

جامعة جيجل  
كلية العلوم الطبيعية و الحيوان

المكتبة

رقم الجرد : 1487

République algérienne démocratique et populaire  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



Université de Jijel  
Faculté des sciences  
Département écologie & environnement

جامعة جيجل  
كلية العلوم  
قسم علم البيئة و المحيط

*Mémoire de fin d'études*  
*En vue de l'option du diplôme d'étude supérieure en biologie*  
*Option : bio physiologie végétale*

# Thème

*Technologie des céréales*  
*et*  
*produits dérivés*  
*(Cas de blé)*

**Jury :**

Président : *Mr Kermiche . A*  
Examineur : *Mr Chahreddine . S*  
Encadreur : *Mr Bouldjedri . M*

Présenté par :  
*Boudriat Nadia*  
*Boukhouna Samah*

**Session : juin 2009**



## Sommaire

<b>Introduction</b>	<b>01</b>
<b>Chapitre I : Généralités</b>	
<b>1.1. Historique des céréales</b>	<b>02</b>
<b>1.2. Généralités sur le blé</b>	<b>03</b>
<b>1.2.1. Biologie du blé</b>	<b>03</b>
<b>1.2.1.1. Caractères botaniques du grain de blé</b>	<b>03</b>
<b>1.2.1.2. Production du blé en Algérie</b>	<b>03</b>
<b>1.2.1.3. L'importation et production du blé en Algérie</b>	<b>04</b>
<b>1.2.2. Définition et structure des grains de blé</b>	<b>04</b>
<b>1.2.3. Composition chimique du grain de blé</b>	<b>08</b>
<b>1.2.4. Facteurs influençants sur la composition chimique du grain de blé</b>	<b>11</b>
<b>chapitre II : Stockage des céréales</b>	
<b>2.1 Propriétés physicochimiques des grains après la récolte</b>	<b>13</b>
<b>2.2 Qualités nutritionnelle et technologiques à préserver</b>	<b>14</b>
<b>2.3 Mécanismes physicochimiques de l'altération</b>	<b>15</b>
<b>2.4 Mode de stockage du blé</b>	<b>17</b>
<b>Chapitre III : Le blé</b>	
<b>3.1 Le blé tendre</b>	<b>18</b>
<b>3.1.1 Différentes catégories de blé tendre</b>	<b>18</b>
<b>3.1.2 Utilisation du blé tendre</b>	<b>18</b>
<b>3.1.3 Définition des méthodes d'appréciation de la qualité du blé tendre</b>	<b>19</b>

<b>3.1.4 Transformation du blé tendre</b>	<b>25</b>
<b>3.1.4.1 Définition de la meunerie</b>	<b>25</b>
<b>3.1.4.2 Influence de la composition et la structure du grain de blé tendre sur les caractéristiques fonctionnelles technologiques</b>	<b>26</b>
<b>3.1.4.3 Différents types de farine liée à leur utilisation</b>	<b>26</b>
<b>3.1.4.4 Critère d'orientation du blé tendre</b>	<b>26</b>
<b>3.2 Le blé dur</b>	<b>27</b>
<b>3.2.1 Définition</b>	<b>27</b>
<b>3.2.2 Utilisation du blé dur</b>	<b>28</b>
<b>3.2.3 Paramètres physicochimiques et qualité du grain de blé dur</b>	<b>29</b>
<b>3.2.4 Semoule</b>	<b>32</b>
<b>3.2.4.1 Définition de la semoule</b>	<b>32</b>
<b>3.2.4.2 Composition et valeur alimentaire et utilisation de la semoule</b>	<b>33</b>
<b>3.2.4.3 Diagramme de fabrication</b>	<b>34</b>
<b>3.2.4.4 Définition des étapes du procédé de fabrication</b>	<b>35</b>
<b>3.3 Mouture de blé</b>	<b>37</b>
<b>3.3.1 Quelques</b>	<b>37</b>
<b>3.3.2 Principe de la mouture</b>	<b>38</b>
<b>3.3.3 Différents produits de la mouture</b>	<b>39</b>
<b>Chapitre IV : Technologie de panification</b>	
<b>4.1 Principe de base de la panification</b>	<b>41</b>
<b>4.2 Principaux constituants et leur rôles dans la panification</b>	<b>43</b>
<b>4.3 Constituants de la pâte</b>	<b>44</b>

