



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la  
Recherche Scientifique



Université Ahmed Draïa Adrar  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département des Sciences de la Nature et  
de la Vie

## MEMOIRE

### MASTER ACADEMIQUE

**Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie**

**Filière : Sciences Biologiques**

**Spécialité : Biochimie Appliquée**

**Intitulé**

**Etude comparative de la qualité de grains de quelques  
variétés locales de blé tendre de la région d'Adrar**

**Présenté par :**

1. Labbaci Hanane
2. Afiane Rachida
3. Dabbaha Fatiha

**Devant le jury :**

<b>Président :</b>	<b>Mr Nani A.</b>	<b>M.C.A.</b>	<b>Univ. Adrar</b>
<b>Examineur:</b>	<b>Mr Abbad A.</b>	<b>M. A. A.</b>	<b>Univ. Adrar</b>
<b>Prometteur:</b>	<b>Mr Boulgheb A.</b>	<b>M. C. B.</b>	<b>Univ. Adrar</b>

**Année Universitaire : 2021/2022**



## شهادة الترخيص بالإيداع

انا الأستاذ(ة): بولفان عبد الحميد  
المشرف مذكرة الماستر الموسومة بـ: Etude comparative de la qualité de produits de quelques variétés de blé tendre Casier d'Adrar

من إنجاز الطالب(ة): عقيانا رشيدة  
و الطالب(ة): العباسية حنان والطالبة ديامة غنينة  
كلية: علوم وتكنولوجيا  
القسم: علوم الطبيعة والحياة  
التخصص: بيوكيمياء تطبيقية

تاريخ تقييم / مناقشة: 2022 / 05 / 29

أشهد ان الطلبة قد قاموا بالتعديلات والتصحيحات المطلوبة من طرف لجنة التقييم / المناقشة، وان المطابقة بين النسخة الورقية والإلكترونية استوفت جميع شروطها.  
ويامكنهم إيداع النسخ الورقية (02) والأليكترونية (PDF).

- امضاء المشرف:

ادرار في :  
مساعد رئيس القسم:

# Remerciements

*« Louange à Allah qui nous a guidés à ceci. Nous n'aurions pas été guidés, si Allah ne nous avait pas guidés »*

[ Sourate 7. Al Araf verset 43 ]

Ma reconnaissance, et mes sincères remerciements vont à notre encadreur Monsieur **Boulgheb Abdelmadjid** pour nous avoir dirigés tout au long de la réalisation de ce travail.

Ses orientations, ses encouragements, sa compréhension, sa disponibilité constante nous ont été d'une précieuse aide.

Nous tenons à remercier également Monsieur Dr **Nani Abdelhafidh** comme président du jury et **Abbad Ahmed**, et pour avoir accepté d'examiner notre travail.

Nous tenons à remercier également les **Travailleurs des laboratoires de l'universitaire** pour leur aide et leur encouragement.

Nous tenons à remercier également tous mes enseignants pour leurs bonnes orientations et pour leur aide précieuse. Nous tenons à remercier également tous les étudiants du département des Sciences de la nature et de la vie/ université Ahmed Draïa Adrar.

## *Dédicaces*

*Je dédie ce travail :*

*-A mon père et ma mère, je souhaite Dieu prolonge leur âge*

*-A mon grand-père, Dieu prolonge leur âge et ma tante*

*-A mes frères mes sœurs pour conseils et leur soutien de  
tout l'année d'étude*

*-A mes collègues de travail      Hanane et Fatiha*

*-A toute la famille de Afiane et Benhachm , toute mes amies  
sans exception*

*-A tous ceux qui m'ont aidé de loin ou de près durant  
les moments difficiles.*

***Rachida***



## *Dédicaces*

*Je dédie ce travail :*

*-A mon père et ma mère, je souhaite Dieu prolonge leur âge.*

*-A mes frères Mohamed, Mustafa, Abdullah, Abdul Jalil,  
Abdul Karim et mes sœurs Fatima, Saida, Mariam pour  
conseils et leur soutien de tout l'année d'étude*

*- A ma grand-mère, Dieu prolonge leur âge et ma tante\**

*-Aux petits anges )Emane, Nasr ElDine, Abdel Nour, Nour  
El Huda, Asinat Zainab et Muhammad )*

*A mes collègues de travail Rachida et Hanane*

*-A toute les familles de Debbaha, Aslafie et Bekhout*

*-A toute ma famille, à toute mes amies sans exception*

*-A tous ceux qui m'ont aidé de loin ou de près durant  
les moments difficiles.*



***Fatiha***



## *Dédicaces*

*Je dédie ce travail :*

- A mon père et ma mère, je souhaite Dieu prolonge leur âge*
- A mes frères et mes sœurs pour conseils et leur soutien de tout l'année d'étude*
- A mes collègues de travail : Rachida et Fatiha*
- A toute la famille de Labbaci , toute mes amies sans exception*
- A tous ceux qui m'ont aidé de loin ou de près durant les moments difficiles.*

*Hanane*



# Table de matières

## Table de matières

Introduction .....	1
Chapitre I : Partie bibliographique.....	4
1.1 Historique de blé .....	5
1.2 Origine de blé tendre .....	5
1.3 Composition morphologique .....	7
1.3.1 Enveloppe .....	7
1.3.1.1 Péricarpe: .....	7
1.3.1.2 Tégument séminal: .....	7
1.3.1.3 Assise protéique: .....	7
1.3.2 Albumen .....	7
1.3.3 Germe : .....	8
1.4 Composition biochimique : .....	8
1.4.1. Glucides.....	8
1.4.2. Lipides.....	9
1.4.3. Vitamines.....	9
1.4.4 Protéines : .....	9
1.4.5. Sels minéraux.....	11
1.4.6. Enzymes.....	12
1.5. Qualité des grains de blés .....	12
1.5.1.Taux d'extraction de la farine: .....	13
1.5.2.Teneur en protéines: .....	13
1.5.3.1. Gluten: .....	14
1.5.3.1.1 Gluten humide.....	15
1.5.3.1.2 Gluten sec : .....	15
1.6 Facteurs affectant la qualité technologique de la farine: .....	15
1.6.1 Conditions de stockage .....	15
1.7. Principaux tests utilisés pour évaluer la qualité de panificationdes farines de blé.....	16
1.7.1. Gluten humide: .....	16
1.7.2. Indice du gluten: .....	16
1.7.3. Taux de cendre: .....	17
1.7.4. Test de Zéleny: .....	17
1.7.5. Alvéographe: .....	18
1.7.5.1 Travail de déformation (W).....	18
1.7.5.2 Extensibilité à l'Alvéographe (L).....	19
1.7.5.3 Ténacité à l'alvéographe.....	19
1.7.5.4. Gonflement .....	19
1.7.5.5 Rapport de configuration (l'indice de l'alvéographe): .....	19
Chapitre II Partie expérimentale .....	20
2.1.Mesures et analyses .....	21
2.1. Piétin échaudage : .....	21
2.2. Poids de 1000 grains (PMG) .....	21
2.3. Poids spécifique .....	22
2.4.Echaudage .....	22
2.5. Taux d'extraction de la farine.....	23
2.6. Teneur en protéines : .....	23
2.2.Expression des résultats : .....	24
2.2.1 La teneur en azote (N) : .....	24
2.2.2. Teneur en gluten.....	24
2.2.3 Capacité d'hydratation : .....	25
2.3. Analyses statistiques.....	25
2.3.1 Analyse de la variance (Anova) répété .....	25
2.3.2 Plus petite différences significative : .....	26
2.3.3 Coefficients de variation moyen (CVM). .....	26

# Table de matières

---

2.2.4 Coefficients de corrélation .....	26
Chapitre III Résultats et discussions.....	28
3.1. Analyses statistiques relatives aux performances des variétés étudiées.....	29
3.1.1. Effet génotypique.....	29
3.1.2 Effet du résiduel.....	30
3.1.3. Analyse de coefficients de variation moyenne.....	30
3.2 Etudes des performances relatives aux valeurs propres des variétés utilisées : .....	30
3.2.1 Poids de 1000 grains (PMG) : .....	31
3.2.2 Poids spécifique (P.S.) : .....	34
3.2.3 Taux d'extraction de la farine (Rendement en farine.) : .....	36
3.2.4. Taux d'échaudage de grains: .....	39
3.2.5. Gluten humide .....	40
3.2.6. Gluten sec .....	42
3.2.7. Taux d'hydratation.....	44
3.2.8. Taux de protéines.....	46
3.3. Liaisons inter caractères .....	47
Conclusion.....	49
Références bibliographiques.....	51

## Liste des tableaux

Tableau n° 1	Carrées moyennes des écarts des diverses sources de variations dues aux variétés et à l'erreur de Poids de Mille Grains, le gluten humide et sec, Taux d'hydratation, le poids spécifique, taux d'extraction, et le taux des protéines.....	29
Tableau n° 2	Performances relatives à la qualité des grains et de la farine de six (06) variétés locales ainsi que deux (02) autres variétés importées prises comme témoin ainsi que des valeurs statistiques de référence (la valeur moyenne, minimalet maximale) de chaque caractère...31	
Tableau n° 3	Matrice des coefficients de corrélation des divers paramètres étudiés. ....	47

## Liste des figures

Figure 01	Phylogénie du blé tendre.....	06
Figure 02	Histologie du grain de blé .....	08
Figure 03	Composition protéique de la farine du blé .....	11

# Liste des abréviations

---

## Liste des abréviations

C.V.M	Coefficients de Variation Moyenne.
H.S.	Hautement Significative.
INRA	Institut National de la Recherche Agronomique.
ITCF	Institut Technique des céréales et Fourrages.
HD122	Hidhab1220.
NB	Nota Ben.
N.S.	Non Significative.
P.M.G	Poids de Mille Grains.
p.p.d.s	Plus petite différence significative.
Qx/ha	Quintaux par hectare.
P.P.D.S	Plus Petite Différences Significative.
r	Coefficient de corrélation.
Rdt	Rendement.
RUE	Ration Use Efficiency
S	Significative.

# *Introduction*

# ***Introduction***

---

## **Introduction:**

En Algérie, la consommation moyenne annuelle en céréales par habitant dépasse les deux (02) quintaux sous toutes les formes. En effet, les produits céréaliers en général et les dérivés de blés en particulier sont parmi les produits alimentaires les plus consommés, ce qui a poussé les pouvoirs publics à classer ces produits comme produits de 1<sup>ère</sup> nécessité et produits stratégiques(Boulgheb, 2008).

En réalité les produits céréaliers sont quasi présents dans les menus et les plats algériens. De même, avec l'augmentation du taux de croissance de la population algérienne en permanence, les surfaces agricoles vouées aux cultures céréalières, notamment les blés occupent une bonne partie de cette surface, on constate, voire que ces mêmes surfaces sont en hausse persistante d'une année à une autre en vue de répondre à la demande croissante(Boulgheb, 2008).

L'aire de répartition des surfaces à vocation céréalière est localisée au niveau des hauts plateaux telliens cultivés dans un système de complémentarité avec le cheptel ovin ainsi que certaines plaines de l'intérieur du pays. Par ailleurs, il existe aussi certaines zones sous forme d'encablure notamment au niveau du secteur oasien de la région d'Adrar dont les cultures céréalières sont les plus dominantes. Ces zones sont les terrains de prédilection d'une gamme de variétés locales de blé tendre propre à cette région(Boulgheb, 2008).

Ces variétés se caractérisent par une richesse de formes, de couleur, avec une parfaite adaptation aux conditions du milieu et à un système d'entretien et de conduite de culture ; le fruit d'une accumulation de pratiques ancestrales et propres à la zone. De même, la quasi-totalité de la farine extraite de ces variétés est destinée pour subvenir aux besoins de la famille (autoconsommation). Les modalités d'utilisation de la farine répondent à une recette particulière et aussi le centre d'un savoir faire purement traditionnel propre à la région dont on constate une richesse dans la préparation et l'utilisation des menus traditionnels locaux de la cette zone(Boulgheb, 2008).

Cependant, une partie de la récolte est livrée soit au Zaoui et aux plus nécessiteux appelé localement El Achour sous forme de donation, tandis que l'excédent de la récolte se vend au niveau des marchés locaux. Toutefois, la paille et les autres sous produits de ces variétés sont à la base de l'alimentation d'un cheptel ovin et caprin de type quasi familiale. (Boulgheb, 2008).

## ***Introduction***

---

L'objectif principal de ce travail est d'étudier les variations qui pourraient être existées particulièrement en termes de paramètres liés à la qualité des grains récoltés et celle des produits notamment de la mouture et de la transformation. Parmi ces paramètres visés par la présente étude on peut citer :

- La résistance à l'échaudage.
- Le poids spécifique des grains ou la masse volumique.
- Taux de transformation ou rendement en farine.
- Teneur en gluten humide, sec et leur rapport.
- Teneur en protéines.

Cette démarche pourrait être considérée comme une première étape pour une mission longue et complexe qui vise, en premier lieu, la valorisation de ces anciennes ressources phytogénétiques de blé tendre oasisien dans son propre milieu naturel et social dont elles ont évolué.

# *Synthèse bibliographique*

## Chapitre I : Synthèse bibliographique

### 1.1 Historique de blé :

Le mot céréale dérive de 'Cérès', le nom de la déesse Préromaine de la récolte et de l'agriculture. Les céréales peuvent être définies comme des grains ou des graines comestibles de la famille de l'herbe, Gramineae (Aissaoui, 2018). La domestication des blés a constitué un jalon essentiel dans l'Histoire des sociétés humaines, elle a marqué le début de l'ère Néolithique qui a conduit à l'adoption d'une économie de production fondée sur l'agriculture et l'élevage (Kara, 2015).

La domestication est le résultat d'une succession de choix, conscients ou non, de mutations spontanées améliorant la culture, la récolte, ainsi que les qualités de consommation et de conservation du produit récolté (Aissaoui, 2018). On y distingue plusieurs familles, dont celle des triticées qui regroupent le blé tendre, le blé dur, le seigle et l'orge (Saintot *et al.*, 2017).

Le blé tendre (*Triticum aestivum L.*), aussi appelé froment (Ben Sadoun, 2020) est une céréale autogame appartenant au groupe des angiospermes monocotylédones, (Kara, 2015) de la famille des Poaceae, tribu des Triticées et genre *Triticum*. Les espèces du genre *Triticum* sont des herbacées annuelles produisant un fruit sec indéhiscent, le caryopse. (Kara, 2015). Le blé tendre (*Triticum aestivum*) et le blé dur (*Triticum durum*) sont les deux espèces les plus cultivées dans le monde et en Algérie (Kara, 2015).

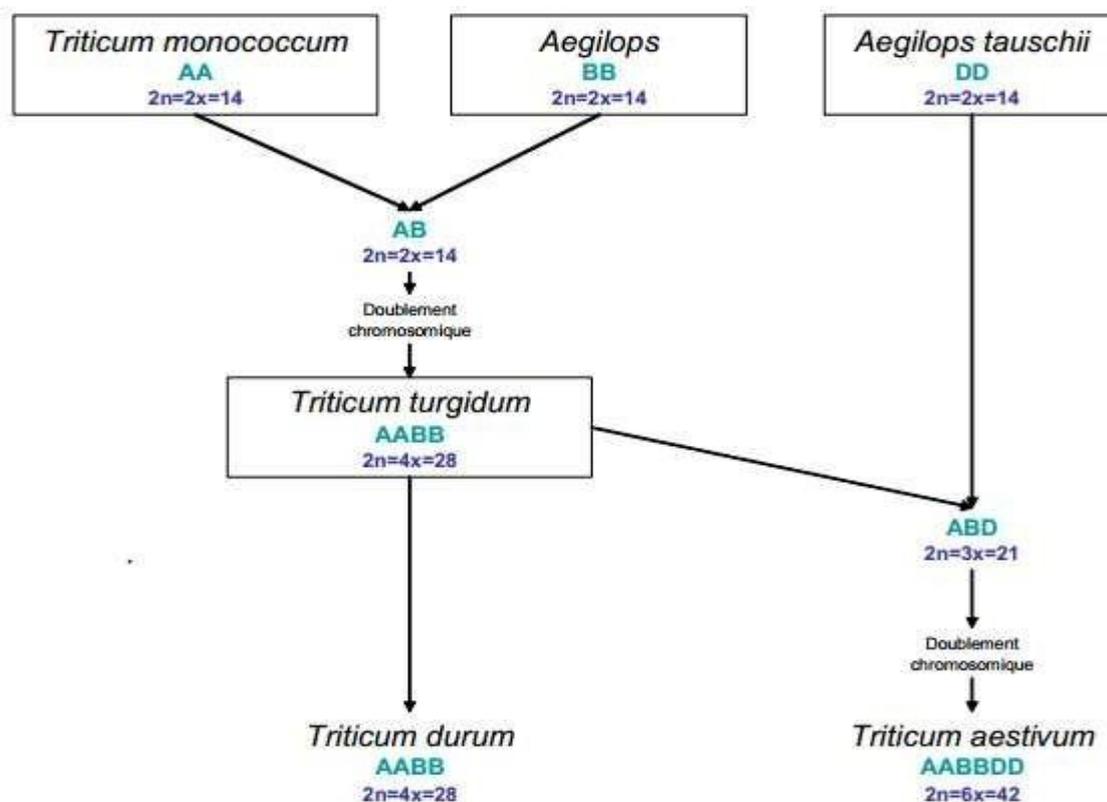
### 1.2 Origine de blé tendre :

Le blé tendre a une composition complexe. Il est constitué de trois génomes possédant chacun 7 paires de chromosomes homéologues, soit 42 chromosomes au total. Il possède une structure génomique hexaploïde (AA BB DD) (Remil, 2018). La détermination de l'origine de chacun des génomes du blé est réalisée par des études cytogénétiques et par le développement des outils moléculaires (Rememi, 2018). Le blé tendre est pour sa part une espèce allohexaploïde qui résulte de deux hybridations interspécifiques suivies d'un doublement chromosomique Figure01 (Ben Sadoun, 2020).

