

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة 8 ماي 1945 قالمة
Université 8 Mai 1945 Guelma
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la terre et de l'Univers

Département de Biologie



Mémoire Présenté En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Science de la Nature et de la Vie.

Filière : Sciences biologiques.

Spécialité : Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire.

Thème :

**Contribution à l'étude des caractéristiques physico-chimiques
et technologiques de quelques variétés de blé dur
(*Triticum durum* Desf.) cultivées en Algérie.**

Présenté par : ATAILIA Chahrazed.
BOURBOUNA Loubna.
DJEMILI Raounek.

Devant le jury composé de :

Président : Mr. ZITOUNI A. (M.C.B) Université 8 Mai 1945 Guelma
Examineur : Mr. MOKHTARI A/H. (M.C.B) Université 8 Mai 1945 Guelma
Encadreur : Mme. ALLIOUI N. (M.C.B) Université 8 Mai 1945 Guelma
Membre invité : Mme KALARASSE A. Responsable du laboratoire de suivi de la qualité de groupe Benamor.

Juin 2019

Remerciements

Tout d'abord, louange à ALLAH qui nous a guidé sur le chemin droit tout au long du travail et nous a inspiré les bons pas et les justes réflexes. Sans sa miséricorde, ce travail n'aura pas abouti.

*Nous adressons l'expression de nos très vives gratitudee et respects à notre encadreur, Madame **ALLIOUI Nora**, Maitre de conférences au département d'Ecologie et génie de l'environnement de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la terre et de l'univers, pour sa confiance, sa sincérité, sa rigueur, sa patience et surtout sa gentillesse.*

Nous remercions également les membres du jury :

*- Mr. **Zitouni A.**, Maitre de conférences au département d'Ecologie et génie de l'environnement de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la terre et de l'univers à l'université de Guelma pour avoir accepté de présider le jury, ainsi que pour son aide précieuse dans le traitement statistique des résultats ; et,*

*- Mr. **Mokhtari A/H.** Maitre de conférences au département de Biologie, de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la terre et de l'univers pour avoir accepté d'examiner ce travail.*

Nos vifs remerciements vont également à :

*- Tous les membres de l'équipe du laboratoire au niveau du complexe **AMOR BENAMOR**, pour leur accueil et leur aide dans la réalisation du travail, et à leur tête Mme **Kalarasse Assia**, responsable du laboratoire de suivi de la qualité.*

- Tous nos enseignants du parcours de Master, et tous nos collègues de la promotion de Master QPSA (2019).

Enfin, ce travail n'aurait pas été mené à terme sans les concessions et les encouragements de nos parents auxquels nous disons tout simplement merci.

Merci à tous et à toutes.

Dédicaces

Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et une immense joie, je dédie le fruit de ce modeste travail :

A mes très chers parents

L'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que dieu le garde dans son vaste paradis, mon père *ALI* .

A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; maman *DALILA* que j'adore.

A mon très cher frère : *Mouhamed Fouzi*

A mes chers frères : *Salim, Chaouki ,Brahim et Aissa*

A mon mari

Ma deuxième moitié "*Samir*", mon espoir de vie que j'aime. Je n'oublierai jamais son soutien durant la réalisation de ce travail. Je lui serai toujours reconnaissante.

Aux fleurs de la maison, mes très chers petits «Wail, Janat, Bouchra El-Malak».

A mon trinôme

Raounek et Loubna pour les bons moments passés ensemble, merci à vous que Dieu vous protège.

Toute la famille ATAILIA.

A mes chères amies

A tous les étudiants de la promotion QPSA (2019)

A tous ceux qui me sont chers, à tous ceux qui m'aiment, à tous ceux que j'aime,

Je dédie ce travail.

Dédicaces

Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et une immense joie, je dédie le fruit de ce modeste travail :

A mes très chers parents

L'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que dieu le garde dans son vaste paradis, mon père **ABDEL-HAK** .

A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; maman **SOURAIA** que j'adore.

A mes très chères sœurs : *Cheyma et Widad.*

A mes chers frères : *Amer et Salah El-Dine*

A mon trinôme

Raounek et Chahrazed pour les bons moments passés ensemble, merci à vous que Dieu vous protège.

Toute la famille Bourbouna

A mes chères amies

A tous les étudiants de la promotion QPSA (2019)

A tous ceux qui me sont chers, à tous ceux qui m'aiment, à tous ceux que j'aime, je dédie ce travail.

❧ *Loubna* ❧

Dédicaces

Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et une immense joie, je dédie le fruit de ce modeste travail :

A mes très chers parents

L'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que dieu le garde dans son vaste paradis, mon père *AHMED* .

A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; maman *RABIAA* que j'adore.

A mes très chères sœurs : *Abla, Nassima, Samiha, Marwa et Messaouda*

A mes chers frères : *Imed et Farouk*

Aux fleurs de la maison, mes très chers petits « Abd El-Ali , Abd El-moumen , Aya et Zoubir ».

A mon trinôme

Chahrazed et Loubna pour les bons moments passés ensemble, merci à vous que Dieu vous protège.

A Toute la famille DJEMILI.

A mes chères amies

A tous les étudiants de la promotion QPSA (2019)

A tous ceux qui me sont chers, à tous ceux qui m'aiment, à tous ceux que j'aime, je dédie ce travail.

 *Raounek* 

Liste des figures

| N° | Titre | page |
|----|---|------|
| 01 | Anatomie schématique du grain de blé et proportion relative des principaux tissus du grain. | 05 |
| 02 | Production du blé dans le monde en 2017/2018 (en Mt). | 09 |
| 03 | Grain vitreux (à gauche) et grain mitadiné (à droite) observés au microscope optique. | 15 |
| 04 | grains de blé dur mouchetés. | 16 |
| 05 | Présentation des moulins AMOR BENAMOR- El Fedjoudj–Guelma (Nord-Est Algérien). | 21 |
| 06 | Mode opératoire pour déterminer la teneur en protéines et en humidité à l'aide de l'Infratec1241. | 24 |
| 07 | Le Niléma-litre. | 25 |
| 08 | sélection et comptage manuelle des grains pour la détermination du PMG. | 26 |
| 09 | farinotome de Pohl. | 29 |
| 10 | Mode opératoire pour déterminer le taux de mitadinage avec le farinotome de Pohl. | 29 |
| 11 | Mode opératoire de la détermination du taux de cendre. | 31 |
| 12 | principe de la méthode gluten index. | 33 |
| 13 | les appareilles utilise pour déterminer taux de gluten. | 33 |
| 14 | Résultats relatifs à la teneur en protéines de différentes variétés de blé dur. | 36 |
| 15 | Résultats relatifs à la teneur en eau de différentes variétés de blé dur. | 39 |
| 16 | résultats relatifs au poids spécifique de différentes variétés de blé dur. | 41 |
| 17 | Résultats relatifs à la masse de mille grains sur matière telle quelle (MTQ) des différentes variétés de blé dur. | 44 |
| 18 | Résultats relatifs à la masse de mille grains sur matière sèche (MS) des différentes variétés du blé dur. | 47 |
| 19 | Résultats relatifs de taux de mitadinage de différentes variétés de blé dur. | 49 |
| 20 | Résultats relatifs de taux de cendres de différentes variétés de blé dur. | 51 |
| 21 | Résultats relatifs de gluten index de différentes variétés de blé dur. | 53 |
| 22 | Résultats relatifs de taux de gluten humide de différentes variétés de blé dur. | 55 |
| 23 | Résultats relatifs de taux de gluten sec de différentes variétés de blé dur. | 57 |
| 24 | Schéma représentant les corrélations existantes entre les différents paramètres estimés. | 59 |

Liste de tableaux

| N° | Titre | Page |
|----|--|------|
| 01 | Classification botanique du blé dur. | 04 |
| 02 | Distribution histologique des principaux constituants des grains du blé. | 06 |
| 03 | Aperçu général du marché mondial du blé. | 10 |
| 04 | Principales caractéristiques des différentes variétés. | 23 |
| 05 | Qualités des blés selon leur richesse en protéines. | 37 |
| 06 | Résultats de l'analyse de la variance du taux des protéines pour les différentes variétés de blé dur. | 38 |
| 07 | Résultats du test de Dunnett pour la teneur en protéines des différentes variétés de blé dur. | 39 |
| 08 | Résultats de l'analyse de la variance de la teneur en eau pour les différentes variétés de blé dur. | 40 |
| 09 | Résultats du test de Dunnett pour la teneur en eau des différentes variétés de blé dur. | 41 |
| 10 | Résultats de l'analyse de la variance de poids spécifique pour les différentes variétés de blé dur. | 43 |
| 11 | Résultats du test de Dunnett pour poids spécifique des différentes variétés de blé dur. | 43 |
| 12 | Résultats de l'analyse de la variance de poids de mille grains (MTQ) pour les différentes variétés de blé dur. | 45 |
| 13 | Résultats du test de Dunnett pour poids de mille grains (MTQ) des différentes variétés de blé dur. | 46 |
| 14 | Résultats de l'analyse de la variance de poids de mille grains (MS) pour les différentes variétés de blé dur. | 48 |
| 15 | Résultats du test de Dunnett pour poids de mille grains (MS) des différentes variétés de blé dur. | 48 |
| 16 | Résultats de l'analyse de la variance du taux des mitadinage pour les différentes variétés de blé dur. | 50 |
| 17 | Résultats du test de Dunnett pour le taux des mitadinage des différentes variétés de blé dur. | 51 |
| 18 | Résultats de l'analyse de la variance du taux de cendres pour les différentes variétés de blé dur. | 52 |
| 19 | Résultats du test de Dunnett pour le taux de cendre des différentes variétés de blé dur. | 52 |
| 20 | Résultats de l'analyse de la variance de gluten index pour les différentes variétés de blé dur. | 54 |
| 21 | Résultats du test de Dunnett pour le gluten index des différentes variétés de blé dur. | 54 |
| 22 | Résultats de l'analyse de la variance du taux de gluten humide pour les différentes variétés de blé dur | 56 |

| | | |
|----|---|----|
| 23 | Résultats du test de Dunnett pour le taux de gluten humide des différentes variétés de blé dur. | 56 |
| 24 | Résultats de l'analyse de la variance du taux de gluten sec pour les différentes variétés de blé dur. | 57 |
| 25 | Résultats du test de Dunnett pour le taux de gluten sec des différentes variétés de blé dur. | 58 |
| 26 | Comparaison des différentes variétés du blé dur avec les normes des paramètres. | 60 |

Liste des abréviations

AFNOR : Association Française de Normalisation.

CIC : Conseil International des Céréales.

C.R.E.A.B. MIDI-PYRENEES : Centre Régional De Recherche Et D'expérimentation En Agriculture biologique MIDI-PYRENEES.

Desf. : René Louiche Desfontaines.

FAO : Food and Agriculture Organization.

GH : Gluten Humide.

GS : Gluten Sec.

Hum. : Humidité.

I.T.C.F. : Institut Technique des Céréales et des Fourrages.

I.T.G.C. : Institut Technique des Grandes Cultures.

J.O. R. A. D. P. : Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire.

KDa : Kilo Dalton

Mha : Millions d'hectares

Mit. : Mitadinage.

MS : Matière sec

MT : Million de tonnes

MTQ : Matière telle quelle

Mouch : Moucheture.

PHL : Poids à l'hectolitre.

PMG : Poids de milles grains.

Prot : Protéine.

PS : Poids spécifique.

Qx/ ha : quintaux par hectare.

Sommaire

| Titre | page |
|---|------|
| Remerciements | |
| Liste des abréviations | i |
| Liste des figures | ii |
| Liste des tableaux | iii |
| Résumés | |
| Introduction | 01 |
| Chapitre 01 : Revue bibliographique sur le blé | |
| 1.1. Importance alimentaire et économique des blés | 03 |
| 1.2. Origine du blé | 03 |
| 1.2.1. Origine génétique | 03 |
| 1.2.2. Origine géographique | 04 |
| 1.3. Classification et caractéristiques botanique du blé | 04 |
| 1.3.1. Classification botanique | 04 |
| 1.3.2. Description de la plante | 04 |
| 1.4. Composition des grains du blé | 06 |
| 1.5. Variétés et catégories de blé | 08 |
| 1.5.1. Les blés tendres | 08 |
| 1.5.2. Les blés durs | 08 |
| 1.5.3. Les blés mitadins | 08 |
| 1.5.4. Variétés de blés cultivées en Algérie | 09 |
| 1.6. Etat de la production et l'utilisation du blé dans le monde | 09 |
| 1.7. Etat de la production du blé en Algérie | 10 |
| 1.7.1. Production et consommation du blé en Algérie | 10 |
| 1.7.2. L'importation de blé en Algérie | 10 |
| 1.7.3. Les contraintes de la production du blé en Algérie | 11 |
| 1.7.3.1. Les contraintes naturelles | 11 |
| 1.7.3.2. Les contraintes techniques culturelles | 11 |
| 1.7.3.3 : Les contraintes foncières | 12 |
| 1.7.3.4. Les contraintes logistiques | 12 |
| 1.7.3.5. Les contraintes économiques | 12 |

Chapitre 02 : Les critères d'appréciation de la qualité du grain de blé dur

| | |
|---|----|
| 2.1. Caractéristiques physicochimiques | 13 |
| 2.1.1. Taux de protéines | 13 |
| 2.1.2. Teneur en eau | 13 |
| 2.1.3. Le poids spécifique (PS) | 14 |
| 2.1.4. Poids de mille grains | 14 |
| 2.1.5. Taux de mitadinage | 15 |
| 2.1.6. Taux de cendres | 15 |
| 2.1.7. Taux de moucheture | 16 |
| 2.1.8. Dureté | 17 |
| 2.2. Caractéristiques technologiques | 17 |
| 2.2.1. Taux de gluten | 17 |
| 2.3. Altération des grains de blé | 18 |
| 2.3.1. Altérations enzymatiques | 18 |
| 2.3.2. Altération d'origine physique | 18 |
| 2.3.2.1. Durée de stockage | 18 |
| 2.3.2.2. Température | 18 |
| 2.3.2.3. L'humidité | 19 |
| 2.3.3. Altération d'origine biologique | 19 |

Chapitre 03 : Matériel et méthodes

| | |
|---|----|
| 3.1. Objectif de l'étude | 21 |
| 3.2. Présentation du site de l'expérimentation | 21 |
| 3.3. Matériel végétal utilisé | 22 |
| 3.4. Tests réalisés et matériel utilisé | 22 |
| 3.4.1. Tests physicochimiques | 22 |
| 3.4.1.1. Taux de protéines et d'humidité | 22 |
| 3.4.1.2. Poids spécifique | 24 |
| 3.4.1.3. Poids de mille grains | 26 |
| 3.4.1.4. Taux de mitadinage | 27 |
| 3.4.1.5. Taux de cendres | 30 |
| 3.4.2. Tests technologiques | 32 |
| 3.4.2.1. Détermination du taux de gluten (Gluten Index, Indice de gluten) | 32 |
| 3.5. Analyse statistique des résultats | 35 |

CHAPITRE 04: Résultats et discussion

| | |
|--|----|
| 4.1. Les Analyse physico-chimiques des grains des variétés étudiées | 36 |
| 4.1.1. Taux de protéines | 36 |
| 4.1.2. Teneur en eau | 39 |
| 4.1.3. Mesure de poids spécifique | 41 |
| 4.1.4. Poids de mille grains | 43 |
| 4.1.5. Taux de mitadinage | 48 |
| 4.1.6. Taux de cendres | 51 |
| 4.2. Test technologique des grains entiers broyés des variétés étudiées | 53 |
| 4.2.1. Taux de gluten | 53 |
| Conclusion | 59 |
| Références bibliographiques | 62 |

Introduction

Introduction

En Algérie, Les céréales et leurs dérivés constituent l'épine dorsale du système alimentaire algérien, et elles fournissent plus de 60 % de l'apport calorifique et 75 à 80 % de l'apport protéique de la ration alimentaire (Djermoun, 2009). Cette importance est due selon Kellou (2008) au mode et aux habitudes alimentaires de la population, notamment pour la semoule (pain, pâtes, couscous, galette ...) et la farine (pain).

Le blé dur (*Triticum durum* Desf.) est une céréale qui possède une grande importance économique pour l'humanité car il constitue l'une des principales denrées alimentaires. Elle se caractérise par une diversité d'utilisation alimentaire, et en Algérie, elle occupe une place privilégiée dans les traditions alimentaires des populations. Cependant malgré son importance, cette culture est confrontée à différentes contraintes dans sa production (Moule, 1980).

Plusieurs facteurs peuvent être incriminés dans la limitation de la production céréalière et la qualité des produits récoltés en Algérie, parmi lesquels figurent, notamment, les aléas climatiques, les pratiques culturales et le choix de variétés non appropriées aux conditions pédoclimatiques de l'agrosystème Algérien.

Pour un industriel, la qualité du produit est un paramètre très important, et les critères de qualité sont aujourd'hui de plus en plus souvent pris en compte depuis les acheteurs de matières premières jusqu'aux producteurs et transformateurs. Elle doit répondre à des critères nutritionnels, hygiéniques et organoleptiques (Trentesaux, 1995). La qualité d'un blé dur est fonction de l'utilisation que l'on en fait : Les produits fabriqués, la semoule (industrie de première transformation), et les pâtes alimentaires (industries de deuxième transformation).

Le blé dur est principalement consommé sous forme de semoule et de pâtes alimentaires. Sa qualité technologique est évaluée au travers de plusieurs critères, parmi ceux-ci nous distinguons le taux de mitadinage, le taux d'humidité, la teneur en protéines, en cendre, en gluten.....etc. Pour satisfaire à la demande de l'industrie, un blé dur « de qualité » doit répondre à des exigences technologiques, et avoir une couleur ambrée, une amande vitreuse, opaque et non farineuse. Les critères qui déterminent la valeur pastière vont dépendre de façon assez complexe et pas complètement connue, de la manière dont les structures et les composants macromoléculaires du grain sont organisées (amidon et protéines). Les propriétés rhéologiques des pâtes, via celles du

gluten, dépendent de la composition en protéines de réserve de la semoule (Bellagoun et Medini, 2015).

L'objectif visé par ce travail est d'étudier les caractères physicochimiques et technologiques de quelques variétés de blé dur cultivées en Algérie, et évaluer leurs qualité en les comparant à un échantillon de blé Canadien.

Le document comporte quatre chapitres essentiels précédés par une introduction et se terminant par une conclusion. Le 1^{er} chapitre, comporte une revue bibliographique sur le blé, ses caractéristiques et ses exigences, le 2^{ème} chapitre décrit les paramètres d'évaluation de la qualité technologique et physicochimique de blé dur, le 3^{ème} chapitre, expose le matériel et les méthodes employées pour la réalisation des différents tests, et le 4^{ème} chapitre, qui traite les principaux résultats obtenus.

*Chapitre 01 : Revue
bibliographique sur
Le blé*

Chapitre 01 : Revue bibliographique sur le blé

1.1. Importance alimentaire et économique des blés

Les blés constituent la première ressource alimentaire de l'humanité, et la principale source de protéines. Ils fournissent également une ressource privilégiée pour l'alimentation animale et de multiples applications industrielles. 95% de la nutrition de la population mondiale est fournie par les principales cultures céréalières (Bonjean et Picard, 1991).

Nedjah (2014) rapporte que, le blé dur représente environ 8% des superficies cultivées en blés dans le monde dont 70 % sont localisées dans les pays du bassin méditerranéen. La Turquie, la Syrie, la Grèce, l'Italie, l'Espagne, et les pays d'Afrique nord, sont en effet, parmi les principaux producteurs. Par ailleurs, le blé dur occupe une place centrale dans l'économie Algérienne. En 2012, sur une superficie de 3 millions d'hectares réservée à la céréaliculture, 1 785 000 hectares sont destinés à la culture du blé.

1.2. Origine du blé

1.2.1. Origine génétique

Le blé est une monocotylédone appartenant au genre *Triticum*. Ce genre comporte de nombreuses espèces autres que le blé qui se répartissent en trois groupes selon le nombre de leurs chromosomes (Lesage, 2011) :

- Le groupe diploïde (2 x 7 chromosomes) est caractérisé par des épis grêles où les grains restent enveloppés par les glumelles et comprend : *Triticum monococcum* (engrain) et *T. spontaneum*.
- Le groupe tétraploïde (4 x 7 chromosomes) à épis denses dont les graines riches en gluten servent à fabriquer les pâtes alimentaires et comprend : *T. dicoccoide* (amidonnier sauvage), *T. dicoccum* (amidonnier), *T. turgidum*, *T. durum* (blé dur).
- Le groupe hexaploïde (6 x 7 chromosomes), comprend la majorité des blés à épis assez larges et aux graines riches en amidon nécessaires à la fabrication du pain et représenté par : *T. vulgare*, *T. aestivum* (blé tendre), *T. spelta* (épeautre).

Les blés cultivés en Algérie appartiennent pour la presque totalité aux espèces *T. aestivum* L. (blé tendre) et *T. durum* Desf. (blé dur). A l'intérieur de chaque espèce on trouve de nombreuses variétés botaniques (Nedjah, 2015).

