

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE**  
**SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITÉ M'HAMED BOUGUERRA BOUMERDES**

**FACULTÉ DE TECHNOLOGIE**

**DÉPARTEMENT DE GÉNIE DE PROCÈDES**



**DOMAINE : SCIENCE ET TECHNOLOGIE**

**FILERIE : GÉNIE DES PROCÈDES**

**SPÉCIALITÉ : GÉNIE ALIMENTAIRE**

**MÉMOIRE DE MASTER**

**THÈME**

**Caractérisation Physico-chimique et  
Technologique D'une Variété De Blé Dur  
<BELIOUNI> Provenant De La Région De Sétif**

**Présenté par :**

**MELLOUL AMEL**

**LAHNICHAT CHAIMA**

**Soutenu publiquement le 07/07/2022 devant le Jury composé de :**

<b>Président</b>	<b>M<sup>me</sup> OUSLIMANI .N</b>	<b>Pr (UMBB)</b>
<b>Promotrice</b>	<b>M<sup>me</sup> A NNOU. S</b>	<b>MAA (UMBB)</b>
<b>Copromotrice</b>	<b>M<sup>me</sup> MADANI.M</b>	<b>Chef de département (ITGC)</b>
<b>Examinatrice</b>	<b>M<sup>me</sup> TALANTIKITE.S</b>	<b>MCB (UMBB)</b>

**2021/2022**

## REMERCIEMENTS

---

Nous remercions le bon dieu tout puissant, de nous avoir donné la santé, le courage et la patience pour pouvoir réaliser ce modeste travail.

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer un profond témoignage de reconnaissance à **MADAME MADANI M.** responsable de laboratoire de technologie I T G C EL-HARRACH, d'avoir bien voulu guider ce travail à sa fin et de nous avoir fait bénéficier de ses conseils qui nous ont été d'une grande utilité.

Nous vous remercions sincèrement complexe industriel et commercial corso (AGRODIV CORSO), nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à Mme **AZIZI AMEL** chef de laboratoire à complexe industriel et commercial corso et ingénieure de laboratoire **IGLOULI LINDA** pour nous avoir acceptées au sein du laboratoire leurs conseils qui nous ont été d'un grand profit.

Nous remercions sincèrement Mr **BOURNISSA HAMID** chef du laboratoire de biochimie de la faculté de technologie.

Notre promotrice madame **ANNOU SADA** qui nous a honorés d'avoir accepté de diriger ce travail, merci pour vos recommandations vos suggestions, votre disponibilité, votre confiance vos précieux conseils et critiques constructives .merci de nous avoir guidé avec patience et d'avoir consacré autant de temps et d'énergie pour la réalisation de ce mémoire, nous vous souhaitons santé et bonheur.

Nous exprimons nos sincères remerciements aux membres du jury qui ont bien voulu accepter de juger ce travail

Nous remercions Mr **AKSAS** pour ses efforts visant à assurer la continuité et le succès de ce programme de master.

Nous adressons nos sincères remerciements à Mr **BELAROUY SALAH**, qui nous a soutenus et encouragés à EL HARRACH ITGC.

Bien qu'il nous soit impossible de citer tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire qu'il soit assuré de notre profonde reconnaissance.

## Dédicace

---

Je dédié cet humble travail à :

- **Aux deux personnes qui me sont très chères, ma mère et mon père pour leur patience, leur soutien inestimable et les sacrifices qu'ils ont fait pour ma réussite.**
- **À mes frères : charafe adine, nabile, Mohammad Ali**
- **À mon très chère sœur : Safaa**
- **À mon grand-père Khaled et Rabah et grande mère Fatiha**
- **À la mémoire de ma grand-mère zouliha que son âne repose au paradis INCHAA ALLAH.**

CHAIMA

---

## Dédicace

Je dédié cet humble travail à :

- Aux deux personnes qui me sont très chères, ma mère et mon père pour leur patience, leur soutien inestimable et les sacrifices qu'ils ont fait pour ma réussite.
- À mes frères : Amine, Zakaria.
- À mes sœurs : Somia, Amina.
- A la mémoire de mes grands- pères que son âme repose au paradis INCHAA ALLAH.
- Pour perpétuer la mémoire de mes ancêtres, que Dieu leur fasse miséricorde, au ciel, si Dieu le veut.
- À mes grandes mères.
- À mes copines et mais amies.

**AMEL**

**Remerciement**

**Dédicaces**

**Introduction générale**

**Partie bibliographique :**

*Chapitre I :*

**I. GÉNÉRALITÉS SUR LE GRAIN DE BLÉ ..... 3**

**I.1 Morphologie et anatomie du grain de blé : ..... 4**

**I. Variétés et catégories de blé : ..... 4**

I.2.1 Les blés tendres : ..... 4

I.2.2 Les blés durs : ..... 4

**I.3 Différences entre blé dur et blé tendre : ..... 5**

**I.4 Structure du grain de blé : ..... 5**

I.4.1 Les enveloppes : ..... 6

I.4.1.1 Le péricarpe ..... 6

I.4.1.2 Le tégument séminal ..... 6

I.4.1.3 L'Épiderme ..... 7

I.4.2 L'endosperme : ..... 7

I.4.3 Le germe : ..... 7

**I.5 Composition biochimique des grains de blé : ..... 7**

I.5.1 Les glucides : ..... 8

I.5.1.1 Amidon : ..... 8

I.5.1.2 La cellulose : ..... 9

I.5.1.3 Les sucres simples : ..... 9

I.5.1.4 Les pentosanes : ..... 9

I.5.2 Les protéines : ..... 10

I.5.2.1 Les protéines solubles : ..... 10

I.5.2.2 Les protéines de réserves : ..... 10

I.5.3Lipides du grain : .....	11
I.5.4Pigments et Vitamines : .....	11
I.5.5Minéraux : .....	11
I.5.6Enzymes du blé : .....	11
I.5.6.1Enzymes Amylyolytiques : .....	11
I.5.6.2Enzymes lipolytiques : .....	12
I.5.6.3Enzymes protéolytiques : .....	13
I.5.6.4Phosphatases : .....	14
I.5.6.5Polyphénol oxydases : .....	14

## ***Chapitre II:***

### **II.TECHNOLOGIE DE TRANSFORMATION.....15**

#### **II.1Industrie de première transformation :..... 16**

II.1.1Nettoyage et préparation du blé à la mouture : .....	16
II.1.2La mouture : .....	17
II.1.3Les étapes de la mouture : .....	18
II.1.4Les produits finis : .....	21
II.1.4.1Utilisation des produits finis : .....	21
II.1.4.2Classification des semoules : .....	21

#### **II.2Valeur industrielle du blé dur : .....** 22

II.2.1Valeur semoulière : Elle est tributaire de deux facteurs principaux : [1].....	22
II.2.2La valeur pastière : .....	22
II.2.2.1Définition des pâtes alimentaires : .....	22
II.2.2.2Qualité organoleptique : .....	23

### **Partie expérimentale:**

## ***Chapitre III:***

### **III.MATERIELS ET METHODES.....25**

#### **III.1Matériel végétal : .....** 26

#### **III.2Méthodes analytiques et matériels : .....** 26

III.2.1 Analyses Chimiques : .....	26
III.2.1.1 Détermination de taux d'humidité : (AFNOR V03-707) : .....	26
III.2.1.2 Détermination du taux de cendres : (AFNOR 1980).....	27
III.2.1.3 Détermination du taux de lipide totaux : .....	28
III.2.1.4 Détermination du taux de protéines : (AN .1185, 1990) .....	29
III.2.2 Analyses physique : .....	30
III.2.2.1 Mitadinage : .....	30
III.2.2.2 Poids spécifique : (NA 1613/1990) .....	30
III.2.2.3 l'agréage : .....	31
III.2.3 Mouture d'essai : .....	32
III.2.4 Analyse sur les semoules : .....	32
III.2.4.1 Détermination de taux d'humidité : .....	32
III.2.4.2 Teneur en gluten (Humide, sec, et gluten index) : .....	33
III.2.4.3 Test de sédimentation en milieu SDS : .....	33
III.2.4.4 Essai au mixographe : (Norme AA CC54-40A).....	33
III.2.4.5 Les indices de colorations : .....	34
III.2.5 Analyses sur les pâtes alimentaires : .....	35
III.2.5.1 Test de cuisson des pâtes alimentaires : .....	35
III.2.5.2 Pertes à la cuisson : (PC) : .....	35

### ***Chapitre IV:***

## **IV.RESULTATS ET DISCUSSION.....37**

### **IV.1Étude des caractéristiques physico-chimiques des grains :..... 38**

IV.1.1 Détermination du taux d'humidité des grains : .....	38
IV.1.2 Détermination du taux de cendres : .....	38
IV.1.3 Détermination du taux de protéines des grains : .....	39
IV.1.4 Détermination du taux de Mitadinage des grains : .....	40
IV.1.5 Poids spécifique : .....	40
IV.1.6 Détermination de taux d'impuretés : .....	40
IV.1.7 Mouture d'essai : .....	42

### **IV.2Analyse sur les semoules :..... 43**

IV.2.1 Humidité des semoules : .....	43
--------------------------------------	----

IV.2.2Teneur en gluten (Humide, sec, et gluten index) :.....	43
IV.2.3Test de sédimentation en milieu SDS :.....	45
IV.2.4Essai au mixographe : .....	46
IV.2.5Les indices de colorations :.....	50
<b>IV.3Analyse sur les pâtes alimentaires : .....</b>	<b>52</b>
IV.3.1Évaluation de la qualité pastière : .....	52

## **Conclusion générale**

## **Bibliographie**

## **Annexes**

## **Résumé**

**AFNOR** : Association Française de Normalisation.

**AFF** : Affaiblissement.

**GH** : Gluten Humide.

**GI**: Gluten Index.

**GS**: Gluten Sec.

**IB** : Indice de Jaune.

**IJ** : Indice de Brun.

**MS** : Matière Sèche.

**J.O.R.A** : journal officiel.

**SDS** : Dodecyl sulfate de sodium.

**NA** : Normatif algérien.

### ***Partie bibliographique :***

**Figure 0 1 :** blé tendre

**Figure 0 2 :** Anatomie schématique du grain de blé et les proportions relatives des principaux tissus du grain.

**Figure 0 3 :** Structure des granules d'amidon de blé observées au microscope électronique à balayage.

**Figure 04 :** Structure et modifications enzymatiques des éléments constituant de l'amidon par les amylases alpha (traits continus) et bêta (traits pointillés).

**Figure 05 :** Action hydrolytique et synthétique des lipides.

**Figure 06 :** Action de certaines enzymes protéolytiques

**Figure 07 :** Hydrolyse de l'acide phytique

**Figure 08 :** Schéma de la mouture de blé dur.

### ***Partie expérimentale :***

**Figure 0 1 :** Farinotome de POHL.

**Figure 02 :** le mixographe.

**Figure 0 3 :** un chroma mètre.

**Figure 04 :** Taux de cendre des différents échantillons de blé dur.

**Figure 0 5 :** Teneur en gluten des semoules des 3 échantillons de blé dur.

**Figure 0 6 :** les mixogrammes expérimentaux.

**Figure 07 :** Indice de jaune des semoules de blé dur.

**Figure 08 :** résultats du test de cuisson.

**Figure 09 :** Illustration du test de la ligne blanche utilisé pour la détermination du temps optimal de cuisson.

**Photographies :** Résultats des tests de cuisson des 03 échantillons.

***Partie bibliographique :***

**Tableau 01 :** différences entre un blé tendre et un blé dur.

**Tableau 02 :** Distribution histologique des principaux constituants du grain de blé.

**Tableau 03 :** Distribution des glucides dans les fractions de blé (g/100 grs).

**Tableau 04 :** Principales opérations effectuées dans un moulin.

***Partie expérimentale :***

**Tableau 01 :** Comparaison des moyennes de la teneur en eau des 03 échantillons (même variété) de blé dur (% mh)

**Tableau 02 :** Comparaison des moyennes des taux de cendres de grains de blé dur.

**Tableau 03 :** Moyennes de la teneur en protéines et taux de mitadinage et poids spécifique

**Tableau 04 :** Principales impuretés des différents échantillons étudiés.

**Tableau 05 :** les volumes d'eau à ajouter et résultats du taux d'extraction des grains des 03 échantillons de blé dur.

**Tableau 06 :** Humidités des semoules de blé dur

**Tableau 07 :** comparaison des moyennes des teneurs en gluten des semoules des échantillons de blé dur.

**Tableau 08 :** comparaison des moyennes des résultats du test de sédimentation SDS.

**Tableau 09 :** Résultats des paramètres mesuré sur les mixographes des semoules 3.

**Tableau 10 :** comparaison des moyennes des indices de coloration (IJ - IB) des semoules.

**Tableau 11 :** résultats du test de cuisson des pâtes alimentaires fabriquées.



*Introduction générale*

Les grains de blé dur se distinguent par leur haute valeur nutritionnelle et leur capacité technologique ils constituent la matière de base pour la production de semoule, pâtes, de couscous et de la galette.

Les algériens sont parmi les plus gros consommateurs de blé au monde avec des importations atteignant 1.8 million de tonnes en 2006 (anonyme 2006).

Ainsi les céréales fournissent de 75 à 80 % des apports protéiques dans l'alimentation algérienne et plus de 60% des apports caloriques (anonyme 2006).

Les pâtes sont très appréciées pour leur simplicité culinaires leur excellente capacité de conservation et leurs bonnes propriétés nutritionnelles et hygiéniques.

La consommation annuelle du blé dur en Algérie est de 102 kg /an/habitant.

L'industrie céréalière doit apporter des garanties de qualité et d'innocuité des produits mis sur le marché. Face aux exigences éthiques et réglementaires, il s'agit d'une réelle responsabilité industrielle qui nécessite de prendre en considération les attentes du consommateur et de respecter la réglementation.

Ce qui incite les acteurs de la filière agro-alimentaire à mettre en œuvre des méthodes qui assurent la qualité du produit alimentaire depuis l'élevage et la récolte jusqu'à son arrivée aux consommateurs, à savoir de la fourche à la fourchette.

L'objectif de notre étude est l'analyse qualitative et comparative d'une variété de blé dur < BELIOUNI > provenant de la région de Sétif.

Pour cela Nous avons adopté la démarche suivante :

- Première partie : étude bibliographique.
- Une deuxième partie : présentant le matériel et les méthodes utilisés.
- Une troisième partie : relative aux résultats obtenus et leur discussion.

# **Partie Bibliographique**

# **I. CHAPITRE**

## **GÉNÉRALITÉS SUR LE GRAIN DE BLÉ**

## I.1 Morphologie et anatomie du grain de blé :

Le blé est une céréale largement cultivée dans le monde, c'est un aliment de base populaire.

Le blé appartient à la famille des graminées et classé dans la catégorie des graines amylacées. Le grain de blé se présente sous forme héliptéroïde, allongé partagé en deux lobes suivant sa longueur par un sillon profond, une extrémité porte une touffe de poils blanchâtre nommée brosse, l'autre extrémité aux cellules huileuses et fortement colorées comprend l'embryon en jaune. L'embryon est séparé de l'endosperme (masse centrale du grain) par un organe appelé le scutellum. [1]

Il existe deux espèces de blé qui se différencient par leurs caractéristiques et leur patrimoine génétique. [1]

-Triticum durum : blé dur.

-Triticum aestivum : blé tendre.

## I.2 Variétés et catégories de blé :

Les différentes variétés de blé sont classées en trois grandes catégories :

### I.2.1 Les blés tendres :

Ces grains des blés tendres (figure 01) ont d'une forme arrondis, avec des enveloppes épaisses et d'une cassure blanche. Ils s'adaptent bien à la mouture. Ainsi qu'ils permettent d'obtenir une farine de bonne qualité, ayant de bonnes aptitudes pour la panification. [2]



**Figure 01** : blé tendre

### I.2.2 Les blés durs :

Blés de semoulerie, ses grains sont durs et allongés, souvent même pointus, avec une cassure légèrement jaune.

La farine obtenue est moins convenable à la panification. [2]

- **Les blés mitadiné :**

Ces blés ont des caractéristiques et des qualités intermédiaires entre les blés tendres et les blés durs. Les grains sont plus plats que les grains de blé tendre et moins longs que ceux du blé dur. Les enveloppes assez résistantes sont d'une épaisseur moyenne.

Contenant du gluten de très bonne qualité, les blés mitadiné sont parfois employés comme des blés de force, mélangés à des blés tendres, ce qui donne des farines de très bonne qualité boulangère pour la Panification. [2] [3]

### I.3 Différences entre blé dur et blé tendre :

Par ailleurs, le blé tendre et le blé dur se différencient au niveau de la forme, l'aspect de la plante, leurs utilisations etc.