Le croisement entre *Triticum monococcum* (A) et un *Aegilops* (B) a donné un individu de structure génomique (AB) avec 14 chromosomes. Après doublement chromosomique est apparu *Triticum turgidum* ssp. *Dicoccoides* (AA BB), ancêtre du blé dur. Le second croisement interspécifique a eu lieu entre *Triticum turgidum* ssp. *Dicoccoides* et

## Synthèse bibliographique

*Aegilops tauschii* (D) ce qui a donné un individu (ABD) possédant 21 chromosomes. Ce dernier a lui aussi subi un doublement chromosomique (AA BB DD) et est l'ancêtre de *Triticum aestivum*.



**Figure 01** : Phylogénie du blé tendre. (Debton, 2010)

De point de vue histologique, pour Calvel, (1984), le grain de blé est un fruit sec indéhiscent, qui est de forme ovoïde plus ou moins allongé. La couleur de grain de blé varie généralement du roux au blanc et propre à la consommation et dépend principalement des génotypes. La longueur est un caractère quantitatif avec une variabilité très importante de 0,84 à 0,95 centimètre, tandis que le poids individuel du grain est aussi présente une grande variabilité selon, le génotype et les conditions du milieu qui accompagnent la période de remplissage des grains.

Le grain de blé comporte à son extrémité une brosse et parcouru le long de la surface ventrale par un sillon longitudinal dont le repli atteint parfois le quartier médian du grain. Selon Boudreau et Menard, (1992) ce caryopse comprend trois parties essentielles à savoir: les enveloppes ou son, l'albumen et le germe. Le grain de blé comporte trois parties distinctes (Montessions, 2003).

## **Synthèse bibliographique**

---

### **1.3 Composition morphologique :**

Morphologiquement, le grain de blé a une forme ovoïde et présente sur la face ventrale un sillon qui s'étend sur toute la longueur. A la base dorsale, se trouve le germe qui est surmonté par une brosse. Le grain de blé mesure entre 5 et 7 mm de long, et entre 2,5 et 3,5 mm d'épaisseur, pour un poids compris entre 20 et 50 mg (Remil, 2018). Un grain de blé est formé de trois régions (Figure 02).

-l'albumen, constituée de l'albumen amylicé et de la couche à aleurone (80-85% du grain)

#### **1.3.1 Enveloppes:**

Pour Calvel, (1984) les enveloppes représentent 13 à 15% du poids total grain. Ces enveloppes sont constituées par des couches de cellules superposées (Calvel, 1984).

##### **1.3.1.1 Péricarpe:**

Selon Jeantet *et al.*, (2007), la péricarpe à elle seule représente environ 4 % du poids total du grain. Pour Calvel, (1984) c'est l'enveloppe du fruit qui comprend lui-même de trois couches consécutives à savoir ; l'épicarpe, le mésocarpe et l'endocarpe.

##### **1.3.1.2 Tégument séminal:**

Le tégument constitue environ 2% du poids total du grain des blés tendres et blés durs.

##### **1.3.1.3 Assise protéique:**

Elle occupe une bonne partie du poids total du grain en comparaison aux constituants sus cités. Cependant le taux qu'elle occupe est très variable selon les références bibliographiques. Cette variabilité est, en grande partie attribuée aux cultivars ainsi que les conditions du milieu (fertilité du sol, apport en engrais azoté...). Selon Jeantet *et al.*, (2007) elle occupe moyennement de 7 à 9 % du poids total du grain. Elle est appelée parfois cellules à aleurone, qui, botaniquement, est la première couche de cellule de l'endosperme et est, de ce fait, différente des autres enveloppes.

Ces enveloppes au cours de la mouture constituent le son de la farine. Pour Calvel, (1984) les enveloppes de blés sont riches en matières minérales ainsi que des teneurs assez élevées en matières protéiques et matières grasses, comme, elles contiennent des pigments, responsable de la couleur propre des graines, ainsi qu'une non négligeable des vitamines B1 et B2.

### **1.3.2 Albumen :**

Avec un pourcentage variable de l'ordre de 82 à 85 % du poids total du grain, l'albumen constitue la majeure partie du grain de blés. Selon Topin *et al.*, (2007), l'albumen est composé

## Synthèse bibliographique

essentiellement de granules d'amidon avec une moyenne de 70% du volume, reliés entre eux par l'intermédiaire d'une matrice protéique laissant place à des pores et se sépare du germe et des enveloppes du grain lors de la mouture.

### 1.3.3 Germe :

Il occupe une faible partie du poids des grains avec moyennement près de 3 %. Le germe est globalement riche en lipides, protéines, vitamines et éléments minéraux avec une activité enzymatique intense. Selon Jeantet *et al.*, (2007) le germe est constitué de deux parties principales; l'embryon et le scutellum situé à l'interface avec l'albumen amylicé.

Le germe (3%) compose d'un embryon (lui-même forme du coléoptile de la gemmule de la radicule de coléorhize et de la coiffe) et du scutellum. (Feillet, 2000).

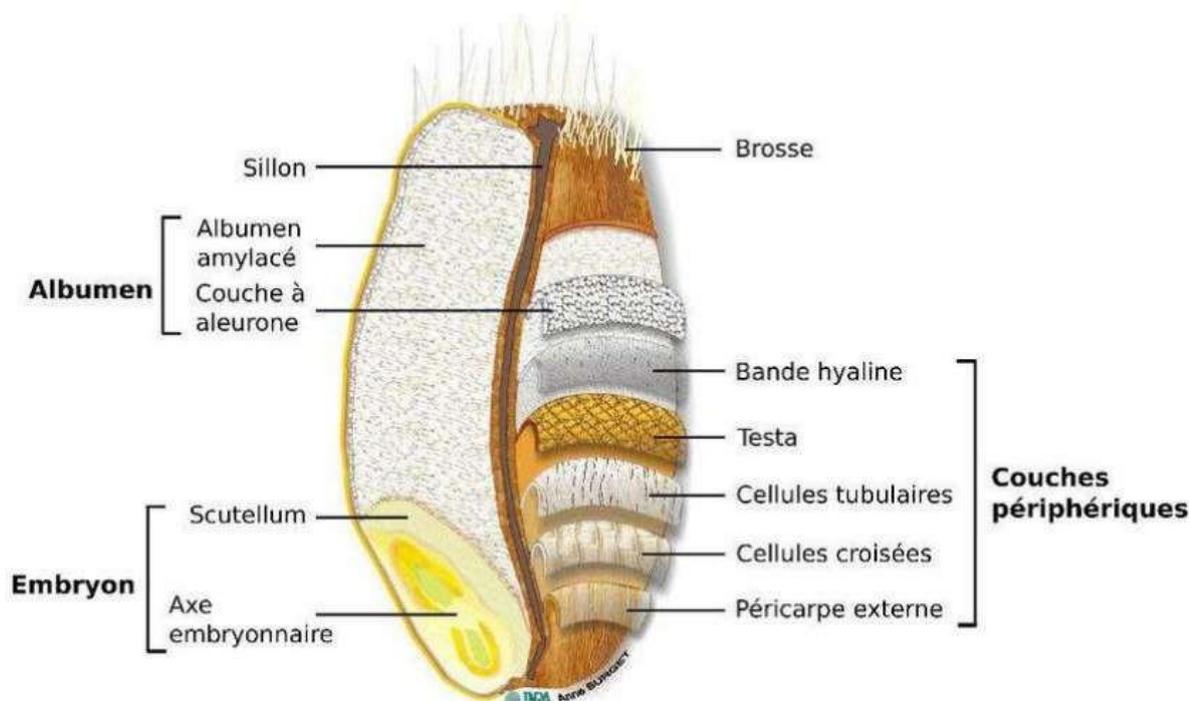


Figure 02: Histologie du grain de blé (Kara , 2015).

### 1.4 Composition biochimique :

#### 1.4.1. Glucides :

Ces substances énergétiques majoritaires dans le grain sont constituées de 80% d'amidon polymère de glucose, il est constitué à 17-28% de chaînes linéaires d'amylose et de chaînes ramifiées plus longues d'amylopectines (Remil, 2018).

## **Synthèse bibliographique**

---

### **1.4.2. Lipides :**

Dans le grain de blé, les lipides sont présents en petites quantités (2%). Les acides gras essentiels (acides palmitique et linoléique), les vitamines liposolubles et les phytostérols sont des composants importants des lipides du grain de blé (Aissaoui, 2018).

### **1.4.3. Vitamines :**

Les vitamines des grains de blé sont présentes à une teneur plus faible par rapport aux autres constituants (Godon et Wilm.,1991). Ce sont des composés complexes surtout localisés dans le péricarpe et le germe à des teneurs très faibles (Pierri *et al.*, 2003). Les vitamines présentes sont essentiellement du groupe B, à savoir vitamine B1, B2, B3, B6, B9 et sont inégalement réparties dans le grain (Roudot et Lefranc, 2005). Les vitamines C et D sont absentes dans le grain ; par contre, le blé est riche en vitamine E qui peut agir comme antioxydant (Mercier, 1999).

### **1.4.4 Protéines :**

Forment 8 à 18% de la matière sèche du blé. Cette teneur dépend des conditions agro climatiques de développement de la plante notamment l'alimentation en eau et la fertilisation azotée et des variétés cultivées (Feillet, 2000). Dacosta, (1986) a classé les protéines en 4 groupes sur la base de leur solubilité :

1. Les albumines, soluble dans l'eau.
2. Les globulines, soluble dans les solutions salines.
3. Les gliadines, solubles dans l'éthanol.
4. Les gluténines, solubles les solutions acide ou basique.

Les protéines des blés sont divisées en deux types :

Les protéines de structure et de fonction (environ 20% de protéines totales), sont constituées des albumines et des globulines. Les protéines de réserve (80%), sont appelées prolamine ou gluten, sont riche en résidus proline et glutamine (Figure 2) (Battais *et al.*, 2007). Elles sont synthétisées et accumulées dans l'amande au cours du développement de la graine pour sa germination éventuelle (Ben moussa, 1999).

#### **Protéines solubles :**

Elles constituent 12 à 20% des protéines totales, ce sont des monomères considérés comme de simples polypeptides à fonction métabolique et structurale (Pomeranz, 1985). Dans les enveloppes, les protéines solubles sont plus importantes puisqu'elles représentent 30% des protéines totales, composées surtout d'albumines et globulines (Dacosta, 1986).

## **Synthèse bibliographique**

---

### **Albumines :**

Leur poids moléculaire va de 12000 à 60000 Da, elles constituent 9% des protéines totales, et contiennent des glycoprotéines. La teneur en acides aminés des albumines est légèrement inférieure à celle des globulines. Elles renferment des teneurs élevées en acides glutamique et en tyrosine (Dacosta, 1986).

### **Globulines :**

Elles constituent 8% des protéines totales, de poids moléculaire qui varie entre 20 000 et 21 000 Da. Elles contiennent des nucléoprotéines et sont mieux équilibrées en acides aminés que les autres fractions, elles comportent moins d'acides glutamique et de proline et d'avantage en arginine et lysine qui est le facteur limitant du gluten du blé (Feillet, 2000).

### **Protéines de réserves (Le gluten) :**

Les protéines de réserves sont stockées dans l'albumen et couvrent 80 à 90% des protéines totales (Feillet, 2000). Elles sont traditionnellement divisées en gliadines et glutenines qui forment le gluten : Complexe viscoélastique responsable de la qualité de blé (Popineau, 1985), obtenu après lixiviation saline d'un pâton préalablement formé (Dacosta, 1986). Il contient 75 à 85 % de protéines, 5 à 7% de lipides et des glucides, 5 à 10% du poids sec de la farine (Popineau, 1985). L'élasticité et la ténacité du gluten sont généralement des propriétés attribuées à la présence des glutenines, alors que la viscosité est associée à celle des gliadines (Benmoussa, 1999).

### **Gliadines :**

Egalement appelées prolamine du blé, constituent 30 à 40 % des protéines totales (Feillet, 2000). Ce sont des protéines solubles dans l'éthanol aqueux à 70 % et ont un poids moléculaire qui varie de 30 000 à 80 000 Da (Alais *et al.*, 2003). Elles se concentrent surtout dans l'amande ou endosperme du grain de blé et confèrent au gluten ses propriétés viscoélastiques (Morot-Gaudry, 1997), riches en proline et en acide glutamique, elles donnent une masse extensible, molle et de faible élasticité (Godon, 1982). Selon Gallais et Bannerot (1992), les gliadines sont réparties en quatre classes : gliadines,  $\beta$  gliadines,  $\alpha$  gliadines et  $\gamma$  gliadines ; et ce, en fonction de leur ordre de mobilité, déterminé par électrophorèse en milieu acide. Il est généralement admis que les gliadines contrôlent les qualités viscoélastiques des pâtes, notamment l'extensibilité et le volume du pain (Dubois, 1996).

## Synthèse bibliographique

### Gluténines :

Elles représentent 40 à 50 % des protéines totales (Feillet, 2000). Ce sont des polymères monomériques composés de deux types de sous-unités : Les sous unités gluténines à faible poids moléculaires SG-FPM 30000-50000 Da ;

- Les sous-unités glutenines à haut poids moléculaires SG-HPM 95000-130000 Da. (Melas *et al.*, 1996). Ces unités sont liées entre elles par des ponts disulfures (Uthayakumaran *et al.*, 2000). Les glutenines ont une teneur en lysine, glycine, fortement supérieure à celle des gliadines tandis que leur teneur en acide glutamique, en proline et cystéine est faible (Charoles *et al.*, 2003). Les glutenines gouvernent la ténacité et l'élasticité, donc le développement de la pâte (Dubois, 1996).

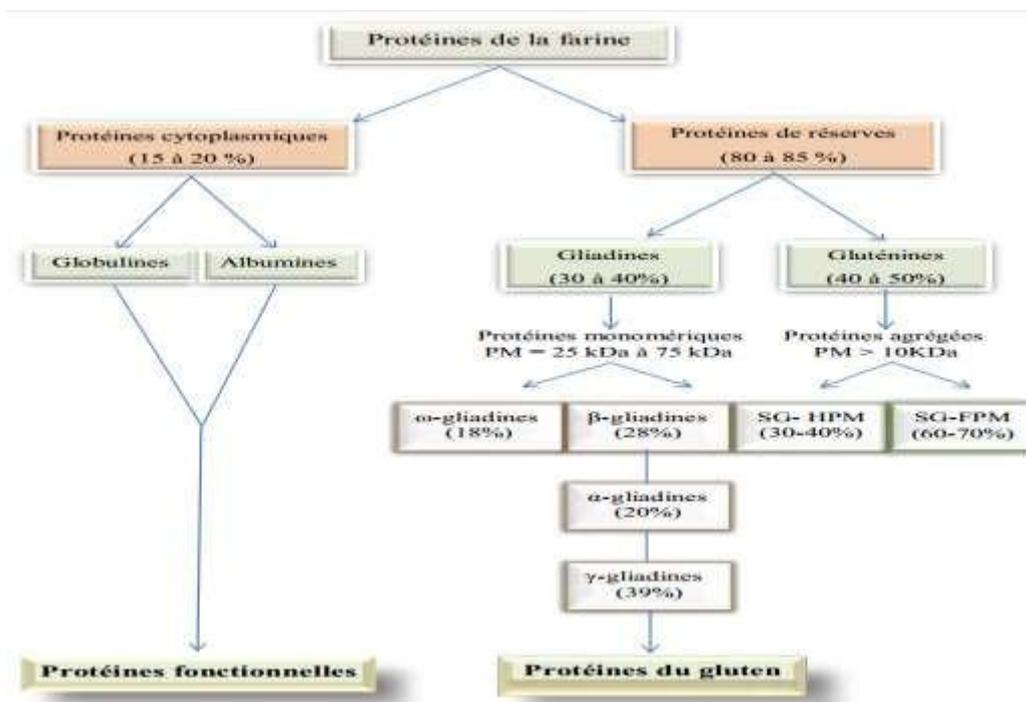


Figure 03 : Composition protéique de la farine de blé (Kara, 2015).