**Conclusion**

# INTRODUCTION

## Introduction

Les céréales sont produites en quantité énorme dans le monde, on compte le blé et le riz parmi les céréales les plus importantes, en effet, les grains de céréales et leurs dérivés représentent l'apport principale de calories de l'alimentation humaine, particulièrement dans les pays en voie de développement : cependant la valeur nutritionnelle des protéines d'origine des grains de céréales est relativement faible, pour cela à l'heure actuelle beaucoup de recherches sont déployées pour obtenir des variétés de blé de maïs et de riz par croisement génétique qui soient non seulement à haut rendement et a résistance élevée mais qui ~~aient~~<sup>ont</sup> aussi une teneur accrue en protéine et surtout en lysine et en tryptophane : pour améliorer leur valeur nutritionnelle.

L'Algérie ne couvre que 25% de ses besoins en céréales le déficit est comblé par l'importation ; le blé est la première céréale échangée, il faut donc une bonne maîtrise de la technologie de transformation des céréales afin de maximiser cette denrée de première nécessité pour notre société et d'avoir des produits marchands ~~et~~<sup>loyaux</sup>. L'objectif de notre travail est de souligner l'importance des céréales et de leurs produits dérivés dans l'alimentation humaine ainsi que les procédés technologiques de transformation.

# Chapitre I



### 1.1 Historique des céréales :

Les céréales sont des plantes de la famille de Graminées (Blé, avoine, orge, riz, maïs et sorgho), dont le grain possède une amande amylacée ; susceptible d'être utilisée dans l'alimentation humaine ou animale, excepté le sarrasin qui fait partie de la famille des Polygonacées (JUSSIAX, 1968 ; CALVEL, 1984).

Les céréales sont d'un emploi de plus en plus diversifié dans les pays industrialisés. Les grains de céréales et leurs dérivés représentent l'apport principal des calories de l'alimentation humaine et l'apport principal des protéines dans de nombreuses régions sous développées (CHEFTEL et CHEFTEL, 1984).

Le terme de blé vient probablement du gaulois "blato" à l'origine du vieux français : blaie, blée, blaver d'où le verbe emblaver qui signifie ensemercer en blé et désigne les grains qui broyés, fournissent de la farine pour des bouillies (polenta), des crêpes ou du pain. [HENRY et DEBYSER (1961) cité par NAMOUNE, 1989].

Le blé sauvage a été découvert sur un site de la GALILÉE vers 19000 (avant J-C); sa collecte débute vers 12500 (avant J-C). Il a alors été récolté à l'aide de silex taillés et broyés pour obtenir de la farine et fabriquer du pain. Vers 1000 (avant J-C) apparaissent des formes de blé cultivées et sélectionnées avec des grains plus grossi. Vers 6000 (avant J-C), le blé est importé dans la vallée du Nil en Egypte, puis vers 5000 (avant J-C), la culture du blé se répand en Europe (ENCARTA, 2005).

Il y a plus de 4000 ans déjà, l'homme se nourrissait d'orge. C'est en premier lieu en Abyssinie que l'on trouve l'origine de l'orge de culture : des fouilles effectuées en Egypte, à 100 km du Caire, ont établi qu'on cultivait là cette céréale, à une époque qui se situe entre 8000 et 3000 ans avant J.C. Un second lieu d'origine se trouve vraisemblablement au Sud-Est de l'Asie (Tibet, Népal et Chine) (ANONYME, 2007).

L'orge était connue en Europe centrale avant le froment. On en faisait un pain rudimentaire, une sorte de galette. Des découvertes archéologiques ont permis d'établir que la première orge à être cultivée en Europe était celle citée "à six rangs". On en découvrit dans les vestiges des habitations lacustres en Suisse (datant de 2000 à 3000 ans avant J.C.) (ANONYME, 2007).

## 1.2 Généralités sur le blé

### 1.2.1. Biologie du blé

#### 1.2.1.1 Caractères botaniques du grain de blé

Le blé est une plante monocotylédone de la famille des Graminées, appartenant au groupe du genre *Triticum* (ENCARTA, 2006).

Le blé est cultivé pour l'alimentation humaine depuis des temps très anciens. Il se distingue de l'ensemble des autres graminées par les propriétés physico-chimiques de son gluten qui permet d'obtenir des produits céréaliers alvéolés après fermentation et cuisson (ADRIAN, 1995).