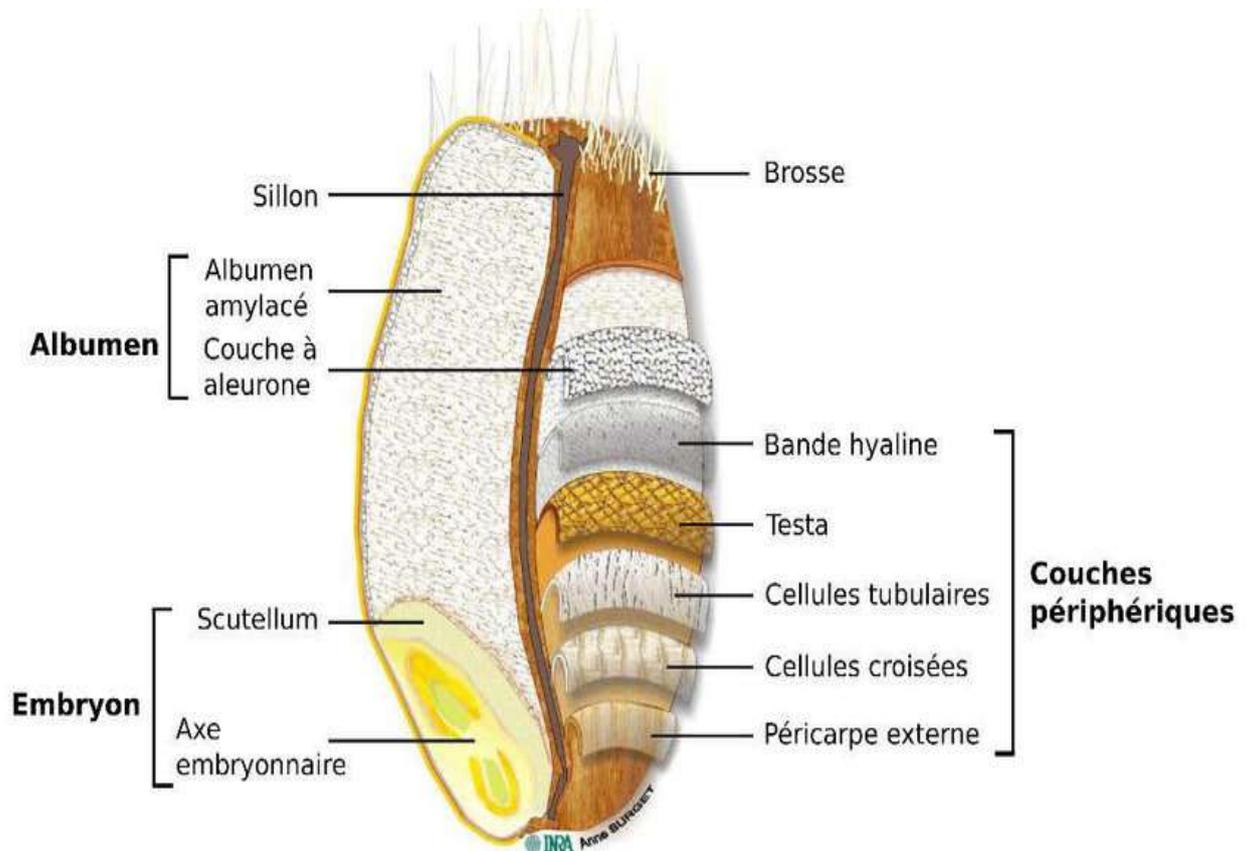
, les différences qui existent entre un blé tendre et un blé dur sont résumées dans le tableau 01 : [4]

**Tableau 01** : différences entre un blé tendre et un blé dur.

Caractère	Blé tendre	Blé dur
Prédominance	De L'amidon	Des protéines
Aspect de la plate	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Feuilles très étroite</li> <li>- Maturations rapide</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Feuilles large</li> <li>- Maturation très longue</li> <li>- Moisson tardive exigeante du point de vue sol et climat</li> </ul>
Forme	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Texture opaque</li> <li>- Structure de l'amande farineuse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Texture vitreuse</li> </ul>
Utilisation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Obtention de la farine utilisée dans La fabrication Pain et des biscuits</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Obtention de la semoule à partir de laquelle on fabrique de la galette, du couscous et des pâtes alimentaires</li> </ul>

### I.4 Structure du grain de blé :

Le grain de blé (figure 02) est un fruit sec indéhiscant (caryopse) constitué d'une unique graine intimement soudée à l'enveloppe qui la contient. De la surface externe vers le centre du grain, on distingue l'enveloppe du fruit ou péricarpe, puis l'enveloppe de la graine, ou testa, et enfin à l'intérieur de la graine, l'épiderme du nucelle, l'albumen et le germe. [5]



**Figure 02 :** Anatomie schématique du grain de blé et les proportions relatives des principaux tissus du grain. [5]

#### I.4.1 Les enveloppes :

L'enveloppe constitue 13 à 17% du poids du grain de blé, car elle contient de grandes quantités de cellulose, de protéines et de minéraux. [6]

Elle se compose également de trois groupes :

**I.4.1.1 Le péricarpe :** Ou la soi-disant couverture de fruits, qui est une fine couche protectrice sur le grain de blé entier et comprend 31% du poids de la couverture car elle se compose de trois couches : [1] [7]

- Épicarpe
- Mésocarpe
- Endocarpe

**I.4.1.2 Le tégument séminal :** Appelé aussi le testa comprend 7,7 % du poids de l'enveloppe et est constitué d'une seule couche ou d'une double couche d'alvéoles. [8]

**I.4.1.3 L'Épiderme :** ou ce qu'on appelle l'épiderme du noyau, qui est une couche à aleurone étroitement collée au noyau et représente 61,31 % du poids total. [1] [9]

**I.4.2 L'endosperme :**

Appelé albumine, il constitue 81 à 83 % du poids total du grain de blé, c'est un petit noyau constitué de cellules à fines parois cellulosiques remplies principalement d'un composant important, l'amidon. Entouré d'un réseau protéique spécial appelé gluten, qui est le deuxième composant en poids de l'endosperme. [1] [6]

**I.4.3 Le germe :**

Le germe est situé au bout du sillon, sa couleur est jaune verdâtre, il a une agréable odeur de noisette, il est riche en vitamines et minéraux, il contient aussi des graisses et de l'azote. Il constitue 2,5 à 3 % du poids total gagné, ce qui procure des avantages à la farine par ses diatases et ses vitamines. [1]

## **I.5 Composition biochimique des grains du blé :**

La composition biochimique du grain de blé est sous la dépendance de certains facteurs tels que : [10]

- le climat ;
- la variété ;
- la nature du sol ;
- les techniques culturales ;

Le blé peut contenir : [10]

- 13 % d'eau ;
- 1,7 - 2,10 % de matières minérales ;
- 10-13 % de matières protéiques ;
- 1,5-2 % de matières grasses ;
- 68-72 % de glucides totaux ;

Apportent que, les grains de blé sont principalement constitués de glucides (65-75%) amidon et fibres), protéines (7 - 12%) mais contiennent aussi des lipides (2- 6%) et des micronutriments (tableau 02) [5].

**Tableau 02 :** Distribution histologique des principaux constituants du grain de blé [11].

	(%) Graine	(%) Péricarpe	(%) Aleurone	(%) Albumen	(%) Germe
Amidon	68.9	0	0	82	0
Protéine	13.7	0	30	12	31
Lipides	2.7	0	9	2	12
Sucres réducteurs	2.4	0	0	1.8	30
Pentosanes	7.4	43	46	1.6	7
Cellulose	2.8	40	3	0.1	2
Minéraux	1.9	7	12	0.5	6

### 1.5.1 Les glucides :

Les glucides présentent 60 à 80 % de la matière sèche du grain de blé. L'amidon est le glucide principal trouvé dans l'albumen, les sucres (oses, dioses et trioses) sont présents dans le germe, les glucides des enveloppes sont principalement la cellulose et l'hémicellulose [12] (tableau 03).

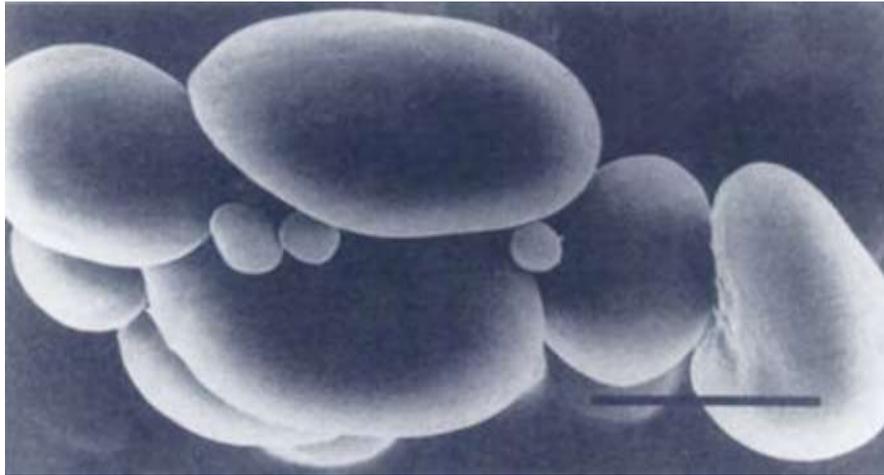
**Tableau 03 :** Distribution des glucides dans les fractions de blé (g/100 grs) [12]

Glucides	Albumen	Germe	Enveloppes
Amidon	95.8	31.5	14.1
Sucres	1.5	36.4	7.6
Cellulose	0.3	16.8	35.2
Hémicellulose	2.4	15.3	43.1

#### 1.5.1.1 Amidon :

C'est un polymère de D-glucose, constituant une source excellente d'énergie, il est surtout localisé dans l'album en [13] [14].

Ce polysaccharide est composé de granules subdivisés en deux populations distinctes : des gros granules et des petits granules (figure 03). [13] [14].



**Figure 0 3 :** Structure des granules d'amidon de blé observées au microscope électronique à balayage [13].

Les granules d'amidon de blé sont en effet des entités semi-cristallines formées principalement de deux types de molécules, l'amylose (26 à 28 %) et l'amylopectine (72 à 74 %). Les teneurs respectives en amylose et en amylopectine influencent les propriétés d'un amidon tel que sa susceptibilité à l'hydrolyse enzymatique [15].

Les granules d'amidon de blé contiennent des lipides, principalement sous forme de lys phospholipides composés de 70 % lysophosphatidylcholine, 20 % lysophosphatidyléthanolamine et 10 % lysophosphatidylglycérol et des fragments d'acides gras classés du plus au moins abondant notamment les acides : Palmitique, stéarique, oléique, linoléique et linoléique dont les plus dominants sont l'acide palmitique et l'acide linoléique [16].

#### **1.5.1.2 La cellulose :**

Elle représente 2 à 3 % du poids du grain, c'est une macromolécule linéaire formée d'unités de D glucose liées les unes aux autres par des liaisons  $\beta$  glucosidiques en C, et C4, [1].

#### **1.5.1.3 Les sucres simples :**

Ce groupe de composés ne constitue que 2 à 3,5 % du grain, il comprend essentiellement quatre sucres : [1].

- le glucose ;
- le saccharose ;
- Le raffinose (localisé uniquement dans l'embryon ; le fructose (levosine) ;

#### **1.5.1.4 Les pentosanes :**

On englobe sous la dénomination de pentosanes les substances précipitables par l'alcool à 65 -70%. Ce sont divers polyholosides dérivés des pentoses. On distingue deux fractions : [1].

- Une fraction hydrosoluble constituée essentiellement de xylose et d'arabinose et occupant 25 % de la fraction totale.
- Une fraction insoluble (acidosoluble) qu'on appelle hemicellulose et qui représente 25 % de la fraction totale.

### **I.5.2 Les protéines :**

Dans le grain de blé, elles sont essentiellement localisées dans l'albumen et dans la couche à aleurone [6]. La couche à aleurone est constituée de 30 à 35% de protéines. De même, le germe en comporte 35 à 40% alors que le péricarpe, tout comme le centre de l'albumen ne contiennent que 6 à 9% de protéines seulement. 70 à 80% des protéines se trouvent dans l'albumen [17]. Leur teneur est susceptible de varier de 8 à 20%, selon la variété, les facteurs climatiques et agronomiques et de la maturation du grain [6].

Ces quatre groupes de protéines sont souvent classés de deux à deux.

- protéines solubles ;
- protéines de réserves ;

#### **I.5.2.1 Les protéines solubles :**

Elles représentent 10 à 20 % des protéines totales ayant une certaine activité enzymatique et se localisent essentiellement dans l'embryon et les parties périphériques du grain. [1]

Dans la fraction protéique soluble on distingue :

- a) les albumines :** elles représentent 5 à 12 % des protéines totales, elles sont solubles dans les solutions salines ; elles sont caractérisées par leur relative richesse en tryptophane et leur pauvreté en azote amidé [18]
- b) Les globulines :** Elles représentent 6 à 10 % des protéines totales. Elles sont solubles dans les solutions diluées. [1]

#### **I.5.2.2 Les protéines de réserves :**

Ce sont les protéines les plus importantes dans le blé, elles sont constituées de gliadines et de gluténines, qui en s'associant avec d'autres constituant (lipides- glucides, matières minérales) forment le gluten. Elles représentent 75 à 95 % des protéines totales et sont situées essentiellement dans l'albumen et dans la couche à aleurone. [1]

**Les gliadines :** Elles constituent 40 à 45 % des protéines totales et 5 % de la fraction de réserve, elles sont extraites par l'alcool à 70 %, elles sont riches en acide glutamique et en proline et pauvre en acides aminés basiques et soufrés. [1]

**Les gluténines :** Elles représentent 35 à 40 9% des protéines totales. Ce sont des résidus insolubles après extraction des autres groupes protéiques, elles ont un poids moléculaire de plusieurs millions de daltons [19]et sont moins riches en acide glutamique et en prolines que les gliadines ; elles le sont davantage en arginine, lysine et tryptophane. Les gluténines sont considérées comme responsables des propriétés de ténacité et d'élasticité du gluten.

**I.5.3 Lipides du grain :**

Le grain de blé contient environ 2,7% de lipides, qui se trouvent essentiellement dans l'albumen (environ 60%), dans la couche à aleurone (24%) et dans le germe (13%). Les lipides se trouvent aussi bien à l'état «libre» que «lié» aux composants de l'amidon [6] [20] révèlent que les grains de blé dur sont plus riches en acides gras totaux et présentent une teneur plus importante en acide oléique (19 à 21%).

**I.5.4 Pigments et Vitamines :**

Se concentrent surtout dans le péricarpe et le germe à des teneurs très faibles. Les grains de blé contiennent principalement trois vitamines, la vitamine B1, B2 et B3, d'autres vitamines sont aussi présentes mais avec une faible teneur [21].

**I.5.5 Minéraux :**

Ils sont présents dans le grain en faible quantité à raison de 2 à 3% de la matière fraîche du grain. Les principaux minéraux sont le potassium, le magnésium, le cuivre souvent associés à des sels, notamment, des phosphates, des chlorures ou des sulfates [22].

**I.5.6 Enzymes du blé :**

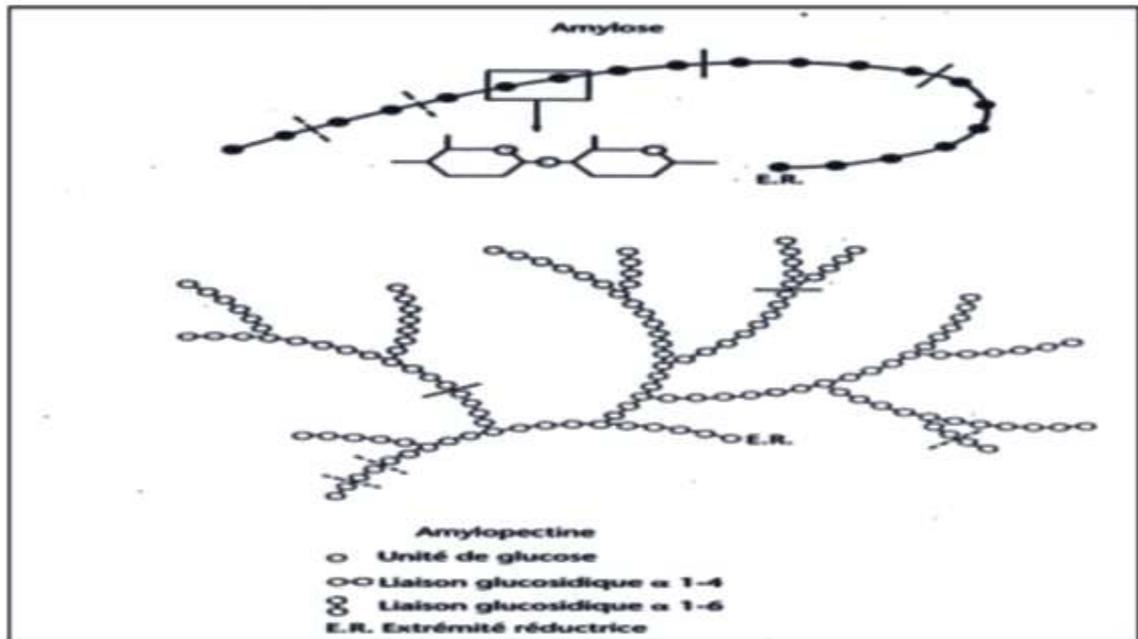
Les enzymes des grains de blé sont des protéines qui exercent une activité catalytique spécifique d'un très grand nombre de réactions chimiques. Les principaux facteurs de milieu qui contrôlent leur fonctionnement sont la température, le pH et l'activité de l'eau [11].

**I.5.6.1 Enzymes Amylolytiques :**

Les enzymes amylolytiques sont capables d'hydrolyser l'amidon (amylose et amylopectine) et ses produits de dégradation (dextrines, oligosaccharides). Les enzymes amylolytiques naturellement présentes dans le blé sont des  $\alpha$ -amylases et des B-amylases [11].

**a)-Alpha-Amylases ( $\alpha$ -amylases) :**

Ce sont des enzymes dextrinisantes, scindent au hasard les liaisons  $\alpha$ -(1, 4) des chaînes d'amylose et d'amylopectine (Figure 04). Elles libèrent ainsi des dextrines de masses moléculaires de plus en plus réduites qui serviront de nouveaux substrats pour la bêta-amylase [23]. Dans le grain de blé, les  $\alpha$ -amylases jouent un rôle important car elles sont responsables de la dégradation de l'amidon en sucres simples [24]. Leurs activités peuvent être voisine du zéro dans les grains à pleine maturité ; elles sont maximales dans les enveloppes du grain (péricarpe), faibles dans l'albumen et nulles dans le germe [11].



**Figure 04 :** Structure et modifications enzymatiques des éléments constitutants de l'amidon par les amylases alpha (traits continus) et bêta (traits pointillés) [23].

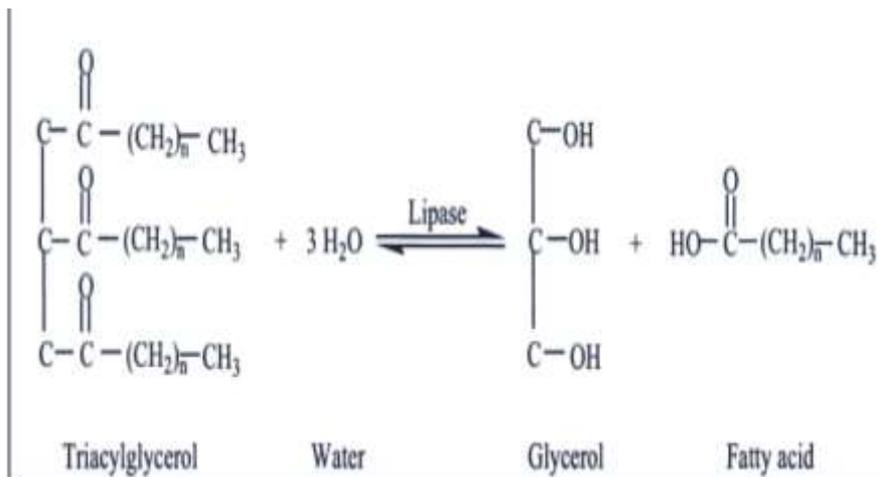
#### b)- Bêta-Amylase ( $\beta$ -amylase) :

La  $\beta$ -amylase ou enzyme saccharifiant (figure 04) spécifique des chaînes linéaires libère du maltose. Elle détache le maltose molécule par molécule en attaquant simultanément l'extrémité non réductrice de l'amylose et les ramifications non réductrices de l'amylopectine. Dans ce cas, l'action enzymatique de la bêta-amylase s'arrête aux branchements-(1, 6) et forme ainsi des dextrines dites « limites » [23]. Dans un blé de haute qualité, le contenu de la  $\beta$ -amylase est faible mais si la pluie vient avant la récolte, les formes inactives de  $\beta$ -amylase sont converties aux formes actives [25].

#### 1.5.6.2 Enzymes lipolytiques :

##### a)- Lipases :

Ce sont des enzymes qui hydrolysent des longues chaînes de triglycérides avec la formation des di glycérides, des mono glycérides, des glycérols et des acides gras libres. La réaction est réversible et les lipases catalysent la formation des lipides (Figure 05). Les lipases sont présentes en quantités significatives dans le germe de blé, ils sont un exemple d'estérase qui hydrolyse en particulier les groupes esters ceux dans les glycérides [25]. Durant le stockage du blé, l'augmentation de la teneur en acides gras libres est due à l'action des lipases présentes dans le grain [26].



**Figure 05 :** Action hydrolytique et synthétique des lipides [26].

#### b)- Lipoxygénases :

Les Lipoxygénases du blé sont des enzymes qui oxydent spécifiquement des acides gras libres ou des monoglycérides possédant des doubles liaisons non conjuguées 1-4 cis- cis penta diène (-CH=CH-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH=CH-), tels que les acides linoléique, linoléique et arachidonique. Les réactions sont stéréospécifiques, s'effectuent en présence d'oxygène et conduisent à des monohydroperoxydes optiquement actifs possédant un système de doubles liaisons conjuguées en configuration cis-trans [11]. Ces enzymes sont présentes dans les enveloppes et dans le germe [27].