1.2.2. Origine géographique

Zmour (2014) rapporte que, le blé est l'une des premières espèces cultivées par l'homme au proche Orient, il y a environ 10.000 à 15.000 ans avant J.C. Des restes de blés, diploïde et tétraploïde, ont été découverts sur des sites archéologiques au proche Orient, et on croit que le blé dur provient des territoires de la Turquie, de la Syrie, de l'Iraq et de l'Iran. Par ailleurs, d'autres auteurs considèrent le Maghreb comme origine secondaire du blé. Bonjean et Picard (1990) affirment que le monde Romain a largement contribué à la diffusion des céréales du bassin méditerranéen vers l'Europe centrale et l'Europe de l'Ouest.

1.3. Classification et caractéristiques botanique du blé

1.3.1. Classification botanique

Le blé dur est une monocotylédone, appartenant au groupe des céréales à paille qui sont caractérisées par des critères morphologiques particuliers. Le tableau 01 affiche la classification détaillée du blé dur.

Tableau 01 : Classification botanique du blé dur (Feillet, 2000)

| | |
|--------------------|-----------------------------|
| Embranchement | Angiospermes |
| Sous embranchement | Spermaphytes |
| Classe | Monocotylédones |
| Super Ordre | Commeliniflorales |
| Ordre | Glumiflorales |
| Famille | Gramineae ou Poaceae |
| Tribu | <i>Triticeae</i> |
| Sous tribu | Triticineae |
| Genre | <i>Triticum</i> |
| Espèce | <i>Triticum durum</i> Desf. |

1.3.2. Description de la plante

Le blé est une plante herbacée, dont les différentes parties de l'appareil végétatif se caractérisent comme suit :

- **La racine** : le blé possède deux types de racines, les racines séminales ou primaires issues de l'embryon, et les racines secondaires ou adventives propres aux talles secondaires. Les racines secondaires assurent dès le second mois, la plus grande partie de la nutrition de la plante (Hamadache, 2001 ; Moule, 1971).

- **La tige** : érigée, cyclique et pleine ; elle est formée d'articles ou entre-noeuds séparés par des noeuds, zones méristématiques à partir desquelles s'allongent les entre-noeuds et se différencient les feuilles. Chaque noeud correspond au point d'attache d'une feuille (Moule, 1971).

- **Les feuilles** : alternes ou distiques (disposées sur deux rangs le long de la tige). Chaque feuille comprend deux parties : une portion inférieure enveloppant l'entre-noeud correspondant, la gaine ; une portion supérieure, le limbe. Les gaines attachées au niveau des noeuds sont emboîtées les unes dans les autres pendant leur jeunesse. A la jonction du limbe et de la gaine, on peut trouver une petite membrane non vasculaire, plus ou moins longue et dentelée, la ligule (Moule, 1971).

- **Épillets** : l'épillet est l'unité morphologique de base de l'inflorescence chez le blé. Les épillets sont fixés sur l'axe ou le rachis et forment l'épi. Ils sont enveloppés par les glumes. Chaque épillet portent 5 à 7 fleurs hermaphrodites dont 3 à 4 seulement arrivent à maturité et donnent, une fois fécondées, des grains (Hamadache, 2001).

- **Les grains** : Le grain de blé (Fig. 01) est un fruit sec indéhiscent (caryopse) constitué d'une unique graine intimement soudée à l'enveloppe qui la contient. De la surface externe vers le centre du grain, on distingue l'enveloppe du fruit ou péricarpe, puis l'enveloppe de la graine, ou testa, et enfin à l'intérieur de la graine, l'épiderme du nucelle, l'albumen et le germe (Barron *et al.*, 2012).

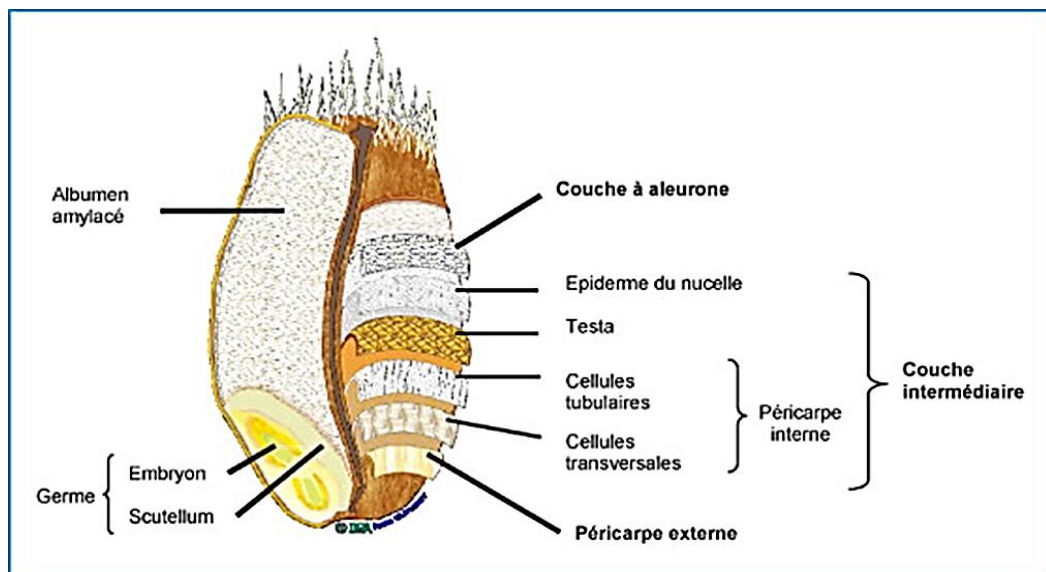


Figure 01 : Anatomie schématique du grain de blé et proportion relative des principaux tissus du grain [1].

• **Les enveloppes** : les enveloppes sont constituées de quatre tissus : le péricarpe externe, le péricarpe interne, la testa et la couche nucellaire ou bande hyaline, qui correspond à l'épiderme du nucelle (Barron *et al.*, 2012 ; Clément, 2010). Ces enveloppes sont riches en matières minérales, en azote et en matières grasses. Qui donneront, au cours de la mouture, le son (Hamadache, 2001).

• **Le germe** : il se compose de deux parties : l'embryon, riche en protéines, lipides et sucres, et le scutelum qui constitue une zone d'échange et de contact entre le germe proprement dit et l'organe de réserve qu'il va progressivement dégrader pour nourrir le germe (Berton, 2002). Le germe est très riche en matière grasse et contient des vitamines A, E et B et des minéraux (Barron *et al.*, 2012).

• **L'albumen ou amande** : il représente 83 à 85 % du poids du grain, l'albumen appelé aussi « endosperme » est une amande farineuse constituée de granules d'amidon encastrés dans le réseau glutineux (Berton, 2002). L'albumen est constitué d'albumen amylicé et de couche à aleurone (Feillet, 2000). L'albumen amylicé est principalement constitué d'amidon et de protéines de réserve, alors que les tissus périphériques contiennent la majeure partie des fibres et minéraux (Barron *et al.*, 2012).

1.4. Composition des grains du blé

Barron *et al.* (2012), rapportent que, les grains de blé sont principalement constitués de glucides (65-75% amidon et fibres), protéines (7-12%) mais contiennent aussi des lipides (2-6%) et des micronutriments (Tab. 02). Ils sont ainsi une bonne source de minéraux (et plus spécifiquement de magnésium), de vitamines du groupe B, et contiennent des molécules ayant des activités d'intérêt (vitamine E, composés anti-oxydants, phyto-oestrogènes). Ces constituants se répartissent de manière inégale au sein des différentes fractions histologiques du grain.

Tableau 02 : Distribution histologique des principaux constituants des grains du blé (Feillet, 2000).

| | (%) grain | (%) péricarpe | (%) aleurone | (%) albumen | (%) germe |
|--------------------------|-----------|---------------|--------------|-------------|-----------|
| Amidon | 69 | 0 | 0 | 82 | 0 |
| Protéine | 13.7 | 10 | 30 | 12 | 31 |
| Lipides | 2.7 | 0 | 9 | 2 | 12 |
| Sucres Réducteurs | 2.4 | 0 | 0 | 1.8 | 30 |
| Pentosanes | 7.4 | 43 | 46 | 1.6 | 7 |
| Cellulose | 2.8 | 40 | 3 | 0.1 | 2 |
| Minéraux | 1.9 | 7 | 12 | 0.5 | 6 |

- **L'amidon du blé** : Le grain de blé est principalement constitué d'amidon environ 70% de la matière sèche (MS). L'amidon est constitué d'amylose et d'amylopectine dans des proportions variables, l'amylose constitue 28% de l'amidon et l'amylopectine représente 72% de l'amidon du blé. Le granule d'amidon présente un aspect semi-cristallin dû à la conformation moléculaire de l'amylopectine (Lesage, 2011).

- **Les protéines du blé** : dans le grain de blé, elles sont essentiellement localisées dans l'albumen et dans la couche à aleurone (Berton, 2002). La couche à aleurone est constituée de 30 à 35 % de protéines. De même, le germe en comporte 35 à 40 % alors que le péricarpe, tout comme le centre de l'albumen ne contiennent que 6 à 9 % de protéines seulement, 70 à 80% des protéines se trouvent dans l'albumen (Zahid, 2010). Leur teneur est susceptible de varier de 8 à 20 %, selon la variété, les facteurs climatiques et agronomiques, et de la maturation du grain (Berton, 2002).

- **Lipides du grain** : le grain de blé contient environ 2,7 % de lipides, se trouvent essentiellement dans l'albumen (environ 60 %), dans la couche à aleurone (24 %) et dans le germe (13 %). Les lipides se trouvent aussi bien à l'état «libre» que «lié» aux composants de l'amidon (Berton, 2002). Ouzouline *et al.* (2009) révèlent que les grains de blé dur sont plus riches en acides gras totaux et présentent une teneur plus importante en acide oléique (19 à 21%).

- **Pigments et Vitamines** : se concentrent surtout dans le péricarpe et le germe à des teneurs très faibles. Les grains de blé contiennent principalement trois vitamines, la vitamine B1, B2 et PP, d'autres vitamines sont aussi présentes mais avec une faible teneur (Djelti, 2014).

- **Enzymes** : ils sont présents en faible quantité dans le grain, les plus importants, selon Zettal (2017) sont :

* Les protéases : trouvées en quantité relativement faible, dont l'une d'elles coupe les chaînes polypeptidiques en leur milieu avec une production de molécules de masses encore élevée.

* Les amylases : hydrolases capables de dégrader spécifiquement les liaisons glucosidiques de l'amidon (amylase et amylopectine) qui vont être utilisées par les levures durant le processus de la fermentation paninaire.

* La lipase : enzyme lipolytique son activité se concentre dans la couche à aleurone et augmente au cours de la germination. Dans la farine elle croît avec le taux d'extraction puisqu'elle augmente la production d'acides gras insaturés lors de la mouture et la conservation.

- **Minéraux** : Ils sont présents dans le grain en faible quantité à raison de 2 à 3 % de la matière fraîche du grain. Les principaux minéraux sont le potassium, le magnésium, le cuivre souvent associés à des sels, notamment, des phosphates, des chlorures ou des sulfates (Saulnier, 2012).

- **L'eau** : l'eau dans le blé représente 8 à 9 % avec une valeur moyenne de 14%. Du point de vue physique et chimique son action de solvant favorise les réactions enzymatiques et les attaques microbiennes lorsque sa teneur dans le gain dépasse un certain seuil (Djelti, 2010).

1.5. Variétés et catégories de blé

Il existe un très grand nombre de variétés de blé. Les cultivateurs et les producteurs essaient d'adapter au mieux ces variétés en fonction de la nature du sol et du climat de la région, afin d'obtenir le meilleur rendement possible. Toutes les différentes variétés de blé sont classées en trois grandes catégories (Ait kaki, 2007) :

1.5.1. Les blés tendres : les grains des blés sont arrondis, les enveloppes sont épaisses, sans transparence. Ils se prêtent particulièrement bien à la mouture ; en effet, lors du passage entre les cylindres, les enveloppes s'aplatissent et s'ouvrent sans se broyer, libérant l'amande et donnant une très forte proportion de son. Les blés tendres permettent d'obtenir une farine de bonne qualité, contenant environ 8 à 10 % de gluten, ayant de bonnes aptitudes pour la panification (Ait kaki, 2007).

1.5.2. Les blés durs : cette catégorie de blé est cultivée dans les pays de climat chaud et sec. Les grains de blés durs sont allongés, souvent même pointus, les enveloppes sont assez minces et légèrement translucides. Ils donnent moins de son que les blés tendres et la farine obtenue, bien que contenant plus de gluten (12 à 14 %), se prêtent moins bien à la panification (Ait kaki, 2007).

1.5.3. Les blés mitadins : ces blés ont des caractéristiques et des qualités intermédiaires entre les blés tendres et les blés durs. Les grains sont plus plats que les grains de blé tendre et moins longs que ceux du blé dur. Les enveloppes assez résistantes sont d'une épaisseur moyenne. Contenant du gluten de très bonne qualité, les blés mitadins sont parfois employés comme des blés de force, mélangés à des blés tendres, ce qui donne des farines de très bonne qualité pour la panification (Abecassis, 1993 cité in Ait kaki, 2007).

1.5.4. Variétés de blés cultivées en Algérie

Malgré la grande richesse des ressources génétiques, les variétés connues actuellement présentent un spectre assez réduit au regard de la diversité des conditions agro-climatiques de l'Algérie pour plusieurs raisons, dont quelques unes sont liées à une méthodologie d'amélioration empirique, d'autres à l'introduction précipitée de matériel végétal présentant des caractéristiques d'adaptation spécifique (Ait kaki, 2007).

1.6. Etat de la production et l'utilisation du blé dans le monde

Le blé compte parmi les espèces les plus anciennement cultivées, et constitue la base de l'alimentation d'une grande partie de l'humanité. La demande en blé est prévue d'augmenter avec l'augmentation de la population mondiale. La figure 02 illustre la répartition des grandes zones de production de blé dans le monde [2].

Le tableau 03 donne un aperçu général sur le marché mondial du blé selon des statistiques de 2018 élaborés par la FAO.

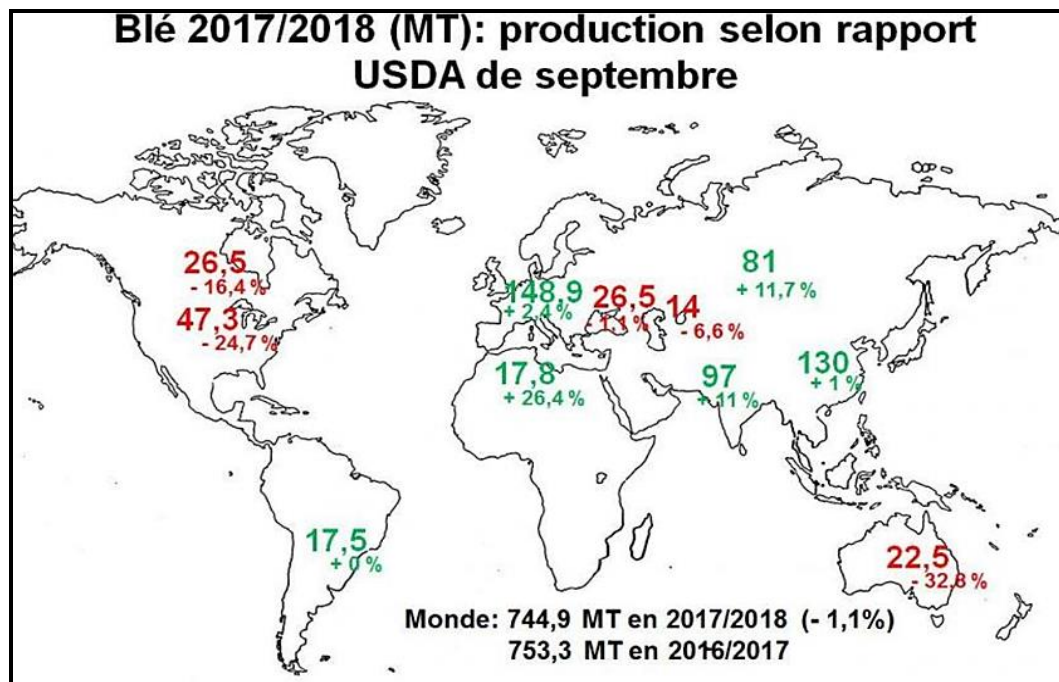


Figure 02 : Production du blé dans le monde en 2017/2018 (en Mt) [2]

Tableau 03: Aperçu général du marché mondial du blé (FAO, 2018)

| | 2016/17 | 2017/18 (<i>Estimation</i>) | 2018/19 (<i>Prévision</i>) | Variation: 2018/19 par rapport à 2017/18 |
|---------------------|---------------------------|---|--|---|
| | Millions de tonnes | | | (%) |
| Production | 757.2 | 756.8 | 736.1 | -2.7 |
| Commerce | 176.4 | 173.5 | 175.0 | 0.9 |
| Utilisation totale | 734.8 | 738.2 | 741.1 | 0.4 |
| Alimentation | 498.1 | 503.5 | 508.9 | 1.1 |
| Fourrage | 143.1 | 142.8 | 143.6 | 0.6 |
| Autres utilisations | 93.7 | 91.9 | 88.5 | -3.6 |
| Stocks de clôture | 256.3 | 273.4 | 264.2 | -3.3 |

1.7. Etat de la production du blé en Algérie

1.7.1. Production et consommation du blé en Algérie

Chaque année, environ 3,3 millions d'hectares sont consacrés à des cultures céréalières dont environ 1,5 million d'hectares sont plantés de blé dur et 600 000 hectares de blé tendre. Le blé étant le produit de consommation de base, les habitants des pays magrébins sont les plus gros consommateurs de cette denrée au monde notamment l'Algérie avec près de 600 grammes par personne et par jour (Abis, 2012). Zettal (2017), rapporte que, cette consommation de blé a légèrement augmenté ces dernières années en raison de l'urbanisation accrue, de la croissance de la population et de l'augmentation de la capacité de broyage. Durant l'année 2014, l'Algérie est classée en quatrième position au niveau Africain et à la dix-septième position au niveau mondial avec une production du blé de 2.4 millions de tonnes, colletée et constituée en moyenne de 58,7% de blé dur et 33%, de blé tendre (FAO, 2014).

1.7.2. L'importation de blé en Algérie

Sur le marché mondial, l'Algérie demeure toujours parmi les grands importateurs de céréales (en particulier le blé dur et le blé tendre) du fait de la faible capacité de la filière nationale à satisfaire les besoins de consommation croissants de la population (Ammar (2014) cité in Zettal, 2017). L'Algérie a importé de 6 à 7 Mt par an de blé total au cours des cinq dernières années, le blé tendre représentait environ 80 % du blé total importé en 2015, tandis que les importations de blé dur représentaient seulement 20 %, car elle produit moins de blé tendre que de blé dur et la production domestique ne répond pas à la demande malgré l'augmentation des rendements due à la stratégie agricole (Zettal, 2017). La France reste le principal fournisseur de blé en Algérie représentant 54% pour cent des importations en 2015 principalement en blé tendre. Le blé dur est importé du Canada, du Mexique et des États-Unis (Zettal, 2017). Selon un rapport publié par le Département de

l'Agriculture des États-Unis en août 2018, l'Algérie demeure parmi les plus gros importateurs de blé du monde, et ses importations céréalières totales en particulier le blé tendre et le maïs, sont estimées entre 12 et 13 millions de tonnes par an.

1.7.3. Les contraintes de la production du blé en Algérie

Les contraintes qui entravent la production du blé en Algérie sont celles que subit toute la filière céréalière, les aborder revient à analyser les paramètres de la production à caractère naturel, socioéconomique et structurel qui auraient une incidence sur le niveau de la productivité au pays (Bourihane et Mekkaoui., 2013) :

1.7.3.1. Les contraintes naturelles

La production du blé en Algérie est dépendante d'un certain nombre de contraintes naturelles, et la pluviométrie en constitue l'une des plus importantes, en effet, les précipitations du pays ne sont pas conséquentes et n'arrivent pas toujours en temps opportun et en quantités suffisantes (Bourihane et Mekkaoui., 2013), ajouter à cela plusieurs autres contraintes intervenant dans la limitation des rendements, parmi lesquelles figurent : les fléaux et accidents (incendies, invasion de criquets ... etc), l'érosion de la terre, qui touche notamment les terres des zones telliennes, la déforestation et le surpâturage qui fragilisent les écosystèmes et contribuent à la dégradation du couvert végétale, les catastrophes climatiques comme le gel, la sécheresses et le sirocco dans certaines zones (Dali *et al.*, 2010 ; Monneveux et Nemmar, 1986).

1.7.3.2. Les contraintes techniques culturales

Les insuffisances techniques dont souffre la production céréalière en général et celle du blé en particulier sont très nombreuses, mais les principales se résument selon Dali *et al.* (2010) et ITGC (2015) comme suit :

- L'utilisation abusive du covercrop (utilisé comme moyen de labour, de recroisement et de recouvrement de la graine),
- La mauvaise préparation du sol (lit de semences),
- L'indisponibilité des engrais azotés en quantité et au moment de son utilisation,
- L'irrigation peu développée où l'on note, au niveau national un taux de réalisation très faible, et ce pour diverses raisons comme manque de sources et matériel d'irrigation et manque de sensibilisation,
- Les pertes à la récolte, assez importantes, dues principalement ; au retard de la récolte, et au mauvais réglage des moissonneuses-batteuses,

- Utilisation, par les céréaliculteurs de certaines régions, de la semence de ferme non traitée contre les maladies fongiques.