### 1.4.5. Sels minéraux

La cendre est l'un des principaux indicateurs de la qualité et de l'utilisation de la farine de blé (Cardoso *et al.*, 2019). Les cendres obtenues à partir des farines sont constituées de composés minéraux de phosphore, de potassium, de calcium, de magnésium, de fer, de zinc et de cuivre. Le phosphore (environ 45%), le potassium (environ 38%), le magnésium et le calcium (environ 13% et 3%, respectivement) sont les principaux éléments présents dans les cendres, tandis que les autres éléments ne représentent que 1% (Pironen *et al.*, 2009). Le grain de blé entier contient 1,17 à 2,96% des constituants minéraux (Obert *et al.*, 20045). Cette variation est due au le génotype, la classe

## Synthèse bibliographique

---

de blé ainsi que par le lieu et l'année de culture (Obert *et al.*, 2004). Les minéraux dans le noyau sont répartis de manière inégale.

La farine caractérisée par un niveau de cendres plus élevé est généralement moins purifiée et contient plus de particules de son fin et d'endosperme adjacentes au son. Par conséquent, la cendre est un indice largement utilisé de la pureté de la farine et de son taux d'extraction lors de la mouture (Obert *et al.*, 2004). Cependant, il convient de noter que certains types de blé, par exemple le blé dur, ont naturellement un niveau plus élevé de cendres d'endosperme, en raison de facteurs génétiques et des conditions du sol.

D'un point de vue nutritionnel, une augmentation de la teneur en cendres de la farine associée à une augmentation de la teneur en fibres alimentaires, en vitamines et en protéines autres que le gluten est souhaitable (Hemery *et al.*, 2010). Par conséquent, la teneur en cendres de la farine est un paramètre important dans l'évaluation de la qualité de la farine.

### 1.4.6. Enzymes

Elles sont présentes en petite quantité dans la farine et la semoule. Les plus courantes sont les protéases, les lipases, les lipoxygénases et les amylases quoique la documentation rapporte aussi la présence de phytases, de peroxydases et de catalases (Boudreau *et Ménard.*, 1992).

La farine du blé se compose principalement d'amidon (70- 75%), d'eau (14%) et de protéines (10-12%). Les polysaccharides non amidonnés (2- 3%), et les lipides (2%) sont des constituants mineurs de farine importants pour la production et la qualité du pain (Aissaoui, 2018).

L'amidon est le principal composant du grain de blé car il contribue 54-72% du poids sec. Il est emballé dans l'endosperme sous forme de petite particule microscopique connue sous le nom de granule d'amidon (Elvers *et Ullmann.*, 2017). Les populations distinctes de granule d'amidon entraînent des variations de forme, de taille et de propriétés physico-chimiques (Pfister *et Zeeman.*, 2016).

L'amidon de blé affiche une bimodale distribution d'amidon, qui peut être classée en type A (grande) granules d'amidon et granules d'amidon de type B (petits). Les deux types ont une morphologie, une teneur en amylose, une cristallinité relative différentes et la microstructure, entraînant ainsi des variations de température, gonflement et propriétés rhéologiques (Koehler *et Wieser*, 2012).

### 1.5. Qualité des grains de blés :

Toutefois, la qualité du blé est déterminée, partiellement par certaines techniques d'entretien

## Synthèse bibliographique

---

de la culture et les conditions de l'environnement (Dwyer *et al.*, 1999), comme elle peut être influencée par les gènes (Grausgruber *et al.*, 2000). Par ailleurs, il a été signalé par certains auteurs, malgré que plusieurs corrélations ont été prouvées significatives, on pouvait conclure que l'utilisation d'un seul test isolé pour prédire la qualité ne pourrait pas donner une indication complète sur la qualité du gluten (Dwyer *et al.*, 1999).

### 1.5.1. Taux d'extraction de la farine:

Oliveira, (2000) a rapporté que le poids spécifique a corrélé avec le taux d'extraction dont il est une importante caractéristique de la mouture. D'autre part, Williams, (1998) a signalé que le blé idéal peut produire un taux d'extraction intrinsèque supérieur de la farine de faibles cendres et une couleur éclatante. Les résultats de Altaf *et al.*, (1969) démontrent que les grains de petite taille ont un taux d'extraction faible bien que des farines de bonne qualité ont été obtenues par la mouture de grains semblables. Cependant, Hoshino *et al.*, (1994) ont retrouvé que ce taux a été amélioré avec l'accroissement du volume des grains.

Selon les travaux du Varga *et al.*, (2003) et Campbell *et al.*, (1999) le taux d'extraction de la farine dépend aussi de la variété. Schuler *et al.*, (1995) aussi ont démontré une corrélation positive avec la largeur du grain, mais une corrélation négative avec sa longueur. Toutefois selon Ceglińska, (2003) les populations de l'épeautres ont un rendement de farine supérieur à celui des variétés du blé commercialisées, et des ségrégations transgressives ont été constatées dans les deux sens lors du croisement entre soft et hard blé (Campbell *et al.*, 1999).

### 1.5.2. Teneur en protéines:

La teneur en protéines a une forte corrélation avec le volume des produits de panification (Bettge *et al.*, 1989) ainsi que le volume du gaz libéré lors de la fermentation (Hruskova, 2004). Le volume du pain dépend de la teneur de la farine en protéines en qualité et en quantité suffisante (Hruskova, 2003).

La quantité des protéines est sous l'influence des facteurs du milieu, alors que leur qualité est purement génétique (Hruskova, 2003). A cet effet, cette dépendance en protéines de divers paramètres de la qualité de la composition de la farine peut être utilisée comme guide lors de l'usage des caractères dans des programmes de croisement du blé (Cuniberti *et al.*, 2003). D'après Simic *et al.*, (2006) les facteurs de l'environnement ont fortement influencé la teneur du grain en protéines.

Gooding *et al.*, (1986) ont retrouvé que la fertilisation azotée a positivement corrélé à la fois avec le taux des protéines, l'indice du chute, les propriétés liées au farinographe et autres

## Synthèse bibliographique

---

qualités de panification; conséquences directes d'une meilleure absorption de l'eau, résultant, un pain de gros volume (Feizipour *et al.*, 2006). D'autre part, Anda *et al.*, (2004) ont confirmé une large influence des génotypes sur la variabilité, quoique l'effet de l'environnement soit fortement significatif.

A signaler que la teneur en protéines des populations des épeautres est significativement élevée, elle est de l'ordre de 13 - 17 %, comparée aux cultivars commerciaux (Oliveira, 2000), particulièrement dans des conditions de faible fertilisation azotée (Ruegger *et al.*, 1993). L'augmentation de la teneur du grain en protéines est généralement associée à un fort accroissement du taux des protéines de réserve (Pomeranz, 1971) notamment les gliadines (Cuniberti, 2003; Ceglińska, 2003), suivi de protéines polymériques avec un taux important en albumen globuline (Cuniberti, 2003). La composition des gliadines de l'épeautre est différente de celle du blé cultivé (Ceglińska, 2003).

### 1.5.3.1. Gluten:

Le gluten représente de 78 à 85 % des protéines totales de l'endosperme (Galande, 2002). C'est une protéine large et complexe, se compose principalement de glutenines polymériques et de gliadines monomériques (MacRitchie, 1994), déposées et stockées dans les corps de protéines lors du développement de l'endosperme (Galande, 2002).

Le gluten est l'un des principaux paramètres qui détermine la qualité du blé; il désigne la vigueur de la pâte, sa capacité de rétention du gaz, également il contrôle son extension, son absorption de l'eau et sa saveur naturelle (Regnier *et al.*, 2004). La force du gluten et son extensibilité sont les principales caractéristiques définissant la qualité de fabrication du pain du blé; (*Triticum aestivum* ; Escobar, 2004). En outre, lorsqu'une pâte est développée par le malaxage et l'étalage, le gluten forme un filet viscoélastique continu à travers la pâte (Singh *et al.*, 2001). La vigueur du gluten est en fonction de la concentration et de la composition de certaines protéines (Guttieri *et al.*, 2001). En effet, il est bien confirmé que des cultivars du blé ayant le même taux du gluten total disposent des propriétés de panification différentes (Escobar *et al.*, 2004).

La composition du gluten est l'élément principal qui détermine les caractéristiques de la qualité des cultivars du blé (Kovacs *et al.*, 1993). Cela est dû à la présence de sous unités spécifiques de protéines de type glutenine (LMW-GS et HMW-GS) et gliadine en quantité et en rapport. Cependant, les données relatives aux différentes sous unités de gluten estiment que la quantité des LMW-GS et des gliadines est environ trois fois plus que celle des HMW-GS (Laszitty, 2002). Quoique un rapport de 1 : 1 entre gliadines et glutenines est regardé comme optimal pour une excellente qualité (Laszitty, 2002).

## **Synthèse bibliographique**

---

### **1.5.3.2 Gluten humide :**

Le gluten humide est une protéine viscoélastique, sorte de substance obtenue après le lavage de l'amidon granulé de pâte de farine de blé. La qualité du gluten est un indice considérable relatif au potentiel boulangier du blé (Bloksma *et Bushuk.*, 1988).

La teneur en gluten humide est déterminée en lavant la pâte obtenue à partir de farine ou de semoule de blé, avec de l'eau ou une autre solution (par exemple une solution de NaCl), afin d'éliminer l'amidon et les autres composés solubles de l'échantillon (Mis, 2000). La masse caoutchouteuse qui reste après le lavage est le gluten humide. Les résultats obtenus sont fortement influencés par les conditions de travail et le type de solution utilisée pour le lavage de la pâte. Certains auteurs insistent qu'afin d'éviter que les enzymes protéolytiques du blé n'agissent sur les protéines formant le gluten, le temps de lavage ne doit pas dépasser 30 min.

La couleur du gluten varie du jaune pâle au gris verdâtre. Les glutens les plus faibles ont généralement une couleur jaune, tandis que le gluten fort ont une couleur verdâtre plus profonde. Le gluten de blé fort est généralement étendu et élastique. La gluténine hydratée et la gliadine diffèrent bien, par leurs propriétés mécaniques. La gliadine est une masse visqueuse et collante qui est extensible; tandis que la glutenine est forte, une masse d'élastique caoutchouteuse. La gliadine est plus extensible, mais moins élastique. Le gluten présente les propriétés des deux composantes. La quantité du gluten humide indique la qualité des protéines et la qualité boulangère de la farine.

### **1.5.3.1.2 Gluten sec :**

Les quantités de gluten humide et sec dans le test les échantillons de farine ont été déterminés par la méthode de lavage au gluten (2). Cependant, les résultats obtenus par Singh et Singh (2006) variaient entre 5,9 et 10,1 % de rendement en gluten sec. Supekar *et al.*, (2005) ont déterminé la teneur en gluten sec entre 9,4 et 12,7 %. Des résultats similaires ont été rapportés par Pharande *et al.*, (1988).

## **1.6 Facteurs affectant la qualité technologique de la farine:**

### **1.6.1 Conditions de stockage:**

La durée du stockage ainsi que ses conditions, notamment le taux d'humidité de la farine, la température et l'atmosphère des lieux de stockage (Bell *et al.*, 1979) influent sur la qualité technologique du blé, résultant, des modifications de certains paramètres.

Lukow *et al.*, (1997) ont étudié les changements des paramètres de mouture et

## Synthèse bibliographique

---

de panification pendant 15 mois de stockage sous une gamme de températures entre  $-4$  et  $+25$  C° et d'humidité relative entre 28 % et 73%. En effet, le taux d'extraction de la farine a modérément baissé. D'autre part, la vigueur du blé a été affectée et justifiée par une faible valeur de Zéleny et un fort indice de chute.

### 1.7. Principaux tests utilisés pour évaluer la qualité de panification des farines de blé tendre:

#### 1.7.1. Gluten humide:

Il existe une forte corrélation ( $r=0,82$ ) entre le gluten humide et la teneur en protéines (Varga *et al.*, 2003; Anda *et al.*, 2004). Bien que le taux du gluten humide est influencé par les conditions de culture, l'effet du génotype est prédominant sur les caractères qualitatifs du gluten (Simic *et al.*, 2006). Cependant, il a été remarqué une corrélation négative entre ce caractère et l'indice du gluten (Varga *et al.* 2003). D'après Simic *et al.*, (2006), les cultivars qui se caractérisent par un rapport gluten humide/protéines oscillant entre 2,7 et 3,0 et un indice du gluten variant entre 75 et 90 %, possèdent un gluten doté de parfaites caractéristiques de panification.

Simic *et al.*, (2006) ont rapporté une différence significative du rapport GH/P parmi les variétés analysées et que ce rapport se change d'un génotype à un autre. Toutefois, les variétés ayant un gluten de vigueur ( $GI > 90\%$ ) dites améliorantes ont un rapport Gluten humide/Protéines de 2,3 à 2,44. Cependant, une négative et significative corrélation ( $r= -0,62$ ) a été retrouvée entre GI et le rapport GH/P.

#### 1.7.2. Indice du gluten:

C'est le taux de la fraction du gluten restant au niveau du tamis après centrifugation. L'indice offre à la fois, des informations relatives aux quantités de gluten humide de l'échantillon de la farine et sa vigueur (Curic *et al.*, 2001; Simic *et al.*, 2006). Des tests effectués dans plusieurs pays montrent que la farine des meilleurs produits de panification (pain de volume important) a un indice de gluten compris entre 75 et 90 % (Curic *et al.*, 2001), alors que celle d'excellente qualité garde un taux entre 85 et 92 % (Kaasova, 2002). Des valeurs variant entre 50 et 60 % montrent une qualité moyenne, or, ces farines conviennent mieux à la fabrication des biscuits (Dwyer *et al.*, 1999).

A signaler que les farines ayant un indice dépassant 95 % sont considérées comme très fortes (blés de force), tandis que celles disposant un indice de moins de 60 % sont très faibles pour la production de pain (Curic *et al.*, 2001). Toutefois, une positive corrélation a été retrouvée entre l'indice du gluten et les indices de qualité à l'extensiographe, particulièrement, la résistance maximale de la pâte à l'extension ( $r=0,86$ ), la force de l'alvéographe ( $r=0,799$ ) et la résistance à

## Synthèse bibliographique

---

l'extension dont  $r=0,788$  (Curic *et al.*, 2001).

Les farines ayant un indice de moins de 75 %, généralement, se caractérisent par l'absorption élevée de l'eau; plus tard elles libèreront cet eau, deviendront collantes et inappropriées à la panification. Cependant, Les farines possédant un indice dépassant 90 % produisent des pâtes excessivement vigoureuses, résultant, un pain de faible volume. En outre, le pain d'excellente qualité boulangère pourrait être obtenu à travers un système de production intensif, particulièrement, avec des doses élevées d'azote (Varga *et al.*, 2003). Cependant, Simic *et al.*, (2006) ont démontré que l'effet génotype est dominant sur les caractéristiques qualitatives du gluten notamment l'indice du gluten.

### 1.7.3. Taux de cendre:

La teneur en cendre est un indicateur de la qualité de la mouture (Williams, 1998; Hruskova *et al.*, 2004). Selon Kruger *et al.*, (1994), la forte teneur en cendre de la farine est accompagnée de diminution de l'éclat de la pâte. Cependant, des études effectuées par Park *et al.*, (1997) ont démontré que les blés à grains blancs sont nettement supérieurs à ceux à grains rouges en termes d'éclat de la pâte.