#### 1.5.6.3 Enzymes protéolytiques :

Le grain de blé contient certaines enzymes protéolytiques (Figure 06).

a)- Les aminopeptidases (seulement attaquent l'extrémité d'une chaîne polypeptidique d'un groupe amine libre (-NH<sub>2</sub>))

b)- Les carboxypeptidases (seulement attaquent l'extrémité d'une chaîne polypeptidique d'un groupe carboxyle libre (-COOH))

c)- Les endopeptidases (avoir pour effet de diviser les protéines en polypeptides) et d'autres peptidases dont l'augmentation de l'activité s'observe durant la germination du grain [28] [29].

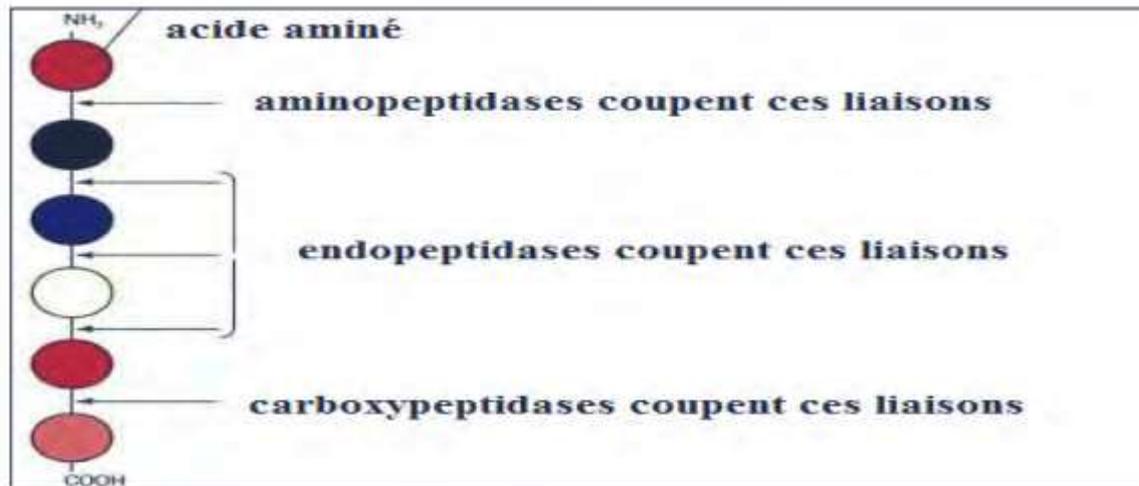


Figure 06 : Action de certaines enzymes protéolytiques [29].

#### 1.5.6.4 Phosphatases :

Les phosphatases sont des estérases appartenant à la famille des hydrolases qui hydrolysent les esters de phosphate, dans le blé, un exemple important est la phytase, qui agit sur l'acide phytique (Figure 07) présent en grande quantité dans les enveloppes. La phytase est donc capable de réduire l'acide phytique, compensant ainsi la complexation des minéraux précieux comme le calcium, le zinc et le fer [29].

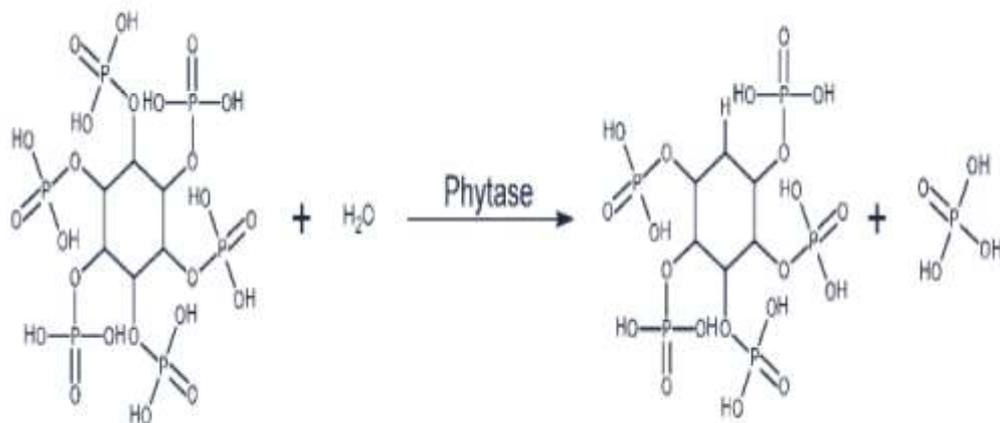


Figure 07 : Hydrolyse de l'acide phytique [30].

#### 1.5.6.5 Polyphénol oxydases :

Catalysent l'oxydation des phénols en quinones. Elles sont concentrées dans les parties périphériques du grain et présentes en très faible quantité, sinon absentes, dans l'albumen ; le germe est dépourvu [11].

# **II. CHAPITRE**

## **Technologie de transformation**

La qualité d'un produit se traduit par la maîtrise du procédé de transformation, mais également des caractéristiques de la matière première agricole mise en œuvre [31]. Le blé dur est craqué en semoule pour être utilisé en pastification (spaghettis, macaroni, vermicelle, etc.) et la production du couscous. La farine est orientée vers la panification et l'alimentation domestique. Le blé dur (*Triticum durum*) se distingue du blé tendre par des caractéristiques génétiques morphologiques et physiologiques. Sur le plan technologique, la structure vitreuse de son amande lui confère l'aptitude particulière à être transformé en semoule [32].

## **II.1 Industrie de première transformation :**

La fragmentation du blé dur en semoule débute après nettoyage et conditionnement

### **II.1.1 Nettoyage et préparation du blé à la mouture :**

#### **a) Nettoyage :**

C'est une étape très importante en semoulerie qui doit être réalisée avec efficacité [33]. Les grains de blé doivent être débarrassés de toutes leurs impuretés avant d'être envoyés sur le premier broyeur (B1) [34]. [35]. Les principaux objectifs de nettoyage sont :

- Enlever les graines noires et colorés pour limiter le nombre de piqures au minimum ;
- Enlever toutes les pierres de manière à éviter la présence de débris minéraux dans les semoules ;
- Éliminer les graines toxiques et nuisibles ;
- Enlever les insectes et les fragments d'insectes ;
- Réduire le nombre de contaminants microbiens ;
- Éliminer, enfin, tout produit autre que les graines.
- Pour atteindre ces objectifs et éliminer les impuretés, il sera mis à profit toutes les différences existant entre le grain de blé dur (taille, forme, densité....) et les impuretés.

L'ensemble de ces opérations doit éviter de blesser et de casser les grains. Le nettoyage des blés durs doit être effectué avec un soin tout particulier sous peine de voir apparaître des piqures colorées dans les semoules, très préjudiciables à la qualité des pâtes alimentaires [34].

#### **b) Conditionnement :**

Après nettoyage, le blé doit être conditionné de manière à faciliter la séparation du son, de l'amande et le broyage de celle-ci

En semoulerie, on conserve le souci de ne pas trop briser les enveloppes du grain de blé pour maintenir le caractère vitreux de l'amande, ce qui permet de conserver la belle apparence des semoules. Pour cela, on fait varier trois paramètres : la quantité d'eau ajoutée, la température de traitement et la durée de repos du blé, en tenant compte de la variété de blé utilisé et de son humidité initiale.

La durée du trempage est plus courte que dans le cas des blés tendres, de manière à ce que l'eau assouplisse les enveloppes sans humidifier exagérément l'amande [36].

D'après [37], la durée de repos est de 9 à 10 heures mais ne doit pas dépasser 48 heures [34]. Les objectifs :

- Assouplir les enveloppes afin d'éviter leur fragmentation et de faciliter leur séparation,
- Réduire la dureté de l'albumen pour éviter que les granules d'amidon soient endommagés lors de la mouture,
- De conserver la valeur des semoules. En règle générale, le mouillage a pour but d'atteindre un degré d'humidité de 15 à 15.5%.

### **II.1.2 La mouture :**

La première transformation des céréales a pour objectif de séparer l'albumen amyloacé des parties périphériques du grain (enveloppes et couche à aleurone) et du germe, en évitant toute contamination [38], avec le meilleur rendement possible et à moindre coût, tout en maîtrisant les propriétés d'utilisation des produits obtenus [34].

#### **a) Principe de la mouture :**

Le procédé de mouture consiste à ouvrir tout d'abord le grain et de récupérer ensuite étape par étape l'albumen amyloacé en commençant par extraire les parties les plus internes pour se rapprocher progressivement de la périphérie [32].

#### **b) La mouture proprement dite :**

La mouture, opération centrale de la transformation des blés en farines et en semoules, repose sur la mise en œuvre de deux opérations unitaires : une opération de fragmentation dissociation des grains et une opération de séparation des constituants. La première permet de dissocier l'amande et les enveloppes (broyage), de fractionner les semoules vêtus (désagréage) ; la seconde assure la séparation des sons de produit sur la base de leur granulométrie (division par tamisage) et de leurs aérodynamiques (épuration par sassage) [34].

Pour obtenir des semoules de granulométrie relativement uniforme avec production minimale de farine, le moulin de blé dur comporte, d'une part un nombre plus élevé d'appareils à cylindres cannelés de broyage et d'appareils de sassage, et d'autres parts, un nombre moindre d'appareils à cylindre lisses de convertissage [39].

Selon [36], les cylindres lisses n'ont qu'une action secondaire ; ils compriment les produits et donnent une grande quantité de farine constituée de fines Particules.

### **II.1.3 Les étapes de la mouture :**

- **Le broyage :**

Constitue la première phase de la mouture, réalisée grâce à des appareils à cylindre cannelés tournant en sens inverse et à des vitesses différentes.

Il permet d'ouvrir mécaniquement le grain, par cisaillement, lors du premier passage, puis séparer progressivement l'amande du son ainsi lorsqu'on passe du premier broyeur au dernier, les enveloppes contiennent de moins en moins d'amande [40].

Dans une semoulerie, sachant que les enveloppes du blé dur sont fines et fragiles, le broyage doit être conduit de manière progressive [32], ainsi le nombre de broyeurs n'est jamais inférieur à six.

Selon [41], les broyeurs (B1, B2, B3, B4, B5, B6) se caractérisent au fur et à mesure que l'on avance dans la mouture par :

- ✓ La réduction de l'écartement des cylindres ;
- ✓ L'augmentation du nombre de cannelures ;
- ✓ Le positionnement des cannelures ;

- **Le blutage (division) :**

Il consiste en un classement des semoules. L'opération de blutage que l'on appelle division a pour fonction de subdiviser le mélange de semoules en des classes de granulométrie homogène [32]. Elle s'effectue dans des plansichters, appareils formés d'un assemblage de tamis superposés et soumis à un mouvement rotatif et de va-et-vient permanent sous l'action d'un moteur excentrique [34]. En effet, selon [40], chaque passage par un appareil à cylindre est suivi d'une opération de division. Les produits de cette dernière seront par la suite orientés vers d'autres appareils (broyeurs, réducteurs, désagregateurs, convertisseurs, autres plansichters ou sasseurs).

- **La réduction :**

Selon [32], les semoules provenant de la tête du broyage se caractérisent par une granulométrie importante ; c'est pourquoi, elles sont renvoyées vers des réducteurs (cylindres finement cannelés), dont le rôle est de réduire leur granulométrie en fonction des caractéristiques attendues des produits finis et qui dépendent de leur utilisation ultérieure ainsi que de la demande du marché.

- **Le sassage :**

Il s'agit de l'épuration des semoules provenant des diviseurs, du blutage et de la réduction. Ils reçoivent en outre les semoules issues des désagregateurs [32]. Selon [34], les semoules sont maintenues en suspension par un courant d'air ascendant au-dessus de tamis dont la largeur de mailles diminue au fur et à mesure de la progression des semoules. Celle-ci étant assurée par l'inclinaison et le mouvement de va-et-vient des

tamis. La ségrégation des semoules repose sur leurs différences de densité et de propriétés aérodynamiques.

•**Le desagreage :**

Les désagrégeurs sont des appareils à cylindres munis de très fines cannelures qui ont pour but, de rebroyer les semoules vêtues, d'éliminer les fragments de son qui adhèrent à l'amande [32].

•**Le convertissage :**

Ce sont des passages d'épuisement. Le convertissage est une opération secondaire en semoulerie. Elle a pour but de récupérer les farines basses à partir des produits résiduels contenant encore des traces d'amande, mais qui ne peuvent plus donner de semoules. Ce sont les seuls appareils qui, en semoulerie peuvent être munis de cylindres lisses [32].

**Tableau 04 :** Principales opérations effectuées dans un moulin [34].

<b>Broyage</b>	Dissociation progressive de l'albumen et des parties périphériques (enveloppe et couche à aleurone) des grains par écrasement et cisaillement des produits entre des cylindres cannelés.
<b>Blutage</b>	Séparation des produits de mouture, semoule, farine, sons) sur la base de leurs dimension (granulométrie).
<b>Sassage</b>	Séparation des produits de mouture sur la base de leur forme, de leur taille et de leur densité
<b>Desagreage</b>	rebroyer les semoules vêtues, et éliminer les fragments de son qui adhèrent à l'amande
<b>Claquage et convertissage</b>	récupérer les farines basses à partir des produits résiduels contenant encore des traces d'amande

La succession des opérations permettant de fabriquer des semoules de blés durs est schématisée dans la figure suivante :

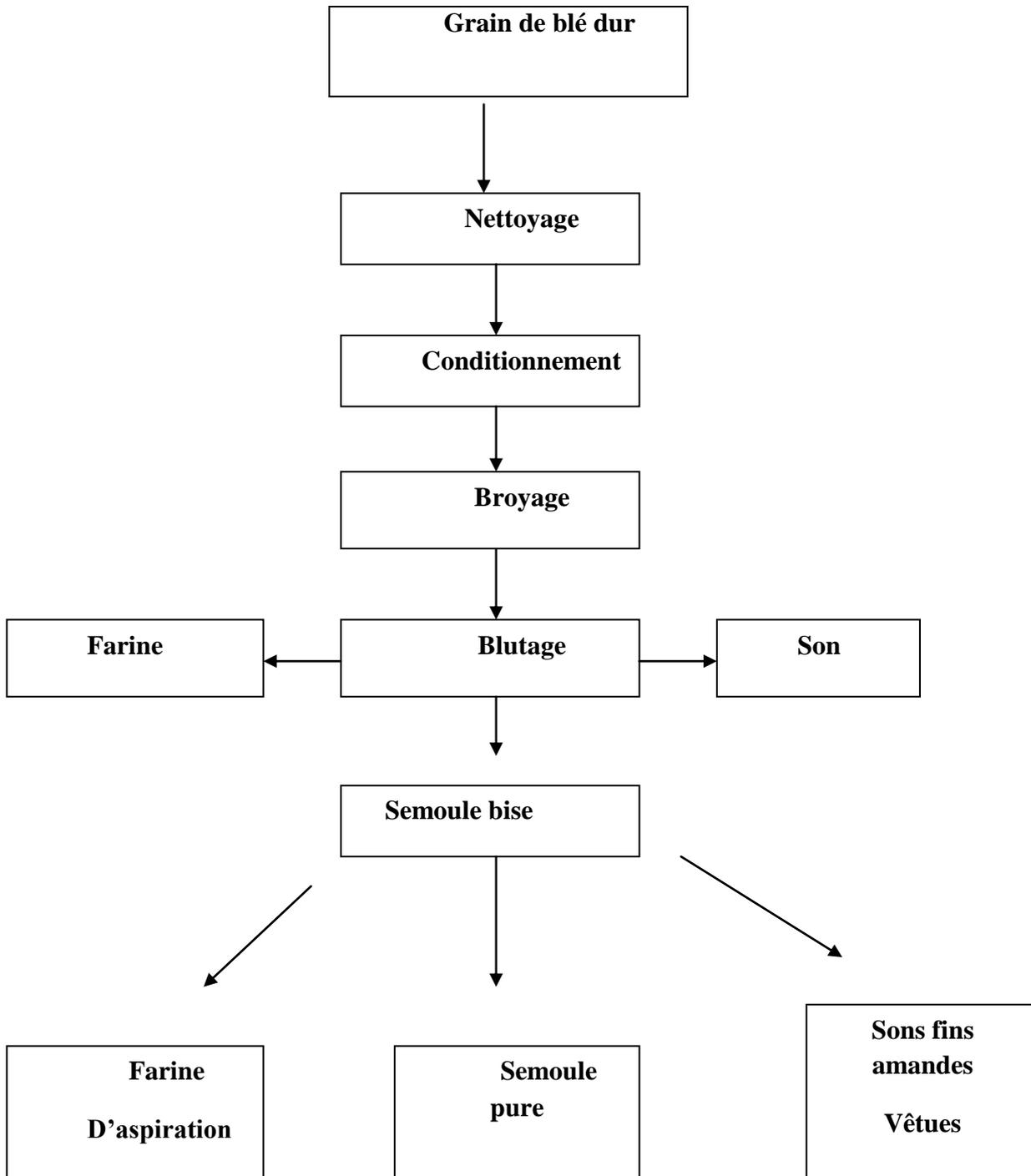


Figure 08 : Schéma de la mouture de blé dur.

**II.1.4 Les produits finis :**

À l'issue de la mouture, trois principaux produits sont obtenus :

- La semoule : représente le produit noble d'une semoulerie, correspond aux fragments d'amande dont la granulométrie est supérieure à 150 µm [34],
- La semoule super sassée fine (SSSF) : La farine de blé dur (grau D) est considérée d'un point de vue réglementaire un sous-produit de mouture dont la granulométrie est inférieure à 150µm [33] ;
- Les sons : La finesse des enveloppes de blé dur conduit à la formation de sons beaucoup moins larges que ceux de blé tendre. Les sons sont récupérés à la fin de broyage (gros sons ou à partir des désagrégeurs et parfois des sasseurs (fin sons) [33].

**II.1.4.1 Utilisation des produits finis :**

Les principaux produits du blé sont la semoule et la farine. C'est à partir de ces deux dérivés et de leurs processus de fabrication (la mouture) que peuvent être obtenus tous les autres produits finaux qui sont principalement le pain et les pâtes, mais également tous les produits de la pâtisserie, de la viennoiserie et plus généralement de l'industrie agroalimentaire qui emploie comme intrants les farines ou les semoules [42].

En dehors du pain et des pâtes qui sont les deux principaux débouchés du blé, ce dernier est également employé dans l'alimentation animale. L'utilisation, bien que relativement limitée dans les pays industrialisés revêt une importance particulière pour certains pays en développement, et pourrait représenter, à certain titre, un potentiel de développement intéressant.

En outre, le blé trouve des débouchés dans les industries telles que celles des cosmétiques ou de la diététique, ainsi que celles de l'amidonnerie qui fournit des applications aussi variées que le liant pour la fabrication d'engrais, l'enrobage des semences, les papiers peints, les rubans adhésifs, le bioéthanol, etc.....