1.7.3.3 : Les contraintes foncières

Bien qu'ils ont toujours constitué les points sur lesquels se focalisent les expériences et tentatives d'amélioration ou d'intensification de la production agricole, le statut de la terre, la dimension, le morcellement, la localisation des parcelles, et le mode de gestion dont sont caractérisées les exploitations agricoles algériennes se montrent comme de principales entraves qui empêchent une croissance importante de la production agricole notamment celle du blé (Abdouche, 2000).

1.7.3.4. Les contraintes logistiques

Selon Moula *et al.* (2010) et Aouali *et al.* (2010), les contraintes logistiques dont souffre la production du blé, concernent le secteur agricole en entier, et il s'agit principalement de facteurs suivants :

- Les éléments de stratégie ne sont pas bien définis et les indicateurs de planification ne sont pas identifiés,
- L'insuffisance des moyens de collecte de récoltes et de transport,
- L'insuffisance des structures de stockage et des équipements de conditionnement,
- L'insuffisance en intrants pour le bon déroulement du programme (semences, herbicides, matériel agricole spécifique).

1.7.3.5. Les contraintes économiques

Les contraintes économiques sont liées aux coûts de production élevés résultants de la cherté des facteurs de production et du matériel agricole. Par ailleurs il existe plusieurs facteurs à caractère économique qui causent de sérieux blocages techniques à la production du blé, et au maintien de la politique d'intensification céréalière, à titre d'exemple le rapport céréales- élevage défavorable à la céréaliculture ; en effet, dans les conditions actuelles, l'élevage associé à la jachère et /ou à une céréaliculture extensive, génère plus de valeur ajoutée qu'une céréaliculture intensive, et ce grâce aux prix élevés des viandes rouges (Bourihane et Mekkaoui, 2013).

*Chapitre 02 : Les critères
d'appréciation de la
qualité du grain de blé dur*

Chapitre 02 : Les critères d'appréciation de la qualité du grain de blé dur

Maziani (2016) rapporte que, la notion de qualité est complexe, elle est conditionnée par les habitudes alimentaires, les spécificités des blés et les technologies de transformation utilisées. La qualité est une somme de caractéristiques qui vont du rendement semoulier jusqu'à l'aptitude à la transformation, et s'élabore toute au long du cycle de développement pour répondre d'une part aux attentes des industriels, semouliers et postiers et d'autre part aux critères nutritionnels, organoleptiques et hygiéniques. Il existe plusieurs critères pour l'appréciation de la qualité des grains de blé dur, et ils dépendent en partie de la variété et des techniques culturales :

2.1. Caractéristiques physicochimiques

2.1.1. Taux de protéines

- **Définition**

Le taux des protéines correspond au rapport de la masse des protéines contenue dans un échantillon sur la masse sèche. Ce critère est un paramètre clé car de nombreux débouchés, l'export notamment, demandent des taux de protéines élevés, supérieurs à 14 % pour les blés durs (Chégut, *et al.*, 2018).

- **Intérêt**

La teneur en protéines est un critère important d'appréciation de la qualité des blés aussi bien pour l'alimentation animale (valeur alimentaire d'un produit) que pour l'alimentation humaine (valeur d'utilisation). La teneur en protéines est un des critères intéressants à prendre en compte dans le classement des lots à la réception dans les contrats (I.T.C.F., 2001).

2.1.2. Teneur en eau

- **Définition**

La teneur en eau est la perte de masse, exprimé en pourcentage, subie par le produit (JORA, 2013).

- **Intérêt**

La mesure de la teneur en eau des céréales et des produits dérivés est une opération capitale qui présente trois intérêts principaux (I.T.C.F., 2001) :

- ✓ Intérêt technologique, pour la détermination et la conduite rationnelle de l'opération de récolte, de séchage, de stockage ou de transformation industrielle.

- ✓ Intérêt analytique, pour rapporter les résultats des analyses de toute nature à une base fixe (matière sèche ou teneur en eau standard).
- ✓ Intérêt commercial et réglementaire, les contrats commerciaux et les normes réglementaires fixent des seuils de teneur en eau à partir desquels sont appliquées des bonifications et des réfections.

2.1.3. Le poids spécifique (PS)

- **Définition**

La masse volumique dite masse à l'hectolitre, appelée aussi poids spécifique (PS) ou poids à l'hectolitre (PHL) a pour objet la mesure de la masse d'un certain volume de grains, impuretés et masse de l'air présents dans les espaces inter-granulaires (Aziez *et al.*, 2003) .

- **Intérêt**

La masse volumique est un élément important dans la fixation du prix marchand. Le PS est supposé permettre la reconnaissance des blés anormaux (à PS faible), et renseigner sur le rendement en farine d'un blé (Aziez *et al.*, 2003).

2.1.4. Poids de mille grains

- **Définition**

Selon I.T.C.F. (2001), le poids de mille grains permet de déterminer le poids moyen des grains en pesant mille. Les résultats sont exprimés comme masse de 1000 grains tels quels (masse de 1000 grains avec leur teneur en eau existant au moment de la détermination) et masse de 1000 grains sec après la détermination de la teneur en eau des grains préalablement (rectifiée de manière à tenir compte de leur teneur en eau existant au moment de la détermination).

- **Intérêt**

La masse de 1000 grains ou le poids de 1000 grains (PMG) présente deux intérêts principaux (I.T.C.F., 2001) :

- ✓ **Intérêt agronomique** : La taille d'un grain est une caractéristique essentiellement variétale, mais elle dépend également des conditions de culture. La masse de 1000 grains est une composante de rendement agronomique des céréales. Elle permet également aux agriculteurs de calculer les doses de semences pour répondre à un objectif de densité de semis.

La détermination du poids de 1000 grains peut fournir une évaluation du degré d'échaudage d'une variété connue. Ce critère est fonction de la variété et des conditions de culture.

✓ **Intérêt technologique** : Elle est l'un des indicateurs du rendement technologique dans les industries de première transformation (rendement semoulier, meunier ou brassicole).

2.1.5. Taux de mitadinage

• Définition

Le mitadinage est un accident physiologique du blé dur intervenant au cours de sa maturation (Magrini *et al.*, 2013), c'est un passage des grains de l'état vitreux à l'état farineux (Fig. 03) (Benchikh *et al.*, 2016), et il se traduit par des anomalies de texture et de couleur des grains affectant la fabrication de semoule (Magrini *et al.*, 2013).

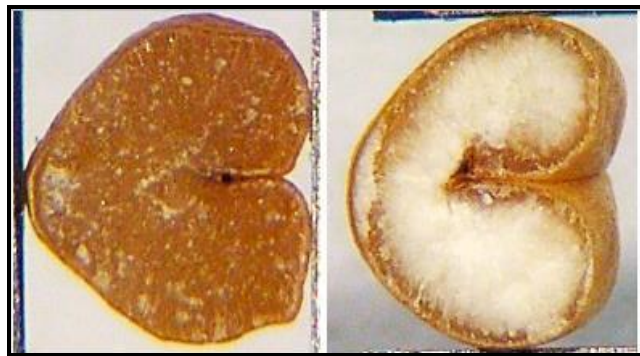


Figure 03: Grain vitreux (à gauche) et grain mitadiné (à droite) observés au microscope optique (Baasandorj (2014) cité in kalarasse, 2018)

• Intérêt

Le taux de mitadinage rend compte des proportions d'amande farineuse et vitreuse. L'influence défavorable exercée par un fort taux de mitadinage sur le rendement en semoule n'est guère discutée (Abecassis *et al.*, 1990).

2.1.6. Taux de cendres

• Définition

La teneur en cendre des grains exprime la quantité de matière minérale existante (Benchikh *et al.*, 2016).

- **Intérêt**

La mesure de la teneur en cendre a un intérêt essentiellement réglementaire. Elle permet de classer les farines selon les types définis par la réglementation et les semoules de blé dur, pour la fabrication des pâtes alimentaires (I.T.C.F., 2001).

2.1.7. Taux de moucheture

- **Définition**

La moucheture du blé dur (Fig. 04) se caractérise, sur les grains mûrs, par des plages de coloration brune ou noire en d'autres endroits que sur le germe. Elles sont pénalisantes car on les retrouve dans la semoule et dans les pâtes alimentaires. La dépréciation de la valeur marchande des lots de blés durs peut être très importante avec des réfections de prix, voire des refus de lots présentant des taux de moucheture supérieurs à 5%. Ce pourcentage correspond au poids des grains mouchetés par rapport au poids total de l'échantillon (Aziez *et al.*, 2003).



Figure 04 : grains de blé dur mouchetés [3]

- **Intérêt**

L'objectif est essentiellement commercial, la moucheture déprécie la valeur semoulière. La détermination du taux de moucheture se fait sur un échantillon de 20 grammes de blé dur d'une manière visuelle, les grains mouchetés sont ceux qui présentent des colorations entre brun et noire dans d'autres endroits que le germe et sont exprimés en gramme de grains mouchetés par rapport à 100 grammes d'échantillons (Aziez *et al.*, 2003) .

2.1.8. Dureté

- **Définition**

La dureté est une caractéristique physique du grain, essentiellement variétale, elle exprime l'état de cohésion de l'amande et qui se traduit par sa résistance mécanique à l'écrasement (I.T.C.F. 2001).

- **Intérêt**

La dureté présente un intérêt à la fois technologique et commercial (I.T.C.F. 2001) :

- En meunerie, la dureté influe fortement le comportement des grains en mouture, en particulier leur préparation, la facilité de séparation farine-son, l'énergie consommée par le moulin, ainsi que le rendement en farine. Par ailleurs elle a une influence sur les caractéristique des farines produites quant à leur granulométrie et à leur capacité d'absorption d'eau dans l'industrie de cuisson.

- Au Canada, aux Etats-Unis et en Australie, la notion de dureté (soft ou hard) est utilisée pour définir les catégories de blé mises en marché.

2.2. Caractéristiques technologiques

Les qualités technologiques des variétés de blé dur, comme celles de blé tendre, sont essentiellement liées à la composition de leur gluten et aux propriétés physicochimiques de ses constituants (Godon *et al.*, 1981).

2.2.1. Taux de gluten

- **Définition**

Le gluten est le complexe protéique viscoélastique que l'on peut obtenir par lixiviation de la pâte ; malaxage en présence d'une eau salée et tamisage pour retenir les parties non solubles. Le gluten est constitué d'un mélange hétérogène de gluténines et gliadines. Les gliadines sont des protéines monomériques de poids moléculaire allant de 15 à 85 KDa, et les gluténines sont par contre, des protéines polymérisées par liaisons covalentes et leur poids varie de 200 KDa à plus de 45000 KDa (Branlard, 2012 ; Kleijer, 2011).

- **Intérêt**

Selon I.T.C.F. (2001), le gluten présente la caractéristique de pouvoir former un réseau viscoélastique dont les propriétés d'extensibilité et de tenacité ont une influence sur le comportement des pâtes en cours de fabrication et sur la qualité de produit fini (pain, biscuit, pâte ...).

2.3. Altération des grains de blé

Au cours de leur stockage, les graines de céréales subissent des altérations diverses. Ces altérations peuvent être de nature physiologique, avec une perte de la faculté germinative ou une baisse de la vigueur, ou de nature physico-chimique, avec une baisse de la valeur technologique et nutritionnelle (Caid *et al.*, 2008).

2.3.1. Altérations enzymatiques

Les altérations enzymatiques dues aux enzymes propres aux grains se manifestent de façon variée. Ce sont d'abord des hydrolases, agissant sur les protéines, les lipides et les glucides donnant des produits qui peuvent se dégrader ensuite par autres voies (Multon (1982) cité in Ben Chibane, 2012). C'est ainsi que les lipases libèrent des acides gras qui sont ensuite oxydés par la lipoxygénase. Les amylases hydrolysent l'amidon en sucres fermentescibles. Il ne faut pas négliger cette altération enzymatique car certains produits peuvent être toxiques tel que les produits de la fermentation (AFNOR, 1986).

2.3.2. Altération d'origine physique

2.3.2.1. Durée de stockage

Nour et Brinis (2016) ont montré que les détériorations provoquées par la durée du stockage se manifestent, par une diminution de la vitesse et du taux de germination, un ralentissement de la croissance des plantules et l'apparition de plantules anormales.

2.3.2.2. Température

Les températures élevées de 20 °C à 40 °C qui y règnent couramment accélèrent les activités biologiques des microorganismes vivants. Les températures permettant de caractériser les plages de germination et de développement des insectes et des microorganismes sont comme suit (Cruz *et al.*, 2016) :

- Germination : 16 °C à 42 °C.
- Développement d'insectes : 13 °C à 41 °C.
- Développement des moisissures et bactéries : - 8 °C à 80 °C.

2.3.2.3. L'humidité

L'humidité des grains stockés est le facteur de détérioration le plus important. Les grains stockés humides sont le siège d'échauffements, de développement de moisissures et parfois de germinations (Cruz *et al.*, 2016).

D'autres altérations d'origine mécanique dues à des chocs entraînent des cassures et favorisent les autres causes d'altération, l'utilisation des radiations telles que les rayons gamma et les rayons ultra-violet (UV) peuvent provoquer des altérations radiochimiques tels que la pyrolyse, redistribution de l'eau dans le grain et l'adhésion de l'amidon et des constituants protéiques (AFNOR, 1986 ; Bourdeau et Ménard, 1992).

2.3.3. Altération d'origine biologique

Les principaux agents biologiques responsables de l'altération des grains du blé au cours du stockage sont les microorganismes, la quantité de matières verte végétale, les insectes, les acariens et les rongeurs [3] :

- **Les microorganismes**

Les micro-organismes (moisissures, levures, bactéries) sont des agents biologiques présents toujours sur la surface des grains. Au cours de stockage, ce sont surtout les moisissures qui constituent la menace la plus fréquente car elles peuvent se développer dès que l'humidité relative de l'air dépasse 65%, alors que les levures ou les bactéries ne se développent que sur les grains très humides (Cruz *et al.*, 2016). Les moisissures provoquent le brunissement et la mort des embryons, elles ont une activité lipolytique souvent importante et entraînent une augmentation de l'acidité (Bourdeau et Ménard, 1992). Les moisissures libèrent des enzymes, qui arrêtent la germination des grains. Elles diminuent la qualité des produits par décoloration et changement de goût (mauvaise saveur ou mauvaise odeur) ainsi que leur valeur nutritive (Hayma, 2004).

- **La quantité de matières verte végétale**

La quantité de matières verte végétale (feuilles, tiges fragments de végétaux...) doit être réduite au minimum. La teneur en humidité élevée de ces corps étrangers augmente la teneur en eau des grains, ce qui accélère la respiration et la germination du grain (Bourdeau et Ménard, 1992).

- **Les insectes**

Les infestations par les insectes peuvent se produire soit sur le terrain, avant la récolte, soit sur les lieux de stockage des produits ; et dans certains cas, ces infestations sont

difficiles à déceler à l'œil nu, car les dégâts sont provoqués par les larves qui se développent à l'intérieur des grains. Les principaux insectes susceptibles d'infester les produits stockés appartiennent aux familles suivantes :

- les coléoptères (dégâts provoqués par les larves et les insectes adultes) ;
- les lépidoptères (dégâts provoqués seulement par les larves).

Les insectes sont responsables de pertes parfois significatives de produit, et leur activité biologique (production de déchets, respiration, etc.) compromet la qualité et la valeur commerciale des grains stockés, et favorise le développement de micro-organismes [4].

- **Les acariens**

Les acariens sont un ordre de très petits arachnides. Ils constituent un danger économique non seulement pour le dégagement de mauvaises odeurs, mais aussi pour l'altération des grains (Bourdeau et Ménard, 1992).

- **Les rongeurs**

Les rongeurs s'installent et se multiplient à l'intérieur ou au voisinage des lieux de stockage, car ils y trouvent leur nourriture en abondance. Les importants dégâts qu'ils provoquent affectent non seulement les produits conservés, mais encore les emballages et même les structures de stockage. Les principaux rongeurs, les plus communs, susceptibles de s'attaquer aux produits stockés, appartiennent aux espèces suivantes :

- - Rat noir, dit aussi "rat de grenier" (*Rattus rattus*),
- - Surmulot ou rat gris, dit aussi "rat d'égout" (*Rattus norvegicus*),
- - Souris (*Mus musculus*).

L'action prolongée de ces ravageurs se traduit inévitablement par de graves pertes quantitatives de produits stockés. Il faut ajouter à ces pertes celles qui découlent de la diminution de qualité des denrées, causée par les souillures (déjections, sécrétions) abandonnées par les rongeurs dans les produits stockés. Cette contamination est importante tant sur le plan commercial que sur celui de l'hygiène et de la santé. En effet, les rongeurs sont souvent les vecteurs de graves maladies (rage, leptospirose, etc.) [4].

Chapitre 03 : Matériel et méthodes

Chapitre 03 : Matériel et méthodes

3.1. Objectif de l'étude

A travers cette étude dans les moulins AMOR BENAMOR situé à El -Fedjoudj (wilaya de Guelma) au niveau de laboratoire de la qualité pendant deux mois ; nous avons réalisé de mettre le point sur le contrôle de la qualité physicochimique et technologique des grains de cinq variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) cultivées en Algérie, en les comparant avec le blé dur Canadien.

3.2. Présentation du site de l'expérimentation

L'analyse des différents paramètres étudiés a été effectuée au niveau des moulins AMOR BENAMOR (Fig. 05). Ces moulins font partie d'un groupe familial spécialisé dans l'agroalimentaire, fondé par le défunt père (Amor Benamor) en 1984, elles constituent un important complexe industriel implanté dans la zone industrielle d'El-Fedjoudj à l'Ouest de la Wilaya de Guelma (Nord-Est Algérien), situé à une latitude de 36.4641439 et une longitude de 7.4455. Créé en septembre 2000, ce complexe occupe une superficie de 42500 m², et se caractérise par une capacité de production de 700 T/J, et une capacité de stockage de blé de 27 500 tonnes (Bellagoun et Medini, 2015 ; Kalarasse, 2018).

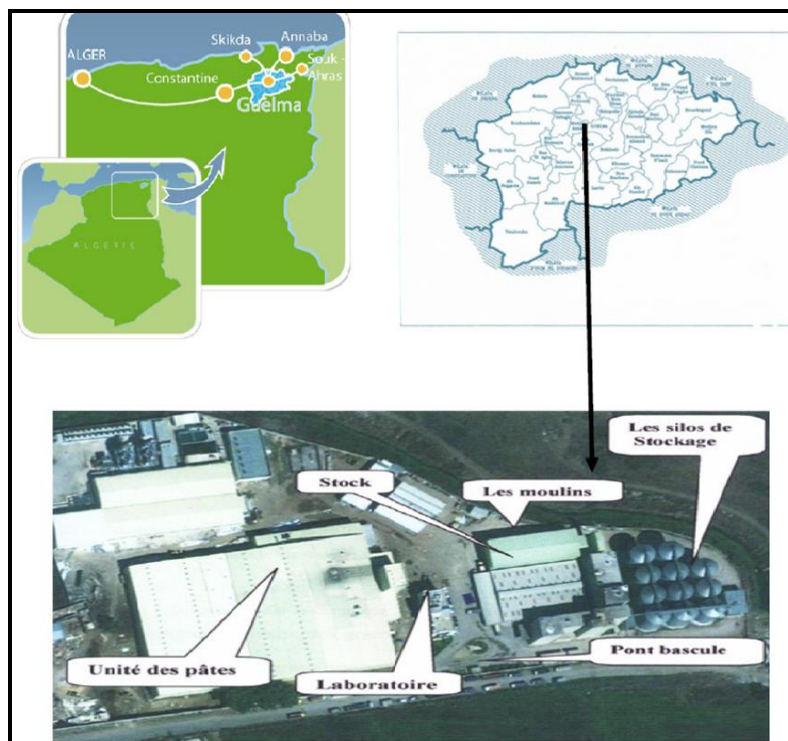


Figure 05 : Présentation des moulins AMOR BENAMOR
El Fedjoudj–Guelma (Nord-Est Algérien)
(Belaid, 2012).

3.3. Matériel végétal utilisé

Cette étude a porté sur six variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) :

- Cinq variétés cultivées en Algérie, fournis par l'Institut Technique des Grandes Cultures (I.T.G.C.) de Guelma. La semence utilisée pour l'essai est une récolte de la campagne 2017-2018. Les caractéristiques des différentes variétés sont indiquées dans le tableau 04.

- Une variété d'origine canadienne, fournie par les moulins AMOR BENAMOR.

3.4. Tests réalisés et matériel utilisé

Les grains de blé dur des différentes variétés étudiées, ont fait l'objet de deux séries de tests, réalisés au sein du laboratoire de contrôle de la qualité des moulins AMOR BENAMOR : Tests physicochimiques, et tests technologiques. Pour chacune des séries, différents paramètres ont été mesurés :

3.4.1. Tests physicochimiques

3.4.1.1. Taux de protéines et d'humidité

❖ Principe

Le taux de protéines et d'humidité des grains de blé ont été déterminés par un analyseur spécifique : INFRATEC 1241 (Fig. 06).

l'INFRATEC 1241 est un instrument d'analyse de grains entiers utilisant la technologie de transmission, par spectroscopie dans le « Proche-Infrarouge » reposant sur l'absorption de la lumière par l'eau et d'autres molécules organiques et inorganiques. Il est utilisé pour tester de nombreux paramètres (humidité, protéines, huile, amidon, etc.) dans une large gamme de céréales et d'oléagineux. Ce procédé d'analyse est rapide, fiable et facile à réaliser (Kalarasse, 2018).