Toutefois, la cendre affecte la couleur et la qualité de la farine (Regnier *et al.*, 2004). L'effet de l'environnement sur le taux de la cendre dans la farine a été illustré par plusieurs auteurs. En effet, Peterson *et al.*, (1986) ont trouvé que la plus grande variation en teneur en cendre est due à l'environnement et à ses composantes.

### 1.7.4. Test de Zéleny:

Le test de Zéleny est largement utilisé comme un test rapide pour dépister les premières générations des lignées de blé destinées à la production du pain de qualité (Weegles *et al.*, 1996). D'après Williams, (1998), cet indice se base sur la capacité de gonflement des molécules de protéines du gluten en présence de l'acide lactique. D'autre part, les valeurs élevées de ce test sont en forte corrélation avec la vigueur du gluten et la production du pain de qualité, comme il a été signalé par Zéleny, (1947).

Par ailleurs, Kruger *et al.*, (1995) et Hruskova *et al.*, (2003) ont rapporté que la teneur en protéines des farines influe sur la valeur du test de Zeleny. Davantage, Hruskova *et al.*, (2003) ont trouvé une meilleure corrélation, de l'ordre de  $r=0,8407$ , entre les valeurs de Zéleny et la teneur en protéines de la farine. Cegliński., (2003) a rapporté que les valeurs hautement élevées de Zéleny ont été atteintes à partir des farines contenant des taux forts en gluten. Hruskova *et al.*, (2003), un gluten de meilleure qualité avec une corrélation satisfaisante, permet

## Synthèse bibliographique

---

de concrétiser ainsi une meilleure qualité boulangère, prouvée par un volume assez élevé du pain. D'après des études faites par Oliveira, (2000), les populations de l'épeautre, généralement, possèdent des valeurs faibles de Zéleny en comparaison avec celles de blé cultivé.

### 1.7.5. Alvéographe:

Depuis les études de Chopin, (1927), cet instrument a été utilisé en grande envergure à travers le monde, probablement plus que l'extensiographe afin de prédire la performance des farines à la panification (Bettge *et al.*, 1989). Les versions actuelles incluent des composantes d'ordinateur pour analyser les diverses mesures prises à partir de l'alvéogramme. Les propriétés rhéologiques de la pâte, comme celles mesurées par l'alvéographe et le farinographe, ont révélé que ces tests sont de bons indicateurs de la qualité du gluten (Dwyer *et al.*, 1999). Cependant, l'usage de l'alvéographe n'est pas recommandé pour des farines de blé de vigueur extrêmement élevée, du fait, qu'il ne différencie pas explicitement entre les farines au delà de 15 minutes de stabilité au farinographe (Williams, 1998).

Toutefois, Regnier *et al.*, (2004) a rapporté que la variation du grain en diamètre constitue un bon indicateur de la stabilité de la pâte, sa ténacité, son extensibilité ainsi que le rapport ténacité/extensibilité. La quantité de certaines glutenines polymériques paraît qu'il a une bonne corrélation avec la force du Gluten (W), la ténacité (P), l'indice de l'alvéographe et le volume du pain (Dachkevitch *et al.*, 1989). Par ailleurs, El haddad *et al.*, (1995). Ont montré une variabilité génétique élevée pour ce paramètre. Cependant, il a été retrouvé qu'il existe des effets épistatiques entre loci Glu (glutenines) et Gli (gliadines) sur la ténacité, l'extensibilité et le travail de déformation, comme il a été, également, rapporté par Nieto- Taladriz *et al.*, (1994).

#### 1.7.5.1 Travail de déformation (W):

C'est un paramètre clef d'évaluation des cultivars du blé auquel est attribué la sélection et la classification pour la qualité (Cuniberti *et al.*, 2003). Toutefois, (W) est une mesure de la combinaison de P et L tandis que pour les blés européens c'est un important corrélateur avec le volume du pain (Bettge *et al.*, 1989). Il paraît que ce paramètre est très utile pour prédire la qualité de la farine ; les valeurs de l'énergie (W) corréleront mieux avec la teneur en protéines totales (Perego *et al.*, 2002). Et la composition des protéines dont leurs propriétés sont fidèlement reliées à la valeur de W qu'à la valeur de la ténacité (P) (Cuniberti *et al.*, 2003).

La corrélation entre W de l'alvéographe avec les protéines polymériques du grain est forte, encore bien forte avec les protéines polymériques complexes (Cuniberti *et al.*, 2003). Les allèles qui codent pour les gliadines, également, affectent la force de la pâte comme mesurée par

(W) de l'alvéographe (Metakovsky *et al.*, 1997).

### 1.7.5.2 Extensibilité à l'Alvéographe (L):

La valeur de (L) est la longueur moyenne en millimètres des courbes, à partir du point où une bulle de la pâte commence à se gonfler jusqu'au point de sa rupture (Curic *et al.*, 2001). Toutefois, une forte corrélation a été signalée avec le taux des protéines polymériques des grains (Cuniberti *et al.*, 2003). (W) et (L) sont les deux uniques valeurs de l'alvéographe mesurées avec précision. Elles démontrent un potentiel boulanger très élevé et produisent des prédises acceptables quant à l'usage des farines pour la panification (Bettge *et al.*, 1989). Bettge *et al.*, (1989). Ont démontré que l'unique élément utilisé séparément pour prédire le volume de pain du blé de type Hard est bien (L) dont la corrélation a été ( $r=0.90$ ). Par ailleurs, Guttieri *et al.*, (2001) ont rapporté que les génotypes de type Glu-A1 ne sont pas associés à l'extensibilité.

### 1.7.5.3 Ténacité à l'alvéographe:

La surpression (P) désigne la hauteur maximale de l'alvéogramme multipliée par un facteur de 1,1. Elle a été très fortement corrélée avec le taux des protéines polymériques inextricable (Escobar *et al.*, 2004). Par ailleurs, les farines à valeur élevée de la ténacité.

(P) se caractérisent aussi par une large capacité d'absorption de l'eau (Regnier *et al.*, 2004). Cependant, (P) est la seule valeur qui a corrélé négativement avec les protéines de la farine, le gluten humide et le volume du pain (Bettge *et al.*, 1989).

### 1.7.5.4 Gonflement:

Raccourci au (G), cet indice est la racine carrée du volume de l'air nécessaire pour la rupture de la pâte. Plusieurs études ont liées les valeurs de G aux diverses caractéristiques de la pâte.

### 1.7.5.5 Rapport de configuration (l'indice de l'alvéographe):

Le P/L est une indication approximative de la forme de l'alvéogramme en combinant la mesure de ténacité de la pâte (P) à son extensibilité (L).

# *Partie expérimentale*

# ***Partie expérimentale***

---

## **Chapitre II/ Partie expérimentale**

### **2.1. Mesures et analyses :**

Les mesures entreprises portent essentiellement sur la détermination de l'indice de la résistance à l'échaudage, le poids de mille grains (PMG), le poids spécifique, le taux d'extraction de la farine (rendement en farine) et le taux des protéines et le taux du gluten dans les farines de blé tendre.

Les divers tests de la qualité effectués des grains de chaque variété/population après la récolte ont été minutieusement nettoyés et triés afin de se débarrasser des grains échaudés, cassés ainsi que d'autres impuretés spécifiques (d'autres espèces) et variétales.

La mouture des échantillons a été réalisée à l'aide d'un appareil de mouture. En suite nous avons procédé au tamisage à l'aide des tamis dont les ouvertures sont de l'ordre de 0,5 mm au niveau de laboratoire chimique de l'université.

#### **2.1.1 Piétin échaudage :**

L'indice de la résistance des variétés à l'échaudage est illustré selon une échelle graduée de 1 à 10, dont 1 est attribué à la variété la plus résistante à ce phénomène, tandis que la valeur 10 indique la variété la plus sensible.

#### **2.1.2. Poids de 1000 grains (PMG) :**

Le poids de 1000 grains est la masse de 1000 grains entiers exprimée en grammes. Comme il fait partie des composantes de rendement, il est l'un des paramètres les plus prisés en considération lors des expérimentations agricoles. Il permet aussi de déterminer une variété, de bien refléter les conditions de déroulement des stades de l'épiaison et la période de remplissage des grains des céréales (anomalies comme l'échaudage...) (Scotti, 1997).

Les grains issus de la récolte de la campagne agricole précédente (2020-2021) ont été minutieusement mélangés afin de garantir une homogénéité acceptable de l'échantillon avant de procéder à l'échantillonnage et au comptage de 1000 grains. Le comptage a été effectué manuellement après avoir éliminé des impuretés spécifiques et variétales les grains cassés échaudés. L'opération a été réalisée au niveau de laboratoire de la biologie de l'université. Les résultats ensuite ont été alignés à un seuil humidité des grains de l'ordre de 14 %.

## ***Partie expérimentale***

---

Après l'échantillonnage et le comptage nous avons procédé au pesage dont trois (03) répétitions ont été prises pour chaque échantillon séparément. Ce pesage a été effectué à l'aide d'une balance de précision appartenant au laboratoire de chimie de l'université.

### **2.1.3. Poids spécifique :**

La masse volumique dite masse à l'hectolitre, appelée communément poids spécifique (PS), est la masse d'un hectolitre de grains exprimée en kilogrammes. Cette masse volumique a été calculée à partir du poids d'un litre de grains de chaque variété.

Par ailleurs, ce paramètre est très intéressant en termes des transactions commerciales du fait qu'il fournit une évaluation rapide sur le taux d'extraction de la farine (rendement en farine) après la mouture d'un échantillon des grains d'une variété donnée. Elle est considérée comme un indicateur de la valeur semoulière en relation avec le rapport enveloppe sur amande. Plus le poids à l'hectolitre est élevé, plus le rapport enveloppes sur amande est faible et le rendement semoulier important.

Plusieurs professionnels dans le domaine de la technologie agroalimentaire acceptent que la valeur minimale pour la mise à l'intervention est de 78 kg/hl. A cet effet, il est toujours pris en considération lors des traitements des contrats commerciaux. De même, trois répétitions ont été prises pour chaque variété.

#### **Principe :**

La masse à l'hectolitre est calculée à partir de la masse de 50 litres (trémie conique) ou d'un litre (Niléma-litre) pour les blés durs, sur un échantillon débarrassé manuellement des grosses impuretés. (I.T.C.F, 2001).

#### **Mode opératoire :**

Les grains de blés durs de chaque variété sont remplis dans un bécher de volume connu (500 ml) puis pesés. La masse obtenue correspond à la masse d'un volume de 500 ml. La masse spécifique à l'hectolitre sera déterminée par la suite en appliquant la règle de trois.

### **2.1.4. Echaudage :**

Ce sont des grains desséchés avant la maturation physiologique de la culture de blé tendre à la suite d'un défaut principalement d'approvisionnement en eau. Celui-ci peut être dû à un déséquilibre entre l'arrivée d'eau dans le grain et l'évaporation à la suite d'une très forte

## ***Partie expérimentale***

---

chaleur, supérieure à 28° C au cours de la maturation (échaudage physiologique). Les grains échaudés sont rabougris, ridés, déformés conséquence des conditions pendant la période de remplissage des grains plus ou moins difficile.

Sont considérés comme grains échaudés, les grains qui après élimination de tous les autres éléments de l'échantillon, passe par des tamis à fentes de dimension de 1,9 mm pour le blé dur (Scott *et Mont.*, 1994).

### **Mode opératoire :**

L'expérience consiste à déterminer les grains échaudés, environs 30g de chaque échantillon exempt d'impuretés spécifiques ou variétales ont été pesés. Les grains qui montrent des signes d'échaudage ont été sélectionnés visuellement. Il s'agit des grains rabougris, ridés et /ou déformés. Le poids des grains échaudés présent dans 30 grammes a été déterminé.

### **2.1.5. Taux d'extraction de la farine :**

Le blé a été nettoyé en éliminant toutes les impuretés relatives aux grains des mauvaises des mélanges spécifique (orge, avoine...) ou mélanges d'autres variétales ainsi que grains cassés, mal formés (rabougris, shérifs,...) avec l'usage des tamis adéquats. Ensuite, les grains ont été conditionnés afin d'avoir une teneur en humidité appropriée en ajoutant 5 à 6% d'humidité supplémentaire pour atteindre le niveau de 14 %.

Puis, les grains de diverses variétés de blé ont été soumis à la mouture régulièrement au niveau du laboratoire biologique du département. Afin de procéder à la réalisation des divers essais relatifs à la qualité des grains, des quantités de farine de chaque variété ont été pris par la suite selon les besoins des expérimentations. Tous les échantillons ont été conservés jusqu'au moment de l'analyse.

### **2.1.6. Teneur en protéines :**

La teneur en protéines est un critère déterminant de la qualité de la semoule ou de la farine des céréales.

Pour le principe, généralement on trouve l'azote dans les grains de blé sous forme de protéines (Chaines d'acides aminés). Pour mesurer la teneur en azote, il existe plusieurs utilisées en la matière, mais il faut utiliser une méthode standard, parmi lesquelles la méthode

## ***Partie expérimentale***

---

de Kjeldahl. Cette passe par trois (03) étapes essentielles ; la minéralisation d'un échantillon par l'acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ) en présence d'un catalyseur, alcalinisation des produits de la réaction, ensuite une distillation de l'ammoniac ( $NH_3$ ) libéré et enfin le titrage.

Avant de procéder aux calculs de taux des protéines, il faut un dosage de l'azote organique et le transformer en sulfate d'ammonium à l'aide de l'acide sulfurique à chaud en présence d'un catalyseur approprié, les résultats obtenus sont ajustés par l'usage d'un coefficient. Pour le blé le coefficient utilisé est de l'ordre de 5,7.

### **2.2. Expression des résultats :**

#### **2.2.1 La teneur en azote (N) :**

La teneur présente dans un échantillon de 100g de farine est exprimée en pourcentage (%) en matière sèche est égale :

$$Ta = (0,0014 * V * 100) / M * 100 / 100 - H$$

Dont :

V : Volume en ml, de la solution d'acide sulfurique, versé de burette lors du titrage ;

M : Masse en gramme de la prise d'essai ;

H : teneur en eau d'échantillon ;

Ta : teneur en azote en protéines.

La teneur en protéines par rapport à la matière sèche : TP % = Ta \* 5,7 Avec 5,7 : facteur de conversion applicable pour les protéines de blé.

#### **2.2.2. Teneur en gluten**

Le gluten est la fraction des protéines des blés globalement insoluble dans l'eau. Le gluten conditionne les caractéristiques rhéologiques de la pâte de la farine (Travail de déformation, ténacité, extensibilité...). De ce fait, la quantification de la teneur de la farine en gluten repose sur son insolubilité dans l'eau chargée de sels. Extraction est réalisée par la méthode manuelle.

## ***Partie expérimentale***

---

La préparation d'une pâte au moyen de mélange d'un échantillon de farine avec une solution Na Cl (2,5%). L'isolement du gluten humide par lixiviation de cette pâte avec la solution de chlorure de sodium, puis essorage et pesage du produit obtenu.

L'expression des résultats pour le gluten humide et le gluten sec sont exprimés en pourcentage :

Gluten humide :

La teneur en gluten humide (GH) :  $GH = (M1 * 100) / 10$  dont M1 est la masse du gluten en (g).

-Gluten sec :

La teneur en gluten sec (GS) =  $M2 * 100 / 10$  Avec M2 est la masse de gluten sec exprimée en (g).

### **2.2.3 Capacité d'hydratation :**

Le pouvoir ou la capacité d'hydratation (CH) est le taux d'eau contenue dans le gluten humide. C'est un indice qui nous permet d'évaluer la capacité du gluten à absorber l'eau. Par ailleurs, Godon et Loisel, (1984) ont déterminé cette capacité d'hydratation comme suit:

$$CH \% = (GH - GS) / GH * 100.$$

### **2.3. Analyses statistiques :**

Les données collectées relatives aux diverses caractéristiques agronomiques et technologiques ont fait l'objet d'analyses statistiques à savoir :

-Test de normalité (test de Shapiro-Wilk).

#### **2.3.1 Analyse de la variance (Anova) répété :**

Les données moyennes relatives aux caractères considérés sont soumises à une analyse de la variance, prenant la plante comme répétition (une moyenne de 12 plantes par variété). Cette analyse permet de déterminer l'importance de la variation totale. Elle permet ainsi de déduire les composantes de la variance pour chaque caractère étudié.