**II.1.4.2 Classification des semoules :**

Suivant leurs granulations, on peut classer les semoules en quatre (04) types :

- Semoules grosses (SG) 900 à 1100 µm destinées à des usages domestiques.
- Semoules moyennes (SGM) 550 à 900 µm destinées à la fabrication de la galette du couscous
- Semoules sassées super extra (SSSE) 190 à 550 µm destinées à la fabrication des pâtes alimentaires.
- Semoules sassées super fines (SSSF) : de 140 à 190 µm.

- Ces semoules proviennent des couches périphériques du grain, la législation des années précédentes permettait leur incorporation à 10 % dans la farine panifiable, mais à partir de Janvier 1993, cette incorporation est interdite.

## **II.2 Valeur industrielle du blé dur :**

Elle comporte deux valeurs importantes :

- la valeur semoulière.
- la valeur pastière.

- Le terme de valeur semoulière englobe la somme des qualités que présente un blé lors de sa mouture.

- Le terme de valeur pastière se rapporte à l'appréciation des qualités des pâtes obtenues avec la semoule du blé considéré. [1]

### **II.2.1 Valeur semoulière :** Elle est tributaire de deux facteurs principaux : [1]

- La proportion d'enveloppes et la facilité de les séparer de l'amande.
- La texture de l'amande car le grain fournira d'autant plus de semoule que sa texture est vitreuse et dure.

Cette valeur semoulière peut être appréciée indirectement en déterminant :

- Le poids de 1000 grains
- Le taux du mitadinage
- Le calibrage
- Le taux de cendres

### **II.2.2 La valeur pastière :**

C'est une notion représentée par les aptitudes de la semoule à donner d'excellentes pâtes (facilité de malaxage, de tréfilage, de séchage) d'une part et par la qualité du produit fini d'autre part. Concernant les produits finis deux critères sont essentiels : [1]

- l'aspect des pâtes à l'état cru ;
- La qualité culinaire des pâtes ;

#### **II.2.2.1 Définition des pâtes alimentaires :**

Probablement connues des civilisations chinoises depuis l'antiquité les pâtes alimentaires n'ont connu l'industrialisation que vers les années 1800 [43].

On entend par pâtes alimentaires sans autre qualificatif des pâtes non fermentées obtenues par pétrissage de semoule avec de l'eau sans addition d'aucun colorant.

Les pâtes alimentaires sont des produits « prêts à l'emploi culinaire, préparés par pétrissage, sans fermentation, de semoule de blé dur additionnée d'eau potable et soumise à des traitements physique appropriés », qui leur donnent différents aspects.

On peut ainsi préparer des pâtes longues ( spaghetti ) , des courtes ( vermicelles , macaronis ) , des pâtes présentant des formes variées , quand la forme est donnée , la pâte est séchée , puis conditionnée [44].

### **II.2.2.2 Qualité organoleptique :**

L'appréciation sensorielle est couramment utilisée pour le contrôle de la qualité et la mise au point de nouveaux produits alimentaires. Elle correspond à l'examen visuel, olfactif et gustatif du produit alimentaire.

Bien que l'importance qui leur soit donnée varie d'une région à l'autre, on s'accorde pour reconnaître que les deux caractéristiques déterminantes de la qualité organoleptique des pâtes alimentaires sont leur aspect à l'état cru et leur comportement durant et après la cuisson. [45].

La cuisson d'une pâte alimentaire répond à un triple but :

- 1- Gélatiniser l'amidon pour le rendre digestible et assimilable.
- 2- Modifier la texture des pâtes de manière à leur conférer les caractéristiques souhaitées par le consommateur.
- 3- Amener les produits à la température désirée. La qualité culinaire rend compte du comportement de la pâte pendant et après la cuisson. [46]. Son évaluation peut se faire à travers l'examen des paramètres suivants :

#### **a) Le temps minimal, optimal et maximal de cuisson :**

Ils correspondent respectivement au temps à partir duquel l'amidon est gélatinisé, le temps nécessaire pour donner à la pâte la texture souhaitée et le temps au-delà duquel les produits se dégradent dans l'eau de cuisson.

#### **b) Gonflement ou absorption d'eau pendant la cuisson :**

Le gonflement déterminé par la mesure de poids des pâtes avant et après cuisson.

#### **c) La texture des produits cuits :**

Elle rend compte de la fermeté et de la masticabilité des pâtes après cuisson et que l'on peut déterminer par des mesures à caractère rhéologique (fermeté, viscoélasticité, ...).

#### **d) L'état de surface ou de désintégration des produits cuits :**

L'état de surface dépend du degré d'adhésion des brins entre eux (notion de collant) et l'aspect plus ou moins lisse des produits cuits (notion de délitescence)

#### **e) Les pertes à la cuisson :**

Elles sont déterminées par la quantité de matières organiques entraînées dans l'eau de cuisson.

#### **f) Arôme et goût :**

Arôme et goût peuvent dépendre en partie des conditions de séchage.

**partie**  
**expérimentale**

# **III. CHAPITRE**

## **Matériels et Méthodes**

L'étude expérimentale a été réalisée au niveau du laboratoire de l'institut technique des grandes cultures (I T G C EL-HARRACH) pour analyse physico – chimique et analyse technologique, et au niveau du laboratoire du complexe industriel et commercial (AGRODIV CORSO) où nous avons fait l'agrégage et nous avons assisté de près à la mouture l'échelle industrielle du blé en plus du laboratoire de notre université dans lequel nous avons effectué deux analyses.

### III.1 Matériel végétal :

Les recherches ont été réalisées sur 3 échantillons d'une même variété de blé dur de la saison de récolte 2020/2021 provenant de deux régions de la commune de Babur (wilaya de Sétif) qui sont :

- ✓ La première zone : BENI MELLOUL DHARA (EL ANASSER) à partir de laquelle le premier échantillon a été prélevé.
- ✓ La deuxième zone : DAAFA à partir de laquelle les deuxième et troisième échantillons ont été prélevés.

La variété est : BELIOUNI

### III.2 Méthodes analytiques et matériels :

#### III.2.1 Analyses Chimiques :

##### III.2.1.1 Détermination de taux d'humidité : (AFNOR V03-707) :

###### a) Définition :

L'humidité est un test de la qualité qui s'effectue sur les blés, la semoule et la farine, ce test consiste à déterminer la quantité d'eau dans le produit.

###### b) Principe :

Consiste à sécher la prise d'essai du produit à une température comprise entre 130 et 133 ° C pendant 2h pour les grains broyés.

###### c) Matériel utilisé :

Équipement	Marque
Balance analytique	SHIMADZU AUW320
Broyeur	IKA ® A 10 basic
Dessiccateur	NORMAX
Nacelles de pesée en aluminium	Wheaton™
une étuve	CHOPIN
Pince à creuset	

**d) Mode opératoire :**

**Préparation de l'échantillon :**

- ✓ Nettoyez la prise d'essai ;
- ✓ Broyez une petite quantité de l'échantillon prélevé ;
- ✓ Pesez ensuite une quantité légèrement supérieure à 5 g ;
- ✓ Préparez la deuxième prise d'essai dans les mêmes conditions ;

**Prise d'essai :**

- ✓ Peser rapidement, la totalité de la mouture obtenue dans la nacelle préalablement séchée et tarée, couvercle compris.

**Séchage :**

- ✓ Introduire la nacelle ouverte dans l'étuve pendant la durée nécessaire, ce temps est compté à moment où la température de l'étuve Atteint 130 ° C sachant que 2 heures sont nécessaires pour le blé.
- ✓ Retirer les nacelles de l'étuve, la couvrir et la placer dans le dessiccateur 30 min.
- ✓ Dès que la nacelle est refroidie à la température du laboratoire, la peser dans la balance analytique.

**e) Expression des résultats**

$$H (\%) = \frac{(p_1 + 5) - p_2}{5} \times 100 \dots \dots \dots (1)$$

Où

**5 :** Masse de la poudre avant séchage (g).

**P1 :** Masse de la nacelle vide (g).

**P2 :** la masse en gramme de la prise d'essai après séchage (g).

**III.2.1.2 Détermination du taux de cendres : (AFNOR 1980)**

**a) Définition :**

C'est la quantité de matières minérales, principalement contenus dans le son.

C'est l'indice du degré de pureté de la farine et de la semoule. Plus le taux de cendre est faible plus les produits sont purs.

**b) Principe :**

Incineration d'une prise d'essai à une température de 530 ° c jusqu'à combustion complète de la matière organique

**c) Matériel utilisé :**

<b>Équipement</b>	<b>Marque</b>
Four à moufle	Nabertherm®
Dessiccateur	NORMAX
Balance analytique	Sartorius
Capsule	

**d) Mode opératoire :**

Mettez 2 g de l'échantillon dans la capsule les introduire dans le four à moufle à une température comprise entre 530 et 600 ° c jusqu'à obtention de cendres blanches pendant 4h.

**e) Expression des résultats :**

$$C \% = \frac{P_i - P_0}{\text{prise d'essai}} \times 100 \dots \dots \dots (2)$$

Où

**P<sub>i</sub>** : poids des capsules vides + échantillon (après incinération) en grammes.

**P<sub>0</sub>** : poids des capsules vides (g).

**Prise d'essai** : poids d'échantillon (2 g).

**III.2.1.3 Détermination du taux de lipide totaux :**

**a) Principe :**

Les corps gras sont les substances organiques qui peuvent être extraites à partir des fruits et végétaux par des solvants organiques apolaires au moyen de l'appareil Soxhlet.

La matière grasse contenue dans les amandes amères est extraite à partir de 10g de poudre en utilisant la méthode de Soxhlet, les solvants utilisés sont l'éther de pétrole ou l'hexane. Après la distillation le pourcentage des lipides est exprimé par rapport à la matière fraîche.

**b) Matériel utilisé :**

<b>Équipement</b>	<b>Marque</b>
Soxhlet	Labheat ®
Dessiccateur	NORMAX
Rotavapor	
Balance analytique	Sartorius

**c) Mode opératoire :**

Nous prenons 10 g de graines moulues et les mettons dans la cartouche du soxhlet en la scellant avec du coton, mettre 200 ml d'éther de pétrole dans le ballon et 50 ml dans l'extracteur et les adapter avec le réfrigérant laisser fonctionner pendant 4 h et faire évaporer le solvant dans un rotavapor puis sécher le ballon dans une étuve pendant 30 min peser puis le remettre dans l'étuve pour 30 autres mn .

**d) Expression des résultats :**

La teneur en matière grasse est calculée selon la formule suivante :

$$MG \% = \frac{P_2 - P_1}{p_0(100 - \%H)} \times 100 \dots \dots \dots (3)$$

Où

**P<sub>1</sub>** : Poids du ballon vide (g).

**P<sub>2</sub>** : Poids du ballon avec l'huile extraite (g).

**H %** : humidité des graines.

**P<sub>0</sub>** : Poids de la prise d'essai (g).

**III.2.1.4 Détermination du taux de protéines : (AN .1185, 1990)**

**a) Principe :**

La teneur en protéines totales est déterminée par la méthode de KJELDAHL. Elle est obtenue par minéralisation de l'échantillon par l'acide sulfurique en présence de catalyseur suivie d'une alcalinisation des produits de la réaction et une distillation. L'ammoniac est libéré et le titrage s'effectue avec une solution de l'acide sulfurique 0,1N par la méthode volumétrique jusqu'au virage de la couleur vers le rose (phénolphtaléine)

**a) Matériel utilisés :**

Équipement	Marque
Distillateur	Behr Labor
Broyeur	Buhler
Matras kjeldahl	Electrotech système
Balance analytique	Mettler

**C) Réactifs utilisés :**

- ✓ Catalyseur préalablement préparé ;
- ✓ Hydroxyde de sodium (NAOH) ;
- ✓ Acide sulfurique ;
- ✓ Acide borique ;

**d) Mode opératoire :**

Étape 01 : minéralisation

- Peser 2 grammes d'échantillon (à broyer)
- transférer l'échantillon dans le tube de minéralisation ;
- ajouter 20 ml d'acide sulfurique avec 2 g de catalyseur préalablement préparé ;
- insérer le portoir de tubes ;
- placer le dispositif d'aspiration ;
- Laissez-le pendant 4 heures ;
- Mettre la solution obtenue dans une fiole jaugée (100 ml) et la remplir avec de l'eau distillée jusqu'à ce qu'elle atteigne 100 ml ; (nous l'appelons la première solution)

Étape 02 : distillation

- Nous prenons 20 ml de la première solution et ajoutons 20 ml d'hydroxyde de sodium NAOH
- Le minéralisât est placé dans le distillateur, à gauche ;
- L'Erlen avec l'acide borique est placé à droite ;
- Laissez-le jusqu'à la fin de la distillation

Étape 03 : Titrage

Titration de toute la solution par de l'acide sulfurique 0.1N par la méthode volumétrique jusqu'au virage de la couleur vers le rose.

**e) Expression des résultats :**

Les résultats sont exprimés en % de protéines par rapport à la matière sèche :

$$\text{Teneur en azote (\%MS)} = \frac{100}{20} \times \frac{0.014 \times V \times 100}{M} \dots \dots \dots (4)$$

**0.014** : constante exprimée en g d'azote nécessaire pour une solution d'H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> ,0.1N  
**V** : volume en millilitre de la solution d'acide sulfurique versé à la burette lors du titrage.

**M** : masse en gramme de la prise d'essai (1 gramme)

$$\text{Taux de protéines (\% ms)} = TA \times 5.7 \times \frac{100}{100 - H} \dots \dots \dots (5)$$

**TA** : en azote exprimée en % en masse de produit.

**H** : Humidité.

**5,7** : coefficient de conversion de l'azote en protéines totales.

**III.2.2 Analyses physique :**

**III.2.2.1 Mitadinage :**

**a) Principe :**

Une partie de l'échantillon seulement sert à la détermination du Mitadinage, Les grains sont coupés au farinotome de Pohl.

**b) Matériel utilisés :**



**Figure 01:** Farinotome de POHL.

**c) Mode opératoire :**

Peser 100 grammes de l'échantillon et en verser une poignée sur la grille en la secouant, puis refermer le couvercle pour maintenir les grains à trancher, puis compter soigneusement le nombre de granules de blé mitadiné.

**d) Expression des résultats :**

$$M\% = \left( \frac{M_1}{M_2} \right) \times 100 \dots \dots \dots (6)$$

$$M_1 = E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5 + E_6 \dots \dots \dots (7)$$

**M<sub>1</sub>** : nombre de grains entiers mitadiné présent dans les 300 grains.

**M<sub>2</sub>** : nombre de grains entiers du prélèvement (300 grains).

**E** : nombre de pilules Mitadiné dans une poignée.

**III.2.2.2 Poids spécifique : (NA 1613/1990)**

**a) Définition :**

Le poids spécifique c'est une mesure qui nous aide à savoir l'aptitude de blé à donner le pourcentage d'extraction.

**b) Matériel utilisé :**

<b>Équipement</b>	<b>Marque</b>
Nilemalitre	CHOPIN
Balance	uni bloc

**c) Mode opératoire :**

- ✓ On remplit la trémie par l'échantillon.
- ✓ Abatte le trop -plein avec une règle et ouvrir la trappe entièrement et d'un coup sec le grain tombe dans la mesure de 1 litre.
- ✓ On mesure une autre fois notre récipient rempli et on déduit le poids spécifique (Kg / hl).

**e) Expression des résultats :**

$$PS \text{ (Kg / hl)} = M2 - M1 \dots \dots \dots (8)$$

**PS :** Poids spécifique.

**M1 :** masse récipient vide.

**M2 :** masse récipient rempli.

**III.2.2.3 L'agréage :**

**a) Définition :**

Une opération technique destinée à évaluer la qualité physique des céréales surtout le blé dur ou tendre et orge.

**b) Matériel utilisé :**

<b>Équipement</b>	<b>Marque</b>
Diviseur	Jcpa
Tamiseur mécanique	Retsch
Balance	Retsch
Pince	

**c) Mode opératoire :**

- ✓ versez environ 2 kg de blé dur dans le haut du diviseur ;
- ✓ préparez une prise d'essai d'environ 100 g de l'échantillon bien homogène obtenu après la division successive ;

- ✓ installez le blé dans tamis à fentes ;
- ✓ Du coup on met la prise d'essai sur le tamis supérieur et le couvrir avec un couvercle ;
- ✓ lancez le tamiseur pour une durée de 5 min
- ✓ une fois terminé enlevez les tamis et observez ;

**III.2.3 Mouture d'essai :**

**a) principe de la mouture :**

La mouture est une opération qui a pour but de séparer les diverses parties du grain de blé et d'extraire le plus possible son albumen sous forme de produits plus ou moins fins (semoule).

**b) préparation de l'échantillon de blé :**

La préparation du blé à la mouture comporte deux étapes :

- Le nettoyage :  
Le nettoyage de l'échantillon conçu pour l'essai a été fait manuellement.
- Le conditionnement :

Après nettoyage les grains sont ramenés à une humidité de 14 % pendant 24 heures puis à 17 %, 2 heures avant la mouture, cette humidification graduelle permet une bonne séparation de l'amande vitreuse des enveloppes.

Pour déterminer le volume d'eau à ajouter au blé, on détermine son humidité initiale puis, application de la formule suivante :

$$V = \frac{P \times (H_2 - H_1)}{100 - H_2} \dots \dots \dots (9)$$

- Où
- V** : le volume d'eau à ajouter.
  - p** : masse de blé à conditionner.
  - H<sub>2</sub>** : Humidité des grains avant conditionnement.
  - H<sub>1</sub>** : Humidité des grains après conditionnement.

Le conditionnement a été fait dans des pots après avoir ajouté V quantités d'eau nécessaire. Les bocaux sont ensuite fermés hermétiquement puis soumis à des mouvements de va et vient au moyen de l'appareil mélangeur CHOPIN Pour que l'eau soit bien répartie entre les grains, et que les bocaux soient enfin laissés reposer horizontalement le temps nécessaire.

**c) Taux d'extraction :**

La mouture d'un blé est définie par son taux d'extraction, celui - ci détermine le rendement en semoule :

$$taux\ d'extraction = \frac{poids\ de\ semoule\ extraite}{poids\ de\ blé\ en\ oeuvre} \times 100 \dots \dots \dots (10)$$

**III.2.4 Analyse sur les semoules :**

**III.2.4.1 Détermination de taux d'humidité :**

La méthode est la même que celle décrite précédemment pour les graines.