❖ Appareillage

Infratec™ 1241

❖ Mode opératoire

La détermination de la teneur en protéines se réalise selon les étapes suivantes :

- Placer un échantillon homogénéisé de grains dans la cellule de mesure.
- Comprimer l'échantillon dans le compartiment, en utilisant le dispositif de tassement. Pour lancer l'analyse, appuyer sur la touche ENTER.

Tableau 04 : Principales caractéristiques des différentes variétés de blé dur cultivées en Algérie et utilisées dans cette étude (Boufenar-Zaghouane et Zaghouane, 2006).

| Variétés | Origine | Principales caractéristiques |
|---------------|---------|--|
| Sémito | Italie | <p>Caractéristiques variétales :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Semi-précoce de type hiver à tallage fort avec un rendement en grain optimal de 50qx/ha et de poids de mille grain moyen. ❖ Tolérante au froid et sensible à la sécheresse. ❖ Tolérante à la verse. <p>Caractéristiques technologiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Assez résistante à la moucheture et de qualité très bonne. |
| Vitron | Espagne | <p>Caractéristiques variétales :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Semi-précoce de type hiver à tallage moyen avec un rendement en grain optimal de 60qx/ha et de poids de mille grain élevé ❖ Résistante au froid et sensible à la sécheresse ❖ Tolérante à la verse <p>Caractéristiques technologique :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Assez résistante à la moucheture et au mitadinage. |
| GTA dur | Mexique | <p>Caractéristiques variétales :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Précoce de type hiver à tallage fort avec un rendement en grain optimal de 50qx/ha et de poids de mille grain moyen, ❖ Résistante au froid et à la sécheresse ❖ Moyennement résistante à la verse. <p>Caractéristiques technologique :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Assez sensible à la moucheture et de qualité bonne. |
| Ammar 6 | Algérie | <p>Caractéristiques variétales :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Précoce de type hiver à tallage fort avec un rendement en grain optimal de 50qx/ha et un poids de mille grain élevé, ❖ Résistante au mitadinage. <p>Caractéristiques technologiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ La qualité de la semoule est bonne. |
| Oued el-Bared | Algérie | <p>Caractéristiques variétales :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Précoce de type hiver à tallage fort avec un rendement en grain optimal : 52,83 qx/ha et de poids de mille grain élevé, ❖ Tolérante au froid et à la sécheresse, ❖ Résistante à la verse. <p>Caractéristiques technologiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ La qualité de la semoule est bonne. |

- Lorsque les résultats apparaissent à l'écran, essayer de vider le tiroir de la quantité de la première analyse, et de le rendre à sa place dans l'appareil ; l'Infra tec TM11241 sera alors prêt pour une nouvelle analyse. Trois répétitions sont réalisées pour ce test pour chaque variété.

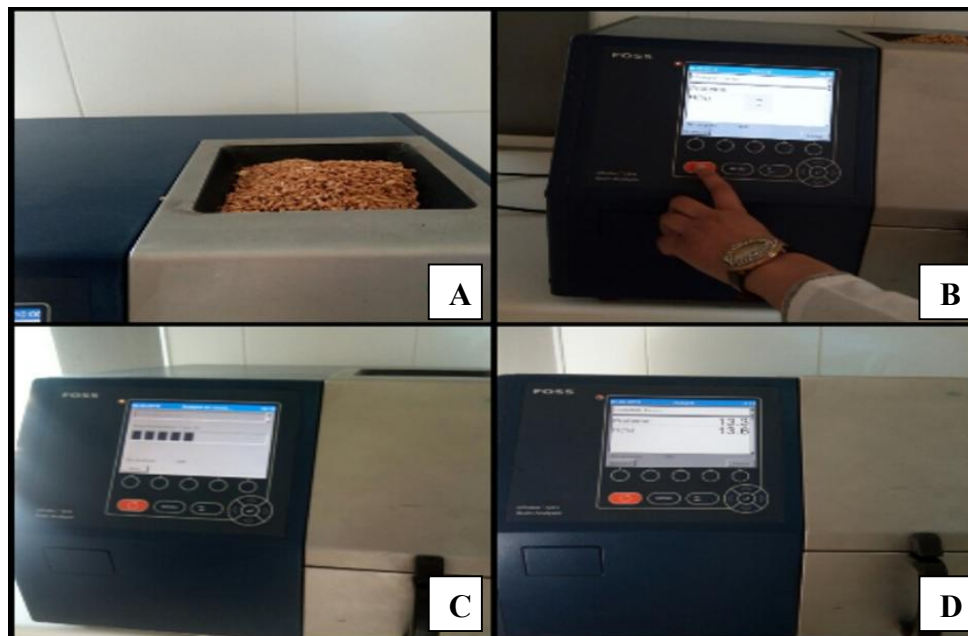


Figure 06: Mode opératoire pour déterminer la teneur en protéines et en humidité à l'aide de l'Infra Tec 1241. A : Trémie, B : clavier, C : Ecran d'affichage, D : les résultats apparaissent à l'écran (Photo personnelle).

❖ Expression des résultats

Selon l'I.T.C.F. (2001), cette méthode est identique à celle de la méthode de référence ; les résultats sont exprimés en pourcentage par rapport à la matière sèche (%MS). La précision des mesures dépend du produit analysé, de sa teneur en eau et de l'appareil utilisé.

3.4.1.2. Poids spécifique

❖ Principe

La masse à l'hectolitre est la masse d'un hectolitre de grains mesurée en kilogramme (Aziez *et al.*, 2003). Ce test a été réalisé en trois répétitions pour chaque variété de blé, selon la méthode décrite par Kalarasse (2018) :

❖ **Appareillage**

Le matériel utilisé pour la réalisation de ce test est le Niléma-litre (Fig. 07), il est constitué de :

- Mesure de un litre (Eprouvette)
- Balance romaine (max 1 Kg).



Figure 07 : Le Niléma-litre [4].

❖ **Mode opération**

L'éprouvette vide est pesée et son poids est taré ; puis les graines sont déposées dans l'éprouvette jusqu'au volume de 100 mL, le poids de l'éprouvette avec les grains est mesuré, et les résultats sont exprimés en Kg/Hectolitre selon la formule suivante (*Norme interne Amor Benamor*) :

$$PS \text{ (Kg à HL)} = PSa \text{ (g par 100 ml)} / 10$$

Où :

- *PS* : est le poids spécifique exprimé en Kg/ HL
- *PSa* : est le poids spécifique exprimé en gramme par 100 mL.

❖ **Expression des résultats**

La masse à l'hectolitre est exprimée en kilogramme par hectolitre (*Aziez et al., 2003*).

3.4.1.3. Poids de mille grains

❖ Principe

Le principe de la méthode repose sur le comptage automatique ou manuel du nombre de grains entiers contenus dans une prise d'essai de masse connue (I.T.C.F., 2001).

❖ Matériel

- Balance de précision (Résolution de 0,01 g).
- Pince.

❖ Mode opératoire.

- Prélever au hasard une quantité approximativement égale à la masse de 500 grains de l'échantillon tel quel et la peser.
- Sélectionner les grains entiers et peser le reste, en déduire par différence la masse des grains entiers puis compter ces derniers à l'aide de compteur de grains ou manuellement (Fig. 08).



Figure 08: Sélection et comptage manuelle des grains pour la détermination du PMG [5].

❖ **Expressions des résultats**

La masse en gramme de 1000 grains entiers tels quels (m_h), est donnée par la formule suivante (I.T.C.F., 2001) :

$$m_h = m_0 \times 100/N$$

Où :

- m_0 = masse des grains entiers (en gramme).
- N = le nombre des grains entiers contenus dans la masse m_0 .

La masse en gramme, de 1000 grains sur sec (m_s) est donnée par la formule :

$$m_s = m_h (100-H)/N$$

Où :

- m_h = masse de mille grains tels quels (en gramme)
- m_s = masse de mille grains secs (en gramme)
- H = teneur en eau des grains (en pour-cent)
- N = nombre des grains contenus dans m_0

3.4.1.4. Taux de mitadinage

❖ Principe

On entend par "taux de mitadinage", le pourcentage en nombre de grains de blé dur non entièrement vitreux. Un grain de blé dur présentant la moindre trace d'amande farineuse entre dans la catégorie des grains mitadinés. La détermination est faite sur 600 grains en comptant les grains mitadinés après les avoir coupés transversalement à l'aide du farinotome de Pohl (Hythier et Autran, 1995)

❖ **Appareillage**

- Farinotome de Pohl (Fig. 09).
- Pince ; scalpel.
- Bac ou cuvette.

❖ **Mode opération**

La détermination du taux de mitadinage (Fig. 10) a été faite selon la technique décrite par Aziez *et al.* (2003), en plusieurs étapes :

- La détermination s'effectue sur un échantillon propre ;
- Introduire une plaque dans le farinotome ;
- Epandre une poignée de grains sur la grille ;
- Tapoter vivement de façon qu'il n'y ait qu'un grain par alvéole.
- Rabattre la partie mobile pour maintenir les grains. Les couper.
- Préparer ainsi des plaques afin qu'au minimum 600 grains soient coupés.
- Compter le nombre de grains mitadinés, même partiellement.
- Calculer le pourcentage de grains mitadinés même partiellement

❖ **Expression des résultats**

Le taux de mitadinage exprimé en pourcentage, est calculé en utilisant la formule suivante, et où nous prenons en considération même les grains mitadinés partiellement (Aziez *et al.*, 2003) :

$$\text{Taux de mitadinage} = M \times (100-L)/100$$

Où :

- **M** = pourcentage de mitadins même partiels des grains propres examinés.
- **L** = masse des éléments qui ne sont pas des céréales de base de qualité irréprochable en grammes.



Figure 09 : Farinotome de Pohl
(Photo personnelle)

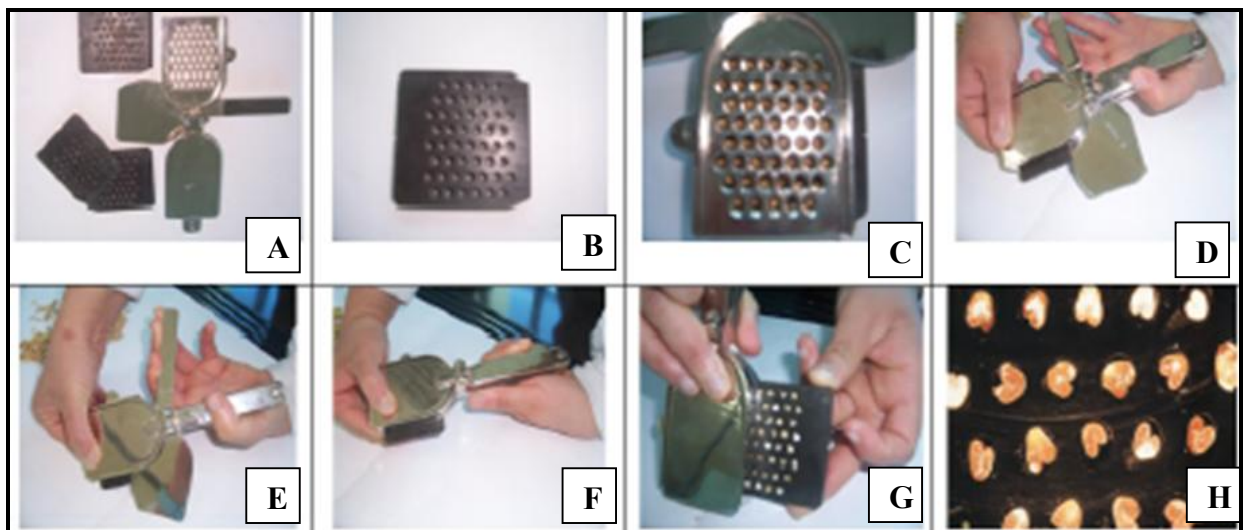


Figure 10 : Mode opératoire pour déterminer le taux de mitadinage avec le farinotome de Pohl
A : Farinotome de Pohl, B : plaque de farinotome avec 50 alvéoles, C : grille pleine, D, E, F : rabattre la partie mobile et les grains introduisant la lame de farinotome, G : faire sortir la plaque contenant les grains coupée, H : compter le nombre de grains mitadinés même partiellement
(Adaptée de I.T.C.F., 2001)

3.4.1.5. Taux de cendres

❖ Principe

Incinération d'une prise d'essai jusqu'à combustion complète des matières organiques puis pesée du résidu obtenu. Le résidu obtenu est floconneux après incinération à 550 °C et vitrifié après incinération à 900 °C (J.O.R.A., 2013).

❖ Appareillages

- Broyeur
- Capsule à incinération
- Dessiccateur
- Balance de précision (résolution 0,01 gramme).
- Four à moufle électrique
- Pince

❖ Mode opération

La détermination du taux de cendre a été effectuée selon la technique décrite par J.O.R.A. (2013) selon les étapes suivantes (Fig. 11) :

- **Détermination de l'humidité à l'aide de L'Infratec 1241**
- **Préparation de l'échantillon pour essai :** Prélever une quantité de grains entiers, homogénéiser et broyer l'échantillon dans un broyeur.
- **Préparation des capsules à incinération :** Les capsules à incinération convenant pour l'essai à 900 °C, sont préalablement nettoyées et portées à la température d'incinération utilisée en les plaçant dans le four à moufle pendant 5 min, les laisser refroidir dans le dessiccateur puis les peser à 0,1 mg près.
- **Préparation de la prise d'essai :** Peser rapidement à 0,1 mg près une prise d'essai égale à 3g.
- **Pré incinération :** Placer la capsule et son contenu à l'entrée du four porté à la température d'incinération. A 900 °C, Il est nécessaire d'ajouter de l'éthanol pour les enflammer.
- **Incinération :** Attendre que le produit ait fini de brûler puis introduire la capsule à l'intérieur du four. Fermer la porte du four. Poursuivre l'incinération jusqu'à combustion

complète du produit, y compris des particules charbonneuses contenues dans le résidu, pendant 2 heures à 900 °C. Une fois l'incinération terminée :

- Retirer la capsule du four, et la mettre à refroidir dans le dessiccateur pendant 45 min.
- Peser à 0,1 mg près et rapidement, en raison du caractère hygroscopique des cendres.
- Effectuer au moins deux déterminations sur le même échantillon pour essai.

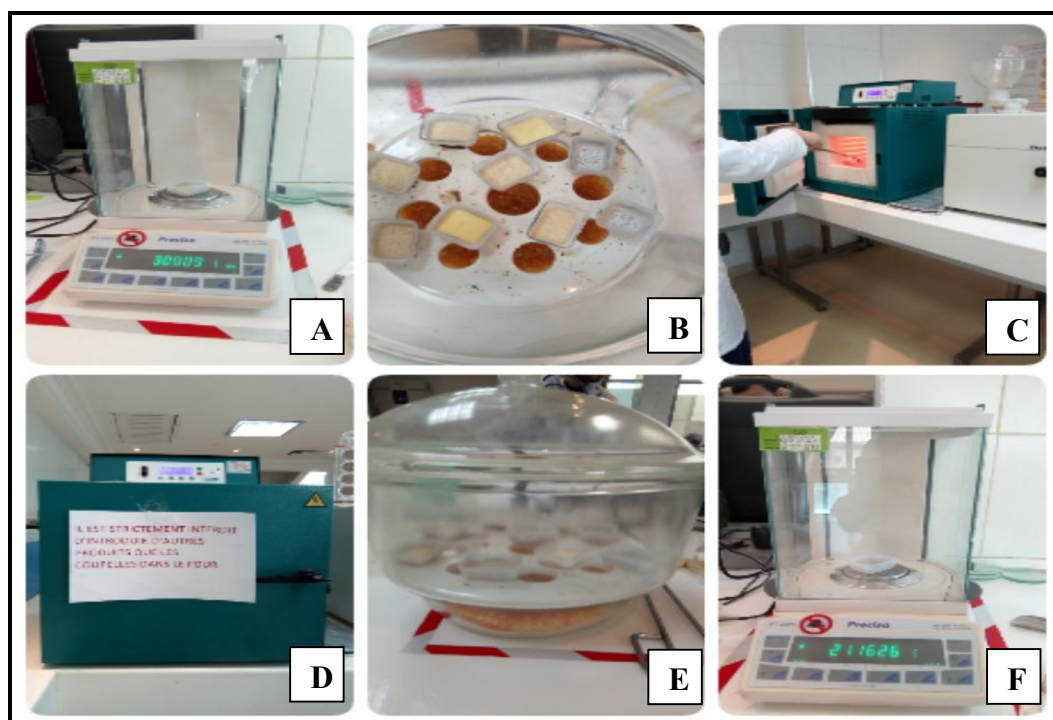


Figure 11 : Mode opératoire de la détermination du taux de cendre

A : mesurer 3g des grains broyer, **B** : placer les nacelles dans le dessiccateur, **C** : placer les nacelles dans le Four à moufle électrique, **D** : démarrer le programme de chauffe à 900 °C pendant 2 heures, **E** : transférer les nacelles dans un dessiccateur jusqu'à 45 min, **F** : peser et noter la masse

(Photo et légende personnelles).

- **Répétabilité** : La différence absolue entre deux résultats d'essai individuels indépendants, obtenus à l'aide de la même méthode sur un matériau identique soumis à l'essai dans le même laboratoire par le même opérateur utilisant le même appareillage et dans un court intervalle de temps, ne dépassera pas plus de 5 % des cas (J.O.R.A., 2013).

❖ **Expression des résultats**

Selon I.T.C.F. (2001) le taux de cendre exprimé en pourcentage, est calculé en utilisant les formules suivantes :

$$\begin{aligned} M &= PF - PI \\ MTQ &= M * 100 / 3 \\ TC &= MTQ * 100 / 100 - H \end{aligned}$$

Où :

- **M** : masse de résidu de l'échantillon après l'incinération.
- **PF** : poids final.
- **PI** : poids initial.
- **MTQ** : matière telle quelle
- **TC** : taux de cendre.

3.4.2. Tests technologiques

3.4.2.1. Détermination du taux de gluten (Gluten Index, Indice de gluten)

L'indice de gluten (Gluten Index) est défini comme le pourcentage de gluten humide qui est resté fixé sur un tamis spécial lorsqu'il est préparé et centrifugé conformément à la méthode standardisée prescrite.

Le principe de la méthode gluten index est montré dans la figure 12.

❖ **Appareillage**

L'ensemble de l'appareillage utilisé est montré dans la figure 13 :

- Glutomatic 2200 ,
- Bêcher de récupération de l'eau de lavage 600 mL,
- Chambre de lavage 88 µm pour la farine lisse,
- Cassette tamis gluten indice 88 µm,
- Cercle plexiglas pour chambre de lavage séparée,
- Balance de précision (0,01 mg).

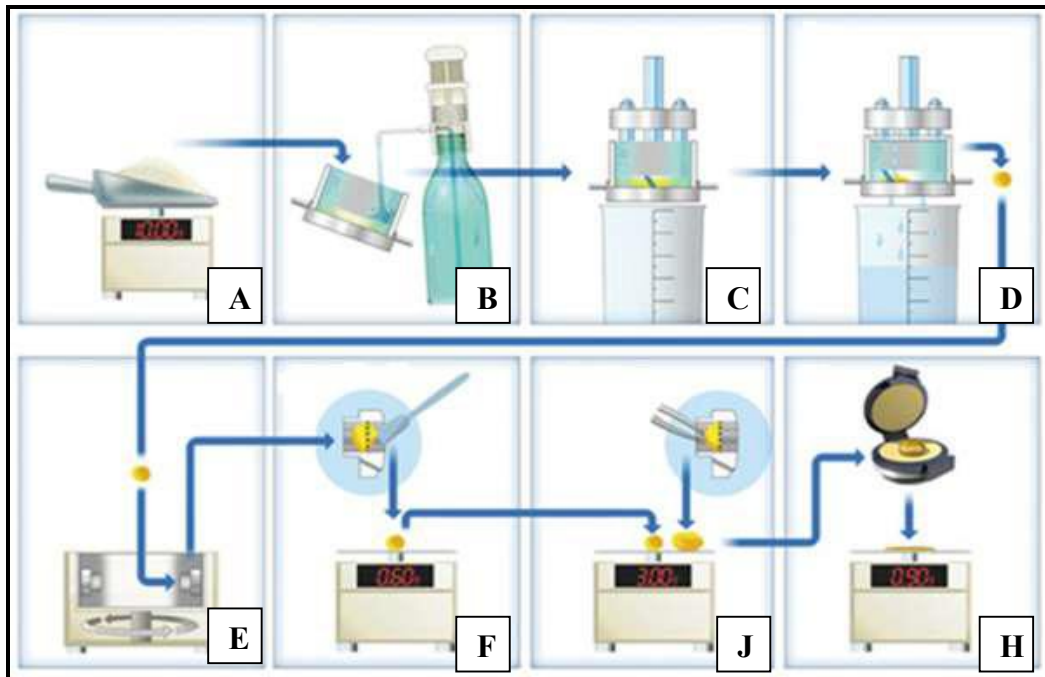


Figure 12 : Principe de la méthode de gluten index ; **A** : Pesée, **B** : Ajouts d'eau, **C** : Pétrissage de la pâte, **D** : Lavage, **E** : Centrifugation, **F** : Pesée de la fraction qui a traversé le tamis, **J** : Pesée des 2 fractions de gluten, **H** : Séchage et pesée du gluten sec (Pertén, 2015)

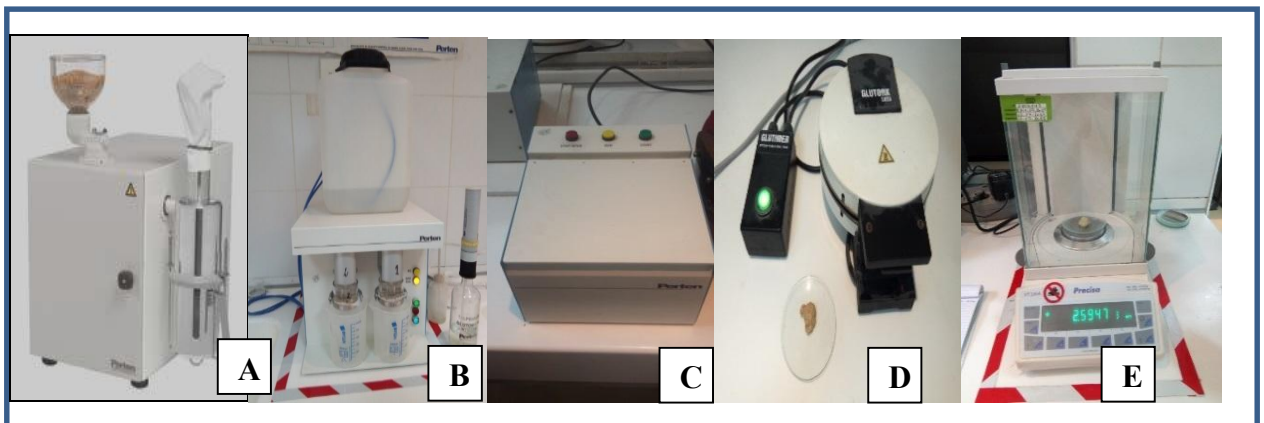


Figure 13 : Appareils utilisés pour déterminer le taux de gluten. **A** : broyeur, **B** : Glutomatic 2200, **C** : Centrifugeuse 2015, **D** : Plaque chauffante, **E** ; Balance analytique (Photo personnelle).