Le modèle additif appliqué d'une telle analyse de la variance est selon celui de Steel *et Torrie.*, (1982), comme le suivant :

## **Partie expérimentale**

---

$Y_{ij} = \mu + g_i + b_j + e(ij)$  Où :

$Y_{ij}$  = Valeur observée du génotype  $i$  sur le bloc  $j$

$\mu$  = Moyenne générale de l'essai

$g_i$  = Effet du génotype  $i$

$b_j$  = Effet du bloc  $j$

$e(ij)$  = Résiduelle du modèle.

### **2.3.2 Plus petite différences significative :**

En vue de réaliser une comparaison des moyennes obtenues nous avons opté pour la plus petite différence significative, au seuil de 5%, (ppds 5 %). Ce paramètre est calculée selon le model de Steel et Torrie (1982) comme suit :

$$\text{ppds 5\%} = t_{5\%} \sqrt{\delta^2 e / b}$$

Où,

-  $t$  : est la valeur du  $t$  de table de Student au seuil de 5% pour  $(g-1)(b-1)$  degrés de liberté de la résiduelle.

-  $\delta^2 e$  : est la résiduelle de l'analyse de la variance de la variable considérée

-  $b$  : le nombre de blocs qui est égale à 3.

### **2.3.3 Coefficients de variation moyen (CVM) :**

Il est calculé selon la formule suivante :

$$\text{CVM (\%)} = \frac{\sqrt{\delta^2 F_2}}{\bar{Y}} * 100$$

Où

$\bar{Y}$  est la moyenne du caractère étudié.

### **2.2.4 Coefficients de corrélation :**

Les valeurs moyennes obtenues de chaque variété ont été prises pour faire de l'analyse des coefficients de corrélation. Ce paramètre permet d'identifier la nature des liaisons qui pourraient exister entre les combinaisons hybrides, les matrices de corrélations sont calculées entre les paires de caractères mesurés chez les différentes variétés.

## ***Partie expérimentale***

---

L'analyse des données relatives aux divers caractères (Calcul des moyennes, régression, corrélation, Analyse de la variance...) a été effectuée à l'aide du logiciel Excel stat.

## *Résultats et discussions*

## *Résultats et discussions*

### 3.1. Analyses statistiques relatives aux performances des variétés étudiées :

Le tableau n° 1 comporte l'analyse de la variance relative aux carrées moyennes des écarts des différentes sources de variations dues aux variétés et à l'erreur de divers caractères étudiés.

**Tableau n° 1 :** Carrées moyennes des écarts des diverses sources de variations dues aux variétés et à l'erreur de Poids de Mille Grains, le gluten humide et sec, Taux d'hydratation, le poids spécifique, taux d'extraction, et le taux des protéines.

Source de variation	PMG	Gluten Humide	Gluten Sec	Taux hydratation	Poids Spécifique	Taux d'Extraction	Taux Protéines	Moyenne
Total	196,09	2910,92	340,67	41,76	6925,81	30271,53	477,11	196,09
Variété	177,64	2717,96	326,58	35,30	5864,94	19523,00	452,33	177,64
Erreur	18,45	192,96	14,09	6,46	1060,87	10748,53	24,79	18,45
% Variété	90,59	93,37	95,86	84,53	84,68	64,49	94,80	90,59
% Erreur	9,41	6,63	4,14	15,47	15,32	35,51	5,20	9,41
CVM	2,76	6,44	5,48	0,93	1,53	2,97	6,17	2,76

A la lumière des résultats de l'analyse de la variance relative aux performances réalisées chez les diverses variétés étudiées, nous avons enregistré un effet génotypique hautement significatif des valeurs relatives aux caractères mesurés chez ces variétés (Tableau n° 01). Les différences phénotypiques constatées entre les différentes variétés utilisées sont, en grande partie d'origine génétique et ce pour tous les caractères considérés.

Par ailleurs, sur la base des données mentionnées sur le tableau n° 01 relatives aux carrées moyennes des diverses caractéristiques considérées des variétés étudiées, il est utile de rappeler les remarques qui suit ;

#### 3.1.1. Effet génotypique :

L'effet génotypique moyen pour toutes les caractéristiques confondues est de l'ordre de 90.59 % par rapport à la variation totale. Cela signifie un niveau d'expression et de l'effet du matériel génétique quasi écrasant sur la variation totale c-à-d ; les différences entre les moyennes enregistrées parmi les variétés pour les caractères considérés, est d'origine génétique. Cet effet de la variation du matériel génétique sur la variation totale est prédominant et constitue la majeure partie de la diversité phénotypique, observée.

## ***Résultats et discussions***

---

Par ailleurs, l'effet variétal le plus important et qui occupe 90 %, voire davantage, de la variabilité totale a été observé pour les caractères suivants, la teneur des farines en protéines, la teneur en gluten humide ainsi que le poids de mille grains, respectivement. Cependant, l'effet génotypique le plus bas sur cette diversité a été observé pour le taux d'extraction de la farine et ce avec seulement 64,49.

### **3.1.2 Effet du résiduel :**

Le taux de l'effet moyen relatif à l'effet résiduel pour tous les caractères confondus est de l'ordre de 9,41 %, par rapport à la variation totale observée. Ce taux relativement faible, reflète une marge d'erreur très faible sur l'origine des différences enregistrées entre les performances moyennes enregistrées relatives aux caractères étudiés.

Toutefois, des effets du résiduel relativement élevés qui dépassent 15 % ont été constatés chez trois (03) caractères à savoir ; le taux d'extraction de la farine, taux d'hydratation du gluten et le poids spécifique respectivement.

### **3.1.3. Analyse de coefficients de variation moyenne :**

Le taux de coefficients de variation moyen pour toutes les caractéristiques confondues est de l'ordre de 2,76 % (Tableau n° 1). Ce taux indique une précision hautement élevée (= ou < 3 %) et que les conditions de déroulement des expérimentations sont, dans l'ensemble, bien respectées. Toutefois, nous avons enregistré des valeurs relatives à ce paramètre statistique des taux relativement moins bon. Il s'agit des caractères: la teneur en gluten humide et en protéines et la teneur en gluten sec, respectivement.

## **3.2 Etudes des performances relatives aux valeurs propres des variétés utilisées :**

Le tableau n° 2 comporte des performances des variétés étudiées relatives à la qualité des grains et de la farine de six (06) variétés locales ainsi que deux (02) autres variétés importées prises comme témoin. Le dit tableau comporte les caractères suivants : le poids de mille grains (PMG), le poids spécifique, le taux d'extraction de la farine (rendement en farine, le taux d'échaudage des grains ainsi que des valeurs statistiques de référence (la valeur moyenne, minimale et maximale) de chaque caractère.

## ***Résultats et discussions***

**Tableau n° 2:** Performances relatives à la qualité des grains et de la farine de six (06) variétés locales ainsi que deux (02) autres variétés importées prises comme témoin ainsi que des valeurs statistiques de référence (la valeur moyenne, minimale et maximale) de chaque caractère.

Variété	PMG	Pds Sp.	% Extrac.	Echaud.	Gluten Humide	Gluten sec	Cap. Hydrat	Taux de Protéines
Shouitter	50,69	57,04	891,24	6	62,6	20,87	66,67	24,55
EL Baldi	59,57	59,13	808,2	4	55,4	18,00	67,52	21,19
Bel Mebrouk	62,19	62,11	866,81	5	51,1	15,33	69,96	18,05
EL Fareh	57,54	60,98	874,4	3	60,8	19,77	67,46	23,26
Manga	51,62	60,11	859,28	4	65,3	20,83	68,10	24,52
Bent Mebarek	53,07	59,33	880,61	4	61,6	19,30	68,62	22,71
Anza	52,40	62,82	906,93	2	41,6	12,30	70,43	14,47
Hd 1220	56,79	61,77	896,19	2	33,1	10,63	67,89	12,51
Min	50,69	57,04	808,20	2,00	33,1	10,63	66,67	12,51
Moy	55,48	60,41	872,96	3,75	53,9	17,13	68,57	20,15
Max	62,19	62,82	906,93	6,00	65,6	20,87	70,43	24,55
% Différence	22,70	10,12	12,22	200	97,08	96,24	97,08	96,24
CVM	2,76	1,53	2,97		6,44	5,48	0,96	6,17
Ppds	2,587	1,56	43,71		5,9	1,58	1,07	2,10

### **3.2.1 Poids de 1000 grains (PMG) :**

Le PMG est globalement est considéré l'un des paramètres physiques des grains de blé tendre et de blé dur. Godon et Williams (1998) classent les variétés qui disposent un PMG de 60 à 80 g comme des gros blé, celles ayant un PMG entre 35 et 55 g sont des blés moyens, tandis que celles disposant un PMG inférieur à 35 g sont des petits blés. La masse volumique dite masse à l'hectolitre, appelée communément poids spécifique (P.S), est une mesure ancienne qui date de l'époque où l'on mesurait la quantité des grains au volume. Elle présente un intérêt commercial certain : la masse volumique est toujours prise en compte dans les transactions bien que son intérêt technique soit très limité. (JORA, 1992).

Le milieu de post anthèses comme la disponibilité de l'eau, et la température affectent fortement le volume du grain, à cet effet, il est important lors de la détermination des propriétés physiques telles que la rendement à la mouture (Wardlaw et Wrigley, 1994; Guttieri *et al.*, 2001). Des concentrations élevées de CO<sub>2</sub> affectent à travers la RUE, la concentration critique des feuilles en N et les fortes températures en accélérant la sénescence de la feuille, le nombre de grains, et le poids potentiels du grain et des modifications de l'indice de récolte.

## *Résultats et discussions*

---

L'exposition à des températures chroniques jusqu'à 30° commençant six jours après l'anthesis jusqu'à la maturité réduit le poids des grains avec 20 à 30 % pour deux (02) cultivars (Wardlaw *et al.*, 2002).

Une réduction similaire pour le poids du grain chez ces deux cultivars a lieu après le 4<sup>ème</sup> jour du choc thermique à 36 °C, indiquant une réponse au choc thermique étant initié à partir de 30 °C. Un approvisionnement adéquat de l'eau à la culture qui a été subi un stress thermique aide à maintenir le rythme de remplissage du grain, durée et volume (Altenbach *et al.*, 2003), malgré que une température élevée où l'eau n'est pas un facteur limitant a été aussi montré pourrait causer une réduction du poids du grain (McDonald *et al.*, 1983). Toute la qualité du grain comporte les caractéristiques physiques du grain, comme le rendement en mouture, le test de poids qui sont influencés par à la fois, le génotype et l'environnement.

L'impact des fortes températures aussi apparaît de fonctionner indépendant de la disponibilité de l'eau pour la culture, où le poids du grain a été constaté de se réduire avec plus de 4 % pour chaque augmentation de 1 °C à au dessus de 18 °C malgré que l'eau n'a pas été un facteur limitant (McDonald *et al.*, 1983).

Dans des essais sur terrain qui ont étudié l'influence de la génétique, l'environnement et la conduit sur les petits grains (dépistage) 81 % de la variabilité pour le dépistage du blé pourrait être décrit par le poids spécifique du grains de la variété , les pluies d'après anthesis et des facteurs géographiques (Sharma et Anderson., 2004).

En dépit des taux de protéines qui influent sur la qualité culinaire, d'autre trait de la qualité à savoir les caractéristiques physiques du grain de blé tel le mitadinage, le poids spécifique et le poids de mille grain influent sur le rendement et sur la qualité semoulière . (Hamadache, 2011).

Le poids de mille grains est un paramètre très important de la qualité de grains et de semence ; il est effectif pour la levée des plantules, le potentiel du grain, le développement des plantules et la performance de la plante (Hossein Afshari *et al.*, 2011). La qualité est tributaire du volume de l'embryon et de la qualité des réserves utilisés pour la germination et la croissance (Ebadi et Hisoriev., 2011; Cao *et al.*, 2011).

La valeur moyenne du poids de 1000 grains (PMG) pour toutes les variétés confondues est de l'ordre de 55,48 g. Toutefois, cette valeur moyenne cache des fluctuations importantes relatives aux performances des variétés étudiées. En effet, le poids de mille grains le plus

## ***Résultats et discussions***

---

faible (minimale) dans cette gamme de variétés a été de l'ordre de 50,69 g. Cette valeur a été enregistrée chez la variété locale Shouitter.

Cependant, les performances les plus élevées ont remarquées chez Ble Mabrouk avec une moyenne de l'ordre de 62,19. Ces valeurs ont été constatées chez la variété locale Manga. Par ailleurs, ces performances sont exceptionnellement élevées et dépassent de loin les normes et standard appliquées blé en vigueur. Du fait que ces normes exigées dans le domaine de la sélection et de la qualité aussi soit supérieur à 30 g. Cependant, les variétés témoins ; Anza et HD 1220, enregistrent des performances relativement faibles par rapport aux variétés locales à savoir ; 52,40 et 56,79 g, respectivement.

Par ailleurs, nous avons constaté une variabilité intéressante pour ce caractère du fait que le gain enregistré entre la variété qui dispose le poids moyen de mille grains le plus élevé et celle qui détient le poids moyen le plus faible est supérieur à 22 % (22,70 %).

En référence au tableau n° 2 relatif aux performances des variétés pour ce caractère et à la lumière des seuils de signification de la petite différence significative (PPDS) à savoir 2,76 g, nous pouvons classer les variétés en trois (03) catégories principales :

-1<sup>er</sup> catégorie :

Cette catégorie comporte des variétés des variétés disposant le poids de mille grain le plus faible et inférieur à la valeur moyenne parmi la liste des variétés étudiées, limitée dans la fourchette de 50,69 g jusqu'à 53,27 g. Ce groupe comprend quatre (4) variétés à savoir; Shouitter, Manga, Anza et Bent Mebarek .

-2<sup>ème</sup> Catégorie :

Ce groupe comprend des variétés avec des performances supérieures à celles du groupe précédent. Ces performances varient entre 53,28 g et 58,45 g. Dans ce groupe figure les deux variétés: le témoin HD 1220, et El Fareh avec 56,79 g et 57,54, respectivement.

-3<sup>ème</sup> catégorie :

Cette catégorie comporte les variétés qui possèdent les valeurs les plus élevées et qui dépasse nettement la valeur moyenne de l'essai parmi la liste des cultivars utilisés. Ce groupe détient deux variétales ; El Baldi et Bel Mebarek.avec 59,57 et 62,12 g respectivement. Les performances de ces deux variétés dépassent même les normes de qualité arrêté par certaines organismes professionnelles comme ERIAD qui délimite leur standard de PMG dans la fourchette de 35 g < PMG < 55 g.

## ***Résultats et discussions***

---

Par ailleurs, Godon et Williams (1998) classent les variétés qui disposent un PMG de 60 à 80 g comme des gros blés, celles avec un PMG entre 35 et 55 g sont des blés moyens tandis que celle avec un PMG inférieur à 35 g sont des petits blés.

Conley and John (2013) ont noté que le poids spécifique est un facteur important à prendre en considération lors de la sélection d'une nouvelle variété de blé, étant donné que l'environnement et les fléaux pourraient largement affecter le poids spécifique, à cet effet, la sélection d'une variété nouvelle qui dispose d'un poids spécifique potentiellement élevé dans un milieu donné est nécessaire pour maximiser le gain économique.

### **3.2.2 Poids spécifique (P.S.) :**

Le poids spécifique et le poids de 1000 grains, qui pourraient être utilisés pour prédire le rendement potentiel en farine lors de la mouture des grains des céréales sont reconnus parmi les principaux paramètres par les industries de moutures (Uluöz, 1965; Ünver et Kınacı., 1980; Schuler *et al.*, 1995; Toklu *et al.*, 1999; Ünal, 1999; Karababa *et al.*, 1999). 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 de semoule est élevé. (Kleijer *et al.*, 2007).

Dans la pratique, la masse à l'hectolitre est la masse d'un hectolitre de grains mesurée en kilogramme. Elle est calculée à partir de la masse de 50 litre (trémie conique) ou d'un litre (Niléma-litre) pour les blés tendres et durs, sur un échantillon débarrassé manuellement des grosses impuretés. Par exemple, la présence d'impuretés de gros volume mais de faible densité (pailles, balles), provoque une diminution du P. S. A l'inverse, la présence d'impuretés denses et de petit volume (cailloux) provoque son augmentation. (Feillet, 2000).

En référence au tableau n° 2 relatif aux performances moyennes des variétés en termes de la qualité des grains, particulièrement celles du poids spécifique des grains, il est intéressant de signaler les quelques remarques suivantes.