Il en existe plusieurs espèces qui se distinguent par le nombre de chromosomes de leurs cellules. Les espèces ancestrales, originaires de Syrie et de Palestine, ont 14 chromosomes, elles sont dites diploïdes, car elles possèdent ( $2n$ ) chromosomes, ( $n$ ) étant ici égal à 7. Le blé dur, *Triticum durum*, appelé ainsi en raison de la dureté de son grain, est issu du croisement entre deux espèces ancestrales. Il possède deux fois plus de chromosomes, soit 28 ; il est tétraploïde, avec 4 fois 7 chromosomes. Le blé tendre, *T. aestivum*, d'origine Afgano – indienne, est hexaploïde, avec 6 fois 7 chromosomes, soit trois fois plus que l'espèce originelle (ENCARTA, 2006).

#### 1.2.1.2 Production du blé dans le monde :

Des rendements meilleurs que prévus, surtout en Russie, permettent d'augmenter de 2 millions les estimations de production mondiale de blé, qui grimpent à 587 millions de tonnes, tout de même en retrait de 31 millions de tonnes sur le total de l'année 2005.

Les estimations de consommation sont majorées de 1,0 millions de tonnes et passent à 607 millions de tonnes. L'utilisation dans l'alimentation animale en Russie est en hausse du fait de l'augmentation des effectifs porcins et avicoles et les pâturages assoiffés de l'Australie ont forcé les éleveurs à mettre leurs bovins dans des parcs d'engraissement.

Les estimations d'échanges mondiaux de blé font 1 million de tonnes de moins que le mois d'octobre 2006 à 109 millions de tonnes, contre 108 millions en 2005/06. Les prix plus élevés brident la demande dans certains pays d'Afrique et du Proche-Orient asiatique, mais les estimations d'importations du Brésil et du Chili ont été augmentées suite à leur plus petite récolte. Du fait d'un accroissement de l'utilisation intérieure, les



projections d'exportations de l'Australie au cours de la campagne de commercialisation reculent de 0,6 millions pour tomber à 12,9 millions de tonnes, mais la Russie pourrait exporter 8,4 millions de tonnes, 0,4 millions de plus que les estimations antérieures.

Les stocks de clôture cumulés des cinq principaux exportateurs devraient rester inchangés à 32 millions de tonnes, soit 23 millions de moins qu'un an plus tôt (ANONYME, 2007).

### **1.2.1.3 Importation et production de blé en Algérie :**

L'Algérie reste en tête des pays importateurs de blé dans le monde, avec un tonnage supérieur à cinq millions de tonne , dont le facteur a totalisé, en 2005, un milliard de dollars.

Selon un récent rapport des douanes algériennes, les importations sont passées en 2005 de 5.017 millions de tonnes à 5.563 millions de tonnes, l'année suivante. Cette hausse confirme la vulnérabilité de notre pays par rapport à un produit stratégique et boursier. Par ailleurs, la France demeure le premier fournisseur de l'Algérie, suivie du Canada, des Etats-Unis et de la Turquie.

L'Algérie importe également du blé de Russie, d'Ukraine, de Bulgarie, d'Argentine, de République Tchèque, d'Allemagne et du Mexique.

Près de 1.5 millions de tonnes de blé dur pour une valeur de 292.42 millions de dollars et 942.049 tonnes de blé tendre, pour 155.15 millions de dollars sont importés de la France. Ceci dit, la production algérienne de blé a atteint 2.4 millions de tonnes dont 1.6 de blé tendre. Cette production reste très insuffisante pour couvrir les besoins du marché national et alimenter les stocks (ANONYME, 2006).

## **1.2.2 Définition et structure du grain de blé**

### **1.2.2.1 Définition du grain de blé**

Le grain de blé constitue le fruit de la plante, c'est un fruit sec (caryopse) qui contient à l'intérieur la graine proprement dite (CALVEL, 1984).

Le grain de blé est ovale, arrondi à ses deux extrémités qui sont inégales et de grosseur variable, son examen révèle :

- Une face dorsale plus ou moins bombée.
- Une face ventrale, comportant un sillon profond.

A sa partie supérieure, se trouvent des courts poils qui forment la brosse.

A sa partie inférieure, visible sur la face dorsale se trouve une légère dépression correspondante à l'embryon ou le germe (CALVEL, 1984).

### 1.2.2.2 Structure du grain de blé

Le grain de blé comprend trois parties principales : l'enveloppe, l'amande farineuse et le germe, chacune de ces parties est formée de réseaux très complexes (ANONYME, 2006).