- Centrifugeuse à vitesse de rotation fixée avec précision (gluten index centrifuge 2015).
- Réservoir avec couvercle contenant 10 litres.
- Distributeur réglable (utilisé à 4,8 mL).
- Pince à épiler ou brucelles.
- Spatule inoxydable.
- Glutork 2020.

❖ **Expression des résultats**

Selon I.T.C.F. (2001), le gluten index est donné par la formule suivante :

$$\text{Gluten Index (GI)} = \frac{\text{Gluten humide intérieur filière (g)} \times 100}{\text{Gluten Humide Total (g)}}$$

- **Le Gluten humide (ICC 137)**

❖ **Principe**

Pour mesurer la quantité de gluten, un pâton est réalisé avec 10g de blé broyé (m_0) mélangés avec 5 mL d'eau salée. Après 10 mn. De repos, le gluten est isolée par lixiviation, c'est-à-dire par lavage du pâton sous un mince filet d'eau tout en malaxant afin d'évacuer l'amidon et les matières solubles dans l'eau. Le gluten (m_1) obtenu est essoré avant d'être pesé (Malki et Malki, 2016).

❖ **Expression des résultats**

La teneur en gluten humide (GH) est exprimée en pourcentage de la fraction massique de l'échantillon initial (Malki et Malki, 2016).

$$\text{GH (\%)} = m_1/m_2 \times 100$$

- Le Gluten sec (ISO 21415-4, 2006)

❖ Principe

Le principe du dosage du gluten sec repose sur le séchage ou l'élimination de la fraction d'eau présente dans le gluten humide à l'aide des plaques chauffantes, selon les étapes suivantes (Malki et Malki, 2016).

- Laisser les plaques chauffantes atteindre la température de service,
- Prendre la boule de gluten humide obtenue par la méthode spécifiée précédemment, et la mettre entre les plaques chauffantes préchauffées, pendant 5 min.
- Enlever le gluten séché des plaques chauffantes et le peser (m_2).

La teneur en gluten sec (GS) exprimée en pourcentage de fraction massique de l'échantillon initial est égale à :

$$\text{GS (\%)} = m_2/m_0 \times 100$$

3.5 Analyse statistique des résultats

Une analyse de la variance a été conduite pour les différents paramètres estimés en utilisant le Logiciel Minitab 18.1 ; et le test de Dunnett a servi pour vérifier l'importance des variations dans les valeurs enregistrées entre le témoin (blé canadien) et le blé local, et ce pour les différents paramètres mesurés. La moyenne et l'Ecart-type ont été calculés par EXCEL Version 2010.

Chapitre 04 : Résultats et discussion

Chapitre 04 : Résultats et discussion

Afin d'atteindre les objectifs fixés pour cette étude, à savoir évaluer une gamme de variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.), cultivées en Algérie pour leur qualité physico-chimique et technologique, et comparer les différents types de génotypes à un échantillon de blé canadien, plusieurs paramètres ont été estimés et les résultats obtenus sont exposés et traités dans cette partie du document.

4.1. Les Analyses physico-chimiques des grains des variétés étudiées

4.1.1. Le taux des protéines

Les moyennes enregistrées pour la teneur en protéines des différentes variétés de blé dur étudiées sont représentés dans la figure 14.

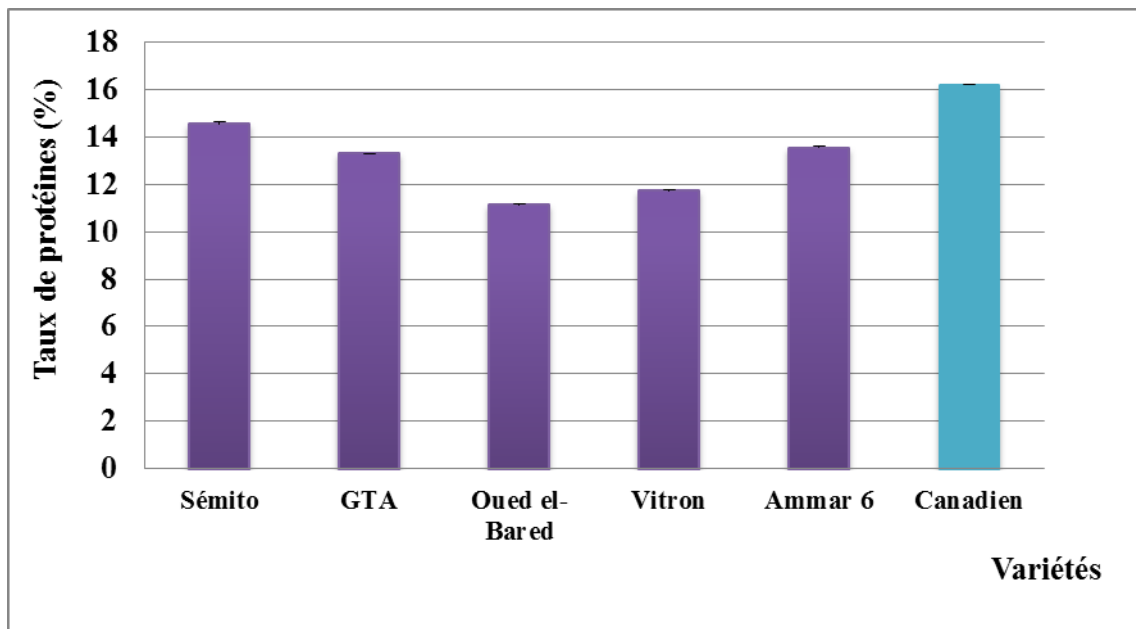


Figure 14 : Résultats relatifs à la teneur en protéines des différentes variétés de blé dur.

L'analyse des résultats a permis de noter, une variation de la teneur en protéines entre les différentes variétés, qui peuvent être classées en trois groupes :

- Le premier group renferme la variété Sémito pour laquelle nous avons enregistré la teneur en protéine la plus élevée (14.53 %), parmi les variétés locales.
- Le deuxième groupe est représenté par les variétés GTA dur et Ammar 6 pour lesquelles nous avons enregistré des valeurs supérieures à 13 % (13.30 et 13.53, respectivement).
- Le troisième groupe est représenté par les variétés Vitron et Oued el-Bared, qui ont enregistré les valeurs les plus faibles (11.73 et 11.13, respectivement).

En comparaison avec le blé importé, toutes les variétés cultivées en Algérie, ont une teneur en protéines inférieure à celle du blé Canadien, pour lequel nous avons noté une teneur de 16,2 %. La différence est plus ou moins remarquable pour les variétés Oued el-Bared et Vitron.

Le règlement 824/2000 (I.T.C.F., 2001), indique que la teneur en protéines du blé dur doit être supérieure à 11,5 % ; ceci permet de dire que toutes les variétés testées ont une valeur acceptable, supérieure à la norme, à l'exception de la variété Oued el-Bared, qui a une valeur légèrement inférieure (11.13 %).

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

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

Sur cette base, le blé Canadien est considéré comme étant un blé de bonne qualité, alors que les variétés cultivées en Algérie peuvent être classées en 03 groupes (Tab. 05) :

Tableau 05 : Qualités des blés selon leur richesse en protéines

| Les classes | Les variétés | Teneur en protéines (%) |
|---------------------------------------|---------------|-------------------------|
| Blés de qualité moyenne (de 13 à 15%) | Sémito, | 14,53 |
| | Ammar 6 | 13,53 |
| | GTA | 13,3 |
| Blés de faible qualité (< 13%) | Vitron | 11,73 |
| | Oued el-Bared | 11,13 |

En effet, la richesse en protéines constitue un paramètre de qualité important, elle varie avec de nombreux facteurs tels que la variété, les facteurs climatiques, agronomiques et des conditions physiologiques de développement de la plante, des parties histologiques du grain et la maturation du grain (Doukani *et al.*, 2013 ; Selslet, 1991).

Plus la teneur en protéines des grains de blé est élevée, plus la semoule est riche en protéines, et donc meilleure sera la qualité culinaire des produits finis (Feuillet, 2000).

L'accumulation et l'augmentation du taux des protéines dans l'albumen du grain est le résultat d'une très bonne utilisation de l'azote par la plante au cours de son développement, d'une part et d'un transfert efficace de l'azote de la partie végétative vers les grains au cours du remplissage d'autre part (Feillet, 2000). Boulala et Rouabah (2018), rapportent que, les périodes de pluie importantes diminuent les teneurs en protéines mais les saisons sèches les relèvent.

L'analyse de la variance des résultats relatifs aux teneurs en protéines des 6 types de blé dur (Sémito, GTA, Oued El-Bared, Vitron, Ammar 6, Canadien) a montré des différences très hautement significatives entre les variétés (Tab. 06).

Tableau 06 : Résultats de l'analyse de la variance du taux des protéines pour les différentes variétés de blé dur.

| Sources de variation | DL | SC | CM | F | P |
|----------------------|----|---------|---------|---------|-----------|
| Variétés | 5 | 51,2028 | 10,2406 | 2633,29 | 0,000 *** |
| Erreur | 12 | 0,0467 | 0,0039 | | |
| Total | 17 | 51,2494 | | | |

DL : Degrés de liberté

SC : Somme des carrés des écarts

CM : Carré moyen

F : Valeur observée de F de Fisher

P : Probabilité de mettre en évidence des différences significatives

*** $p < 0.001$: différence très hautement significative.

Le test de Dunnett a affiché des différences très hautement significatives entre le blé canadien et toutes les autres variétés testées (Tab. 07).

Tableau 07 : Résultats du test de Dunnett pour la teneur en protéines des différentes variétés de blé dur.

| Teneur en protéines des grains (%) | | | | | | |
|------------------------------------|-----------|--------------------|------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| Variété | Canadien | Sémito | GTA | Oued el-Bared | Vitron | Ammar 6 |
| $\bar{x} \pm \delta$ | 16,2±0,00 | 14,53±0,115 *** | 13,3±0,00 *** | 11,13±0,057 *** | 11,73±0,057 *** | 13,53±0,0571 *** |

\bar{x} : moyenne

δ : écart-type

*** $p < 0.001$: différence très hautement significative.

4.1.2. Teneur en eau

L'humidité constitue un indicateur important dans la conservation et le stockage des grains. Pour le blé dur, la teneur maximale en eau est fixée selon la norme du codex Alimentarius, volume 7 (1994), à 14.5%. Cette teneur en eau est également importante dans le commerce puisqu'elle peut conditionner le prix de la marchandise, par un système de bonification / réfaction [5].

Les résultats relatifs à la teneur en eau des différentes variétés de blé dur étudiées sont représentés la figure 15.

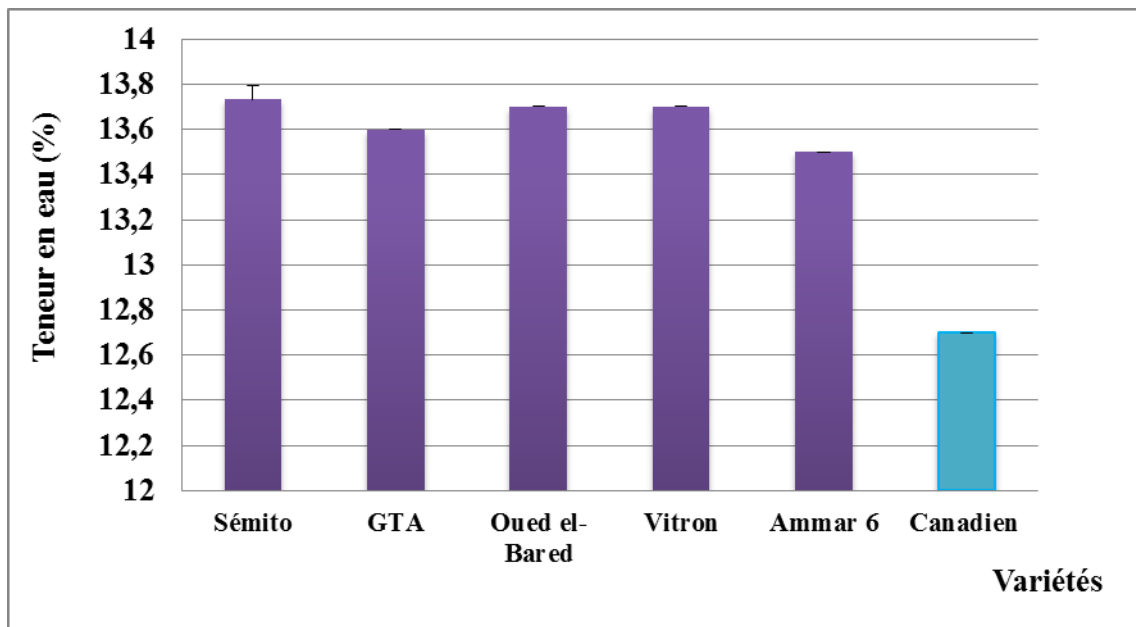


Figure 15 : Résultats relatifs à la teneur en eau des différentes variétés de blé dur.

Les différentes valeurs d'humidité enregistrées sont plus ou moins similaires pour toutes les variétés cultivées en Algérie (teneur en eau de 13,5% à 13,73%), Ces valeurs sont supérieures à la valeur d'humidité du blé canadien (12,7%).

Cependant, ces teneurs sont conformes aux normes (14,5% selon codex alimentarius volume 7, 1994), et ces variétés de blé peuvent donc être stockées sans risque d'altération lié à ce paramètre.

En effet, il existe une relation inversement proportionnelle entre la teneur en protéines et la teneur en eau chez les différentes variétés testées ; la teneur en protéines du blé « local » est faible, puisqu'il présente une teneur en eau élevé, par contre le blé importé (canadien) qui présente une teneur en eau faible, a teneur en protéine élevé (Fig. 14).

L'analyse de la variance conduite par les résultats relatifs à la teneur en eau des 6 types de blé dur testés, a affiché des différences très hautement significatives entre les variétés (Tab. 08).

Tableau 08 : Résultats de l'analyse de la variance de la teneur en eau pour les différentes variétés de blé dur

| Sources de variation | DL | SC | CM | F | P |
|----------------------|----|---------|----------|--------|-----------|
| Variétés | 5 | 2,35111 | 0,470222 | 846,40 | 0,000 *** |
| Erreur | 12 | 0,00667 | 0,000556 | | |
| Total | 17 | 2,35778 | | | |

DL : Degrés de liberté

SC : Somme des carrés des écarts

CM : Carré moyen

F : Valeur observée de F de Fisher

P : Probabilité de mettre en évidence des différences significatives

*** $p < 0.001$: différence très hautement significative.

Le test de Dunnett a affiché des différences très hautement significatives entre le blé canadien, et toutes les variétés testées (Tab. 09).

Tableau 09 : Résultats du test de Dunnett pour la teneur en eau des différentes variétés de blé dur.

| Test | Teneur en eau des grains (%) | | | | | |
|----------------------|------------------------------|---------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | Canadien | Sémito | GTA | Oued el-bared | vitron | Ammar 6 |
| $\bar{x} \pm \delta$ | 12,7±0,00 | 13,73 ±0,057 *** | 13,6±0,00 *** | 13,7±0,00 *** | 13,7±0,00 *** | 13,5±0,00 *** |

\bar{x} : moyenne

δ : écart-type

*** $p < 0.001$: différence très hautement significative.

4.1.3. Poids spécifique

Selon les résultats obtenus pour ce paramètre (Fig. 16), nous remarquons que toutes les variétés de blé dur testées, cultivées en Algérie, ont enregistré un poids spécifique inférieur à celui du blé canadien.

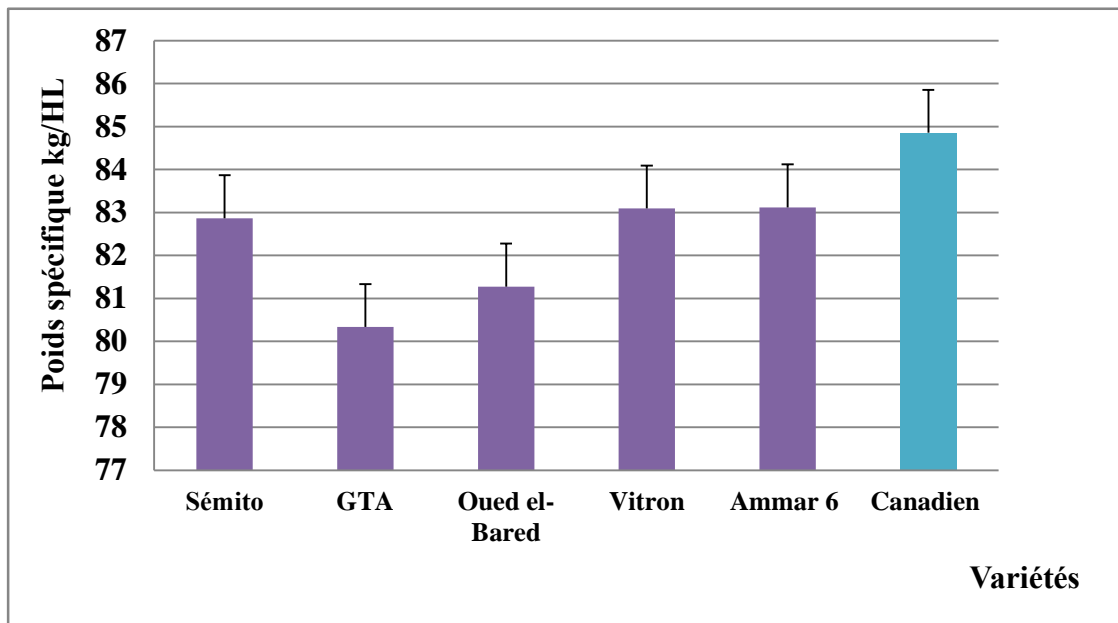


Figure 16 : Résultats relatifs au poids spécifique des différentes Variétés de blé dur étudiées.

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

La figure 16 montre que pour les variétés Séméto, Vitron et Ammar 6, le poids spécifique est plus ou moins similaire (83,12 kg/HL pour Ammar 6 ; 83,09 kg/HL pour Vitron et 82,86 kg/HL pour Séméto), cependant, les variétés Oued el Bared et GTA ont enregistré des valeurs plus faibles (81,27 kg/HL et 80,33 kg/HL, respectivement).

Le règlement 824/2000 (I.T.C.F., 2001), impose que le poids spécifique doit être égal ou supérieur à 78 kg/HL comme valeur minimale ; ceci permet de conclure que toutes les variétés de blé dur testées ont enregistré des valeurs au-dessus de ce seuil, donc elles se trouvent toutes dans les normes pour la valeur du poids spécifique.

Selon M.S.D.A. (2004), des poids à l'hectolitre trop restreints témoignent :

- Un taux d'humidité trop élevé,
- Des grains trop allongés,
- Des téguments épais et sales,
- Des amandes molles et farineuses,
- Des grains atrophiés et ratatinés,
- Des grains cassés,
- Une germination sur pied,
- Un pourcentage d'impureté élevé.