**III.2.4.2 Teneur en gluten (Humide, sec, et gluten index) :**

La méthode Gluten Index a été proposée par Harald Perten en 1989. Elle permet d'apprécier les caractéristiques viscoélastiques du gluten et de déterminer les taux de Gluten Humide et de Gluten Sec du blé

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

Le gluten obtenu est centrifugé dans le rotor perforé de l'appareil, pesé de la fraction ( 1 ) du gluten qui traverse la grille du rotor et de la fraction ( 2 ) qui ne traverse pas la grille ( CUBADD et al . , 1992 ) . Le rapport de la fraction (2) au total (1 + 2) donne le gluten index :

$$\text{Le gluten index (\%)} = \frac{\text{Quantité du gluten qui reste sur le tamis}}{\text{Quantité total du gluten (1+2)}} \times 100 \dots (11)$$

La teneur en gluten humide = le total de deux fraction (1 + 2) correspondant au gluten humide total.

$$\text{Teneur en gluten humide (\%mh)} = \frac{\text{Quantité totale du gluten humide}}{10} \times 100 \dots (12)$$

La teneur en gluten sec : la quantité en gluten sec est calculée après dessiccation du gluten humide.

$$\text{teneur en gluten sec (\%ms)} = \frac{\text{Quantité du gluten sec}}{10} \times 100 \dots (13)$$

**III.2.4.3 Test de sédimentation en milieu SDS :**

Principe :

- Le gonflement des protéines dans un milieu SDS (sodium - dodecyl sulfate), nous renseigne sur la qualité des protéines du gluten, il permet d'avoir une idée sur l'élasticité et la ténacité du gluten.
- Ce test caractérise la qualité des protéines et surtout leur gonflement en milieu acide. Le gonflement en milieu SDS est déterminé selon la méthode d'AXFORD et al (1978) ; ce test est réalisé par la mise en suspension de 5 grammes de semoule dans 50 ml d'eau distillée dans une éprouvette graduée de 100 ml, une agitation manuelle est effectuée pendant 15 secondes aux temps 0,2 et 4 minutes. Immédiatement après la dernière agitation on ajoute 50 ml d'une solution SDS à 3 % contenant 20 ml d'acide lactique dilué huit fois. Par la suite, on effectue quatre retournements successifs de l'éprouvette aux temps 0, 2,4 et 6 minutes et on laisse au repos pendant 20 minutes. Les normes sont en annexe n ° 1.

**III.2.4.4 Essai au mixographe : (Norme AA CC54-40A)**

Dix (10) grammes de semoule sont hydratés en fonction de leur teneur en protéines. Le malaxage s'effectue dans un bol du mixographe et la plume est posée à la base de la feuille d'enregistreur.

L'enregistrement se fait pendant 8 minutes et les paramètres à étudier sont :

- Le temps de développement (mixing time) qui caractérise la force de la pâte.

- La hauteur au pic correspond à la viscosité de la pâte.
- L'angle d'affaiblissement qui détermine la tolérance au malaxage.



Figure 02 : le mixographe.

#### III.2.4.5 Les indices de colorations :

brun ( IB ) et jaune ( IJ ) sont déterminés par spectrophotomètre , grâce à un colorimétrie de type HUNTERLAB ( géométrie 0/45 ; illuminant D65 ; angle d'observation 10 ° C ).

Ces conditions sont celle retenues par la commission internationale de l'éclairage (CIE). Les résultats représentés par la moyenne de dix essais, sont exprimés en fonction d'unité de mesure CIE.

$$IJ = b ;$$

$$IB = 100 - L ;$$

Les mesures de couleur des échantillons sont exprimées d'après ABECASSIS et CHAURAND (1997), dans l'espace colorimétrique CIELAB, à l'aide de 2 composantes :

- (L) présentant la clarté et (b) la teinte jaune.



Figure 03 : un chromamètre.

**III.2.5 Analyses sur les pâtes alimentaires :**

**a) Principe :**

- ✓ Détermination d'un temps minimal de cuisson et calcul de deux durées expérimentales de cuisson pour chaque échantillon.
- ✓ Analyse sensorielle de trois échantillons au maximum présentés par paire à un jury d'au moins trois sujets qualifiés.
- ✓ Classement et notation des échantillons selon les caractères d'état de surface et de fermeté.

**III.2.5.1 Test de cuisson des pâtes alimentaires :**

La cuisson des pâtes est réalisée dans des conditions décrites par :  
ISO 4120, Analyse sensorielle - Méthodologie - Essai triangulaire.

Mode opératoire ;

- ✓ Mettre 2 L d'eau du robinet dans une casserole, ajouter 14 g de chlorure de sodium et porter à ébullition.
- ✓ Verser 100 g des pâtes entières dans l'eau à ébullition et les tordre après ramollissement pour les faire rentrer dans la casserole sans les briser. Agiter doucement avec la spatule au début de la cuisson. Ne pas couvrir la casserole
- ✓ Après le temps minimum de cuisson **T**, nous avons poursuivi la cuisson à **T+1** et verser le contenu de la casserole sur le tamis, laisser égoutter 15 s.
- ✓ Présenter une assiette à chacun des sujets au plus tard 1 min après la fin de l'égouttage.
- ✓ Après nous avons poursuivi la cuisson à **T + 6** (temps optimum de cuisson) et **T + 11** (Temps de surcuisson). L'état de surface des pâtes a été apprécié par analyse sensorielle.

**III.2.5.2 Pertes à la cuisson : (PC) :**

Les pertes à la cuisson (PC) représentent la quantité de matière sèche perdue par 100 grammes de pâtes crues durant la cuisson.

Après homogénéisation de l'eau de cuisson, 25 ml sont prélevés et mises à sécher pendant 24 heures à 102 ° C (ABECASSIS et al, 1984).

$$PC(\text{g}/100\text{gms}) = \frac{100 \times ES \times V / 25}{100 - H} \dots\dots\dots(14)$$

**ES** : Poids d'extrait sec en grammes.

**V** : Volume finale de l'eau de cuisson en ml.

**H** : teneur en eau des pâtes crues.

**b) La capacité de fixation d'eau : (C) :**

La capacité de fixation d'eau rend compte de l'aptitude de la pâte cuite à retenir plus au moins d'eau (ABECASSIS et al, 1984).

$$C(\%) = (p - 100) \times \frac{100}{100 - M - PC} \dots\dots\dots(15)$$

**C** : capacité de fixation d'eau.

**P** : poids des pâtes cuites (grammes).

**PC** : pertes à la cuisson (grammes).

**M** : teneur en eau des pâtes crues (% ms).

# **IV. CHAPITRE**

## **Résultats et Discussion**

## IV.1 Étude des caractéristiques physico-chimiques des grains :

### IV.1.1 Détermination du taux d'humidité des grains :

La teneur en eau est un critère déterminant dans les transactions commerciales L'analyse des résultats obtenus (Tableau 01) montre que la teneur en eau moyenne reste dans les limites des normes internationales (teneur en eau comprise entre 10 et 12 % M.H.) pour l'ensemble des échantillons et quel que soit l'année de récolte.

La détermination de l'humidité des grains nous permet de connaître la quantité d'eau à ajouter pour ramener celle - ci à 17 % (humidité nécessaire pour avoir un bon rendement en semoule.

Ainsi, les résultats sont globalement acceptables si on se réfère à la norme de stockage (c'est - à - dire les limites physiques pour la multiplication des agents biologiques dans un stock de blé).

**Tableau 01** : Comparaison des moyennes de la teneur en eau des 03 échantillons (même variété) de blé dur (% mh)

Échantillon	Années	Humidité des grains (%)	Norme (en %) J.O.R.A 2017
Blé 1	2021	11.94	11.00 – 14.00
Blé 2	2020	11.179	
Blé 3	2020	11.305	

### IV.1.2 Détermination du taux de cendres :

Pour ce qui est de la teneur en cendres, cette valeur peut varier considérablement en fonction de la zone, des conditions climatiques.

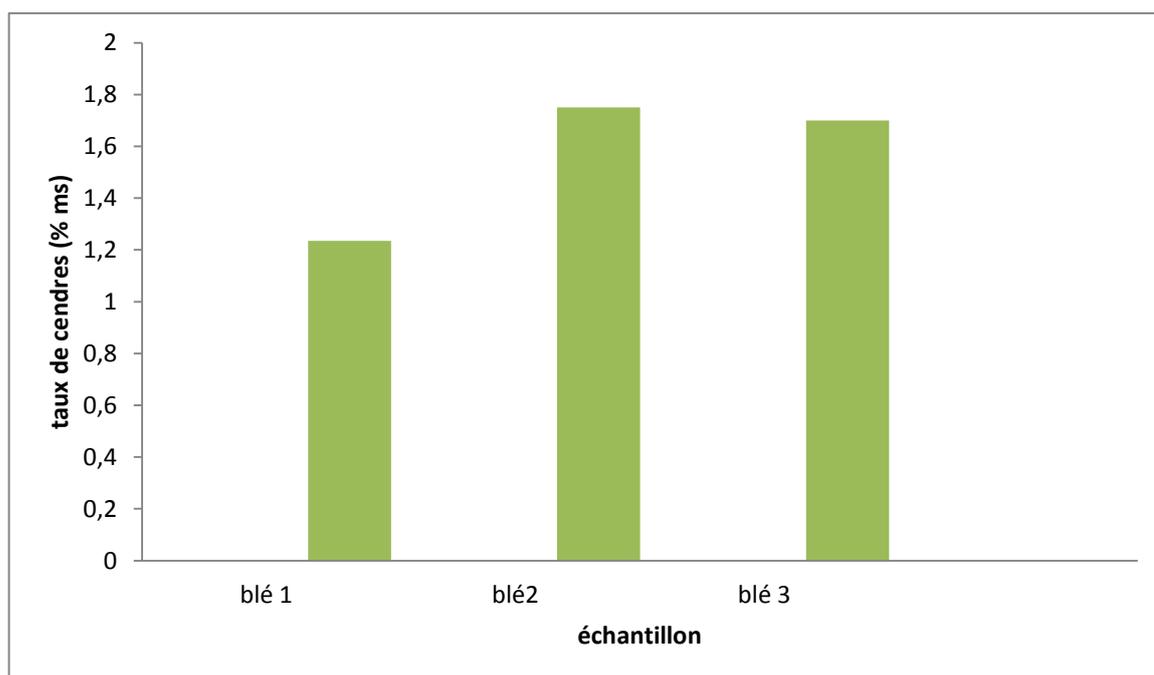
La teneur en matières minérales dans les produits finis présente un intérêt technique et réglementaire, pour cette raison, le taux d'extraction est déterminé en tenant compte du taux de cendre désiré. Ce dernier est étroitement lié au rendement mais surtout à la pureté des farines et semoules produites.

À partir du tableau 2, la valeur la plus élevée des taux de cendres est enregistrée chez l'échantillon blé 2 et blé 3.

**Tableau 02 :** Comparaison des moyennes des taux de cendres de grains de blé dur.

Échantillon	Zone	Taux de cendres (%)	Norme (en %) J.O.R.A 2017
Blé 1	BENI MELLOUL DHARA	1.235	< 1.2
Blé 2	DAAFA	1.75	
Blé 3	DAAFA	1.7	

En conclusion, on peut dire que nos échantillons sont normalement minéralisés et échantillon 2et3 présentent des taux de cendres supérieurs à la norme (J.O.R.A2017) par contre l'échantillon 1 est presque dans les normes.



**Figure 04 :** Taux de cendre des différents échantillons de blé dur.

#### IV.1.3 Détermination du taux de protéines des grains :

La teneur en protéines est un caractère génétique transmissible, mais les conditions agrochimiques (sol, climat ...) influent sur la teneur en protéines ainsi que le rendement en grains (VILLEGAS et al ,1970) [47].

La connaissance de la teneur en protéines associée à celle de la variété du blé, Donne une bonne information sur la qualité technologique de la semoule.

Le tableau 03 regroupe les teneurs en protéines totales des échantillons étudiés, La valeur la plus importante de la teneur en protéines est enregistrée par blé 3 ( 11,69 % ) suivie

par blé (11,44 % ) , blé 1 ( 9,96 % ) , ces résultats correspondent à ceux de FEILLET ( 1994 ) qui a signalé que la teneur en protéines de blé varie entre 9 et 18 % ms et varie en fonction de la variété et de l'environnement .

#### IV.1.4 Détermination du taux de Mitadinage des grains :

Le taux de Mitadinage est un critère qui détermine le rendement et la qualité des semoules et par conséquent des produits dérivés (pâtes et couscous). Les piqûres blanches issues des blés mitadiné déprécient la couleur des pâtes alimentaires car elles s'hydratent difficilement quand' elles sont suffisamment volumineuses et résistent à la désagrégation lors du pétrissage.

#### IV.1.5 Poids spécifique :

Il s'agit d'une mesure de la densité du grain ; il indique le rendement possible en semoule. Il peut, également, indiquer le teneur en eau et sert par fois dans la détermination de la quantité d'eau à ajouter durant la trituration. (BRENNAN, 1984). [48].

En effet, selon SOLTNER(2005) [49], le PS est un élément de qualité qui dépend :

- de l'humidité (plus le grain est sec plus son PHL augmente) ;
- de la bonne nutrition durant la maturation (les grains échaudés sont moins présent) ;

**Tableau 03 :** Moyennes de la teneur en protéines et taux de Mitadinage et poids spécifique.

Échantillon	Années	Taux de Mitadinage (%)	Teneur en protéines (%)	PS (kg / hl)
Blé 1	2021	28	9.96	79.774
Blé 2	2020	15	11.44	83.1008
Blé 3	2020	14	11.69	82.3945

Résultats relatifs au Mitadinage montrent que l'échantillon de blé 1 est plus mitadiné que blé 2 et blé 3, ceci est dû à un accident physiologique survenu au cours de la croissance du blé 1, ceci déprécie la qualité pastière et semoulière.

Pour le taux de protéines, nous remarquons également que le blé 1 est moins riche en protéine que le blé 2 et le blé 3 ceci est dû probablement à la fertilité du sol de la région BENI MELLOUL qui est faible (en azote).

Quant au PS les résultats montrent qu'ils sont largement supérieurs à la norme  $\geq 74$  kg /hl.

D'après MAHAUT (1996) [50], plus le PHL est élevé plus le rapport amande/enveloppe est élevé et par voie conséquence le rendement semoulier élevé.

#### IV.1.6 Détermination de taux d'impuretés :

Les principaux types d'impuretés rencontrées dans nos échantillons de blé sont représentés dans le tableau 04.

Les impuretés sont l'ensemble des éléments considérés conventionnellement comme indésirables dans l'échantillon.

**Tableau 04** : Principales impuretés des différents échantillons étudiés.

Type d'impuretés Échantillons Et Années	Grains cassés	Grains Maigres	Impuretés	Taux (%)
Blé 1 (2021)	<b>4.684</b>	<b>2.131</b>	<b>0.933</b>	<b>7.748</b>
Blé 2 (2019)	<b>4.242</b>	<b>1.961</b>	<b>0.726</b>	<b>6.929</b>
Blé 3 (2019)	<b>2.853</b>	<b>2.527</b>	<b>1.433</b>	<b>6.816</b>

À travers les résultats obtenus, nous constatons que tous les échantillons contiennent un taux d'impuretés supérieur à 6% (limite de tolérance : Norme : Institut National Algérien de la Propriété Industrielle promulguée par décret n° 78-167 du 22 juillet 1978). Une valeur plus élevée est pour le premier blé 1 7,748%.

Dans le domaine technologique et nutritionnel, les inconvénients causés par ces éléments indésirables sont fonction de leur nature, de leur quantité et de leur virulence. Ils agissent sur le rendement meunier et semoulier dans le cas du blé dur. Et notamment lors de la fabrication des semoules ils conduisent à une proportion importante en farine (grains cassés). Durant la conservation, ces blés sont plus exposés au phénomène d'oxydation, ce qui entraîne une altération des constituants physico - chimiques du grain.

#### IV.1.7 Mouture d'essai :

**Tableau 05** : les volumes d'eau à ajouter et résultats du taux d'extraction des grains des 03 échantillons de blé dur.

Échantillon	Volume d'eau (ml)	taux d'extraction (%)
Blé 1	60	59.401
Blé 2	70	60.909
Blé 3	68.5	61.54

De ce tableau 05, on peut voir qu'il n'y a pas de différence significative dans le taux d'extraction et l'échantillon 3 représente la valeur la plus élevée (61,5.).

On note que le taux d'extraction dans les moulins industriels est de 72% en moyenne. Les taux dans les échantillons 3 sont loin des taux constatés dans les industries de la semoule.

## IV.2 Analyse sur les semoules :

### IV.2.1 Humidité des semoules :

Le dosage de l'humidité nous permet de statuer sur les risques d'altération lors du conditionnement et du stockage. L'humidité est un facteur crucial dans l'évolution des phénomènes biologiques (FEILLET, 2000). [51],

Il semble que l'humidité de la semoule étudiée ne diffère pas significativement entre elles 13% (Tableau 06).

**Tableau 06 :** Humidités des semoules de blé dur.

Échantillon	Années	Humidité des semoules (%)
<b>Blé 1</b>	2021	13.547
<b>Blé 2</b>	2020	13.959
<b>Blé 3</b>	2020	13.603

Les valeurs de l'humidité des semoules sont rapprochées entre elles comme le montre le tableau ci-dessus

Les valeurs sont satisfaisantes, elles répondent aux exigences de la réglementation qui fixe les valeurs maximales à 14.5 % selon le (J.O.R.A, 2007).

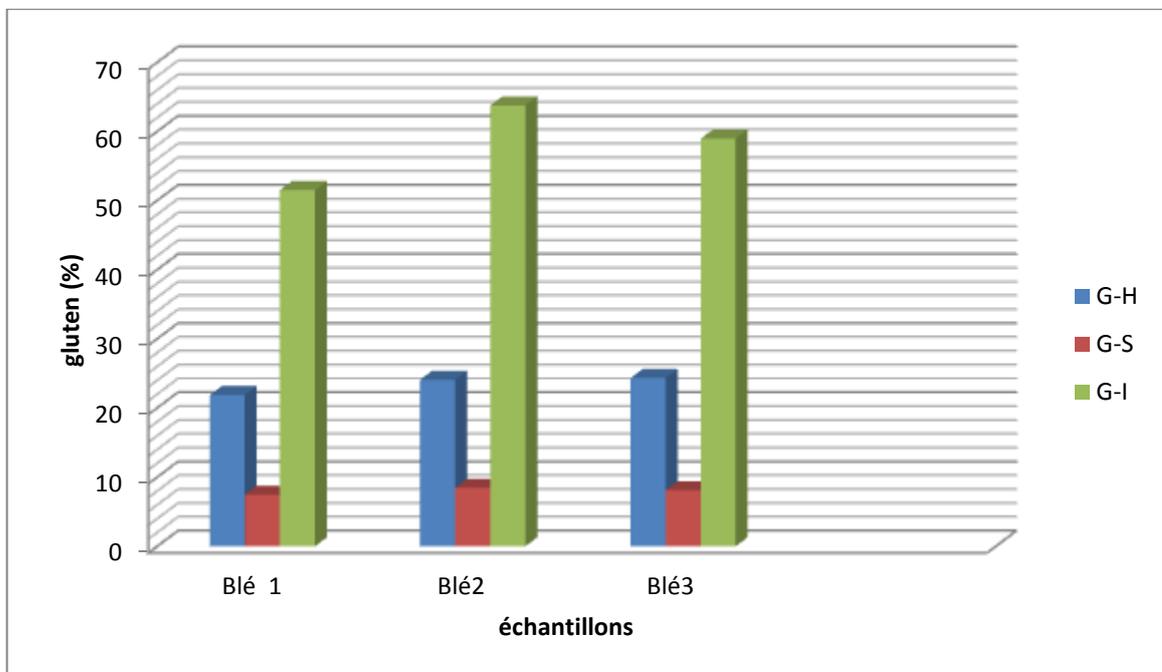
### IV.2.2 Teneur en gluten (Humide, sec, et gluten index) :

Le comportement rhéologique d'une pâte crue ou cuite, est relié à la quantité, à la composition et aux propriétés des protéines du gluten.

En effet, il est admis que la qualité des blés dur est largement influencée par les caractéristiques du gluten (CHEFTEL et al. 1997) [52], .Il existe une relation entre la force du gluten et la qualité culinaire, les résultats relatifs au gluten humide, gluten sec et gluten index sont dans le tableau 07 et Illustrées par les histogrammes figure 05.