Le grain de blé est obtenu après le battage, c'est-à-dire une fois que les balles enveloppantes ont été supprimées.

La couleur des grains de blé varie généralement du roux au blanc et pourpre à l'occasion. La longueur est de 0,48 à 0,95 centimètres et le poids est d'environ 35 milligrammes selon les variétés et le degré de maturité (BOUDREAU, 1992).

L'anatomie du grain de blé n'apparaît pas à l'œil nu sans l'examen de coupes microscopiques qui permet de distinguer (Figure 1) :

- Les enveloppes ou l'écorce ou son.
- L'albumen ou amande farineuse.
- Le germe.

Les parties constituantes du grain de blé sont riches en matières minérales et possèdent également une teneur élevée en fibres et en acide phytique, et sont considérées comme une forme de stockage de phosphore dans les graines à maturité.

L'albumen quant à lui est constitué de granules d'amidon enchâssées dans le réseau protéique, en particulier le gluten.

L'amidon est le plus important en poids, suivi des matières protéiques.

Le germe, enfin, constitue la future plante et assure l'identité génétique de la variété.

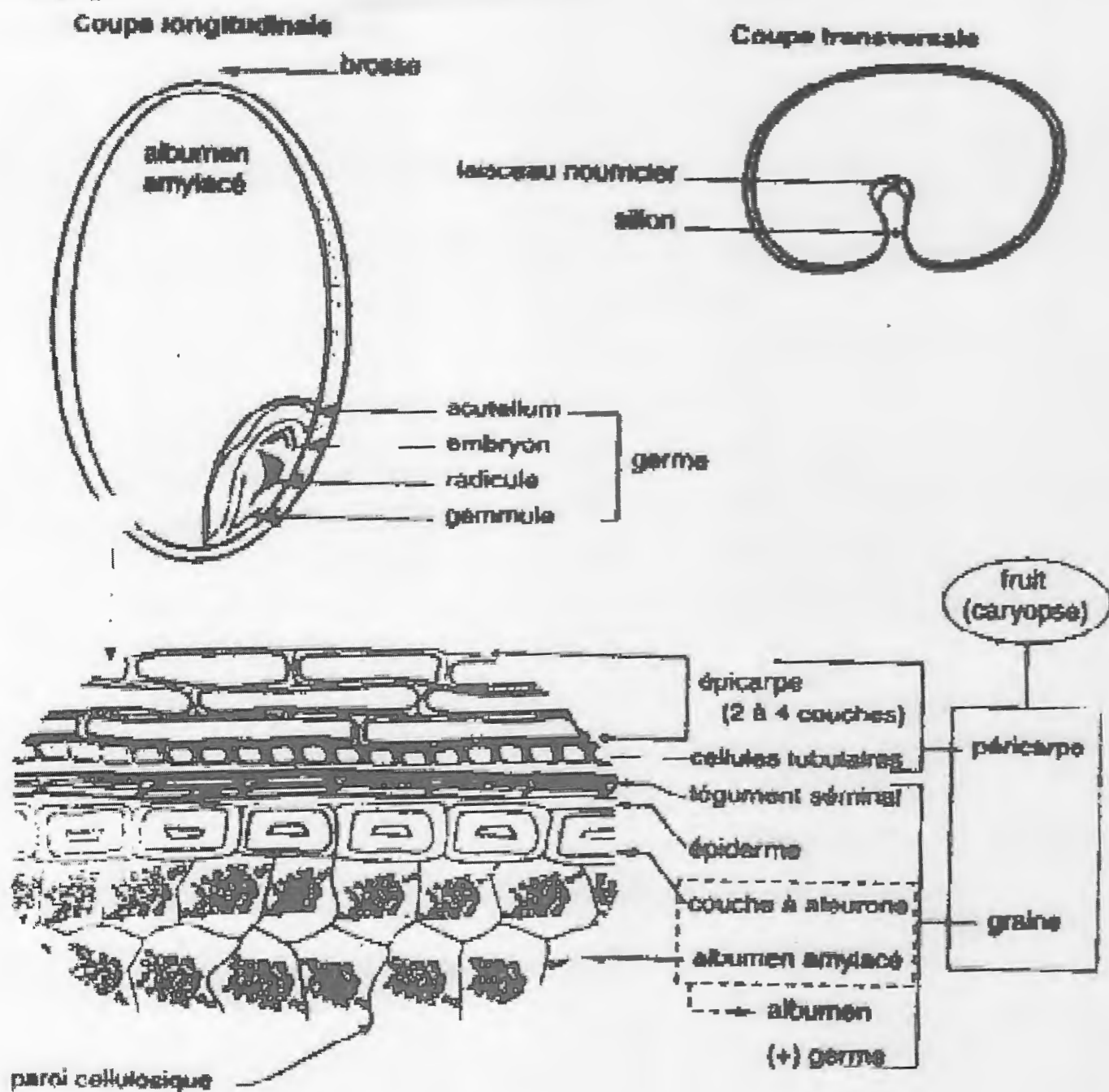


Figure 1. Coupe d'un grain de blé (FEILLET, 2000).

**a) Les enveloppes ou l'écorce :**

Les enveloppes sont constituées par des couches de cellules superposées (DACOSTA, 1986), soudées à l'albumen qui représentent 13% du poids de grain (BOUDREAU, 1992).

De l'extérieur vers l'intérieur, on trouve successivement les trois enveloppes du fruit :

- L'enveloppe du fruit ou péricarpe (épicarpe, mésocarpe, endocarpe).
- L'enveloppe de la graine (tégument séminal, bande hyaline).
- L'assise protéique ou couche à aleurone.

Ces enveloppes donnent le son au cours de la mouture (DACOSTA, 1986).

- **Le péricarpe**

Le péricarpe ou l'enveloppe du fruit se compose de couches cellulaires externes (ADRIAN, 1995).

Le péricarpe est subdivisé en épicarpe protégé par la cuticule et les poils, en mésocarpe formé de cellules transversales et en endocarpe constitué par les cellules tubulaires (GODON, 1991).

- **Le tégument séminal et la bande hyaline**