- Nous avons constaté que le poids spécifique pour toutes les variétés confondues est de l'ordre de 60,41 kg/hl. Toutefois, cette valeur moyenne voile en réalité des variations importantes concernant les performances des cultivars étudiées. Cependant, le poids le plus faible (la valeur minimale) chez cette dans cette série de variétés a été de l'ordre de 57,04

## *Résultats et discussions*

---

kg/hl. Cette dernière valeur minimale moyenne a été enregistrée chez la variété locale Shouitter.

-Toutefois, les performances moyennes maximales et les plus élevées ont été observées chez la variété témoin Anza avec une valeur moyenne de l'ordre de 62,82 kg/hl. De même, l'autre variété témoin HD 1220, enregistre des performances moyennes relativement supérieures à la moyenne de l'essai et ce avec une moyenne de l'ordre de 61,77 kg/hl.

De même, 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 certaine condition, 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. La mesure du P.S donnée par certains humidimètres n'est pas fiable car elle est effectuée sur un trop petit volume de grains. Elle ne peut être utilisée dans les transactions commerciales. (Anonyme, 2007).

Selon plusieurs chercheurs, la mesure du poids spécifique dépend de la densité des grains et de leur agencement entre eux (donc de l'espace entre les grains lors de la mesure). De même, ce caractère dépendra en partie de leur forme, de leur dimension et de leur état de surface, qui peut être plus ou moins lisse ou granuleuse. Les valeurs de PS ont un fort intérêt commercial et logistique. Le poids spécifique est largement reconnu comme facteur de classement de première importance, il demeure utile comme indice de potentiel semoulier (Dexter et Edwards., 1998).

La méthode de mesure usuelle du PS, citée dans les contrats commerciaux, est la norme NF EN ISO 7971-3, parue en octobre 2009. Elle a recours à des appareils en service devant être raccordés à un étalon international. Une équation unique a été établie pour le blé dur, le blé tendre et l'orge. Elle permet de corriger les valeurs obtenues avec les appareils manuels de 1 litre de type Niléma-litre :  $PS = 0,9078 \times PS_{lu} + 6,6025$ .

Des fortes corrélations entre d'une part, le poids spécifique avec d'autre part le taux de l'amidon, (-0,756) avec les fibres insolubles, et la matière minérale (-0,804) en relation avec le rapport enveloppe sur amande. Plus le poids à l'hectolitre est élevé, plus le rapport enveloppes sur amande est faible et le rendement semoulier important (Scotti, 1997).

Par ailleurs, nous avons constaté une marge de variabilité intéressante pour ce paramètre étant donné que la différence entre la variété qui dispose le poids spécifique le plus élevé et

## *Résultats et discussions*

---

celle qui détient le poids spécifique moyen le plus faible est proche de 06 kg/hl ; exactement 5,77 kg/ha, ce qui représente un gain de l'ordre de 10 %.

En référence au tableau n 2 relatif aux performances des variétés pour ce caractère et à la lumière des seuils de signification de la petite différence significative (PPDS) à savoir 1,56 kg/hl, il est possible de classer les variétés en trois (04) catégories principales :

-1<sup>er</sup> catégorie :

Cette catégorie comporte une seule variété qui dispose un poids spécifique le plus faible. Cette performance est de l'ordre de 57,04 kg/hl. La valeur est nettement inférieure à la moyenne de l'essai.

-2<sup>ème</sup> Catégorie :

Ce groupe comprend des variétés avec des performances supérieures à celles du groupe précédent et juste à la moyenne de l'essai. Ces performances varient entre 59,13 kg/hl jusqu'à 60,69 kg/hl. Dans ce groupe figure les suivantes: El Baldi, Bent mébarek, et Manga avec 59,13, 59,33 et 60,11 kg/hl, respectivement.

-3<sup>ème</sup> catégorie :

Cette catégorie comporte des variétés qui possèdent les performances relativement plus élevées et qui dépasse nettement la valeur moyenne de l'essai parmi la liste des cultivars utilisés. Ce groupe détient variétales suivantes El Fareh, la variété témoin HD 1220 Bel Mabrouk avec les performances ; 60,98, 61,77 et 62,11 kg/hl respectivement.

-4<sup>ème</sup> catégorie :

Cette catégorie comprend un seul cultivar et qui possèdent les performances moyennes les plus élevées et loin nettement la valeur moyenne de l'essai. Il s'agit de la variété Témoin Anza avec la valeur moyenne de 62,82 kg/hl.

### **3.2.3 Taux d'extraction de la farine (Rendement en farine.) :**

Le taux d'extraction de la farine est le poids de la fraction de la farine divisée sur le poids de l'échantillon ajustée au taux d'humidité de 14 %. Ce taux a été calculé au laboratoire est exprimé comme le rendement en farine.

La prévision le taux d'extraction de la farine à partir de certaines caractéristiques morphologiques du grain ont été étudiées dans plusieurs recherches. Les caractéristiques comme la longueur et le largeur du grain la profondeur et le volume de l'embryon ont été prises en considération. Dans certaines études le contenu en endosperme a été déterminé et relié au taux d'extraction de la farine et le taille du grain (Simmons et Meredith., 1979).

## *Résultats et discussions*

---

Par ailleurs, la couleur de la farine dépend du taux d'extraction de farine, contenu en pigments et la taille des particules de la farine. Plus le taux d'extraction est élevé plus la couleur de la farine est foncée et vice versa.

En référence au tableau n° 2 concernant les performances moyennes des variétés en relatives au taux d'extraction de la farine ou le rendement en farine des diverses variétés utilisées, nous pouvons permettre de signaler les quelques remarques suivantes :

- Nous avons enregistré que la valeur moyenne du taux d'extraction observé pour toutes les variétés confondues est de l'ordre de 872,96 g/ kg de grains ou l'équivalent de 87,30 % par rapport au poids.

Cependant, le rendement moyen le plus faible en farine enregistré pour tous l'essai est de 80,82 %. Ce dernier taux d'extraction a été observé chez la variété locale El Baldi.

Toutefois, nous avons remarqué des valeurs moyennes maximales relatives à ce paramètre parmi cette gamme de variété de l'ordre de 90,69 %. Ces performances de pic ont été enregistrées chez la variété témoin Anza.

De même, En ce qui concerne la variété Hd 1220, nous avons constaté des taux d'extraction très intéressants pas loin ceux constatés chez la variété Anza. En effet, cette variété a enregistré des valeurs moyennes de l'ordre de 89,62 %.

De même, l'écart moyen entre les performances moyennes les plus élevées de la meilleure variété (le témoin Anza) et celles de la variété avec les plus faibles valeurs (El Baldi) est de l'ordre d'environ 100 grammes par kilogramme de grains. Ce qui permet de gagner un gain important de l'ordre de 10 %.

La cendre, étant un indice de teneur en minéraux de la farine, offre une indication du grade en taux d'extraction de la farine. Du fait que le contenu minéral de l'endosperme est faible, en comparaison avec les enveloppes externes du son.

A la lumière des valeurs relatives à la petite différence significative (ppds), nous pouvons classer les variétés étudiées selon ces performances moyennes en trois catégories principales, à savoir :

1<sup>ère</sup> classe :

Cette classe dispose des variétés avec des valeurs moyennes minimales et inférieures à 85,19 % relatives à ce paramètre. Ce sont des valeurs largement inférieures à la moyenne de l'essai. Cette classe comporte une seule variété ; El Baldi.

## *Résultats et discussions*

---

2<sup>ème</sup> classe :

Les variétés de cette classe disposent des performances moyennes qui s'étendent de 85,19 jusqu'à 89,56 %. Elle renferme la majeure partie des variétés locales étudiées. Il s'agit des variétés : Manga, Bel Mebrouk, El Fareh, Bent Mebarek, Shouitter.

3<sup>ème</sup> classe :

Les variétés de cette classe se caractérisent par des performances moyennes relatives au taux d'extraction nettement supérieures à 89,56 %. Elle comprend exclusivement les variétés témoins (Anza et HD 1220).

Le taux d'extraction représente le pourcentage de farine extraite à partir de la mouture de 100 kg de blé propre. Il dépend des caractéristiques du blé mis en œuvre et du réglage du moulin (Roussel, 1984) Dans une minoterie, le taux d'extraction est extrêmement important pour sa rentabilité.

Le taux d'extraction influe sur la couleur dont elle varie avec le taux d'extraction et avec la nature de blé. La farine dont le taux d'extraction moyen (70%) est blanche. Si le taux d'extraction est élevée (80% et plus), la couleur varie du crème au marron clair. Cette couleur indique la présence de piqûres.

La classification des farines est basée sur la teneur en cendres ou matières minérales. Du type 45 à 150, on passe de la farine la plus blanche (faible taux d'extraction en farine) à la plus "piquée", riche en enveloppes du grain (taux d'extraction en farine élevé). Cette différenciation est basée principalement sur la notion de pureté ou de blancheur, et ne correspond pas à une notion de valeur technologique même si le travail des pâtes est plus aisé avec des farines blanches qu'avec des farines bises et complètes (Romain *et al.*, 2007).

Pour le taux d'extraction, c'est-à-dire le rendement en farine pour 100 kilos de grains, plusieurs chercheurs concluent que la blancheur de la farine et sa pureté varient en rapport inverse avec le taux d'extraction, ainsi plus le taux d'extraction est élevé moins la farine est pure et par conséquent sa couleur est grise.

Par ailleurs, conformément aux conclusions de nombreux auteurs (Butcher et Stenvert, 1973; Hook *et al.*, 1982a, 1982b; Kweon *et al.*, 2009), le taux d'extraction diminue nettement tandis que le taux d'humidité augmente. Cette tendance a été observée quel que soit le type de blé (Warechowska *et al.*, 2016). Entre 15 % et 17% taux d'humidité, le taux d'extraction diminue d'environ 1 % pour 1 % d'eau ajouté. En outre, cela montre clairement que la mouture du grain sec augmente de manière significative le taux d'extraction (+ 3 %).

## ***Résultats et discussions***

---

Le taux d'extraction diminue avec un taux d'humidité plus élevée à cause d'une diminution de la résistance du blé à la mouture, tel que mesuré par l'indice de résistance et la dureté apparente.

L'augmentation du taux d'extraction de la farine est affectée par le degré de séparation de l'amidon de l'endosperme de l'enveloppe extérieure à travers l'opération de mouture (Kong et Baik., 2016). Egalement, le taux d'extraction de la farine est positivement affecté par une réduction de la distance entre les disques du moulin (Husein, 2011).

Ces résultats sont en consistence avec les travaux de recherches effectués par Wieser et al. (2014) qui ont montré que la quantité de gluten se réduit étroitement avec l'augmentation du taux d'extraction de la farine. Plus le taux d'extraction augmente, le contenu de la farine en gluten se réduit aussi, cette conclusion a été démontrée par (Edwards *et al.*, 2007).

Le taux d'extraction de la farine est un paramètre clef pour déterminer l'efficacité et la rentabilité de la mouture et il pourrait être utilisé pour la planification de la production de la farine pour la mouture (Gwirtz, 2005).

Azizi *et al.*, (2006) dans leur étude ont noté que la stabilité de la pâte a été négativement affectée avec des taux élevés d'extraction de la farine. Par ailleurs, ont justifié ce comportement de la pâte.

### **3.2.4. Taux d'échaudage de grains:**

Le grain échaudé est rabougri et présente plus ou moins les symptômes suivantes : le sillon est relativement profond, à bords anguleux et les faces latérales moyennement creusées. La variation de la masse de mille grains peut être une expression du degré d'échaudage d'origine physiologique ou pathologique (Selselet, 1991).

Une élévation brusque de la température durant la phase d'accumulation des réserves cause l'échaudage fait chuter le taux d'azote dans le grain et le rend léger (Chevalier, 1957). Selon Grignac (1970) relève une relation étroite entre le poids de 1000 grains et le mitadinage. De même, plusieurs ont signalé l'effet de la verse de la culture sur l'échaudage des grains. La présence de grain échaudé a une incidence sur le rendement en mouture (Dexter et Matsuo., 1977).

Pour Chaker, (2003) un manque d'eau accompagné avec des températures élevées (conditions fréquentes en Algérie) à partir du stade floraison entraîne une diminution du poids de 1000 grains par altération de la vitesse et/ou de la durée de remplissage, ce qui se traduit par l'échaudage des grains. Il s'agit dans ce cas d'un échaudage aux origines physiologiques.

## ***Résultats et discussions***

---

Selon Scotti et Mont (1997), l'échaudage peut être également pathologique, causé par des maladies telles les rouilles, piétin, les septorioses, etc.

A la lumière des données moyennes relatives à l'échaudage des grains des diverses variétés utilisées (Tableau n° 2), il est utile de signaler les quelques remarques suivantes :

- Nous avons constaté que la performance moyenne relative à ce paramètre pour toutes les variétés confondues est très proche de la valeur 4 sur une échelle qui s'étend d'une valeur 1 affectée à une très bonne résistance de la variété concernée à ce phénomène jusqu'à une valeur 9 attribuée aux variétés les plus vulnérables à ce phénomène.

Toutefois, la valeur du taux d'échaudage le plus faible des grains récolté qui affiche une très bonne qualité de ce dernier pour tout l'essai est de 2. Cette valeur a été affectée aux variétés témoins (HD 1220 et Anza). Ce sont des variétés importées depuis de fortes longtemps années et qui continue d'afficher une stabilité considérable pour ce paramètre et de produire de très bonnes qualités de grains.

Cependant, la valeur moyenne maximale relative à ce paramètre a été de l'ordre de 6. Ces mauvaises performances ont été enregistrées chez la variété locales Shouitter. Cette variété montre une sensibilité excessivement élevée par les variétés étudiées vis-à-vis ce phénomène.

L'écart en termes de performance entre la variété de très bonne comportement et celle la plus sensible pour ce paramètre est très important et permet de conclure que ces deux variétés pourraient être de très fiables sources de matériel génétique pour un éventuel programme de croisement et de sélection des nouvelles variétés.

### **3.2.5. Gluten humide :**

En référence au tableau n° 2 relatif aux performances moyennes des divers variétés étudiées pour les paramètres de qualités considérés, il est intéressant de signaler les quelques remarques qui suivent :

La valeur moyenne du poids relatif au gluten humide est de l'ordre de 53,9 g pour toutes les variétés confondues. Néanmoins, cette valeur moyenne voile des fluctuations importantes relatives aux performances des variétés pour ce caractère. En effet, la performance moyenne la plus faible (minimale) parmi cette gamme de variétés a été de l'ordre de 33,1 g. Cette valeur a été constatée chez la variété témoin HD 1220.

## *Résultats et discussions*

---

Cependant, les performances moyennes les plus élevées ont remarquées chez la variété locale Manga avec une valeur moyenne de l'ordre de 65,6 g. Par ailleurs, ces performances sont exceptionnellement élevées et dépassent de loin celles relatives de la variété HD 1220. De même, la variété témoins Anza a enregistré des performances relativement faibles par rapport à celles observées chez variétés locales et viennent en 2<sup>ème</sup> position après celles réalisées par HD 1220.

Ugrinovits *et al.*, (2004), ont décrit la force des farines selon leur gluten humide. En effet, les farines usuelles ont des teneurs de l'ordre de 27 g à 37 g, tandis que les farines provenant de blé très fort peuvent présenter des teneurs allant jusqu'à 45g, alors que des inférieurs à 25 g signalent une farine faible (farine pour biscuit).

En référence aux standards cités ci-dessus, nous avons constaté que toutes variétés locales utilisées ont enregistré des performances exceptionnellement élevées et qui dépassent de loin celles citées en référence.

Par ailleurs, nous avons constaté une variabilité intéressante pour ce caractère du fait que le gain enregistré entre la variété qui dispose la valeur moyenne la plus élevée et celle qui détient la valeur moyenne la plus faible avoisine 100 %, plus précisément 97,08 %.

A la lumière des seuils de signification enregistrés par la petite différence significative (PPDS) à savoir 5,9 %, nous pouvons classer les variétés en trois (03) catégories principales :

-1<sup>er</sup> catégorie :

Cette catégorie comporte des variétés des variétés disposant la teneur en gluten la plus faible et inférieur à la valeur moyenne parmi cette gamme de variétés. Ce groupe comprend une seule variété à savoir HD 1220.

-2<sup>ème</sup> Catégorie :

Ce groupe comprend une seule variété. Il s'agit de la variété témoin Anza avec des performances moyennes de l'ordre de 41,6 %.

-3<sup>ème</sup> catégorie :

Cette catégorie comporte aussi une seule variété. Il s'agit de la variété locale Bel Mebrouk avec des performances moyennes de 51,1 % pour le taux du gluten humide.