**Tableau 07:** comparaison des moyennes des teneurs en gluten des semoules des échantillons de blé dur.

Échantillon	Gluten Humide (%Mh)	NORMES NF ISO N° 155 et N° 158	Gluten Sec (%)		Gluten Index (%MS)	
	Moyenne		Moyenne	NORMES NF ISO N° 155 et N° 158	Moyenne	NORMES NF ISO N° 155 et N° 158
Blé 1	21.87	< 100	7.485	11-13% MS	51.50	50-80 % MS
Blé 2	24.08		8.435		63.77	
Blé 3	24.32		8.12		58.96	



**Figure 05 :** Teneur en gluten des semoules des 3 échantillons de blé dur.

C'est le complexe viscoélastique formé essentiellement de gliadines et de gluténines qui confèrent les qualités plastiques des pâtes (élasticité, plasticité, ténacité) donc la composition du gluten est un facteur déterminant de la force de la pâte (GROSH, 1986). [53],

Nous observons une teneur en gluten humide comprise entre 21.87 %MH (blé 1) et 24.32%MH (blé 3)

La teneur en gluten sec est comprise entre 7.485% (blé 1), 8.435% (blé 2) et 8.12% (blé 3)

Ces résultats sont inférieurs à la norme établie par le J.O.R.A 2007 qui se situe entre 11\_13%MS

Les résultats enregistrés indiquent que les valeurs du gluten index variaient de 51,50% (blé 1) et 58.96% (blé 3), 63,77 % (blé 2). Tableau 07

Par contre le GI gluten index montre des valeurs qui se situent conforme à la norme NF et ISO entre 51,5% (blé 1) et 63,77% (blé 2).

**IV.2.3 Test de sédimentation en milieu SDS :**

Le test de sédimentation SDS est destiné à l'appréciation de la qualité des protéines indépendamment de leur teneur.

D'après GODON et LOISEL, (1997) [54], le test SDS est un moyen indirect qui permet d'apprécier le degré d'hydratation des protéines ainsi que la force d'un blé.

Le test SDS et le gluten index sont deux méthodes largement admises pour la mesure de la force du gluten permettant une bonne prédiction des propriétés rhéologique de la farine et des semoules (DEXTER et al 1997). [55],

Les volumes de sédimentation obtenus pour nos échantillons varient entre 25 ml (blé 1) et 28 ml (blé 2) et entre 28,50ml (blé 3). Comme le montre le Tableau 08

De même DACOSTA (1986) [56], a révélé que les gluténines insolubles dans le SDS sont responsables de la formation du gel protéique.

**Tableau 08 :** comparaison des moyennes des résultats du test de sédimentation SDS.

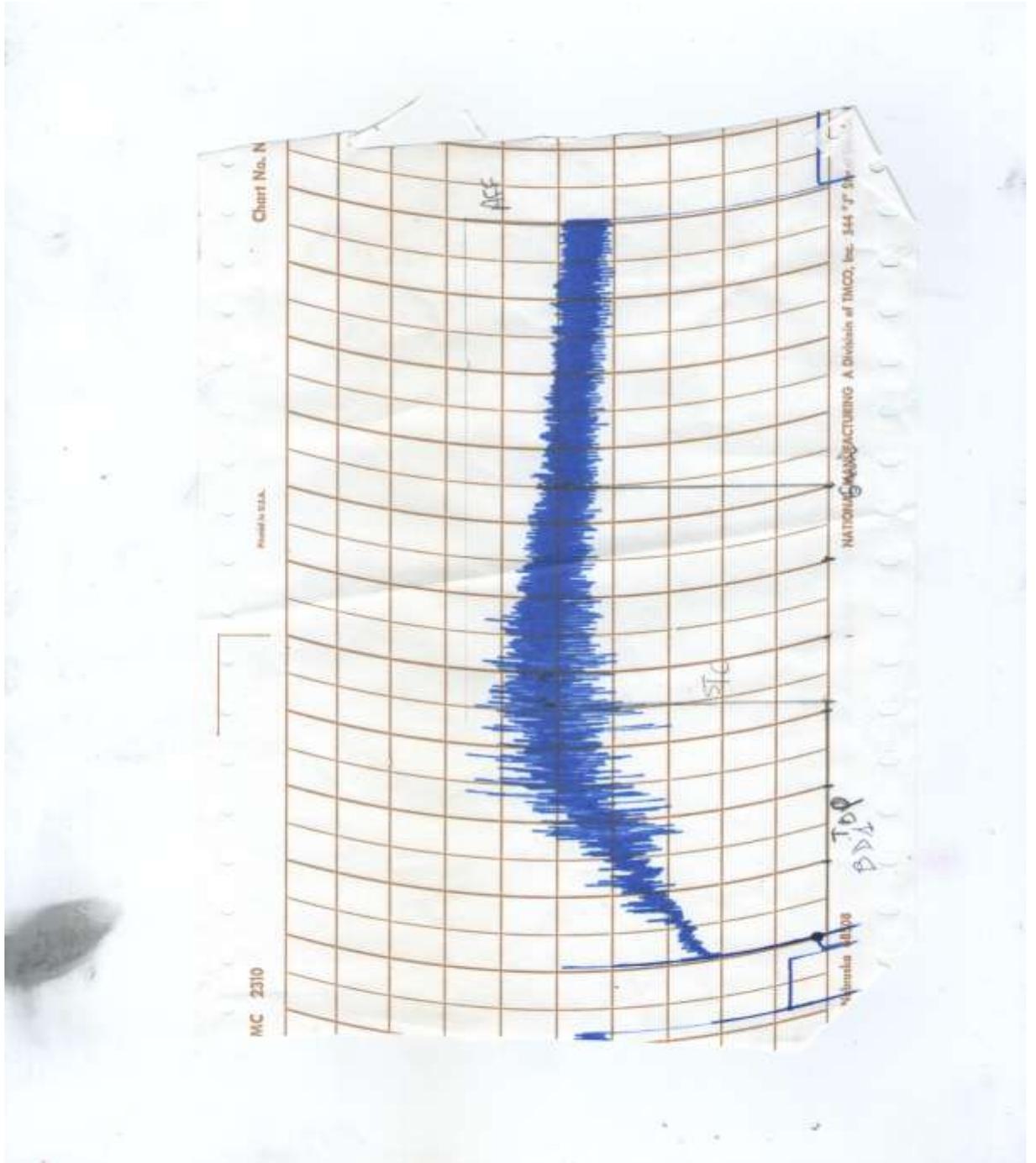
<b>Échantillon</b>	<b>Années</b>	<b>SDS En ml</b>
<b>Blé 1</b>	2021	<b>28</b>
<b>Blé 2</b>	2020	<b>25</b>
<b>Blé 3</b>	2020	<b>28.50</b>

Nos résultats situent entre 20 et 29 ml (selon, la norme SDS williams et al 1988) [57], (ANNEXE 01) nous pouvons dire que notre semoule est très faible.

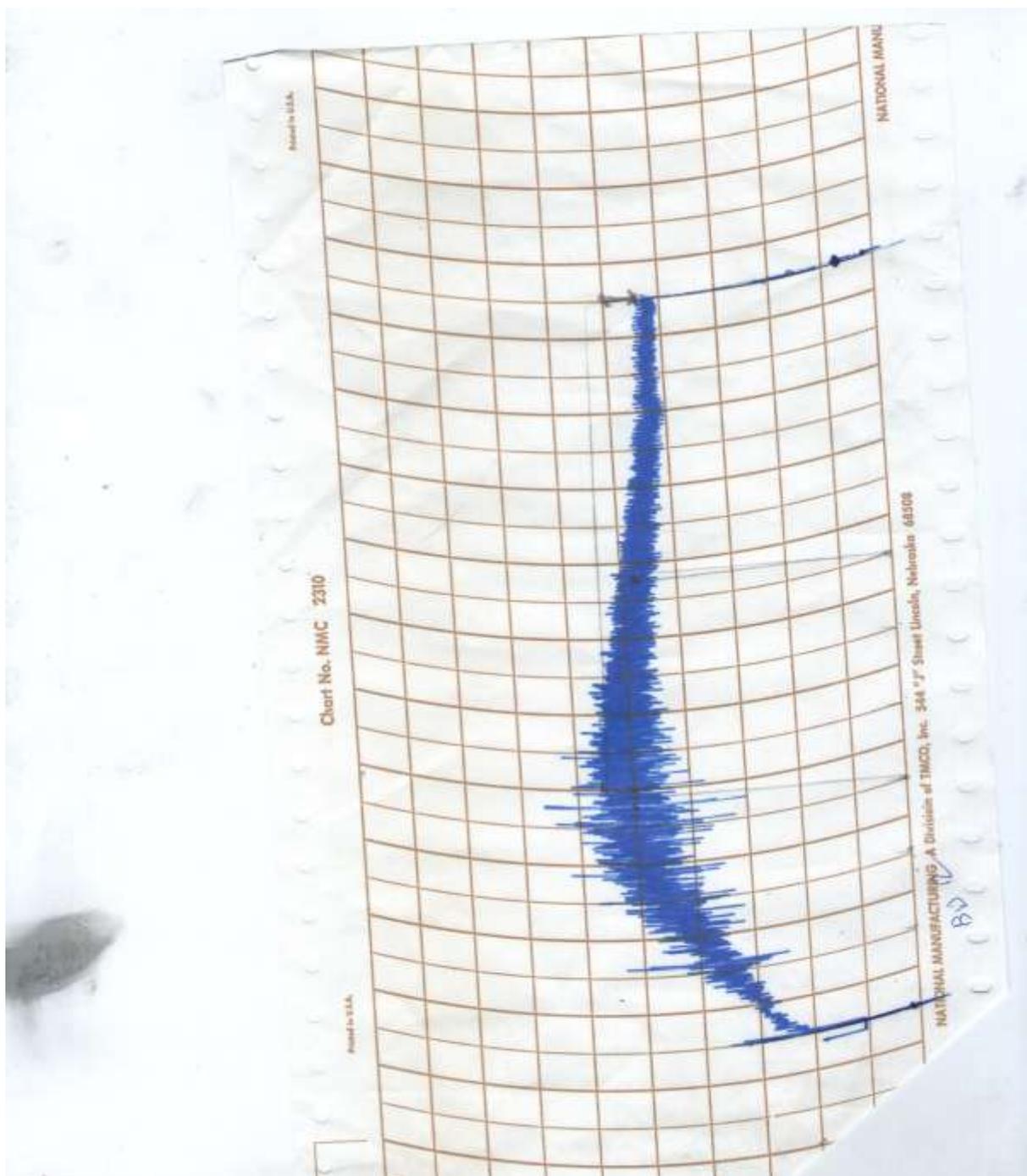
**IV.2.4 Essai au mixographe :**

Ce test permet de déterminer quelques propriétés importantes de la plastification et de la panification des cultivars de blé dur en mettant en évidence en particulier la force du gluten.

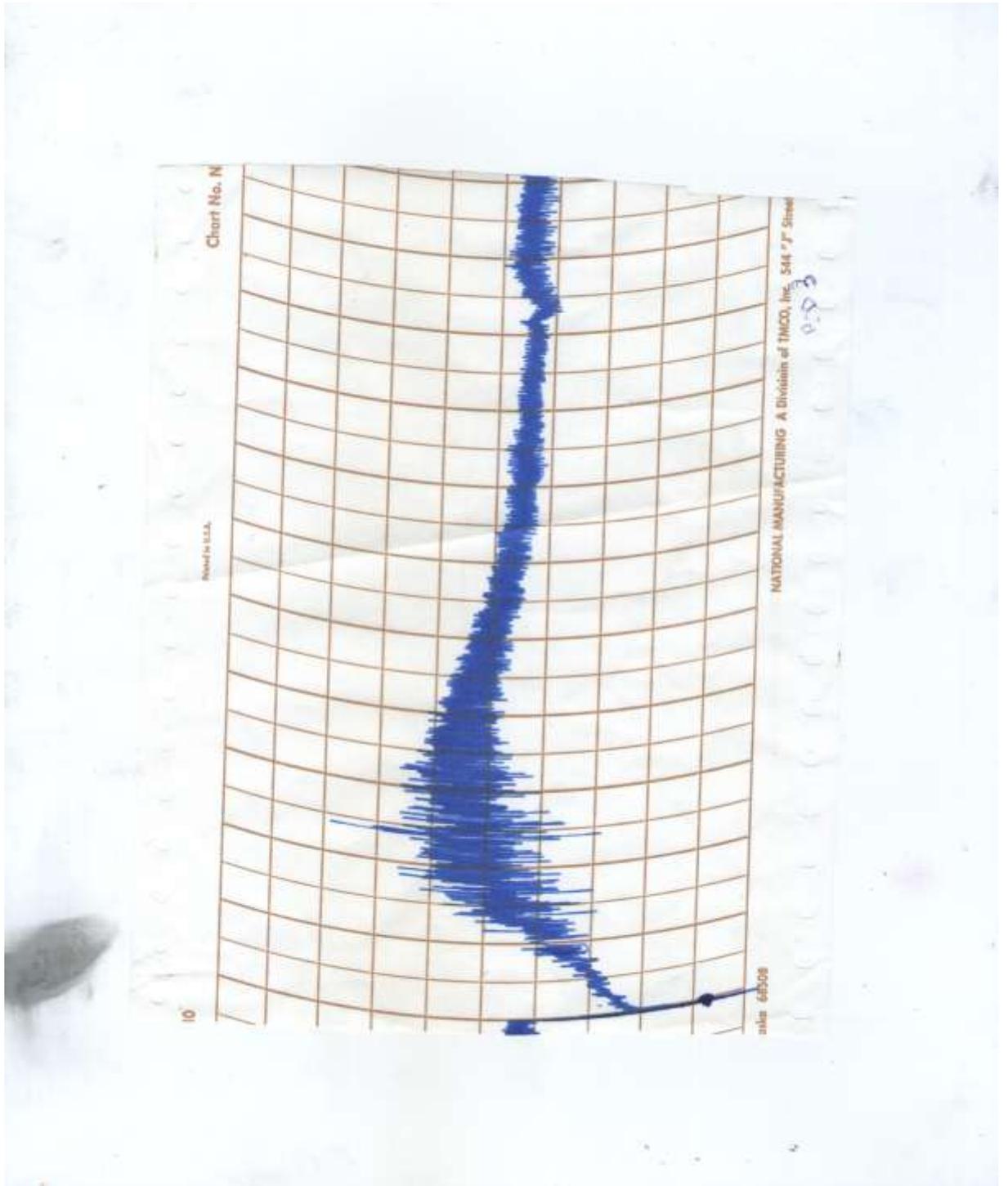
Les résultats obtenus de ce test sont rassemblés au tableau 09 et illustrés par les mixogrammes (Figure 06).



Blé 1



Blé 2



Blé 3

Figure 06 : les mixogrammes expérimentaux.

**Tableau 09** : Résultats des paramètres mesuré sur les mixographes des semoules 3.

Échantillon	Temps de développement de la pâte TDP (min)	HP% La hauteur du pic	Affaiblissement % AFF
<b>Blé 1</b>	3	50	1.76
<b>Blé 2</b>	3.2	50.87	4.38
<b>Blé 3</b>	2	49.12	3.51

Les résultats du test au mixographe sont donnés dans le tableau 09 et les mixogrammes figure 06, l'utilisation du « grading » de WILLIAMS et al (1988) [57], (Annexe 2 et Annexe 3) pour apprécier la force des blés étudiés nous permet dire que :

Le temps de développement des échantillons est compris entre 2 minutes (blé 3) et 3,2 minutes (blé 2). Ce sont des blés de force moyenne à faible.

Les valeurs de la hauteur de la courbe au pic sont comprises entre 49, 12 (blé 3) et 50,87 % (blé 2).

#### **IV.2.5 Les indices de colorations :**

La couleur est l'un des principaux facteurs influençant la qualité de la semoule de blé dur et le choix du consommateur. Elle est considérablement influencée par les caractéristiques des blés mis en œuvre.

Les indices de coloration présentés par l'indice de jaune (b) et l'indice de brun (100-L) (L étant la clarté), constituent un facteur de la qualité organoleptique et sont dû à la fois, à la présence dans le blé, de pigments caroténoïdes et aux réactions de brunissement, leurs interaction confèrent la couleur caractéristique de la semoule.

Les différents indices de coloration des semoules sont regroupés dans le tableau 10

##### **Indice de jaune (IJ) :**

La couleur jaune est reliée à la teneur en pigments caroténoïdes et aux faibles réactions de brunissement enzymatiques et non enzymatiques, Les valeurs de l'indice de jaune des semoules de blé dur étudiées varient entre 9.52 (blé 1) et 15.42 (blé 2) de 14.185 pour le blé 3 (Figure 07).

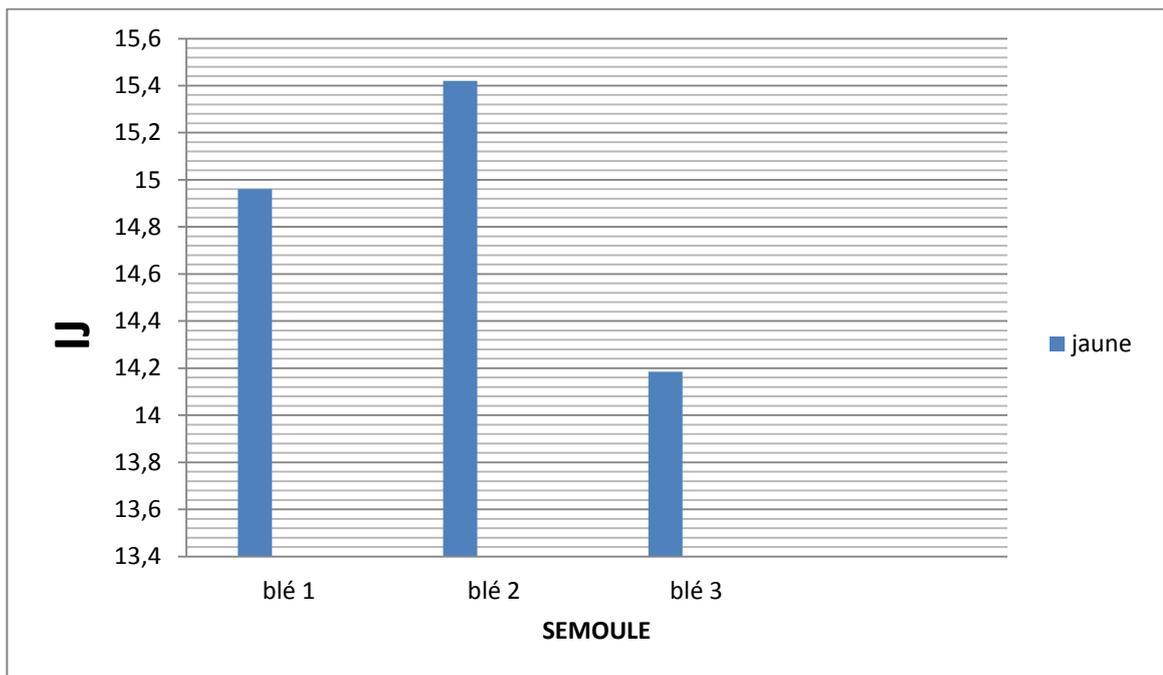


Figure 07 : Indice de jaune des semoules de blé dur.