Ils sont constitués de trois membranes intimement soudées au péricarpe d'une part et entre elles d'autre part (KIGER et KIGER, 1967). Ils contiennent l'enveloppe de la graine (CALVEL, 1984).

- **L'assise protéique ou couche à aleurone**

Elle est formée de cellules à aleurone (DACOSTA, 1986), et est fortement soudée aux enveloppes (COLAS, 1979). Elle est riche en grains d'amidon ou endosperme (GODON, 1991).

L'assise protéique, située entre les enveloppes et l'amande, est constituée par des cellules polyédriques dont les sections transversale et longitudinale sont à peu près carrées (COLAS, 1979).

Cette assise contient des éléments minéraux tels que : manganèse, zinc, etc., des vitamines en l'occurrence la vitamine E et F (KIGER et KIGER, 1967).

**b) L'amande farineuse**

L'amande farineuse est également dénommée albumen ou endosperme (DACOSTA, 1986). Elle est constituée de cellules remplies de granules d'amidon

enchâssées dans des matières azotées : le gluten (COLAS, 1979); elle représente 84% du poids des protéines totales (BOUDREAU, 1992). C'est la partie majeure d'un grain qui donne naissance à la fraction comestible « semoule, farine » (ADRIAN, 1995).

**c) Le germe**

Il représente 3% de poids du grain (BOUDREAU, 1992), enfermé dans une membrane protectrice (l'épiblaste), il comprend l'embryon de la plante fille et le scutellum. Ce dernier est le cotylédon des céréales, car les graines de ces plantes possèdent un seul cotylédon : ce sont des Monocotylédones (GODON, 1991).

Le germe est riche en sucres, en matières grasses et en vitamines B et E (CALVEL, 1984). Ils existe un peu d'amidon dans les cellules de l'embryon mais non dans le Scutellum .Les matières grasses sont constituées par une huile très oxydable (KIGER et KIGER, 1967).

**1.2.3 Composition chimique du grain de blé**

Le grain de blé mûr contient de nombreuses substances susceptibles de jouer un rôle dans l'alimentation humaine (tableau1).

**Tableau 1.** Composition chimique des différentes parties d'un grain de blé : Moyennes et écart types en pour cent de matière sèche de la partie considérée (GODON, 1991).