Les mesures pratiquées sur des grains humides entraînent généralement une sous-estimation du P.S. due au gonflement des grains et au fait qu'ils se rangent moins bien dans le volume, mais dans certaines conditions, l'eau peut être absorbée sans provoquer le gonflement des grains et le P.S. augmente ; la densité de l'eau étant plus élevée que celle du grain (M.S.D.A., 2004).

L'analyse de la variance conduite par les résultats relatifs au poids spécifique des 6 types de blé dur testés, a affiché des différences très hautement significatives entre les variétés (Tab. 10).

Tableau 10 : Résultats de l'analyse de la variance du poids spécifique pour les différentes Variétés de blé dur.

| Sources de variation | DL | SC | CM | F | P |
|----------------------|----|--------|--------|-------|-----------|
| Variétés | 5 | 37,698 | 7,5396 | 22,08 | 0,000 *** |
| Erreur | 12 | 4,097 | 0,3414 | | |
| Total | 17 | 41,795 | | | |

DL : Degrés de liberté

SC : Somme des carrés des écarts

CM : Carré moyen

F : Valeur observée de F de Fisher

P : Probabilité de mettre en évidence des différences significatives

*** $p < 0.001$: différence très hautement significative.

Le test de Dunnett a affiché des différences très hautement significatives entre le blé canadien et toutes les variétés testées (Tab. 11).

Tableau 11 : Résultats du test de Dunnett pour la teneur en eau des différentes Variétés de blé dur.

| Test | Poids spécifique (kg/hl) | | | | | |
|----------------------------|--------------------------|-------------|-------------|---------------|-------------|-------------|
| | Canadien | Sémito | GTA | Oued el-Bared | Vitron | Ammar 6 |
| $\bar{x} \pm \hat{\sigma}$ | 84,85±0,323 | 82,86±0,152 | 80,33±0,555 | 81,27±1,252 | 83,09±0,763 | 83,12±0,081 |
| | | *** | *** | *** | *** | *** |

\bar{x} : moyenne

$\hat{\sigma}$: écart-type

*** $p < 0.001$: différence très hautement significative.

4.1.4. Poids de mille grains

Le poids de mille grains est un critère essentiellement variétal et dépend aussi des conditions de nutrition hydrique et minérale de la plante à la fin du cycle de développement de la culture (C.R.E.A.B, Midi- Pyrénées, 2008).

On considère souvent que la proportion d'enveloppes est d'autant plus grande que le poids du grain est petit. Aucune étude n'a permis de conclure que toutes les variétés à petit grains ont une valeur semoulière systématiquement inférieure. Par contre, un faible Poids de 1000 grains

consécutif à l'échaudage a toujours des conséquences désastreuses sur le rendement semoulier (Abecassis *et al.*, 1990).

Selon Boufnar-zaghouane et zaghouane (2006) un PMG peut être soit :

- Très élevé lorsqu'il est supérieur à 45g
- Elevé lorsqu'il se trouve entre 35g et 45g
- Moyen lorsqu'il est situé entre 30g et 35g
- Faible lorsqu'il est inférieur à 30g.

➤ **Poids de mille grains tels quels (MTQ)**

Les résultats relatifs au poids de mille grains sur matière telle quelle (MTQ) des différentes variétés de blé dur testées, sont représentés dans la figure 17.

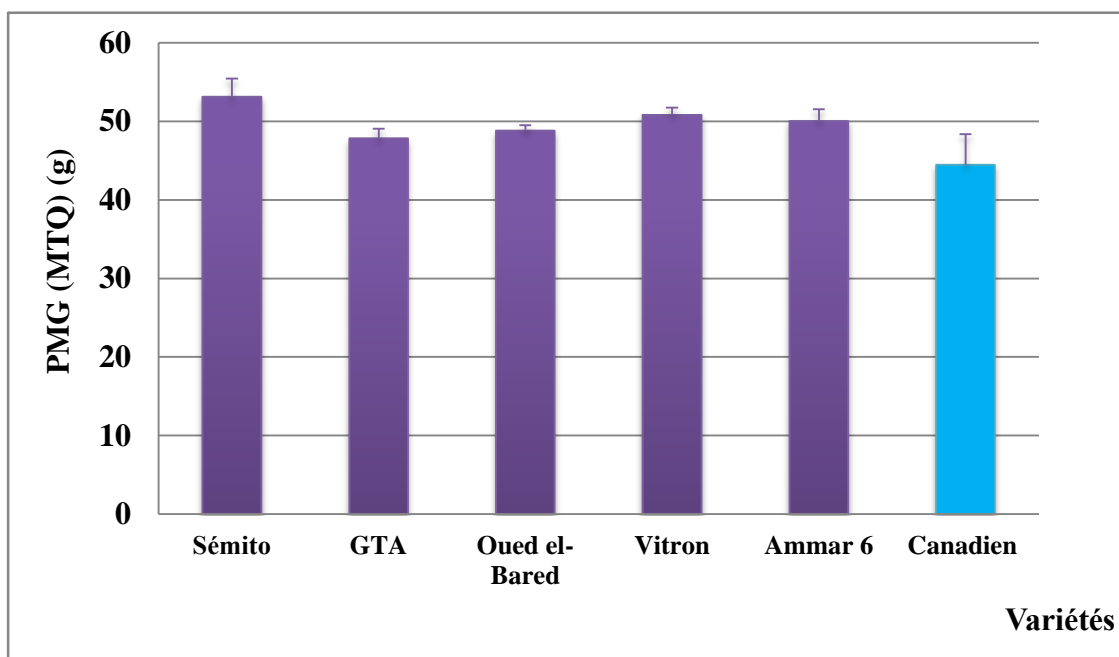


Figure 17 : Résultats relatifs à la masse de mille grains sur matière telle quelle (MTQ) des différentes variétés de blé dur

La figure 17 montre que toutes les variétés « locales » ont enregistré un PMG supérieur à celui du blé importé, la valeur la plus élevée a été notée chez la variété Sémito (53,13 g), et selon l'échelle de notation ci-dessus donnée par Boufnar-zaghouane et zaghouane (2006), les variétés testées peuvent être groupées en deux classes, en fonction de la masse de mille grains sur matière telle quelle :

- La première classe où le PMG (MTQ) est très élevé (supérieur à 45g) englobant toutes les variétés « locales » : GTA (47.86g), Oued El-Bared (48.81g), Ammar 6(50.05g), vitron (50.83g) Sémito (53.13g).

- La deuxième classe où le PMG (MTQ) est élevé (entre 35g et 45g) englobant, le blé canadien (44.48 g).

L'analyse de la variance des résultats relatifs au poids de mille grains sur matière telle quelle a montré des différences hautement significatives entre les variétés (Tab. 12).

Tableau 12 : Résultats de l'analyse de la variance du poids de mille grains (MTQ) pour les différentes variétés de blé dur.

| Sources de variation | DL | SC | CM | F | P |
|----------------------|----|--------|--------|------|----------|
| Variétés | 5 | 129,18 | 25,836 | 6,12 | 0,005 ** |
| Erreur | 12 | 50,68 | 4,224 | | |
| Total | 17 | 179,86 | | | |

DL : Degrés de liberté

SC : Somme des carrés des écarts

CM : Carré moyen

F : Valeur observée de F de Fisher

P : Probabilité de mettre en évidence des différences significatives

** $p < 0.01$: différence hautement significative.

Le test de Dunnett a affiché des différences très hautement significatives entre le blé canadien et les trois variétés testées (Sémito , vitron et Ammar 6) et significatives entre le blé canadien et les deux autres variétés, GTA et Oued EL-barred (Tab. 13).

Tableau 13 : Résultats du test de Dunnett pour le poids de mille grains (MTQ) des différentes variétés de blé dur.

| Test | Poids de mille grains (MTQ) (g) | | | | | |
|----------------------|---------------------------------|-------------|-------------|------------------|-------------|-------------|
| | Canadien | Sémito | GTA | Oued El-Bared | Vitron | Ammar 6 |
| $\bar{x} \pm \delta$ | 44,48±3,889 | 53,13±2,302 | 47,86±1,200 | 48,81±0,690 | 50,83±0,898 | 50,05±1,478 |
| | | *** | * | * | *** | *** |

\bar{x} : moyenne

δ : écart-type

* $p < 0.05$: différences significatives.

*** $p < 0.001$: différences très hautement significatives.

Le PMG est généralement peu maîtrisable, car il est fortement lié aux effets de l'environnement au moment de la formation et du remplissage du grain. Un manque d'eau après floraison combiné aux températures élevées (conditions fréquentes chez nous) entraîne une diminution du PMG par altération de la vitesse et/ou de la durée de remplissage ce qui se traduit par l'échaudage des grains (Benbelkacem et Kellou, 2000 ; Chaker, 2003 ; Zouaoui, 1993). En effet La variation de la masse de mille grains peut être une expression du degré d'échaudage d'origine physiologique ou pathologique (Selslet, 1991).

Ceci laisse supposer que la campagne 2018/2019 a favorisé un bon remplissage du grain pour les variétés testées cultivées en Algérie.

➤ Poids de mille grains (MS)

La figure 18 montre que le poids de mille grains sur matière sèche (MS) des différentes variétés de blé dur « locales » est également supérieur à celui du blé importé.

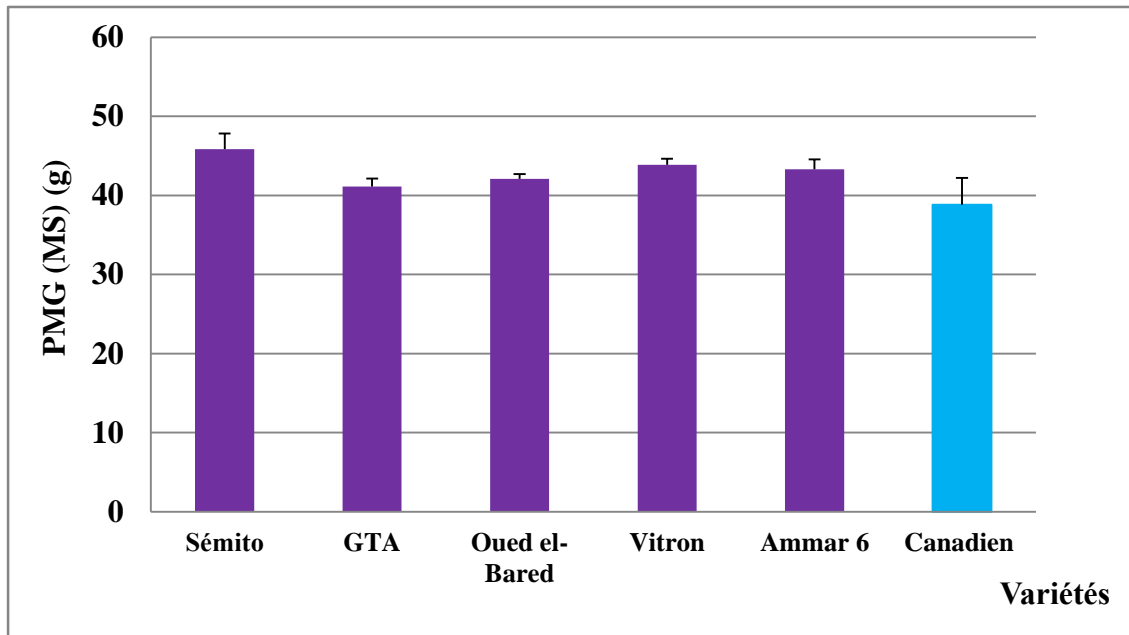


Figure 18 : Résultats relatifs à la masse de mille grains sur matière sèche (MS) des différentes variétés du blé dur.

Selon l'échelle donnée par Boufnar-zaghouane et zaghouane (2006), en fonction du poids de mille grains sur matière sèche, les variétés de blé dur testées, peuvent être classées comme suit :

- la première classe où le PMG (MS) est très élevé (supérieur à 45 g), englobant : Sémito (45.84 g).

- La deuxième classe avec un PMG (MS) élevé (entre 35 g et 45 g) englobant : GTA (41.13 g), Oued el-Bared (42.13 g), Vitron (43.86 g), Ammar 6 (43.29 g) et le blé canadien (38.82 g).

L'analyse de la variance des résultats relatifs au poids de mille grains sur matière sèche des 6 types de blé dur testés a affiché des différences hautement significatives entre les variétés (Tab. 14).

Tableau 14 : Résultats de l'analyse de la variance de poids de mille grains (MS) pour les différentes variétés de blé dur.

| Sources de variation | DL | SC | CM | F | P |
|----------------------|----|--------|--------|------|----------|
| Variétés | 5 | 87,56 | 17,512 | 5,50 | 0,007 ** |
| Erreur | 12 | 38,18 | 3,182 | | |
| Total | 17 | 125,74 | | | |

DL : Degrés de liberté

SC : Somme des carrés des écarts

CM : Carré moyen

F : Valeur observée de F de Fisher

P : Probabilité de mettre en évidence des différences significatives

** $p < 0.01$: différences hautement significatives.

Le test de Dunnett (Tab. 15) a affiché des différences très hautement significatives entre le blé canadien et les variétés : Sémito , vitron et Ammar 6, et significatives entre le blé canadien et les variétés GTA, et Oued el-Bared.

Tableau 15 : Résultats du test de Dunnett pour le poids de mille grains (MS) des différentes variétés de blé dur.

| Test | Poids de mille grains sec(g) | | | | | |
|------------------------|------------------------------|-------------|-------------|---------------|-------------|-------------|
| | Canadien | Sémito | GTA | Oued el-Bared | Vitron | Ammar 6 |
| $\bar{x} \pm \partial$ | 38,82±3,397 | 45,84±1,990 | 41,13±1,000 | 42,11±0,593 | 43,86±0,775 | 43,29±1,277 |
| | | *** | * | * | *** | *** |

\bar{x} : moyenne

∂ : écart-type

* $p < 0.05$: différences significatives

*** $p < 0.001$: différences très hautement significatives.

4.1.5. Taux de mitadinage

Le taux de mitadinage est un critère d'appréciation déterminant dans le rendement et la qualité de la semoule et des produits dérivés (pâtes, couscous). Les grains endommagés, ayant une incidence sur le poids spécifique, diminuent le rendement de la mouture, alors que

d'autres types de dommages, tels que la moucheture, peuvent causer la décoloration et des piqures dans la semoule (Desclaux *et al.*, 2005 ; Feuillet, 2000).

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

Les résultats obtenus pour le taux de mitadinage (Fig. 19), ont montré que les valeurs enregistrées sont très diversifiées, et vont de 0.72 % (GTA), jusqu'à 29.41 % (Oued el Bared).

La variété de Oued el-Bared a enregistré une valeur maximale, puis la variété Vitron de l'ordre de 10.78 % et ce dernier environ, dix fois supérieur à celles enregistrées pour les autres variétés « locales », et environ, deux fois plus que la valeur enregistrée pour le blé importé (5.73 % pour le blé canadien).

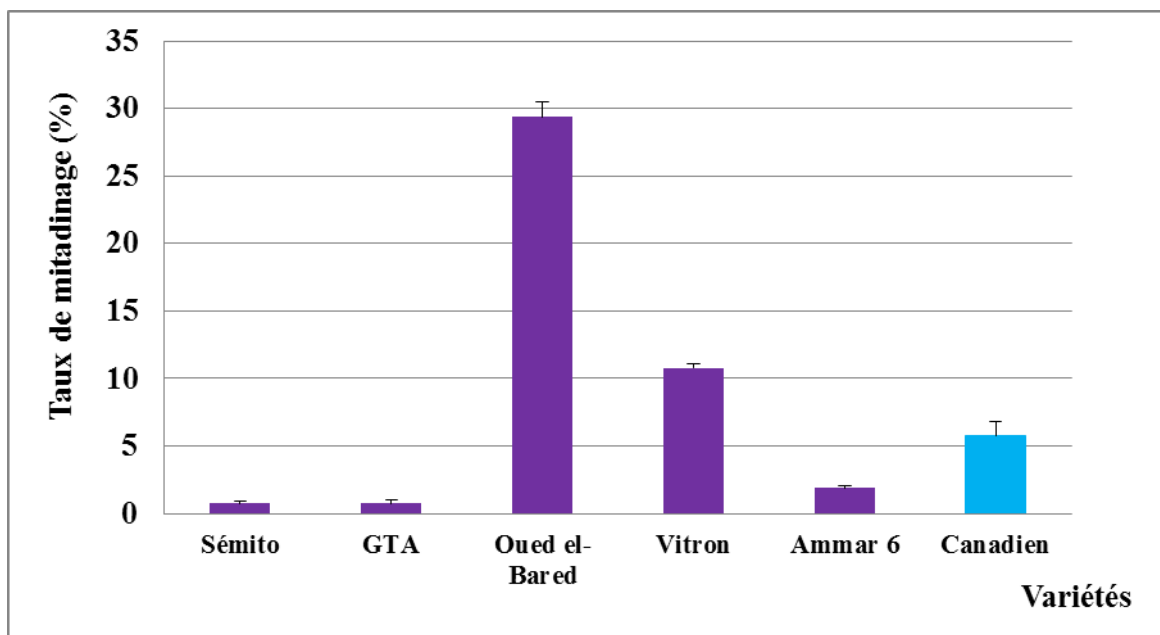


Figure 19 : Résultats relatifs au taux de mitadinage des différentes variétés de blé dur.

Le règlement 824/2000 (I.T.C.F., 2001), indique que le pourcentage maximal de grains mitadinés, même partiellement ne doit pas excéder 27 % comme limite maximale. A la lumière des résultats obtenus, nous constatons que les variétés Sémito, GTA, Vitron, Ammar 6 et Canadien ont

un taux de mitadinage inférieur à la valeur maximale ; alors que la variété Oued El-Bared a un taux de mitadinage élevé (29.41 %) dépassant la norme, et ceci permet de dire que l'échantillon testé de cette variété est considéré comme étant un blé de mauvaise qualité.

Dexter et Edwards (1998) ont montré que les grains mitadinés se forment lorsque la plante souffre d'une carence en nitrates pendant le développement du grain.

Le mitadinage est aussi très lié à la nutrition azotée tardive (pré- et post-floraison) et à la composition protéique des grains qui en résulte. L'apport d'azote fractionné avec un apport tardif (floraison) améliore la teneur en protéines et diminue de façon significative le mitadinage (Samson *et al.*, 2004). Donc un taux de mitadinage particulièrement élevé est lié à une absence de fumure azotée (Desclaux, 2005 ; Selselt, 1991). Cette augmentation exerce une influence défavorable sur la qualité culinaire des produits finis, de plus, elle entraîne une diminution du rendement semoulier, et la semoule sera dépréciée par la présence des piqûres blanches dans la pâte (I.T.G.C., 1994).

L'analyse de la variance des résultats relatifs au taux de mitadinage a montré des différences très hautement significatives entre les variétés (Tab. 16).

Tableau 16 : Résultats de l'analyse de la variance du taux de mitadinage pour les différentes variétés de blé dur.

| Sources de variation | DL | SC | CM | F | P |
|----------------------|----|---------|---------|--------|-----------|
| Variétés | 5 | 1842.45 | 368,489 | 909,89 | 0,000 *** |
| Erreur | 12 | 4, 86 | 0,405 | | |
| Total | 17 | 1847,31 | | | |

DL : Degrés de liberté

SC : Somme des carrés des écarts

CM : Carré moyen

F : Valeur observée de F de Fisher

P : Probabilité de mettre en évidence des différences significatives

*** $p < 0.001$: différences très hautement significatives

Le test de Dunnett a affiché des différences très hautement significatives entre le blé canadien, et toutes les variétés « locales » (Tab. 17).

Tableau 17 : Résultats du test de Dunnett pour le taux de mitadinage des différentes variétés de blé dur.

| Test | Taux de mitadinage (%) | | | | | |
|----------------------|------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| | Canadien | Sémito | GTA | Oued El-Bared | Vitron | Ammar 6 |
| $\bar{x} \pm \delta$ | 5,73±1,042 | 0,75±0,110 *** | 0,72±0,227 *** | 29,41±1.081 *** | 10,78±0,286 *** | 1,88±0,165 *** |

\bar{x} : moyenne

δ : écart-type

*** $p < 0.001$: différences très hautement significatives

4.1.6. Taux de cendres

Les résultats obtenus pour ce paramètre (Fig. 20), montrent que le taux de cendre est inférieur à 2 %, et ce pour toutes les variétés testées.