Tableau 10 : comparaison des moyennes des indices de coloration (IJ - IB) des semoules.

Échantillon	Indice de jaune (IJ)	Indice de brun (IB)
	Moyenne	Moyenne
Blé 1	14.96	9.52
Blé 2	15.42	9.76
Blé 3	14.185	9.98

**Indice de brun (100-L\*) :**

L'indice de brun est une caractéristique variétale, influencée par le milieu de Culture (facteurs climat, sol, techniques culturales, etc.)

Les valeurs de l'indice de brun sont comprises entre 9.52 (blé 1) et 9.76 (blé 2), 9.98 (blé 3) Tableaux 10)

D'après l'échelle de classement des semoules de HOULIAROPOULOS et al, (1981) [58], (ANNEX 4) ; nos échantillons ont des indices de brun faibles.

**IV.3 Analyse sur les pâtes alimentaires :**

**IV.3.1 Évaluation de la qualité pastière :**

Le tableau 11 regroupe tous les résultats des analyses relatifs aux pâtes alimentaires avec des photos prises sur les différents temps de cuisson.

**Tableau 11 :** résultats du test de cuisson des pâtes alimentaires fabriquées.

Échantillons	Pertes à la cuisson (g) PC	Capacité De fixation d'eau (%) CP	T Minimal de Cuisson (mn)	T Optimal de cuisson (mn)	T Maximal de cuisson (mn)	Délitescence notée de 1 à 9			Fermeté notée de 1 à 9		
						T+1	T+6	T+11	T+1	T+6	T+11
Blé 1	27,46	372,92	13 :59	14 :05	14 :16	4,6	3,6	1,33	6,3	5,5	2,6
Blé 2	18,016	445,3	11 :24	11 :30	11:41	3,6	3,3	2,3	3,6	2,3	1,6
Blé 3	16,290	540	11 :23	11 :29	11:40	6,3	5.6	3	4.6	3.6	1.6

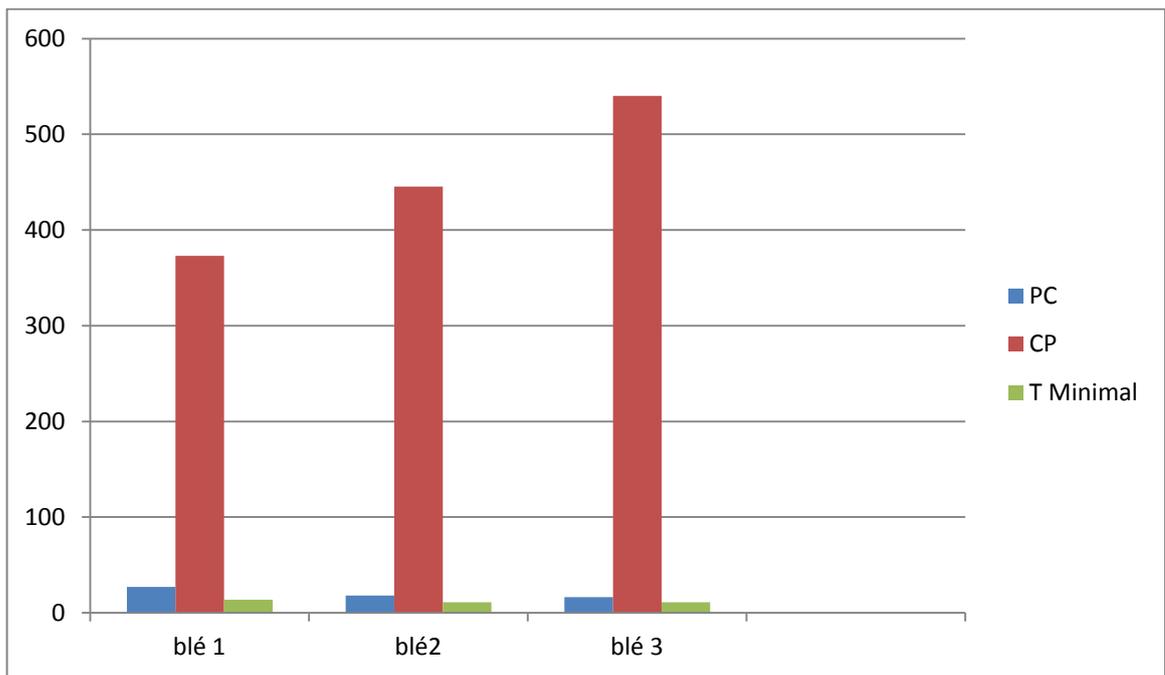
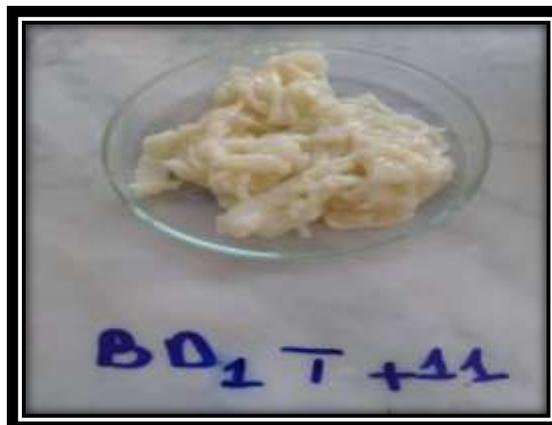
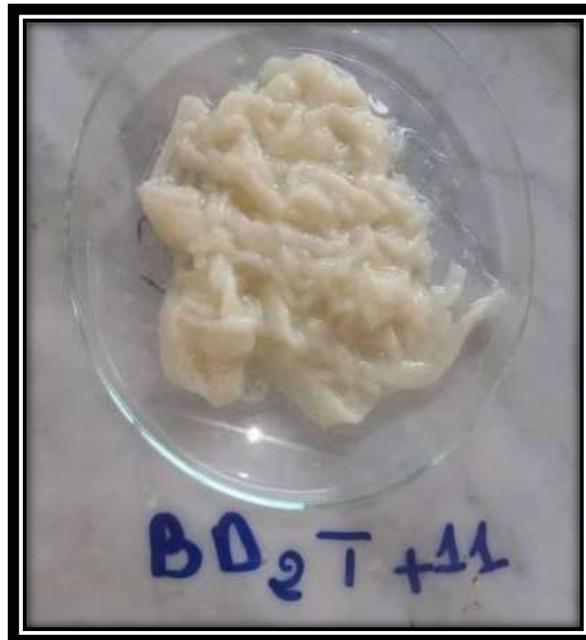
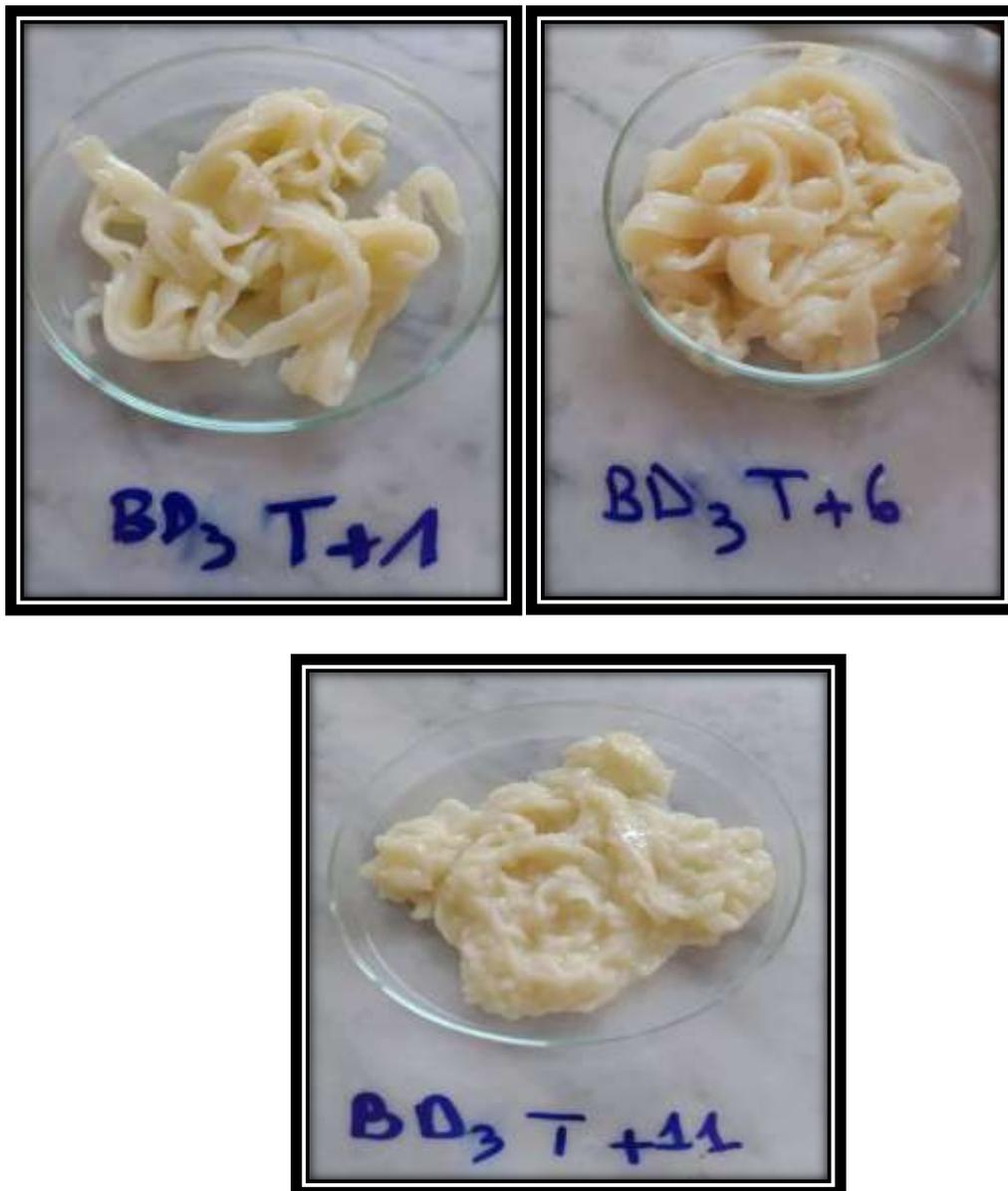


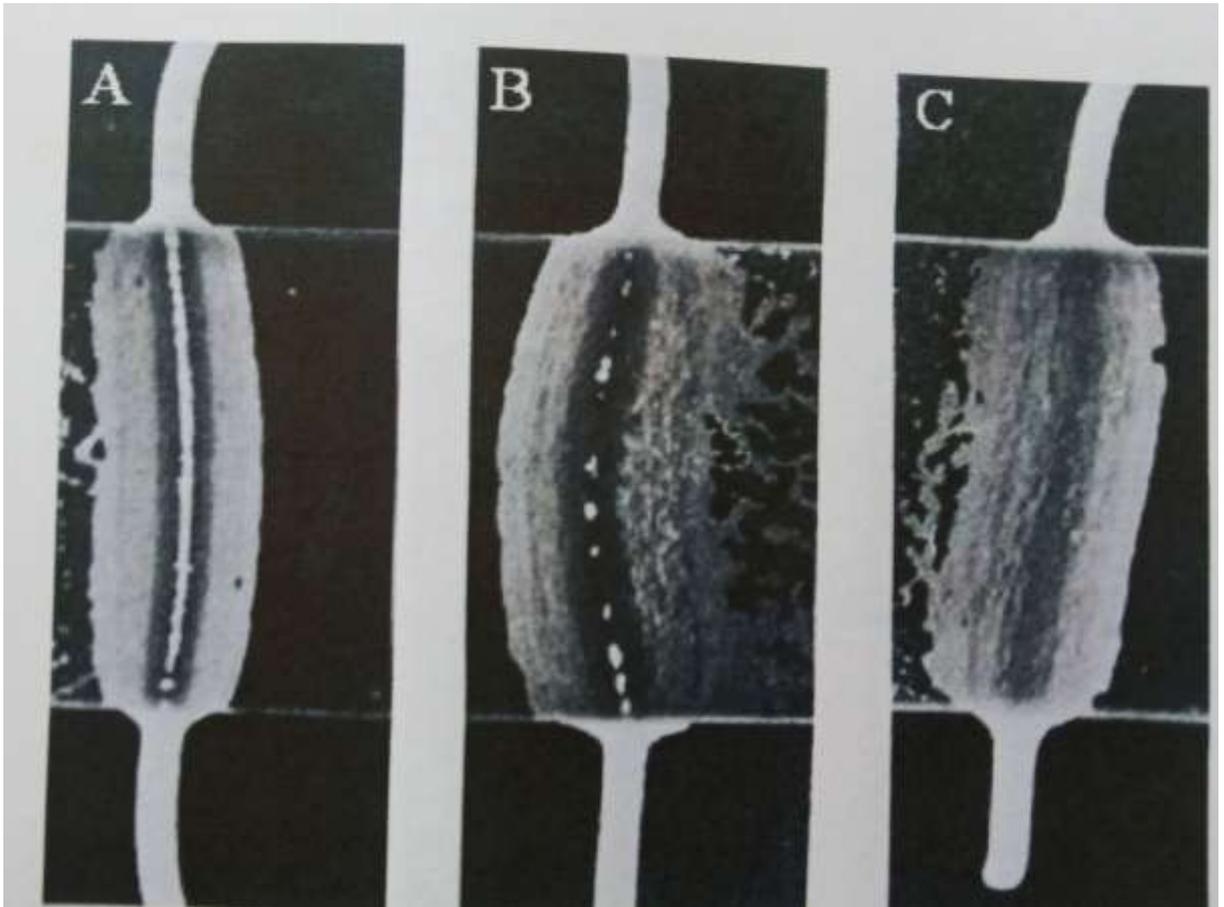
Figure 08 : résultats du test de cuisson







**Photographies :** Résultats des tests de cuisson des 03 échantillons.



**Figure 09:** Illustration du test de la ligne blanche utilisé pour la détermination du temps optimal de cuisson. (Petitot, 2009).

- A : pâte non cuite,
- B : pâte cuite,
- C : pâte cuite au temps optimal de cuisson.

- Le gonflement rend compte de l'aptitude de la pâte cuite à retenir plus ou moins d'eau. Ce paramètre influe directement sur le poids des pâtes cuites.
- D'après le tableau 11, la capacité de fixation d'eau des pâtes alimentaires est de 372.92% (blé 1), 445.3 % (blé 2), 540 % (blé 3).
- Ces résultats sont en accord avec ceux de OKANDZA (2000) [59], qui travaille sur des variétés locales Algériennes a souligné que la capacité de fixation d'eau est un paramètre qui dépend du milieu de culture.
- La force de gonflement indique la capacité de l'amidon à s'hydrater sous des conditions spécifiques ( $T^0$  =/temps) ainsi que par le réseau protéique

- Dans les pertes à la cuisson on détermine les pertes des substances dans l'eau de cuisson, celle - ci doit rester aussi limpide que possible
- Nous constatons d'après le tableau 11, que les valeurs des pertes à la cuisson des échantillons blé 3 et blé 2 et blé 1 sont respectivement de 16,290 ; 18,016 ; 27,460 g / 100g ms. L'échantillon blé 3 se montre plus résistant à la cuisson que les autres échantillons

D'une manière générale, les consommateurs souhaitent que les pâtes restent fermes et ne collent pas après cuisson. Dans l'ensemble la qualité culinaire des pâtes dépend des caractéristiques des blés mise en œuvre (potentiel de qualité propre à la variété mais pouvant s'exprimer différemment selon les conditions de culture de la plante), de la pureté des semoules (taux d'extraction) et des conditions de fabrication des pâtes (AUTRAN, 1996) [60],

- Afin de compléter l'évaluation de la qualité organoleptique des pâtes alimentaires fabriquées nous les avons soumises à un test de dégustation par un jury composé de trois dégustateurs pour juger leur acceptabilité et à qui on a demandé de noter les différents caractères étudiés (fermeté, délitescence), selon une échelle de notation allant de un à neuf.

L'état de surface (délitescence) et la texture (fermeté, viscoélasticité et masticabilité) sont les deux caractéristiques déterminant le jugement porté par le consommateur sur la qualité culinaire des pâtes alimentaires (ABECASSIS et al. 1984) [61],

Nos résultats sont regroupés dans le tableau 11, notre discussion est basée sur les résultats obtenus au (T + 6) car c'est le temps optimum de cuisson des pâtes.

D'après les scores nous estimons que les pâtes issues des échantillons blé 3 et blé 1 sont plus et au moins délitescences que l'échantillon blé 2.

Pour les pâtes de mauvaise qualité, le réseau protéique est insuffisamment ferme, l'amylose solubilisée tend à diffuser hors du grain d'amidon gélatinisés et à passer dans l'eau de cuisson

Quant à L'arôme et le goût l'ensemble des dégustateurs ne semble pas détecter un changement d'arôme et de goût entre les différentes pâtes, car toutes les pâtes alimentaires sont fabriquées à partir des semoules pures de blé dur.

Une analyse statistique des résultats est nécessaire pour confirmer notre supposition.



*Conclusion générale*

Le présent travail a trait à l'étude qualitative et comparative entre 3 échantillons de blé issus d'une même variété (beliouni) provenant de deux endroits différents (la région BENI MELLOUL et EL DHARA) de la wilaya de Sétif.

La qualité du produit fini (ici les pâtes) dépend de celles des matières premières le blé et de la semoule issue de ce blé c'est pour cela que nous avons étudiés leurs caractéristiques physico-chimiques et technologique de ces échantillons.

La teneur en eau des grains de blé est dans les normes (J.O.R.A 2017) pour l'ensemble des échantillons et quel que soit l'année de récolte.

Pour la teneur eu cendre des grains l'échantillon blé 2 et blé 3 sont très minéralisés et dépassent la norme fixée par le J.O.R.A 2017.

L'échantillon blé1 montre un taux de Mitadinage plus élevé que le blé 2 et blé 3 ceci est du probablement à la fertilité du sol de Béni Melloul qui est à corriger.

Quant aux poids spécifiques ils dépassent la norme  $\geq 74g / h$  et par voie de conséquence le rendement semoulier élève.

Les impuretés dépassent 6% limite de tolérance de la norme INAPI 1978. Durant la conservation ces blés sont plus exposés aux altérations physico-chimiques du grain.

Quant aux semoules elles ont des taux d'extraction faibles par rapport à ceux des industries, leur teneur eu gluten humide et gluten index sont dans les normes (NF et ISO N°155 et N°158). Par contre le gluten sec ne répond pas aux normes établies.

Les indices de brun et de jaune se sont révèlés faibles pour l'ensemble des échantillons  
Le test de sédimentation en milieu SDS a donné des volumes de sédimentation très faible pour l'ensemble des échantillons.

Les résultats du texte au mixographe qui sont la hauteur du pic le temps de développement et affaiblissement nous a permis de classer nos échantillons blé 2 et blé3 en blés faible et échantillons blé1 en blé moyen.