Partie du grain	% dans le grain	Amidon + petits glucides	protéines	lipides	Cellulose Hémicellulose Et pentosanes	minéraux
Péricarpe	4	16 ± 2	12 ± 2	1 ± 0.2	67 ± 7	4 ± 1
Tégument séminal	1	10 ± 1	16 ± 3	4 ± 1	58 ± 5	12 ± 3
Assise protéique	8	12 ± 2	32 ± 3	8 ± 1	38 ± 3	10 ± 5
Germe	3	20 ± 1.5	38 ± 3	15 ± 2	22 ± 2	5 ± 1
amande	84	85 ± 10	11 ± 3	2 ± 0.1	1.5 ± 1.5	0.5 ± 0.2

**a) Eau**

Les grains de céréales sont des organes particulièrement déshydratés (leur teneur en eau est d'environ 14%) du fait de leur fonction d'abord protectrice de l'embryon puis nourrissante de la jeune plante (GODON, 1991).

- Un taux d'humidité inférieur à 14% prolonge la durée de conservation sans risque d'altération par les microorganismes (GIRAUD et GALZY, 1980 cité par CHERIET, 2000).

- La teneur en eau du blé dépend de plusieurs paramètres comme les conditions climatiques pendant les périodes de croissance, maturation et moisson,...etc ; et aussi des soins apportés pour la conservation (GODON, 1991).

### **a) Lipides**

Les lipides représentent 3% du poids sec du grain de blé (DACOSTA, 1986). La teneur et la composition des lipides varient de façon notable, le germe est la fraction du grain de blé qui contient le plus de lipides (GUINET ET GODON, 1994).

Les deux tiers de ces lipides sont extractibles par l'éther : on les appelle lipides libres, par opposition aux lipides liés aux autres constituants protéiques ou glucidiques. Un peu plus de la moitié des lipides de blé est constituée de lipides apolaires : ce sont principalement des triglycérides et des esters. L'autre petite moitié, correspondant aux

lipides polaires, contient des glycolipides et des phospholipides variés (GODON et WILLM, 1991).

D'après GIRARD cité par KIGER et KIGER (1967), les matières grasses du grain de blé sont localisées dans le germe et les enveloppes comme les indiquent les résultats ci-dessous:

Enveloppe	5.6%
Germe	12.5%
Albumen	0.8 - 1%

Les lipides du grain de blé sont riches en acides gras polyinsaturés où l'acide linoléique constitue plus de 50 % (ALLEN et HAMILTON, 1994).

### **b) Glucides**

Les glucides sont, pondéralement, les constituants majeurs du grain de blé. Ils représentent environ 80% de la matière sèche totale répartie en polysaccharides (amidon 65 à 75%, hémicellulose et pentosanes 6 à 8%, cellulose 1,5 à 3% et petits glucides solubles 2 à 4 %) (GUINET et GODON, 1994).

#### **• L'amidon**

L'amidon est l'élément qui se trouve en plus grande quantité dans l'albumen, et peut atteindre 82% de la matière sèche de la farine ou de la semoule de blé.



L'amidon est le résultat du mélange de deux polymères d'alpha D – glucose : l'amylose et l'amylopectine (BOUDREAU, 1992).

Il est présent dans l'amande farineuse, sous forme de granules sphériques, enchâssées dans le réseau d'un corps azoté, le gluten (CALVEL, 1984).

L'amidon joue, un rôle essentiel durant la fermentation panairaire car le faible parti de celui-ci transformée en sucres apporte une contribution primordiale au développement et à l'action des levures (BENYAHIA et SLIMANI, 2004).

- **Les sucres**

Ce groupe de composés ne constitue que 2 à 3,5 % du grain de blé et 1 à 2 % de la farine, il comprend une série de sucres : glucose, saccharose, raffinose et trifructosane ou lévuline (KIGER et KIGER, 1967).

- c) **Protéines**

Du point de vue quantitatif, les protéines sont les deuxièmes en importance dans la farine et la semoule de blé. Leur teneur varie selon l'espèce, le degré de maturité du grain et des facteurs d'environnement (BOUDREAU, 1992).

Ces protéines ne sont pas réparties de façon uniforme dans le grain, elles sont localisées dans l'assise protéique de 29 à 35 %, dans l'amande farineuse 8 à 14% et surtout dans le germe 35 à 41% (GODON, 1991).

Selon OSBORNE (1907) cité par GODON et WILLIM (1991), les protéines de blé sont classées d'après leurs caractéristiques de solubilité en :

- Albumines : solubles dans l'eau.
- Globulines : solubles dans les solutions salines diluées.
- Prolamines : solubles dans les solutions alcooliques.
- Glutélines : solubles dans les solutions diluées et acides.

Le grain de blé renferme 5 à 10 % d'albumines, 5 à 10% de globulines, 40 à 50% de prolamines et 30 à 40% de glutélines (CHEFTEL et CHEFTEL, 1984).