4<sup>ème</sup> catégorie :

Cette classe aussi contient une seule variété, c'est El Baldi avec une teneur moyenne de l'ordre de 55,4 %.

## ***Résultats et discussions***

---

5<sup>ème</sup> catégorie :

Cette avant dernière classe comporte deux variétés. Il s'agit des variétés locales El Fareh et Shouitter avec des valeurs moyennes 60,8 et 62,6 %, respectivement.

6<sup>ème</sup> et dernière catégorie :

Elle comprend une seule variété, c'est celle qui se caractérise avec des performances recordes et qui dépassent moyennement 65,3 %. Il s'agit de Manga.

### **3.2.6. Gluten sec :**

La relation entre les protéines de gluten et l'élasticité de la pâte, et la détermination si cette pâte est adaptée à la panification, a été remarquée par Wall (1979). La glutamine est l'acide aminé le plus abondant dans les protéines du gluten et principalement responsable de la capacité de rétention d'eau du gluten. En fait, le gluten sec absorbe environ deux fois au sien de son poids en de l'eau. De plus, les résidus de glutamine sont impliqués dans des plusieurs liaisons protéine-protéine à base d'hydrogène (Bauer *et al.*, 2003). Cependant, chez les acides aminés de protéines du gluten, les résidus de cystéine même en quantité mineure, jouent un rôle essentiel dans les fonctions et la structure du gluten.

A la lumière des données figurées au tableau n° 2 relatives aux performances moyennes des diverses variétés étudiées pour le paramètre de qualité considéré, il est important de tirer les quelques remarques qui suit :

La valeur moyenne du gluten sec est de l'ordre de 17,03 g pour toutes les variétés confondues. Cependant, cette performance moyenne cache des fluctuations importantes entre les variétés pour ce caractère. En effet, la valeur moyenne la plus faible (minimale) parmi cette gamme a été de l'ordre de 10,63 g. Cette dernière valeur a été observée chez la variété témoin HD 1220.

Cependant, les performances moyennes les plus élevées ont été enregistrées chez deux variétés locales shouitter et Manga avec des valeurs moyennes de l'ordre de 20,87 et 20,83 g respectivement. A signaler, ces performances sont exceptionnellement élevées et dépassent de loin celles relatives de la variété HD 1220. De même, 2<sup>ème</sup> variété témoins Anza a enregistré des performances relativement faibles par rapport à celles observées chez variétés locales et viennent en 2<sup>ème</sup> position après celles réalisées par HD 1220 avec 12,30 g.

## *Résultats et discussions*

---

Par ailleurs, Baghous, (1998) rappelle que dans le domaine de la technologique le gluten conditionne, en grande partie les caractéristiques rhéologiques de la farine d'où la nécessité d'avoir un taux de gluten sec de 8 à 10% et une capacité d'hydratation de 67 à 68% pour que la farine soit préconisée en boulangerie.

Les valeurs des témoins sont très proches de celles rapportées par Tazerout (2013) qui sont de 9,35% MS à 12,5% MS. Cependant, ces mêmes valeurs sont supérieures et loin à celles trouvées par Ladraa (2012) avec 5,95 g jusqu'à 9,59g. Pr ailleurs, les performances des variétés locales sont semblables, voire excèdent celles signalées par Ait Sidhoum et Bendjabeur (2009) qui sont de 15,39 g à 18,92 g.

De même, Matveef (1966) classe les blés selon leur teneur en gluten sec d'où les blés ayant une teneur en gluten sec inférieure à 11g sont des blés insuffisants, ceux avec une teneur en gluten sec comprise entre 11 g et 15 g sont des blés de bonne valeur panetière, tandis que les blés dotés d'une teneur en gluten sec supérieure à 15 g sont considérés comme des blés de force.

Selon Quaglia, (1988), les teneurs élevées en gluten sec et humide des semoules de blé dur sont expliquées par la forte corrélation significative entre la teneur en protéines et la teneur en Gluten, tandis que Motquin *et al.*, (2007) ont conclu que plus les quantités de gluten extraites sont élevées, meilleure est la qualité de l'échantillon.

En référence aux standards cités ci-dessus, nous avons constaté que toutes variétés locales utilisées ont enregistré des performances exceptionnellement élevées et qui dépassent de loin celles citées en référence.

Par ailleurs, nous avons enregistré un gain important entre les performances moyennes observées chez la variété la plus performante et celle la moins performante. Avec un taux de l'ordre de 97,08 % ou l'équivalent de 10 g, ce gain est très comparable à celui enregistré pour le dernier à savoir le taux du gluten humide.

Sur la base de la valeur du seuil de signification enregistrés par la petite différence significative (PPDS) à savoir 1,58 g, nous pouvons se permet de classer les variétés en six 06 catégories principales :

-1<sup>er</sup> catégorie :

Cette catégorie comporte la variété qui dispose la teneur en gluten sec la plus basse . Il s'agit de la variété témoin HD 1220.

## *Résultats et discussions*

---

-2<sup>ème</sup> Catégorie :

Ce groupe comprend une seule variété. Il s'agit de la variété témoin Anza avec des performances moyennes de l'ordre de 12,30 g.

-3<sup>ème</sup> catégorie :

Cette catégorie comporte aussi une seule variété. Il s'agit de la variété locale Bel Mebrouk qui détient des performances moyennes de 15,33 g.

4<sup>ème</sup> catégorie :

Cette classe aussi contient une seule variété, c'est El Baldi avec une teneur moyenne de l'ordre de 18,0 g.

5<sup>ème</sup> catégorie :

Cette avant dernière classe comporte deux variétés. Il s'agit des variétés locales Bent Mebarek et El Fareh avec des valeurs moyennes 60,8 et 62,6 %, respectivement.

6<sup>ème</sup> catégorie :

Elle comprend aussi deux variétés. Ce sont les variétés qui disposent des plus performances moyennes les plus élevées parmi les cultivars étudiés. Il s'agit de Manga et de Shouitter avec respectivement 20,83 et 20,87 g.

### **3.2.7. Taux d'hydratation du gluten :**

Sur la base des données moyennes (Tableau n° 2) relatives aux performances moyennes des variétés utilisées pour le paramètre de qualité considéré, il est intéressant de signaler les quelques remarques qui suit :

La valeur moyenne d'hydratation est de l'ordre de 68,57 % pour toutes les variétés confondues. Toutefois, cette valeur moyenne voile des différences importantes entre les variétés pour la capacité à l'hydratation du gluten. En effet, la performance moyenne la plus faible (minimale) pour cette gamme a été de l'ordre de 66.67 %. Cette dernière valeur a été observée chez la variété locale El Fareh.

Cependant, les hautes performances ont été constatées chez deux variétés une locale ; Belmebrouk et l'autre importé (témoin) ; Anza avec des valeurs moyennes de l'ordre de 69,96 % et 70,43 %, respectivement. Par ailleurs, avec une performance moyenne de 67,89 %, la 2<sup>ème</sup> variété témoin Hd 1220 a enregistré des performances relativement faibles par rapport à celles observées chez les deux variétés citées en dessus variétés.

## ***Résultats et discussions***

---

Par ailleurs, Baghous, (1998) rappelle que, dans le domaine de la technologique, une capacité d'hydratation de 67% à 68% pour que la farine soit préconisée en boulangerie. A cet effet, ces performances obtenues pourraient être considérées acceptables et répondent aux normes, voire intéressantes particulièrement celles de Anza et de Bel Mebrouk.

Les valeurs des témoins sont très proches de celles rapportées par Tazerout (2013) qui sont de 9,35% MS à 12,5% MS. Cependant, ces mêmes valeurs sont supérieures et loin à celles trouvées par Ladraa (2012) avec 5,95 g jusqu'à 9,59g. Pr ailleurs, les performances des variétés locales sont semblables, voire excèdent celles signalées par Ait Sidhoum et Bendjabeur (2009) qui sont de 15,39 g à 18,92 g.

De même, Matveef (1966) classe les blés selon leur teneur en gluten sec d'où les blés ayant une teneur en gluten sec inférieure à 11g sont des blés insuffisants, ceux avec une teneur en gluten sec comprise entre 11 g et 15 g sont des blés de bonne valeur panetière, tandis que les blés dotés d'une teneur en gluten sec supérieure à 15 g sont considérés comme des blés de force.

Selon Quaglia, (1988), les teneurs élevées en gluten sec et humide des semoules de blé dur sont expliquées par la forte corrélation significative entre la teneur en protéines et la teneur en Gluten, tandis que Motquin *et al.*, (2007) ont conclu que plus les quantités de gluten extraites sont élevées, meilleure est la qualité de l'échantillon.

En référence aux standards cités ci-dessus, nous avons constaté que toutes variétés locales utilisées ont enregistré des performances exceptionnellement élevées et qui dépassent de loin celles citées en référence.

Par ailleurs, nous avons enregistré un gain important entre les performances moyennes observées chez la variété la plus performante et celle la moins performante. Avec un taux de l'ordre de 97,08 % ou l'équivalent de 10 g, ce gain est très comparable à celui enregistré pour le dernier à savoir le taux du gluten humide.

Sur la base de la valeur du seuil de signification enregistrés par la petite différence significative (PPDS) à savoir 1,58 g, nous pouvons se permet de classer les variétés en six 06 catégories principales :

-1<sup>er</sup> catégorie :

Cette catégorie comporte la variété qui dispose la teneur en gluten sec la plus basse . Il s'agit de la variété témoin HD 1220.

## *Résultats et discussions*

---

-2<sup>ème</sup> Catégorie :

Ce groupe comprend une seule variété. Il s'agit de la variété témoin Anza avec des performances moyennes de l'ordre de 12,30 g .

-3<sup>ème</sup> catégorie :

Cette catégorie comporte aussi une seule variété. Il s'agit de la variété locale Bel Mebrouk qui détient des performances moyennes de 15,33 g.

4<sup>ème</sup> catégorie :

Cette classe aussi contient une seule variété, c'est El Baldi avec une teneur moyenne de l'ordre de 18,0 g.

5<sup>ème</sup> catégorie :

Cette avant dernière classe comporte deux variétés. Il s'agit des variétés locales Bent Mebarek et El Fareh avec des valeurs moyennes 60,8 et 62,6 %, respectivement.

6<sup>ème</sup> catégorie :

Elle comprend aussi deux variétés. Ce sont les variétés qui disposent des plus performances moyennes les plus élevées parmi les cultivars étudiés. Il s'agit de Manga et de Shouitter avec respectivement 20,83 et 20,87 g.

### **3.2.8. Taux de protéines :**

Eu regard aux données moyennes (Tableau n° 2) relatives aux valeurs moyennes des variétés étudiées pour le taux de protéines, nous permet de constater ce qui suit :

La valeur moyenne du taux de protéines est de l'ordre de 20,15 % pour toutes les variétés confondues. Par ailleurs, cette valeur moyenne cache des fluctuations importantes entre les performances des variétés pour le caractère considéré. En effet, la valeur moyenne la plus faible chez cette gamme a été de l'ordre de 12,51 %. Cette dernière valeur a été constatée chez la variété témoin HD 1220.

Néanmoins, les performances les plus élevées et supérieures à 24 % ont été enregistrées chez deux variétés locale ; Shouitter et Manga avec des valeurs moyennes de l'ordre de 24,55 % et 24,52 %, respectivement. Par ailleurs, avec une performance moyenne de 14,47 %, la 2<sup>ème</sup> variété témoin Anza a enregistré des performances relativement faibles par rapport à celles observées chez les deux variétés citées en dessus variétés.

## ***Résultats et discussions***

Par ailleurs, toutes les variétés étudiées ont obtenues des valeurs dépassant de loin le seuil de 10-11% retenu par Berland et Roussel (2005) pour tenir de bons résultats en panification. Pour Maghirang *et al.*, (2006), la teneur en protéines est affectée par le cultivars et les conditions de culture.

### **3.3. Liaisons inter caractères**

Le tableau n° 3 comporte l'analyse des coefficients de corrélation qui pourrait exister entre les différents caractères ; le poids de mille grains, le poids spécifique, taux d'extraction de la farine, taux d'échaudage des grains, la teneur en gluten humide et sec, le taux d'hydratation et la teneur en protéines des variétés utilisées.

**Tableau n° 3** : Matrice des coefficients de corrélation des divers paramètres étudiés

	<i>PMG</i>	<i>poids spécifique</i>	<i>taux d'extraction</i>	<i>Echaudage</i>	<i>Gluten Humide</i>	<i>Gluten sec</i>	<i>Taux hydrat</i>	<i>Taux Protéines</i>
PMG	1							
poids spécifique	0,70*	1						
Taux d'extraction	-0,31	0,32	1					
Echaudage	-0,59	-0,71*	-0,29	1				
Gluten Humide	-0,33	-0,68*	-0,37	0,67*	1			
Gluten sec	-0,40	-0,76*	-0,38	0,67*	0,99**	1		
Taux hydratation	0,50	0,77*	0,28	-0,33	-0,42	-0,55	1	
Taux de Protéines	-0,40	-0,76*	-0,38	0,67*	0,99**	0,99**	-0,55	1

(\*) Significative au seuil de  $p < 0,1$

(\*\*) Significative au seuil de  $p < 0,01$

Sur la base de l'analyse des résultats relatifs aux coefficients de corrélation entre les caractères considérés, nous pouvons dégager les remarques suivantes :

Nous avons constaté une forte corrélation positive entre le PMG et le poids spécifique. Cependant le poids spécifique a fortement corrélé négativement avec le taux d'échaudage, la teneur en gluten humide, le taux du gluten sec et la teneur en protéines, mais positivement avec le taux d'hydratation du gluten.

Le taux d'échaudage des grains a fortement corrélé positivement avec à la fois la teneur en gluten humide, le gluten sec et teneur en protéines. La teneur en gluten humide a très fortement corrélé avec la teneur en gluten sec et celle des protéines.

Par ailleurs la teneur en gluten sec a très fortement corrélé avec la teneur de la farine en protéines.

# *Conclusion*

## ***Conclusion***

---

### **Conclusion**

L'objectif principal de ce travail, à travers de tests relatifs à huit (08) variétés dont deux (02) témoins, de faire une étude comparative de la qualité des grains de ces variétés. Les paramètres de qualité pris en considération sont, le taux d'échaudage des grains, le poids de mille grains (PMG), le poids spécifique, le taux d'extraction de la farine, la teneur en gluten humide et sec, le taux d'hydratation du gluten ainsi que la teneur en protéines de la farine de ces cultivars.

Les résultats relatifs à l'analyse de la variance nous révèlent un effet génotypique hautement significatif pour tous les caractères étudiés avec une marge relativement faible de l'erreur. Le CVM indique une précision hautement élevée (< 3 %) et que les conditions de déroulement des expérimentations sont, dans l'ensemble, bien respectées.

La valeur moyenne du PMG pour toutes les variétés confondues est de 55.48 g avec des performances intéressantes chez Belmabrouk (62,19 g.) et El Baldi (59,57 g). La teneur moyenne en gluten humide est de l'ordre de 53,9 g pour toutes les variétés confondues, mais, les témoins se caractérisent avec des performances les plus faibles dont le PMG est de 33,1 g chez HD 1220. Les performances de pic sont chez les variétés locales dont 04 variétés ont obtenu des moyennes > à 60 g. De même, les performances du gluten sec ont les mêmes tendances enregistrées pour le gluten humide avec des pics > à 19 g réalisées par 04 variétés locales.

La valeur moyenne de teneur en protéines pour l'essai est plus ou moins élevée (20,15 %), toutefois, les performances des témoins sont aux minimales avec 12,51 % chez HD 1220, tandis que les performances maximales > 20 % sont enregistrées chez la plus part des variétés locales.

Le poids spécifique a fortement corrélé négativement avec le taux d'échaudage, la teneur en gluten humide, le taux du gluten sec et la teneur en protéines, mais positivement avec le taux d'hydratation du gluten. Le taux d'échaudage des grains a fortement corrélé positivement avec à la fois, la teneur en gluten humide, le gluten sec et la teneur en protéines.

