,65	10,32	24,82	67,35	21,97	12,02	46,5	
	BV ₉	11,8	43,2	0,75	16,85	36,00	10,72	47,19	70,22	22,16	11,95	47,5	
	BV ₁₀	11,75	43	0,78	16,58	34,29	5,29	24,05	64,37	25,81	11,00	20,5	
	moyenne	12	48,80	0,69	16,33	31,67	9,06	36,82	70,95	23,31	11,25	44,48	
	E-type	0,42	2,85	0,06	0,97	4,23	2,04	19,37	7,09	1,96	0,52	16,43	
	Oued S. Slim	OV ₁	14,8	72,17	0,90	15,17	31,82	-	51,65	-	24,22	10,71	39
		OV ₂	13,6	61,88	0,22	11,82	-	-	-	-	22,68	10,54	51,5
		OV ₃	13,5	60,68	0,44	11,81	23,40	3,77	60,11	83,88	23,29	11,29	46,5
OV ₄		15	60,46	0,85	11,73	-	-	-	-	17,14	11,61	41	
OV ₅		13,5	60,85	0,75	12,45	-	-	-	-	20,26	10,40	33,5	
OV ₆		14,9	62,24	0,82	11,81	20,59	3,90	80,14	81,07	23,72	10,60	56,5	
OV ₇		15,0	65,75	0,75	11,55	-	-	-	-	23,12	11,22	45	
OV ₈		15,2	59,92	0,85	13,97	-	8,16	97,18	-	23,26	10,65	46,5	
OV ₉		14,5	64,28	0,85	13,33	24,06	7,99	38,50	66,77	21,48	10,67	55,5	
OV ₁₀		14,9	63,21	0,79	12,8	-	-	-	-	19,94	10,22	43,5	
OV ₁₁		14,7	54,68	0,96	15,06	26,83	9,39	8,33	65,34	22,00	13,80	48	
OV ₁₂		15,0	63,83	0,79	10,89	-	-	-	-	23,99	11,72	53,5	
OV ₁₃		15,6	56,45	0,73	15,6	-	3,28	-	-	24,99	11,68	23	
OV ₁₄		14,5	60,16	0,64	12,23	21,29	-	59,20	-	20,05	12,42	48	
OV ₁₅		12,6	56,28	0,59	10,91	-	-	-	-	19,64	11,87	33	
OV ₁₆	13,9	56,65	0,40	12,42	-	3,81	-	-	22,50	10,39	44		
OV ₁₇	15,9	53,47	0,76	12,76	23,25	7,45	61,63	67,97	22,81	10,73	50,5		
OV ₁₈	16,0	53,41	0,74	12,44	23,50	9,41	42,88	59,98	20,46	10,32	42,5		
moyenne	14,6	60,34	0,68	12,72	24,31	6,34	54,43	70,84	22,50	11,17	44,87		
E-type	0,90	4,75	0,23	1,47	3,48	2,56	23,36	9,48	2,93	0,93	7,82		
total	moyenne	13,7	55,24	0,69	13,90	27,32	8,02	48,82	69,17	22,35	11,08	43,28	
E-type	1,58	6,48	0,17	2,28	5,76	2,22	22,91	7,48	2,14	0,78	9,24		

Tableau 29 - Analyses physico-chimiques de semoules issues de la mouture des génotypes mis en essai durant la récolte 2006

Station ITGC	Variété	Hauteur de mixographe (mm)	Temps de développement (min)	Temps de développement (s)	Jugement
Gaines	GV1	50	37	1min 51s	8
	GV2	50	27	1min 21s	8
	GV3	50	50	3min 8s	8
	GV4	46	21	1min 26s	8
	GV5	64	31	1min 29s	8
	GV6	50	38	1min 54 s	8
	GV7	47	28	1min 18s	8
	GV8	50	38	1min 54s	8
	GV9	54	49	2mins 27s	8
	GV10	37	31	1min 33s	8
	GV11	48	25	1min 15s	8
	moyenne	51	35	1min 4 s	
	Ecart type	5	35	34s	
	NEHE	SV1	53	38	1min 21s
SV2		55	41	2mins 3s	8
SV3		59	27	1min 21s	5
SV4		-	-	-	-
moyenne		59	36	1 min 47s	
Ecart type	4	8	22 s		
D s	BV1	70	83	3mins 9s	8
	BV2	70	33	1min 39s	8
	BV3	65	60	3min 8s	8
	BV4	78	31	1min 23s	6
	BV5	80	38	1min 54s	8
	BV6	71	51	2mins 33s	8
	BV7	84	50	2mins 30s	8
	BV8	81	53	2mins 29s	8
	BV9	71	50	2mins 30s	8
	BV10	69	23	1min 9s	8
	BV11	65	50	2mins 30s	8
	BV12	72	48	2mins 18s	8
	BV13	65	40	2mins	8
	BV14	67	21	1min 3s	4
BV15	73	30	1min 30s	8	
BV16	72	25	1min 15s	8	
BV17	77	43	2mins 15s	8	
BV18	62	43	2mins 9s	8	
BV19	75	39	1min 57s	8	
BV20	71	29	1min 24s	5	
moyenne	70	41	2 min 25s		
Ecart type	5	12	36s		
Dureté/Shear	DV1	75	39	1min 57s	8
	DV2	83	48	2mins 24s	8
	DV3	37	38	1min 48s	8
	DV4	-	-	-	-
	DV5	-	-	-	-
	DV6	58	38	1min 48s	8
	DV7	37	38	1min 36s	8
	DV8	59	56	2mins 19s	8
	DV9	57	50	2mins 30s	8
	DV10	62	39	1min 57s	8
	DV11	71	37	1min 51s	8
	DV12	83	48	2mins 15s	8
	DV13	-	-	-	-
	DV14	60	40	2min 8s	8
DV15	-	-	-	-	
DV16	69	81	3mins 3s	8	
DV17	61	43	2mins 15s	8	
DV18	64	59	2mins 67s	8	
moyenne	62	48	2min 15s		
Ecart type	8	10	31s		
Nota	moyenne	63	40	2min 1s	
Ecart type	9	12	35s		

Tableau 30- Résultats dutestau mixographe porté sur les semoules issues des génotypes mis en essai durant la saison 2005-2006

PMG	classification
80g et 60g	Gros grains
35g et 55 g	Grains moyens
<30 g	Grains petits

Tableau 31 : Normes de poids de 1000 grains (blé dur) : PMG (NE1-1-57-1986)

protéines	classification
< 9% MS	Très faible
9-11,5	Faible
11,6-13,5	moyen
13,6-15,5	Elevé
15,6-17,5	Très élevé
>17	Extra élevé

Tableau 32- Normes des protéines tous céréales : (Williams et al.1988)

SDS (ml)	Potentiel boulanger
>80	Exceptionnel fort
70-79	Très fort
60-69	Fort
50-59	Force moyenne
40-49	Proche faible
30-39	Faible
20-29	Très faible
<20	Exceptionnel faible

Tableau 33- Normes de test de sédimentation en milieu SDS (Williams et al.1988)

Temps de développement	Hauteur de la courbe	Tolérance	force
4,5-6	70+	0-5	Très fort
3,4-4,4	60-69	5-10	Fort
2,5-3,3	50-59	10-25	Moyen
1,5-2,4	40-49	25-40	Faible
0-1,4	<40	>40	Très faible

Tableau 34- Normes de mixographes (Williams et al.1988)