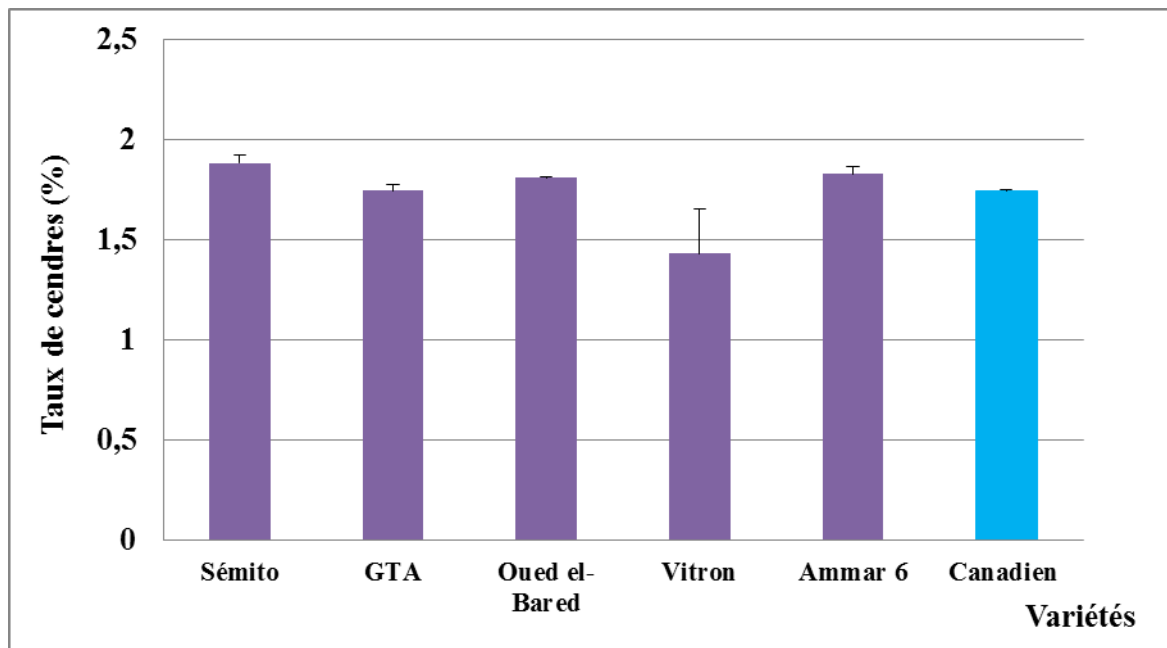


Figure 20 : Résultats relatifs au taux de cendres de différentes variétés de blé dur.

Selon Feillet (2000), le taux de cendres pour les blés durs se situe dans l'intervalle 1,5% - 2,5%. L'analyse de nos résultats, permet donc de dire que les valeurs enregistrées pour toutes les variétés testées sont dans cet intervalle, à l'exception de la variété Vitron qui a enregistré une valeur plus ou moins inférieure à la limite minimale (1.43 %).

L'analyse de la variance conduite par les résultats obtenus, a montré des différences hautement significatives entre les variétés (Tab. 18).

Tableau 18 : Résultats de l'analyse de la variance du taux de cendres pour les différentes variétés de blé dur.

| Sources de variation | DL | SC | CM | F | P |
|----------------------|----|--------|----------|------|----------|
| Variétés | 5 | 0,3839 | 0,076773 | 8,69 | 0,001 ** |
| Erreur | 12 | 0,1060 | 0,008836 | | |
| Total | 17 | 0,4899 | | | |

DL : Degrés de liberté

SC : Somme des carrés des écarts

CM : Carré moyen

F : Valeur observée de F de Fisher

P : Probabilité de mettre en évidence des différences significatives

** $p < 0.01$: différences hautement significatives

Le test de Dunnett a affiché des différences très hautement significatives entre le blé canadien et la variété Vitron et significatives entre le blé canadien et les autres variétés testées (Tab. 19).

Tableau 19 : Résultats du test de Dunnett pour le taux de cendres des différentes variétés de blé dur.

| Test | Taux de cendres (%) | | | | | |
|----------------------|---------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| Variété | Canadien | Sémito | GTA | Oued el-Bared | Vitron | Ammar 6 |
| $\bar{x} \pm \delta$ | 1,74±0,01 | 1,88±0,043 * | 1,74±0,027 * | 1,80±0,002 * | 1,43±0,220 *** | 1,82±0,038 * |

\bar{x} : moyenne

δ : écart-type

* $p < 0.05$: différences significatives

*** $p < 0.001$: différences très hautement significatives

4.2. Test technologique

4.2.1. Taux de gluten

Le gluten, complexe viscoélastique qui rassemble les protéines intervenant dans le processus de panification, est responsable des propriétés rhéologiques de la pâte (El Hadeef El Okki, 2015).

Le gluten est composé principalement de deux groupes protéiques de réserve : les gliadines et les gluténines (Branlard, 2012 ; Kleijer, 2011). Perten (1989) cité in El Hadeif El Okki (2015) considère généralement que l'élasticité de la pâte est due aux gliadines et que sa ténacité dépend plutôt des gluténines. En effet, les protéines du gluten, grâce à leurs structures spiralées et élastiques, apportent aux produits de boulangerie du moelleux et une excellente cuisson.

➤ **Gluten index (indice de Gluten)**

Les résultats obtenus pour le taux de gluten (Fig. 21), montrent que, toutes les variétés testées ont un taux de gluten supérieur à 50 %. La valeur la plus élevée est notée chez la variété Oued el-Bared (85.22 %), suivie du blé canadien (76.66 %), puis la variété GTA (68.35 %), et en dernière position, sont les variétés Ammar 6, Vitron et Sémito (63.16% ,62.25 % et 54.70 %, respectivement).

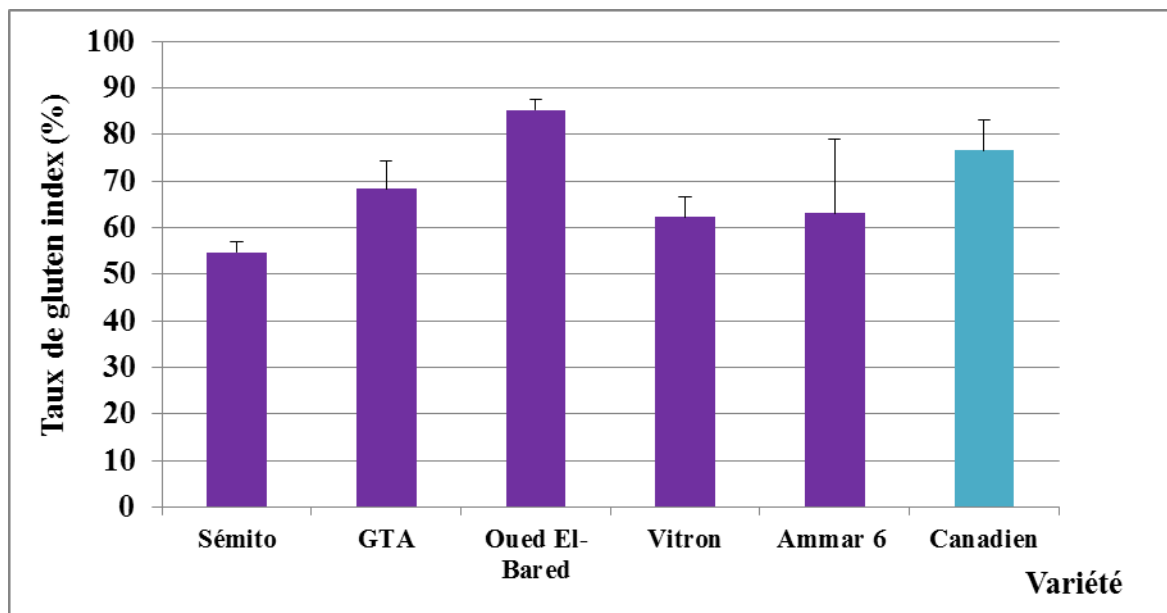


Figure 21 : Résultats relatifs au gluten index des différentes variétés de blé dur.

Un indice de gluten élevé indique un gluten résistant et de bonne qualité (Perten, 2005). Plus le gluten est tenace et élastique plus la quantité de gluten passant à travers du tamis lors de la centrifugation est fiable et plus le Gluten Index est élevé.

L'analyse de la variance conduite pour gluten index, a montré des différences hautement significatives entre les variétés (Tab. 20).

Tableau 20 : Résultats de l'analyse de la variance du gluten index pour les différentes variétés de blé dur.

| Sources de variation | DL | SC | CM | F | P |
|----------------------|----|--------|--------|------|----------|
| Variétés | 5 | 1812,7 | 362,55 | 6,11 | 0,005 ** |
| Erreur | 12 | 712,0 | 59,33 | | |
| Total | 17 | 2524,7 | | | |

DL : Degrés de liberté

SC : Somme des carrés des écarts

CM : Carré moyen

F : Valeur observée de F de Fisher

P : Probabilité de mettre en évidence des différences significatives

** $p < 0.01$: différences hautement significatives

Le test de Dunnett a affiché des différences très hautement significatives entre le blé canadien et la variété Sémito et significatives entre le blé canadien et les autres variétés testées. (Tab. 21).

Tableau 21 : Résultats du test de Dunnett pour le gluten index des différentes variétés de blé dur.

| Test | gluten index(indice de gluten) (%) | | | | | |
|------------------------|------------------------------------|------------|-------------|---------------|------------|--------------|
| Variété | Canadien | Sémito | GTA | Oued el-Bared | Vitron | Ammar 6 |
| $\bar{x} \pm \partial$ | 76,66±6,363 | 54.7±2.397 | 68.35±5.919 | 85.22±2.379 | 62.25±4.46 | 63,16±15.794 |
| | | *** | * | * | * | * |

\bar{x} : moyenne

∂ : écart-type

* $p < 0.05$: différences significatives

*** $p < 0.001$: différences très hautement significatives

➤ Taux de gluten humide

Les résultats obtenus pour le taux de gluten humide sur matière sèche des différentes variétés de blé dur sont représentés dans la figure 22.

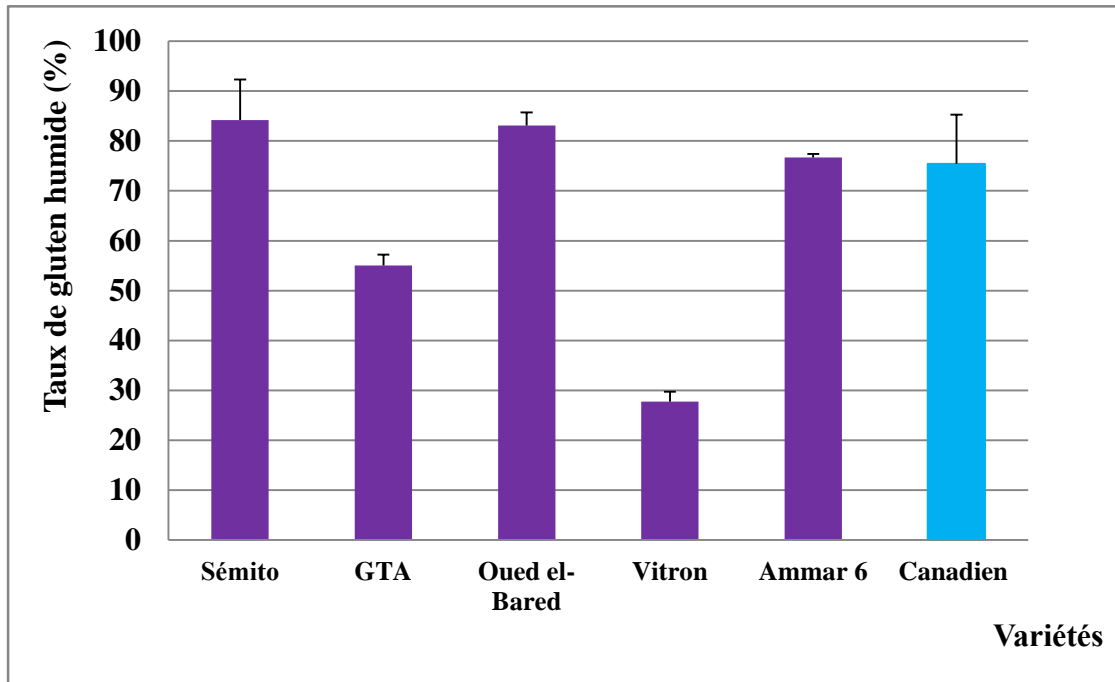


Figure 22 : Résultats relatifs de taux de gluten humide de différentes variétés de blé dur

La figure 22, montre que les valeurs enregistrées pour les différentes variétés de blé testées sont comprises entre 27,74 % et 84,16%. La valeur la plus élevée est notée chez la variété Sémito, alors que la variété Vitron a enregistré la valeur la plus faible. Le blé canadien a enregistré une valeur de l'ordre de 75,42 %, qui est inférieure à celle de la variété Oued el Bared (83,13 %), et supérieure à celles des variétés GTA et Ammar 6 (55,01 % et 76,69 %, respectivement).

Du point de vue quantitatif, les teneurs en gluten humide de toutes les variétés testées sont nettement supérieures à la norme fixée par Delachaux (1983) cité par Boulala et Rouabah (2018), et qui est de l'ordre de 27,85 %, à l'exception de la variété Vitron, qui a un taux de gluten humide légèrement inférieur à ce seuil (27,74 %).

L'analyse de la variance pour le taux de gluten humide (Tab. 22) a affiché des différences très hautement significatives entre les variétés.

Tableau 22 : Résultats de l'analyse de la variance du taux de gluten humide pour les différentes variétés de blé dur.

| Sources de variation | DL | SC | CM | F | P |
|----------------------|----|--------|---------|-------|-----------|
| Variétés | 5 | 7213,2 | 1442,63 | 48,25 | 0,000 *** |
| Erreur | 12 | 358,8 | 29,90 | | |
| Total | 17 | 7572,0 | | | |

DL : Degrés de liberté

SC : Somme des carrés des écarts

CM : Carré moyen

F : Valeur observée de F de Fisher

P : Probabilité de mettre en évidence des différences significatives

*** $p < 0.001$: différences très hautement significatives

Le test de Dunnett a affiché des différences très hautement significatives entre le blé canadien et les variétés GTA et Vitron (Tab. 23), et significatives entre le blé canadien et les trois autres variétés (Sémito, Oued el-Barred et Ammar 6).

Tableau 23 : Résultats du test de Dunnett pour le taux de gluten humide des différentes variétés de blé dur.

| Test | Taux de gluten humide (%) | | | | | |
|----------------------------|---------------------------|-------------|-------------|---------------|-------------|-------------|
| | Canadien | Sémito | GTA | Oued el-Bared | Vitron | Ammar 6 |
| $\bar{x} \pm \hat{\sigma}$ | 75,42±9,839 | 84,16±8,172 | 55,01±2,192 | 83,13±2,578 | 27,74±1,965 | 76,69±0,690 |
| | | * | *** | * | *** | * |

\bar{x} : moyenne

$\hat{\sigma}$: écart-type

* $p < 0.05$: différences significatives

*** $p < 0.001$: différences très hautement significatives

➤ Taux de gluten sec

La figure 23 affiche les résultats obtenus pour le taux de gluten sec. L'analyse de ces résultats montre que toutes les variétés « locales » ont enregistré un taux de gluten sec inférieur à

celui du blé importé, pour lequel nous avons noté une valeur de l'ordre de 12.57 %. Pour les variétés « locales », la valeur la plus élevée a été notée chez la variété GTA (10,32 %), alors que la variété la plus faible a été notée chez la variété Oued el-Bared (6,57 %).

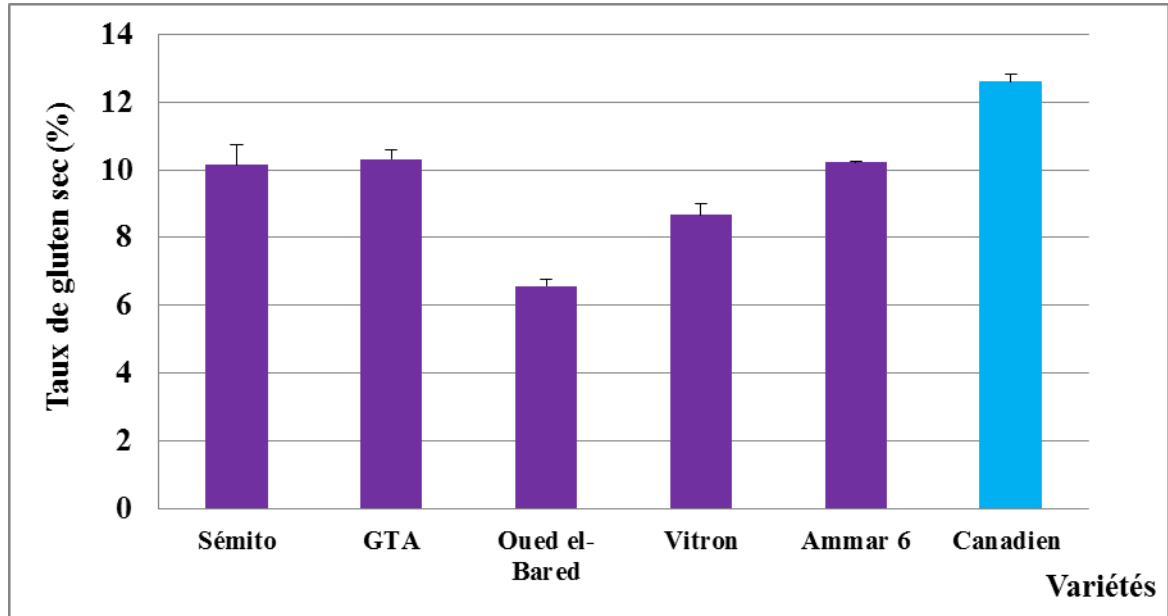


Figure 23 : Résultats relatifs au taux de gluten sec des différentes variétés de blé dur

L'analyse de la variance conduite pour le taux de gluten sec, a montré des différences très hautement significatives entre les variétés (Tab. 24).

Tableau 24 : Résultats de l'analyse de la variance du taux de gluten sec pour les différentes variétés de blé dur.

| Sources de variation | DL | SC | CM | F | P |
|----------------------|----|--------|---------|--------|-----------|
| Variétés | 5 | 59,728 | 11,9457 | 117,04 | 0,000 *** |
| Erreur | 12 | 1,225 | 0,1021 | | |
| Total | 17 | 60,953 | | | |

DL : Degrés de liberté

SC : Somme des carrés des écarts

CM : Carré moyen

F : Valeur observée de F de Fisher

P : Probabilité de mettre en évidence des différences significatives

*** $p < 0.001$: différences très hautement significatives

Le test de Dunnett a affiché des différences très hautement significatives entre le blé canadien et toutes les autres variétés testées (Tab. 25).

Tableau 25 : Résultats du test de Dunnett pour le taux de gluten sec des différentes variétés de blé dur.

| Test | Taux de gluten sec (%) | | | | | |
|----------------------|------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| Variété | Canadien | Sémito | GTA | Oued el-Bared | Vitron | Ammar 6 |
| $\bar{x} \pm \delta$ | 12,57±0,227 | 10,13±0,595 *** | 10,32±0,257 *** | 6,57±0,215 *** | 8,67±0,308 *** | 10,22±0,026 *** |

\bar{x} : moyenne

δ : écart-type

*** $p < 0.001$: différences très hautement significatives

Conclusion

Conclusion

Le caractère qualité est actuellement très recherché et est devenu l'un des objectifs principaux dans l'amélioration des blés. La fabrication de la semoule et ses sous-produits nécessite des analyses physico-chimiques et technologiques spécifiques pour contrôler la qualité de blé dur à utiliser.

Pour atteindre les principaux objectifs que nous sommes fixés dans le cadre de ce travail, nous avons procédé à des analyses physicochimiques et technologiques de six variétés de blé dur ; cinq variétés cultivées en Algérie (Sémito, GTA, Oued El-Bared, Vitron et Ammar 6), récoltées de la région de Guelma en 2018, et une « variété » importée (blé canadien) fournis par les moulins AMOR BENAMOR.

A la lumière de résultats obtenus pour les différents tests réalisés sur les grains des blés étudiés, il en ressort les points suivants :

- Les paramètres relatifs aux caractéristiques des grains de blé dur sont dépendants les uns des autres (Fig.24.), et l'évaluation de la qualité des grains de blés ne se fait qu'avec la globalisation de ces paramètres ensembles, pour lesquelles on note à titre d'exemple, que l'indice de gluten est influencé par la teneur en protéines des grains de blé dur.

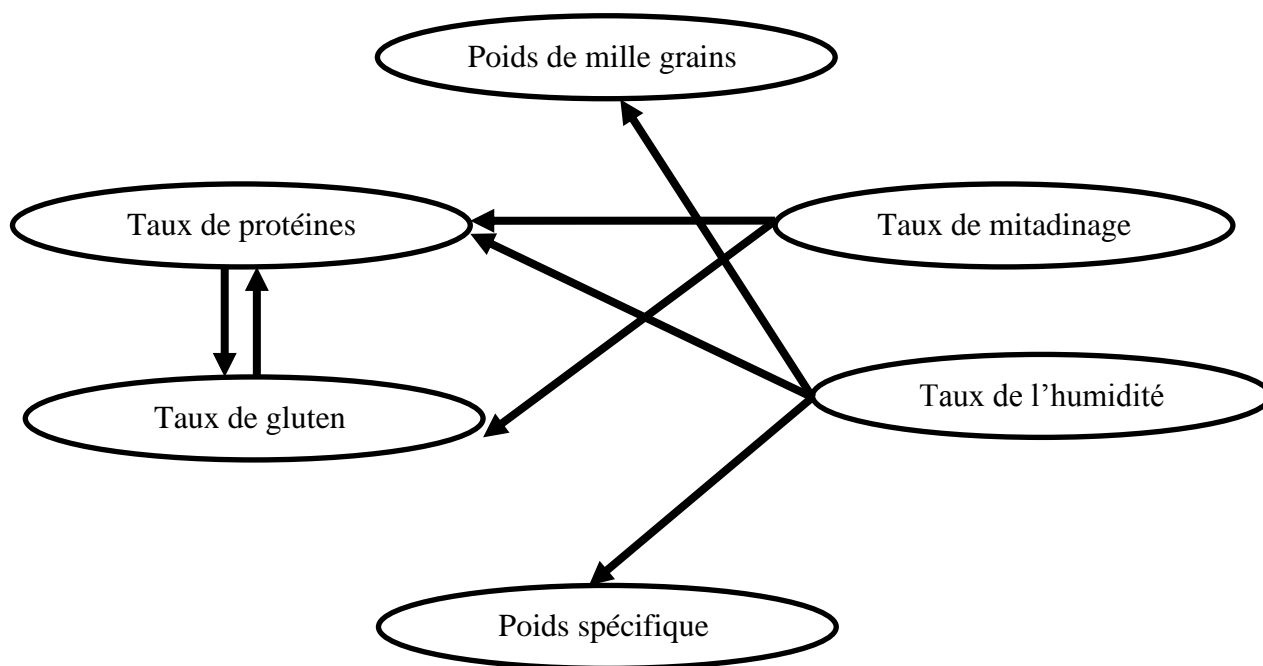


Figure 24 : Schéma représentant les corrélations existantes entre les différents paramètres estimés

- L'analyse globale des résultats relatifs à la qualité des grains de blés durs, a montré que le blé importé présente une qualité supérieure à celle du blé local ; mais ça ne signifie en rien, que le blé local est de mauvaise qualité, du fait que les valeurs enregistrées pour la plupart des paramètres testés sont dans les normes internationales (Tab. 26).