Les Prolamines et les glutélines forment un complexe protéique « le gluten », ce dernier est associé à des glucides et des lipides. Ce sont les propriétés de viscoélasticité du gluten qui permettent de panifier la farine de blé (DACOSTA, 1986).

D'après KIGER et KIGER (1967) cité par CHERIET (2000), le gluten extrait par lixiviation est un mélange de protéines, de glucides et de lipides.

Les gliadines donnent au gluten son extensibilité, les glutélines lui confèrent son élasticité. Le gluten fraîchement extrait est une gomme à saveur neutre. Le gluten sec peut absorber 1.5 à 2 fois son poids en eau.

La déficience en lysine attribue au gluten une faible valeur nutritionnelle son P. E. R (Protein Efficiency Ration) n'est que de 0.7 à 1. Cependant il est améliorable (DACOSTA, 1986).

Le gluten n'est pas toléré par les personnes souffrant de maladies coeliaques. Comme toutes les protéines de tout être vivant, chacun des groupes (albumines, globulines, prolamines et glutélines) est constitué par l'ensemble de 20 types d'acides aminés dont les proportions sont spécifiques pour chacun.

Dans blés, les nutritionnistes prennent en considération tout particulièrement la lysine, le tryptophane, la méthionine, la thréonine et la cystéine dont les proportions dans les protéines du pain en font les acides aminés indispensables les plus limitants (DACOSTA, 1986 cité par CHERIET, 2000).

#### **d) Matières minérales**

De nombreux oligoéléments sont fortement représentés dans les grains de blé. Les teneurs (pour 100 grammes) sont les suivantes : sodium (8mg), potassium (330mg), phosphore (400mg) dont 75% sous forme physique, calcium (45mg), magnésium (130mg) (VIERLING, 2003).

La répartition des matières minérales, exprimée par rapport à la matière sèche, n'est pas uniforme dans le grain de blé, le taux croît du centre de l'amande à la périphérie du grain (GRANDVOINNET, 1991).

Les matières minérales sont présentes à raison de 2 à 3 % de la substance humide du grain. Tous les éléments minéraux sont représentés, mais évidemment, dans des proportions très différentes (GODON et WILLM, 1991)

#### **e) Vitamines**

Dans les céréales, deux groupes de vitamines se trouvent en quantité importante, ce sont les groupes des vitamines B et E. La teneur en vitamines du groupe B est sensiblement la même dans les différentes céréales. Mais sa distribution n'est pas uniforme dans tout le grain, elle est surtout concentrée dans la couche de cellule d'aleurone. La vitamine E se trouve surtout dans l'embryon (germe à 0.30%) et dans les enveloppes (son à 0.06%) (SAUVANT, 1979 cité par CHERIET, 2000).

### f) Enzymes

Bien que leur masse pondérale est infiniment réduite, ces substances jouent un rôle capital dans la vie du grain de blé et de la farine, car leur pouvoir d'action est énorme (KIGER et KIGER, 1967).

Les enzymes sont des protéines dont le rôle biologique est de catalyser les différentes réactions de transformation, les plus courantes sont : les protéases, les lipoxygénases, les amylases et les catalases (BOUDREAU, 1992).

#### 1.2.4 Facteurs influençant la composition chimique du grain de blé

Les conditions climatiques et le sol peuvent avoir des influences considérables sur la composition chimique du grain de blé. Ceci se reflète en particulier sur la teneur protéique du grain par exemple (tableau 2).

La consistance du grain dépend aussi des conditions déterminées du climat, du sol et de la quantité des précipitations.

**Tableau 2.** Influence de l'humidité sur la teneur protéique (DIMA, 1976).

L'humidité du sol	30%	40%	50%	60%	70%
La teneur protéique du grain	12.8%	13.0%	12.7%	12.6%	11.84%

L'influence atmosphérique et surtout les radiations solaires contribuent à l'augmentation de la teneur glucidique (DIMA, 1976).

Les engrais, les amendements ont aussi des influences sur la composition chimique du grain de blé. L'engrais azoté influe positivement sur la teneur protéique du grain de blé (DIMA, 1976).