## *Références bibliographiques*

## Références bibliographiques

---

### Références bibliographiques

- Aissaoui M. (2018). Etude de l'effet de l'irrigation d'appoint sur l'amélioration de la production du blé tendre (*Triticum aestivum* L.) dans la région de Sétif. *The. Doc. Univ. Sétif.* P :5-11-12  
<http://dspace.univsetif.dz:8888/jspui/bitstream/123456789/3451/1/Th%C3%A8se%20%20Doctorat%20Aissaoui%20Mohamed%20Ridha.pdf>
- Ait Sidhom A., Bendjabeur S., (2009). Appréciation de la qualité technologique de quelques variétés et lignées de blé dur nouvellement introduites en Algérie. Mémoire d'ingénieur, E.N.S.A., El-Harrach, Algérie, 80p.
- Alais C., Linden G et Miclo L., (2003) : Biochimie alimentaire :les céréales-le pain, 5<sup>ème</sup> éd., DUNOD, Paris, p.131-134.
- Auger F.(2008). Etude des mécanismes d'agglomération du gluten au cours du pétrissage de suspensions farine-eau . *The. Doc. Univ. Centre international d'études supérieures en sciences agronomiques de Montpellier .P :33*
- Badjes S, Soro D, Niamketchi G, et Koffi E .(2019). Étude des comportements chimiques, fonctionnels et rhéologiques de mélanges de farines de blé (*Triticum aestivum*), amande de cajou (*Anacardium occidentale* L) et de banane plantain (*Musa paradisiaca*). 15(6).p :143-155.
- Baghous F., (1998). Relation entre les sous unités gluténines et les caractéristiques technologiques intrinsèques des blés tendres cultivés en Algérie. Thèse de magistère, INA, El-Harrach, Algérie, 126p.
- Battais F., Rechart C et Loduc V.,(2007) les allergènes de grains de blé, (wheat grain allergens). *revue française d'allergie et d'immunologie clinique.* N° 47.
- Bauer N., Koehler, P., Wieser, H. and Schieberle P., 2003. Studies on the effects of microbial transglutaminase on gluten proteins of wheat. I. Biochemical analysis. *Cereal Chemistry*, vol. 80, no. 6, pp. 781-786. <http://dx.doi.org/10.1094/CCHEM.2003.80.6.781>.
- Benmoussa M., (1999). Production d'une de glutenine à faible poids moléculaire dans les fluides à faible poids moléculaire dans la feuille de la luzerne et les tubercules de la pomme de terre. Thèse de doctorat. Université Laval. Québec. pp .4-16.
- Ben Sadoun S .(2020). Optimisation du schéma de sélection chez le blé tendre : apport des prédictions génomiques et des caractères corrélés. Uni Clermont Auvergne .P : 29.
- Berland S., Roussel P., (2005). Qualité technologique. Document de École Nationale Supérieure de Meunerie et des Industries Céréalières (ENSMIC), Surgères, France.
- Bloksma A.H., Bushuk W (1988). Rheology and chemistry of dough. *In: Wheat: Chemistry and technology.* (Ed. Y. Pomeranz), AACC Inc., St. Paul, MN, USA, 131-217,.
- Boudreau A. and Ménard G., (1992). Le Blé: éléments fondamentaux et transformation. *Presses Université Laval, Québec-Canada.* Pp : 35-36
- Boulgheb A .(2008).caractérisation de quelques variétés /populations de blé tendre saharien de la région d' ADRAR. Thés. Mag .Unv. El Harrach. Pp: 33-34
- Bourekoua H.(2013). Mise au point d'une technique pour le suivi des cinétiques de fermentation de pâtes boulangères avec et sans gluten. *The. Mag. Univ. Constantine01.* P :34

## Références bibliographiques

---

- Butcher F., Stenvert N.L., (1973) Conditioning Studies on Australian Wheat I. The effect of conditioning on Milling Behaviour, *J. Sci. Fd Agric.* 24, 1055-1066.
- Calvel R. (1984). La boulangerie moderne 3<sup>ème</sup> édition. Saint- Germain. Paris. P :13-63.
- Boudreeau A. et Menard G. (1992). Le blé : éléments fondamentaux et transformation. Édition des PRESSE. Paris. P 29-37.
- Charoles .A., Gulli. L et Aurant L., (2003). Biochimie alimentaire 5<sup>ème</sup> éd de l'abrégé. P 129-138.
- Chaker, A. (2003). Etude de l'effet des stress thermiques (chaleur et froid) sur quelques paramètres physiologiques et biochimiques du blé dur (*Triticum durum* Desf.). Mémoire. Magistère. Univ. Annaba.
- Dacosta Y.,( 1986). Le gluten de blé et ses applications. Ed : APRIA, Paris.
- Debiton C.(2010). Identification des critères du grain de blé (*Triticum aestivum* L.) favorables à la production de bioéthanol par l'étude d'un ensemble de cultivars et par l'analyse protéomique de lignées isogéniques waxy. The. Doc. Univ. Blaise Pascal. Pp:1- 2
- Dexter, J.E., Matsuo, R.R. (1977). Changes in semolina proteins during spaghetti processing. *Cereal Chem.* N° 54. pp.882 - 894.
- Dexter, J. E., Williams, P. C., Martin, D. G. and Cordeiro, H. M. (1994). The effects of extraction rate and flour-sieve aperture on the properties of experimentally milled soft wheat flour. *Can. J. Plant Sci.* 74: 51-58.
- Chevalier R.,(1957). Echaudage chez les blés tendres et poids de mille grains. *Ann. Amélior. des Plantes* 4. B, 413- 430.
- Edwards, M.A., Osborne, B.G. and Henry, R.J.,(2007). Investigation of the Effect of Conditioning on the Fracture of Hard and Soft Wheat Grain by the Single-Kernel Characterization System: A Comparison with Roller Milling. *Journal of Cereal Science*, 46(1): 64-74.
- EL Hadeff E.(2015). Valeurs d'appréciation de la qualité technologique et biochimique des nouvelles obtentions variétales de blé dur en Algérie. *The. Mag . Univ. Sétif .* : Pp 32-33
- Falek W .(2013). Fabrication de pain à partir de pâte pré-fermentée et congelée. *The. Mag. Univ. Constantine* 01. P :25
- Feillet, P. (2000). Le grain de blé, composition et utilisation. INRA Editions, Paris, France. P:23
- Gallais A et Bannerot H., (1992). Amélioration des espèces végétales cultivées : objectifs et critères de sélection. Ed : INRA, Paris. P. 34.
- Grignac P., (1970). Amélioration de la qualité des variétés de blé dur. *Ann. Amélio. des Plantes* 20 (2) : 159-188.
- Godon.B., (1982). Valeur meunière et boulangère des blés tendres et leurs farine In : conservation et stockage des graines et produits dérivés. Ed : Tec et Doc. Lavoisier, Paris.
- Godon B. & Loisel W.(1984).Guide pratique d'analyses dans les industries des céréales. Edition TEC et DOC/ Lavoisier, 818 p..
- Haddad Y, Mabilie F, Mermet A, Abecassis J, Benet JC. 1999. Rheological properties of wheat endosperm with a view on grinding behaviour. *Powder Technol.* 105, 89–94. (doi:10.1016/S0032-5910(99)00122-9) [Google Scholar].
- (2) Official Methods of Analysis, Slu`beni list SFRJ 21, April (1973) 683-684. *hnology* 105, 89-94.

## Références bibliographiques

---

- Hook S. C. W., Bone G. T., Fearn T., (1982a). The conditioning of wheat. An investigation into the Conditioning Requirements of Canadian Western Red Spring N°1, *J. Sci. Food Agric.* 33, 663-670.
- .Husain, A. H., (2011). The Scientific Book of Grain Processing. Aldar Aljamiea for Translating Publishing and Distribution, Baghdad. p. 113.
- Jeantet R., Croguennec T., Schuck.et Brulé G.(2007). Science des aliments, biochimie, microbiologie procédé, produits. Techniques et documentation. Lavoisier. Paris.P:136-149.
- Kara K.( 2015). Interactions génotype-milieu de variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L) sous stress hydrique . *The. Doc. Univ. Mentouri Constantine* . : 4 - 40
- Kong, L. and Baik, B.K., (2016). Degree of starchy endosperm separation from bran as a milling quality trait of wheat grain. *Journal of Cereal Science*, 69, pp. 49-56Kweon M., Martin R., Souza E., 2009, Effect of tempering conditions on
- Ladraa N., (2012). Aptitude à la panification de quelques variétés de blé dur algérien.Thèse de magistère, E.N.S.A., El-Harrach, Algérie, 93p.
- Lamara A , Fellahi Z ,Benguedoudj S , et Benhammed A. (2021). Appréciation de la qualité technologique d'une collection de blé tendre (*Triticum aestivum* L) cultivée en Algérie. *Algérien Journal of Biosciences*.02(01) : 19-29.
- Maghirang E. B., Lookhart G. L., Ben S. R., Pierce R. O., Xief., Caley M. S., Wilson J. D., Seabourn B. W., Ram M. S., Park S. H., Chung O. K., Dowell F. E., (2006). Comparison of quality characteristics and breadmaking functionality of hard red winter and hard red spring wheat. *Cereal Chemistry*, vol. 83, n. 5, p.p. 520-528.
- Matveef M., 1966.Influence du gluten des blés durs sur la valeur des pates alimentaires Bull. anc. Elèves, ed. Fr meunerie, vol. 213, p.p. 133-138.
- Mis, A. (2000). Some methodological aspects of determining wet gluten quality by the Glutomatic Method (a laboratory note), *International Agrophysics*, 14, 263-267.
- Melas V. et Autran. J C., (1996). Caractérisation biochimique et fonctionnelle des glutenines du blé par chromatographie d'échange de rations. *Sciences des aliment*, 16 : 361-381
- Montessions F.(2003). Le blé: composition, culture, économiques technoboulanges. p 1.
- Morot-Gaudry.J-F.,(1997). Assimilation de l'azote chez les plantes : aspect physiologique, biochimique et moléculaires. éd. INRA. Paris, p.377.
- Motquin et al., 2007. Méthodes d'appréciation de la qualité des blés (et épautres) destinés à la panification.
- Pfister, B., & Zeeman, S. C. (2016). Formation of starch in plant cells. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 73(14), 2781-2807. <http://dx.doi.org/10.1007/s00018-016-2250-x>. PMID:27166931.
- Pharande AL, Dhotre VA, Adsule R. N.(1988). Quality characteristics of recently released wheat variety. *J Maha Agric Univ.* ;13:234–235. [[Google Scholar](#)].
- Pomeranz Y., (1985). wheat flour lipids- what they can and cannot do in bread. *Cereal. Food. World*.Vol.31N° 3:443-446.
- Popineau. Y., (1985). Propriétés biochimiques et physicochimiques des protéines des céréales. In : *Protéines végétales*. Ed : Tec et Doc. 161-163.

## Références bibliographiques

---

- Remil A. (2018). Etude électrophorétique et physicochimique de quelques variétés de blé et des produits à base de blé consommés dans l'ouest Algérien. Recherche des protéines inductrices de la maladie cœliaque. *The. Doc. Univ. SIDI BEL ABBES* .16-18
- Romain J., Thomas C., Pierre S., Gerard B., (2007). Science des aliments : biochimie-microbiologie-procédés-produits. Lavoisier, Paris,p 449.
- Sasseingne R.( 2016). Intolérance non-colque au gluten et mode de régime sans gluten *The. Doc. Univ. Toulouse III.* P :10.
- Scotti G. et MontjJ.-M., (1997). Analyse physique des grains des blés tendre et blé dur ; in : guide pratique d'analyses dans les industries des céréales. Ed.Tec& Doc LAVOISIER. Paris, pp.79-110.
- Singh B, Singh N (2006). Physico-chemical, water and oil absorption and thermal properties of gluten isolated from different Indian wheat cultivars. *J Food Sci Technol.* 43(3):251–255. [[Google Scholar](#)].
- Supekar DT, Patil SR, Munjal SV. (2005). Comparative study of some important *Aestivum*, *durum* and *dicoccum* wheat cultivars for grain, flour quality and suitability for chapati making characteristics. *J Food Sci Technol.*42(6):488–492. [[Google Scholar](#)].
- Tazerout C., (2013). Etude biochimique et technologique de quelques fractions de mouture de blé dur, relation avec la qualité boulangère. Mémoire de Magister, ENSA, EL Harrach, Algérie, 139 p.
- Topin D.J., et Radjai F. (2007). Modélisation mécanique de la friabilité du blé. France. *pl. Agriculture and Agricultural Science Procedia* 7 : 309-312
- Uthayakumaran.S, Newbery. M.,Keento.KM., Stoddart. F Lbekes.F., (2000). Basic rheology of bread dough with modified proteins content and glutenin to gliadine ratios. In: *cereal chemistry.* 744-749.
- Wall, J.S. (1979) The role of wheat proteins in determining baking quality. In: Laidman, D.L., Wyn Jones, R.G., Eds., *Recent Advances in the Biochemistry of Cereals.* Academy, London, 275-311.
- Warechowska M., Markowska A., Warechowski J., Mis A., Nawrocka A., (2016). Effect of moisture of wheat on grinding energy, middlings and flour distribution, and gluten and dough mixing properties, *Journal of Cereal sciences*, 69, 306-312.
- Wieser, H., Koehler, P. and Konitzer, K., (2014). Celiac Disease and Gluten: Multidisciplinary Challenges and Opportunities (1st ed.), Academic Press Elsevier, London, Waltham, San Diego, pp. 53-75.
- Yesli A ,Latreche S,Aissiou M ,et Azzou L .( 2021) .Influence de la poudre de poulpe de caroube( *Cerastionia siliqual.*) sur les propriétés rhéologiques de la farine de blé tendre *Revue Agrobiologia* .11(2).P: 2641-2650
- Zeyad Arif Ahmed, Inas Abdulsattar Abduljabbar , Salah Mahdi Mousa , Shaimaa Ahmed Abed , Salah Thamer Owaid1, (2015). The effect of changing the milling extraction rate on the flour properties. *TRKU*, Volume 62, 03: 1121-1129.

## ملخص

إن الهدف الرئيسي من هذا العمل ، من خلال الاختبارات المتعلقة بثمانية (08) أصناف بما في ذلك اثنتان (02) شاهدين، هو إجراء دراسة مقارنة ، لجودة حبوب هذه الأصناف. معايير الجودة التي أخذت في الاعتبار ، هي معدل حرق الحبوب ، وزن الألف حبة ، الوزن النوعي ، معدل استخراج الدقيق ، محتوى الغلوتين الرطب والجاف ، درجة امتصاص رطوبة الغلوتين ومحتوى البروتين في هذا الدقيق لهذه الأصناف. تظهر نتائجنا أداء مرتبطين بالأصناف المحلية متفوقا بشكل واضح مقارنة بالضوابط المستخدمة في الواقع فإن الفروق بين الفئتين المحلية والشواهد تنتقل أحيانا من البسيط إلى الضعف مقارنة بالضوابط لاسيما بالنسبة لوزن الألف حبة ، محتوى الغلوتين الجاف والبروتين لاسيما للأصناف المحلية، مانقا والفرح والبلدي على التوالي .

الكلمات المفتاحية: القمح ، الأصناف المحلية ، النوعية ، الغلوتين ، البروتين.

## Résumé

L'objectif principal de ce travail, à travers des tests relatifs à huit (08) variétés dont deux (02) témoins une étude comparative, est de réaliser une étude comparative pour la qualité des grains de ces variétés. Les paramètres de qualité pris en considération sont, le taux d'échaudage des grains, le poids de mille grains (PMG), le poids spécifique, le taux d'extraction de la farine, la teneur en gluten humide et sec, le taux d'hydratation du gluten ainsi que la teneur en protéines de la farine de ces cultivars. Nos résultats affichent des performances relatives aux variétés locales nettement supérieures en comparaison aux témoins utilisées (Anza et HD 1220). En effet, les différences entre chez deux catégories passent parfois du simple au doubles par rapport aux témoins notamment pour le PMG, la teneur en gluten sec et en protéines particulièrement chez Manga, El Fareh et El Baldi, respectivement.

*Mots clés : Blé tendre, Variétés locales, Qualité, Gluten, Protéines.*

## Abstract:

The main purpose of this work, through tests involving eight (08) varieties including two (02) controls, is to carry out a comparative study for the grain quality of these varieties. The main quality parameters taken into consideration are, grain scalding rate, thousand grain weight (TMW), specific weight, milling extraction rate, wet and dry gluten content, gluten rate hydration and flour protein content of these cultivars. Our results show high performances of the local varieties that are clearly superior in comparison to the controls used (Anza and HD 1220). Indeed, the differences between the two cultivar categories sometimes go from simple to double compared to the controls, in particular for the PMG, the dry gluten and protein content, particularly for Manga, El Fareh, and El Baldi, respectively.

Key Words: Wheat, Local varieties, Quality, Gluten, Proteines.