Tableau 26 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les différents paramètres estimés, comparés aux normes internationales

| Paramètre Variétés | Taux de Prot. | Taux d'hum. | PS | PMG (MTQ/MS) | Taux de Mit. | Taux de cendres | Taux de gluten (index) |
|-----------------------|---------------|-------------|----|--------------|--------------|-----------------|------------------------|
| Sémito | + | + | + | + | + | + | - |
| GTA | + | + | + | + | + | + | + |
| Oued El-Bared | - | + | + | + | - | + | + |
| Vitron | + | + | + | + | + | - | + |
| Ammar 6 | + | + | + | + | + | + | + |
| Canadien | + | + | + | + | + | + | + |

+ : conformes aux normes.

- : non conformes aux normes.

Sur la base des résultats affichés dans le tableau 26, on note que :

Pour l'ensemble des paramètres relatifs à la qualité des grains les deux variétés « locales », GTA et Ammar 6, ainsi que le blé canadien, présentent des valeurs qui sont dans les normes, et sont donc de bonne qualité.

Pour les autres variétés : Sémito, Vitron et Ouedel-Bared on remarque que :

✓ Les variétés Sémito et Vitron possèdent chacune 6/7 parmi les paramètres testés, qui sont dans les normes et 1/7 paramètre seulement qui n'est pas dans les normes (taux de gluten pour Sémito, et taux de cendres pour Vitron), et sont donc de qualité moyenne.

✓ La variété Oued el-Bared présente cinq 5/7 valeurs qui sont dans les normes et 2/7 qui ne sont pas dans les normes, et est donc de qualité moins bonne par rapport à toutes les autres variétés testées.

L'analyse statistique des résultats relatifs aux paramètres estimés a affiché des différences très hautement significatives entre les variétés testées, pour la teneur en protéines, la teneur en eau, le poids spécifique, le taux de mitadinage et le taux de gluten (humide, sec), et hautement significatives pour le poids de mille grains (MTQ, MS), le taux de cendre (MS), et le gluten index.

La réalisation de chaque test et l'obtention du résultat n'est pas suffisant, même si le nombre de répétitions est assez élevé et les valeurs seront conformes aux normes, chaque test a son propre valeur pour la répétabilité, au-delà de cette valeur les résultats ne sont pas pris en compte et il faut refaire de nouveau le test avec des nouvelles déterminations.

Dans le cas de notre étude, les valeurs des répétabilités sont prises en compte pour tous les paramètres estimés, ce qui permet une meilleure confirmation des résultats.

En perspectives à cette étude, nous proposons, d'une part, d'élargir cette étude et tester l'ensemble des variétés de blé dur cultivées en Algérie, et d'autres part, chercher les variétés qui s'adaptent mieux aux conditions agroclimatiques de notre pays et identifier les contraintes de la production des blés, en vue d'améliorer quantitativement et qualitativement les rendements, pour subvenir aux besoins en alimentation et en industrie en cette céréale, et limiter les importations des blés.

Références

Bibliographiques

Références bibliographiques

A

Abdouche F., 2000. Les céréales et la sécurité alimentaire en Algérie. El hikma, Alger : 15 p.

Abecassis J., Gautier M-F. et Autran J-C., 1990. Actualités des industries alimentaires et agro-industrielles, La filière blé dur - pâtes alimentaires - Apports complémentaires de la technologie et de la génétique dans l'amélioration de la qualité. Actualités des industries alimentaires et agro-industrielles : 475 – 482 p.

Abis S., 2012. Le blé en Méditerranée sociétés commerce et stratégies. Économie et territoire relations commerciales, CIHEAM Paris : 241-247 p .

Ait-Kaki S., 2007. Contribution à l'étude de l'interaction génotype x milieu, pour la qualité technologiques chez le blé dur en Algérie. Thèse de doctorat. Option : Biologie végétale et Amélioration des Plantes. Université Badji Mokhtar-Annaba : 33-37 p.

AFNOR., 1986. Céréales et produit céréaliers. Recueil de normes françaises, Lavoisier *TEC & DOC*, Paris, 2 : 250-263 p.

Aouali S., Hamadache A., Ghalem- Djender Z., Omar L. et al., 2010. Résorption de la jachère au niveau de la zone nord de l'Algérie. Céréaliculture : *revue technique et scientifique de l'Institut Technique des Grandes Cultures*. Numéro 55 : 146 p

Armand B., Germain M., 1992. Le blé - éléments fondamentaux et transformation. Les presses de l'université Laval. : 14-22 p.

Arvalis, 2013. Blé dur. Choisir et décider 2013 Variétés et traitements d'automne : 36 p.

Aziez M., Bensahli R., Bouterrouma E-Y., Hammadouche O. et al., 2003. Le guide pratique de l'agréeur ; Céréales et légumineuses alimentaires. Office Algérien Interprofessionnel des Céréales, Alger – Algérie : 55 p.

B

Barron C., Abécassis J., Chaurand M., Lullien-Pellerin V., et al., 2012. Accès à des molécules d'intérêt par fractionnement par voie sèche. UMR-IATE Ingénierie des Agropolymères et Technologies Emergentes *INRA, CIRAD, SUPAGRO*, UM II Montpellier, France. N°19 : 51-62 p.

Belaid C., 2012. Etude comparative de quelques caractéristiques technologiques des blés durs locaux et importés destinés à la fabrication de semoule, Mémoire de Master, Option: Qualité des produits et sécurité alimentaire, Université 08 Mai 1945, Guelma : 45 p.

Bellagoun I., Medini A., 2015. Etude comparative de la qualité technologique de quelques échantillons du blé dur issus de la moisson 2014 (région de Guelma). Mémoire de master. Option : Qualité des produits et Sécurité Alimentaire. Université 08 Mai 1945 de Guelma : 1-2 p.

Benbelkacem A., Kellou K., 2000. Evaluation du progrès génétique chez quelques variétés de blé dur (*Triticum turgidum L. var. durum*) cultivées en Algérie. In : **Royo C., Nachit M., Di Fonzo N. and Araus J.L.,** Durum wheat improvement in the Mediterranean region: New challenges. CEHEAM. : 7 p.

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

Ben Chibane T., 2013. Détermination de l'activité antioxydante de deux céréales : blé dur et blé tendre. Mémoire d'ingénieur d'état. Option : contrôle de Qualité et analyse. Université de Béjaia : 7 p.

Benchikh C., Fahloul D., Boulaoueh N., Fellahi N. et al., 2016. Effets de l'augmentation de la dose d'azote sur l'amélioration du rendement et des paramètres de qualité du blé dur (*Triticum durum Desf*) en zone semi-aride en Algérie. *Céréaliculture : revue technique et scientifique de l'Institut Technique des Grandes Cultures.* Numéro 66 : 51 p.

Berton B., 2002. Hydratation par adsorption de vapeur d'eau ou par immersion des farines de blé et de leurs constituants. Alimentation et Nutrition. Institut National Polytechnique de Lorraine. France : 205 p.

Bonjean A., Picard E., 1991. Les céréales à paille. Origine-histoire-économie-sélection. Ligugé; Poitiers : 36p.

Boufnar-Zaghouane F., Zaghouane O., 2006. Guide des principales variétés de céréales à paille en Algérie (blé dur, blé tendre, orge et avoine). *ITGC, ICARDA.,* Alger : 154 p.

Bourihane D., Mekkaoui Z., 2013. Analyse des déterminants de la production du blé en Algérie Cas des wilayas Tiaret, Sétif et Médéa. L'échantillon 1990 – 2009. Mémoire de master. Option : Economie Appliquée et Ingénierie Financière. Université Abderrahmane mira de Bejaia : 86 p.

Branlard G., 2012. La qualité du gluten : variations de sa composition et de ses propriétés. *Medecine et Nutrition* 48 N°4 : 21-25 p.

C

Caid H-S., Ecchemmakh T., Elamrani A., Khalid A. et al., 2008. Altérations accompagnant le vieillissement accéléré de blé tendre. *Cahiers Agricultures* vol. 17, N° 1 : 39-44 p.

Chégut M., Hardy C., Lebarbier R., Marot M-T. et al., 2018. Filière blé dur. Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt. Nouvelle – Aquitaine : 8 p.

C.R.E.A.B. MIDI-PYRENEES, Résultats de l'essai Variété de blé dur en agriculture biologique. Compagne 2007-2008 : 12 p.

Cruz J-F., Hounhouigan J-D. et Fleurat-Lessard F., 2016. La conservation des grains après récolte. Editions Quae, CTA, Presses agronomiques de Gembloux : 37-42 p.

D

Dali S., Jouadi H., Louinis M. et Nekkab D., et al., 2010. Evaluation des contrats de performance des wilayas. Céréaliculture : *revue technique et scientifique de l'Institut Technique des Grandes Cultures*. Numéro 55 : 192.

Desclaux D., 2005. Amélioration de la valeur technologique et commerciale du blé dur : vers une réduction des taux de moucheture et de mitadin. Rapport du projet de recherche. *INRA*. Montpellier. France : 47 p.

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

Djelti H., 2014. Etude de la qualité du blé tendre utilisé en meunière algérienne. Mémoire de magistère. Option : Technologie Des industries Agro-alimentaire. Université Abou Bekr Belkaid-Tlemcen : 51p.

Djermoun A., 2009. La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques. *Revue Nature et Technologie* N° 01/Juin : 45- 53.

Doukani K., Tabak S., Gourchala F., Mihoub F. et al., 2013. Caractérisation physico-chimique du blé fermenté par stockage souterrain (Matmora). *Revue Ecologie-Environnement* N°9 : 3-4 p.

E

El HadeF El Okki L., 2015. Valeurs d'appréciation de la qualité technologique et biochimique des nouvelles obtentions variétales de blé dur en Algérie. Mémoire de Magister en agronomie. Option : Génétique et Amélioration des Plantes. Université Ferhat Abbas Sétif 1 : 41-52 p.

F

FAO., 2014. Afrique classement des pays producteurs de matières premières : 2p.

FAO., 2018. Perspectives de l'alimentation ; Les marchés en bref. [disponible sur] <http://www.fao.org/worldfoodsituation/fr/> (consulté le 21/02/2019) : 2-3.

Feillet P., 2000. Le grain de blé : composition et utilisation. Paris, FRA : Editions *INRA* : 308p.

J

J.O.R.A.D.P. , 2013. Arrêté du 06 Juin 2012 rendant obligatoire une méthode de dosage du taux de cendres par incinération dans les légumineuses et produits dérivés. JO. N° 35 : 8 p.

H

Hamadache A., 2001. Stades et variétés de blé. *Revue technique et scientifique de l'Institut Technique des Grandes Cultures.* : 9-10 p.

Hayma J., 2004. Le stockage des produits agricoles tropicaux. Fondation Agromisa, Wageningen : 78 p.

Hlynka I., 1964. Wheat; Chemistry and technology. American Association of Cereal Chemists. USA : 603 p.

Hythier M-C., Autran J-C., 1995. Caractéristiques Technologiques Des Variétés De Blés Durs Examinées En 1994. Institut National De La Recherche Agronomique : 1-14 p.

I

I.T.C.F., 2001. Contrôle de la qualité des céréales et protéagineux : guide pratique. Lavoisier, France : 268 p.

ITGC, 2016. Evaluation de l'encadrement phytosanitaire des céréales durant la période 2010-2015. Céréaliculture : *revue technique et scientifique de l'Institut Technique des Grandes Cultures.* Numéro 66. 35 p.

G

Godon B., Popineau Y. et Ducarouge F., 1981. Différences d'hydrophobicité de surface des gliadines de deux variétés de blé dur de bonne et de mauvaise qualité. *Agronomie*, EDP Sciences, 1 (2), : 77-82 p.

K

Kalarasse A., 2018. Effet des altérations de la semence sur le développement de la culture et la qualité du rendement chez le blé. Mémoire de master, Option: Phytopharmacie et protection des végétaux. Université 08 Mai 1945 de Guelma : 51 p.

Kellou R., 2008. Analyse du marché algérien du blé dur et les opportunités d'exportation pour les céréaliers français dans le cadre du pôle de compétitivité Quali-Méditerranée : Le cas des coopératives Sud Céréales, Groupe coopératif Occitan et Audecoop. Mémoire de Master de Science. N° 93 : L'Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier, France : 160 p.

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

L

Lesage V., 2011. Contribution à la validation fonctionnelle du gène majeur contrôlant la dureté / tendreté de l'albumen du grain de blé par l'étude de lignées quasi-isogéniques. *Sciences agricoles.* Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II. Français : 118 p.

M

Magrini M-B., Triboulet P. et Bedoussac L., 2013. Pratiques agricoles innovantes et logistique des coopératives agricoles. Une étude ex-ante sur l'acceptabilité de cultures associées blé dur légumineuses. Société Française d'Économie Rurale :

Moule C., 1971. Céréales ; Phytotechnie Spéciale. Tome II. La Maison Rustique – Paris : 94.

Moule C., 1980. La mécanisation de l'irrigation par aspersion. Bulletin FAO d'irrigation et de drainage N° 35 : 25-35 p.

Monneveux P., et Nemmar M., 1986. Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre (*Triticum aestivum L.*) et chez le blé dur (*Triticum durum Desf.*) : étude de l'accumulation de la proline au cours du cycle de développement. Agronomie, EDP Sciences, N°6: 584 p.

Moula D., Zaghouane-Boufenar F., Boukhobza N., Boulemnakher H, et al., 2010. La production semencière et son impact sur la qualité de la production nationale. Céréaliculture : revue technique et scientifique de l'Institut Technique des Grandes Cultures. Numéro 55 : 99.

M.S.D.A. (Manuel Suisse des Denrées Alimentaires), 2004. Céréales ; produits de l'industrie meunière, pré-mélanges pour four, mélange de farine, farines instantanées : 14 Céréales, produits de l'industrie meunière : 22 p.

N

Nadjah I., 2014. Changements physiologiques chez des plantes (Blé dur *Triticum durum* Desf.) exposées à une pollution par un métal lourd (plomb). Thèse de doctorat. Option : Biologie Végétale Et Environnement. Université Badji Mokhtar-Annaba : 98 p.

Nour A., et Brinis L., 2016. Effet du stockage sur la vigueur et la viabilité des semences de deux variétés de blé dur (*Triticum durum, Desf.*). *Rev. Sci. Technol., Synthèse* 32: 22 -29 p.

O

Ouzouline M., Tahani N., Elamrani A. et Serghini C-H., 2009. Comparaison De La Composition Lipidique De Grains De Blé Dur Et Blé Tendre De Variétés Marocaines. Les Technologies De Laboratoire - N°15 : 9-15 p.

P

Perten H., 2015. Gluten Index, Caractéristiques qualitatives et quantitatives du gluten. The World Standard : 3-4 p.

S

Selslet-Atout G., Guezlène L. 1983. Caractéristiques physico-chimiques des principales variétés de blé dur cultivées en Algérie. Annales de l'Institut National de la Recherches Agronomiques de Tunisie : 12-20 p.

Samson M.F., Desclaux D. (2006). Amélioration de la valeur technologique et commerciale du blé dur : vers une réduction des taux de moucheture et de mitadin. Colloque régional du 21 Juin 2006. Campus INRA Montpellier : 4 p.

Saulnier L., 2012. Les grains de céréales : diversité et compositions nutritionnelles. Cahiers de nutrition et diététique, N° 47 : 4-15 p.

T

Trentesaux E., 1995. Evaluation de la qualité du blé dur. *In: Di Fonzo N. (ed.), Kaan F. (ed.), Nachit M. (ed).* Durum wheat quality in the Mediterranean region. Zaragoza. CIHEAM : 53-59 p.

Z

Zahid A., 2010. Mécanismes cellulaires et moléculaires régissant le métabolisme des semences de céréales Rôle du réseau rédoxines - Système antioxydant dans la prédiction de la qualité germinative. Thèse de doctorat présenté à l'université de Toulouse pour l'obtention du grade de Docteur universitaire : 18-45 p.

ZEMOUR K., 2014. Etude des effets du déficit hydrique sur le processus de germination chez le blé dur (*Triticum durum Desf.*). Mémoire de magistère. Option : Amélioration de la production végétale et biodiversité. Université Abou Bekr Belkaïd- Tlemcen : 59 p.

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

Sites Web :

[1] :https://www.researchgate.net/figure/Anatomie-du-grain-de-ble-tendre-Le-grain-de-ble-est-constitue-de-trois-parties_fig7_317814710 (consulté le 12/04/2019).

[2] :<https://www.sillonbelge.be/1448/article/2017-10-07/production-de-ble-et-les-flux-mondiaux-les-marches-belges-et-francais-tres> (consulté le 07/05/2019).

[3] :<https://www.arvalis-infos.fr/limiter-le-taux-de-moucheture-sur-ble-dur-@/view-18631-arvarticle.html> (consulté le 25/05/2019).

[4] :<http://www.nzdl.org/gsdllmod> (consulté le 25/05/2019).

[5] :<http://www.fao.org/3/T0522F/T0522F04.htm> (consulté le 03/06/2019).

Résumés

Résumé

Dans le but de comparer la qualité technologique des blés durs cultivés en Algérie et le blé importé, cette étude a porté sur cinq variétés « locales », issues de la récolte de 2018 (Sémito, GTA, Oued El-Bared, Vitron et Ammar 6) et un échantillon importé (canadien). Plusieurs paramètres physicochimiques et technologiques (teneur en protéines, teneur en humidité, poids spécifique, poids de mille grains, taux de mitadinage, taux de cendre et taux de gluten), ont été estimés. Les résultats obtenus montrent que pour la plupart des paramètres étudiés des différences significatives ont été notées entre les variétés « locales » et le blé importé. Cependant, les valeurs enregistrées pour la majorité des paramètres sont conformes aux normes internationales de qualité des blés, et ce aussi bien pour le blé canadien que pour les variétés « locales », et les variétés testées sont donc de bonne qualité.

Mots clés : Blé dur, Grains, Qualité, Paramètres technologiques, Paramètres physico-chimiques.

Abstract

In order to compare the technological quality of durum wheat grown in Algeria and imported wheat, this study focused on five "local" varieties from the 2018 crop (Semito, GTA, Oued El-Bared, Vitron and Ammar 6) and an sample of wheat (Canadian). Several physicochemical and technological parameters (protein content, moisture content, specific specific, thousand grain weight, mitadinage rate, ash content and gluten content) have been estimated. The results obtained show that for most of the studied parameters significant differences were noted between the "local" varieties and the imported wheat. However, the values recorded for the majority of the parameters are consistent with international wheat quality standards, for both Canadian wheat and "local" varieties, and the varieties tested are therefore of good quality.

Key words: Durum wheat, Grains, Quality, Technological parameters, Physico-chemical parameters.

ملخص

من أجل مقارنة الجودة التكنولوجية للقمح الصلب المزروع في الجزائر والقمح مستورد ، ارتكزت هذه الدراسة على خمسة أصناف "محلية" من محصول 2018 (Ammar 6 و Vitron ،Oued el-Bared ،GTA ،Semito) وعينة مستوردة (كندية). تم تقدير العديد من المعايير الفيزيوكيميائية والتكنولوجية (محتوى البروتين ، محتوى الرطوبة ، الوزن النوعي ، وزن 1000 حبة، نسبة mitadinage ، محتوى الرماد ، محتوى الغلوتين). أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أنه بالنسبة لمعظم المعايير المدروسة ، لوحظت فروق نوعية بين الأصناف "المحلية" والقمح المستورد. ومع ذلك ، فإن القيم المسجلة بالنسبة لمعظم المعايير تتفق مع المعايير الدولية لجودة القمح ، لكل من القمح الكندي والأصناف "المحلية" ، وبالتالي فإن الأصناف التي تم اختبارها ذات جودة نوعية جيدة.

الكلمات المفتاحية: القمح الصلب ، الحبوب ، الجودة ، المعايير التكنولوجية ، المعايير الفيزيائية الكيميائية.