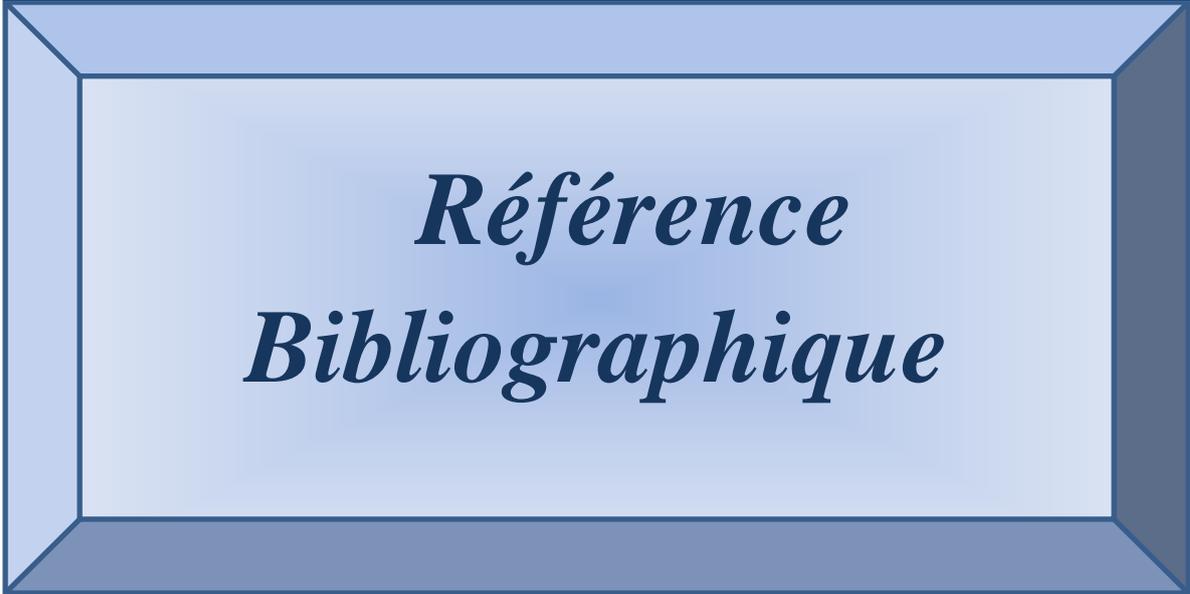
Pour les pâtes alimentaires :

La classification des échantillons étudiés sur la base des propriétés culinaires des pâtes alimentaires a conduit aux conclusions suivantes :

D'après les scores obtenus nous estimons que les pâtes issues des échantillons de blé 3 et blé 1 sont les plus au moins délitescents, et le blé 1 est plus ferme que les autres échantillons par ailleurs on note que l'échantillon blé 2 présente une mauvaise tenue à la surcuisson.

L'aspect et la qualité culinaire des pâtes sont influencés par la composition biochimique et l'état physique (granulométrie) des semoules eux même liés à l'origine histologique des produits aussi la teneur en protéine est la propreté du grain qui influe sur la qualité culinaire des pâtes alimentaires, plus la teneur à la protéine augmente, plus les pâtes seront fermes et moins elles seront collantes.

En perspective une analyse statistique est nécessaire pour confirmer ces résultats



*Référence  
Bibliographique*

1. Boukhemia Annou, S. Aptitudes technologiques de quelques variétés de blé dur local : interaction amidon – protéine. thèse de magister 2002/2003.
2. Ait-Kaki, S. 2007. Contribution à l'étude de l'interaction génotype x milieu, pour la qualité technologiques chez le blé dur en Algérie. Thèse de doctorat. Option : Biologie végétale et Amélioration des Plantes. Université Badji Mokhtar-Annaba : 33-37 p.
3. Abecassis, J. 1993. Nouvelles possibilités d'apprécier la valeur meunière et la valeur semoulière des blés, Industries des céréales N° 81, 35 p.
4. Aidani H. (2015). effet des attaques de capucin des grains (*rhizopertha dominica*) sur les céréales stockées, estimation sur la perte pondérale et le pouvoir germinatif cas de blé dur dans la région de Tlemcen. mémoire de master en agronomie université abou bekr belkaid - Tlemcen : 15 p.
5. Barron, C., Abecassis, J., Chaurand, M., Lullien-Pellerin, V., et al. 2012. Accès à des molécules d'intérêt par fractionnement par voie sèche. UMR-IATE Ingénierie des Agro polymères et Technologies Emergentes INRA, CIRAD, SUPAGRO, UM II Montpellier, France. N° 19 : 51-62 p.
6. Berton, B. 2002. Hydratation par adsorption de vapeur d'eau ou par immersion des farines de blé et de leurs constituants. Alimentation et Nutrition. Institut National Polytechnique de Lorraine. France : 205 p.
7. Matz Samuel A. (1991). The chemistry and technology of cereals as food and feed. Second Edition. Springer ; 751 P.
8. Srilakshmi B. (2007). Food Science. New Age International Publishers; 456 P.
9. Fulcher R.G., Wong SI. (1980). Inside Cereals; A fluorescence micro chemical view. In cereals for food and beverages, Inglett GE, Munck L (Eds) New York, Academic Press; 126 P.
10. Melle Nait Djoudi, K. Contribution à l'étude comparative de l'évolution des caractéristiques microbiologiques, physico - chimiques biochimiques et rhéologiques d'une semoule stockée dans trois types d'emballage (coton, kraft et polyéthylène). Mémoire présentée à L' U.S.T.H.B pour l'obtention du grade
11. Feillet, P. 2000. Le grain de blé : composition et utilisation. Paris, FRA : Éditions INRA : 308p.
12. Manay Shakuntala N., Shadaksharaswamy M. (2001). Foods: Facts and principles. Second Edition. New Age International Publishers.
13. Bushuk W., Rasper V.F. (1994). Wheat: Production, properties and quality. Blackie Academic & Professional. Springer; 239 P.
14. Roudaut Héléne., Lefrancq Evelyne. (2005). Alimentation théorique : Sciences des aliments. Doin éditeurs. France ; 303 P.
15. Massaux C., Bodson B., Lenartz J., Sindic M., Sinnaeve G., Dardenne P., Falisse A., Deroanne C. (2006). L'amidon natif du grain de blé : un composé naturel à valoriser par la connaissance de ses propriétés techno-fonctionnelles. Livre blanc «céréales ».F.U.S.A et CRA- W. Gembloux.
16. Be Miller James. Whistler Roy. (2009). Starch: Chemistry and technology. Third Edition. Food Science and Technology; 894 P.
17. Zahid, A. 2010. Mécanismes cellulaires et moléculaires régissant le métabolisme des semences de céréales Rôle du réseau rédoxines - Système antioxydant dans la prédiction de la qualité germinative. Thèse de doctorat présenté à l'université de Toulouse pour l'obtention du grade de Docteur universitaire : 18-45 p
18. DACOSTA Y, 1986 : Le gluten de blé et son application APRIA- Association pour la promotion industrielle agriculture. Paris ed P 29-56.

19. POPINEAU Y., 1985. Propriétés biochimiques et physico - chimiques des protéines de céréales. In protéines végétales, Tech & doc / Apria, pp. 161-210
20. Ouzo line, M., Tahani, N., Elamrani, A., Serghini C.-H. 2009. Comparaison De La Composition Lipidique De Grains De Blé Dur Et Blé Tendre De Variétés Marocaines. Les Technologies De Laboratoire - N° 15 : 9-15 p.
21. Djelti, H. 2014. Étude de la qualité du blé tendre utilisé en meunerie algérienne. Mémoire de magistère. Option : Technologie Des industries Agro-alimentaire. Université Abou Bekr Belkaid- Tlemcen : 51 p
22. Saulnier, L. 2012. Les grains de céréales : diversité et compositions nutritionnelles. Cahiers de nutrition et diététique, N° 47 : 4-15 p.
23. Boudreau Armand., Ménard Germain. (1992). Le blé : Éléments fondamentaux et transformation. Presses de l'Université LAVAL. Paris ; 439 P
24. Sindic M., Massaux C., Parideans A.M., Lenartz J., Vancutsem F., Bodson B., Sinnaeve G. (2010). Valorisation de l'amidon de blé. Incidences des modalités de culture sur les propriétés techno-fonctionnelles. Presses Agronomiques de Gembloux
25. Cauvain Stanley P. (2003). Bread making: improving quality. Woodhead publishing in Food Science and technology; 589 P.
26. Salleh A.B., Abdul Rahman R.N.Z.R., Basri M. (2006). New lipases and proteases. Nova science Publishers. 159 P.
27. Edwards W.P. (2007). The science of bakery Products. The Royal Society of Chemistry; 259 P.
28. Cichoke A. J. (1999). The complete book of enzyme therapy. 492 P.
29. Roberts Michael., Reiss Michael., Monger Grace. (2000). Advanced Biology. Nelson. 800 P.
30. Soetaert Wim., Vandamme Erick J. (2010). Industrial biotechnology: sustainable Growth and economics success. John Wiley & Sons; 476 P.
31. ABECASSIS J., GAUTIER M.F., AUTRAN J.C., 1990 : La filière blé dur : pâtes alimentaires. Industrie Agroalimentaires : 475-482.
32. ABECASSIS J., 1991 : La mouture du blé dur. In, les industries de première transformation des céréales. (in GODON B. et WILLM C.).Ed. Tec et Doc- Apria : 362-393.
33. ABECASSIS J., 1987 : La mouture d'essai du blé dur : Recherche et applications industrielles. Mémoire d'ingénieur. Ed. École nationale supérieure de meunerie et des industries céréalières. 158p.
34. FEILLET, (2000) : Le grain de blé, composition et utilisation. Ed : INRA
35. GODON.B. (1998) : Composition biochimique des céréales. In : Les industries de premières transformations des céréales. Ed : Tec et Doc. Lavoisier. Paris. 57-74
36. GERRARD.M., BOUDREAU.A., BOULET.M., GOULET. J., MARTEL. R., POULIOT. Y et SIMARD. R., (1996) : L'homme et ses aliments. Initiation à la science des aliments. Les presses de l'université Laval.
37. GODON.B., (1991) : Composition biochimique des céréales. In : Les industries de premières transformations des céréales. Ed : Tec et Doc, Lavoisier, Paris. 77-103.
38. FRANCONIE. H, CHASTANET. M et SIGAUT. F., (2010) : Couscous, boulgour et polenta. Transformer et consommer les céréales dans le monde. Ed : Karthala, Paris.
39. BOUDREAU. A et MENARD. G., (1992) : Le blé, éléments fondamentaux et transformation. Ed : les presses de l'université de LAVAL.
40. WILLM. C., (1992) : Élaboration de nouveaux produits de meunerie. Industrie des céréales N°78. Paris, France, p. 5-7.
41. JEANTET. R., CROGUENNEC. T., SCHUCK. P et BRULE. G., (2007) : Du blé au pain et aux pâtes alimentaires. In : Sciences des aliments, Biochimie-microbiologie-

- procédés produits. V2 : Technologie des produits alimentaires. Ed : Tec & Doc, Lavoisier, Paris. 137- 180.
42. BONJEAU A et LEBLOND R., (2000) : Du grain au pain. Le trésor du blé, www.naturosant.com.
  43. FEILLET P., 1986 : L'industrie des pâtes alimentaires : Technologie de fonction, qualité des produits finis et des matières premières. I.AA octobre (1986). Pp 978-986.
  44. SABLONNIERE B., 2001 : Technologie alimentaire Ellipses édition Marketing S.A. 190p
  45. ABECASSIS J.1991 : Qualité du blé dur. De la semoule et des pâtes alimentaires. Industrie des céréales, 72 : 7-11 .
  46. ICARD C et FEILLET P., 1997 : Effet des phénomènes d'oxydoréduction au cours de la fabrication des pâtes alimentaires .Ind.Agr.Alim p : 4-18
  47. VILLEGAS E., MC DONALDC E et GILLES K.A., 1970 : Variability in the lysine content of wheat , rye and triticale protein *céréales chim.* . 47 : 746-757 .
  48. Brennan, P. 1984. La meunerie. In : *céréales et oléagineux, manutention, commercialisation et transformation.* Éd : institut international du canada pour le grain, 1000- 303 main street 3<sup>o</sup>éd
  49. Soltner, D. 2005. Les grandes productions végétales, Ed. Sciences et techniques agricoles, 20<sup>e</sup> éd.
  50. Mahaut, B., 1996. Comment évalue-t-on la qualité d'un blé dur?, In colloque "perspectives blé dur". éd. ONIC, ITCF, France.
  51. FEILLET P., 2000 : Le grain de blé : composition et utilisation. Paris : INRA édition : 308 p.
  52. SCHEFTEL J.C., CHEFTEL H., 1977 : Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments volume 1 : 105-127 .
  
  53. GROSH W., 1986: Redox systems in dough. In : *chemistry and physics of baking* J.M.V. Blanshard , P.J. frazier , and T.Galiard , eds- royal society of chemistry : London .
  54. GODON B et LOISEL V., 1997 : Guide pratique d'analyse dans les industries des céréales 2<sup>e</sup> édition Tec et Doc. Lavoisier – 810 p.
  55. DEXTER J.E et MATSUO P.R. , 1977 : Influence of protein contain on some durum wheat quality , *parametus can j.plan sci .* , p 712-727.
  56. DACOSTA Y, 1986 : Le gluten de blé et son application APRIA- Association pour la promotion industrielle agriculture. Paris ed P 29-56.
  57. WILLIAMS P. , HARMEIN F. , NAKKOUL H et RIHAWI S. , 1988 : Corp quality evaluation methods and guidelines.p.o . Box 5466, ALEPPO, Syria second. Edition (Revised) May, 1988.
  58. HOULIAROPOULOS E., ABECASSIS J., AUTRAN J.-C., 1981. Produits de mouture du blé dur : coloration et caractéristiques culinaires. *Industries des céréales*, n. 12, p.p. 3-13.
  59. OKANDZA Y., 2000 : Caractérisation technologique et biochimique de quelque variété de blés durs algériens. Thèse Magistère. INA, Alger.
  60. AUTRAN J C., 1996 : La qualité culinaire. De quoi est- elle faite ? Colloques " perspective blé dur «. Toulouse Labège, France 59-11.
  61. ABECASSIS J., et FEILLIT P., 1984 : Influence de la température de séchage sur l'aspect et la qualité culinaire des pâtes alimentaires. *Ind- Céréales*, 31 pp 13-18.

# **ANNEXES**

**ANNEXES 01****Norme SDS : [57],**

<b>SDS (ml)</b>	<b>Potential Boulanger</b>
<b>&gt; 80</b>	<b>Exceptionnel fort</b>
<b>70-79</b>	<b>Très fort</b>
<b>60-69</b>	<b>Fort</b>
<b>50-59</b>	<b>Force moyenne</b>
<b>40-49</b>	<b>Proche faible</b>
<b>30-39</b>	<b>Faible</b>
<b>20-29</b>	<b>Très faible</b>
<b>&lt; 20</b>	<b>Exceptionnel faible</b>

**ANNEXES 02****Norme de mixographe : [57],**

<b>Temps de développement</b>	<b>Hauteur de la courbe</b>	<b>Tolérance</b>	<b>Force</b>
<b>4.5-6</b>	<b>70 +</b>	<b>0 - 5</b>	<b>Très fort</b>
<b>3.4 - 4.4</b>	<b>60 -69</b>	<b>5 - 10</b>	<b>Fort</b>
<b>2.5 – 2.4</b>	<b>50 - 59</b>	<b>10 - 25</b>	<b>Moyen</b>
<b>1.5 – 2.4</b>	<b>40 - 49</b>	<b>25 - 40</b>	<b>Faible</b>
<b>0 – 1.4</b>	<b>&lt; 40</b>	<b>&lt; 40</b>	<b>Très faible</b>

## ANNEXES 03

Table de correspondance de quantité d'eau ajoutée en fonction du taux de protéines pour le mixogramme. Université Américaine du Nord DACOSTA : station expérimentale d'agriculture (Département de technologie des céréales ,1987)

<b>Teneur en protéine % de la semoule</b>	<b>Quantité d'eau à ajouter (ml)</b>
16	6.6
15.5	6.55
15	6.5
14.5	6.45
14	6.4
13.5	6.35
13	6.3
12.9	6.29
12.8	6.28
12.7	6.27
12.6	6.26
12.5	6.25
12.4	6.24
12.3	6.23
12.3	6.22
12.2	6.21
12.1	6.20
12	6.19
11.9	6.18
11.8	6.17
11.7	6.16
11.6	6.15

11.5	6.14
11.4	6.13
11.3	6.12
11.2	6.11
11.1	6.10
10	6.09
10.9	6.08
10.8	6.07
10.7	6.06
10.6	6.05
10.5	6.04
10.4	6.03
10.3	6.02
10.2	6.01
10	6.0

**ANNEXES 04**

Échelle de classification des indices de coloration de HOUIAROPOULOS et al, (1981).

<b>Indice de jaune b*</b>	<b>Appréciation</b>	<b>Indice de brun (100-L*)</b>	<b>Appréciation</b>
> 35	Élevé	>21	Élevé
28 à 35	Moyen	18 à 21	Moyen
< 28	Faible	< 18	Faible

## Résumé :

Le secteur des céréales occupe une place très importante dans l'économie algérienne car l'Algérie appartient au groupe des plus gros importateurs de blé dans le monde, et avec l'élévation du niveau de vie, le consommateur aujourd'hui, recherche de plus en plus des produits de qualité.

L'objectif de cette étude est de déterminer les aptitudes technologiques de 3 échantillons d même variété BELIOUNI et caractéristiques physico-chimiques.

La qualité du blé dur ne se définit pas d'une façon simple, sachant que les échantillons de celle - ci dépendent de plusieurs facteurs : dont les pratiques culturales, le climat, le transformateur et de l'usage final.

Les différents composants de la semoule déterminent la structure de la pâte et interagissent entre eux de différentes manières.

**Mots clé :** Blé dur, Variété, Aptitudes, échantillon, pâte, beliouni, semoule.

## Abstract:

The cereals sector occupies a very important place in the Algerian economy because Algeria belongs to the group of the largest importers of wheat in the world, and rising living standards, consumers today search more quality products.

The objective of this study is to determine the technological aptitudes of 3 samples of the same BELIOUNI variety and the physico-chemical characteristics.

The quality of durum wheat is not defined in a simple way, knowing that variations in it depend on several factors: including cultivation practices, climate, processor and end use.

The different components of semolina determine the structure of the dough and interact with each other in different ways.

**Key words:** durum wheat, variety, aptitudes, sample, dough, beliouni, durum.

## ملخص:

يحتل قطاع الحبوب مكانة بالغة الأهمية في الاقتصاد الجزائري لأن الجزائر تنتمي إلى مجموعة أكبر مستوردي القمح في العالم , ومع ارتفاع مستوى المعيشة , يبحث المستهلك اليوم عن المزيد و المزيد من المنتجات عالية الجودة.

الهدف من هذه الدراسة هو تحديد القابلية التكنولوجية لثلاث عينات من نفس صنف البليوني و الخصائص الفيزيائية و الكيميائية.

نوعية القمح الصلب و السميد تتوقف على عدة عوامل منها التحضير أثناء الغرس , المناخ , طريقة التحويل و الاستعمال النهائي.

إن مكونات السميد تتدخل في بنية العجينة و تتفاعل فيما بينها بشتى الطرق حيث أن تفاعل النشاء مع البروتين ( غليادين يشكل مصفوفة تمنع تسرب الأميلوز النشاء أثناء الطهي.

**كلمات مفتاحية:** قمح الصلب، صنف، قابلية، العينة، العجينة، البليوني، السميد.