# Chapitre II

## 2.1 propriétés physico-chimiques et biologique des graines après la récolte :

On ne saurait trop souligner le fait qu'un stock de grains est un ensemble d'être vivants, en étroite association et en constante évolution écologique ; en effet un lot de grain entreposé comporte inévitablement au moins deux entités vivantes : les grains eux – même ( et les plus particulièrement les germes), les micro- organismes ( levures ; moisissures ; bactéries) : de façon non obligatoire , mais cependant fréquente , on y trouve également associés des insectes ( sous leur forme larvaire ou adulte ) des acariens , voir de petits vertèbres ( rongeurs , oiseaux ) . .( SELSELET ,1991)

### 2.1.1 Nature granulaire :

En vrac , les céréales , les graines et leurs produits de nature offrent la particularité d'être constituer de particules granulaires indépendantes , entre les quelles il régna un volume d'air interstitiel très important,correspondant à 40% environ du volume total apparent , cette structure granulaire offre un très grand intérêt , car il est possible d'insuffler de l'air à travers la masse de grains ( ventilation ) et par ce moyen : d'évacuer facilement chaleur et humidité excédentaires de modifier la composition de l'atmosphère interstitiel ( concentration en CO<sub>2</sub> ,O<sub>2</sub> , N<sub>2</sub> ) freinant ainsi les phénomènes vitaux actifs .

- la structure granulaire confère aux grains en masser le comportement d'un fluide que l'on peut faire circuler dans les canalisations , couler , aspirer ( SELSELET ,1991)

### 2.1.2 .propriétés thermiques :

La conductibilité thermique et la chaleur spécifique des grains sont très faibles ; en absence d'une ventilation forcée les seuls courants de convection naturel de l'air inter granulaire sont insuffisants pour évacuer la chaleur produite par les métabolismes vitaux , celle-ci s'accumule donc sur place et il en résulte une augmentation de température pouvant atteindre ou dépasser 80C° et provoquer de ce fait de graves altérations .

( SELSELET ,1991)

### 2.1.3 transferts de chaleur et de vapeur d'eau dans les grains en vrac :

Il s'agit la , sans doute du problème le plus important de la physique de la conservation des grains deux type de transfères sont à distinguer:

- les transferts provoqués par ventilation forcée d'air sec et/ou chaut dans la masse de grains : les transferts de chaleurs et de vapeur d'eau s'effectuent principalement entre les grains et l'air circulant entre eux les grains tendre à se mettre en : d'humidité et de température avec l'air insufflé en effet l'humidité initiale des

- grains étant toujours relativement faible, le facteur limitant de la vitesse de séchage n'est pas la vaporisation de l'eau liquide à la surface du produit, mais la désorption de l'eau de l'eau absorbée et la résistance interne des grains à la diffusion de la vapeur d'eau. (SELSELET, 1991)
- **les transferts naturels :**  
des transferts naturels de chaleur et/ou de vapeur d'eau se produisent de façon imprévue et peu contrôlable pendant le stockage entraînant le plus souvent des conséquences désastreuses quant à la qualité des grains. (SELSELET, 1991)
- **les gradients de teneur en eau :**  
l'apparition des gradients de teneur en eau une masse de grains entraîne des gradients de pression de vapeur d'eau, celles-ci tendent à s'égaliser provoquant un transfert de vapeur d'eau des grains les plus humides vers les plus secs.  
ce phénomène peut apparaître principalement dans deux cas :
  - D'une part, le mélange intime de deux populations de grains ; les uns secs les autres humides.
  - D'autre part, la juxtaposition sans mélange, dans un silo de deux lots ayant des teneurs en eau différentes (lors de la réception de deux lots successifs ou lors d'une infiltration d'eau (localisée)), la tendance à l'homogénéisation est la même mais le phénomène est beaucoup plus long et le risque d'altération dans le lot humide est plus grand. (SELSELET, 1991)

## 2.2 Qualités nutritionnelles et technologiques à préserver :

Le but des technologies de conservation est de préserver par tous les moyens appropriés l'intégrité des principales qualités des grains, afin de diversifier leur utilisation technologique et de maintenir leur valeur hygiénique et nutritionnelle au plus haut niveau. On peut citer parmi les principales propriétés qu'il convient de préserver:

- Le niveau d'activité enzymatique : dans le cas du blé, par exemple, l'activité est indispensable au bon déroulement de la fermentation panariaire.
- L'intégrité des protéines : dans le cas du blé encore, la dénaturation des protéines et du gluten altère les qualités rhéologiques des pâtes et compromet la "levée" des pâtes.



- L'intégrité de l'amidon et des protéines du maïs : indispensable pour permettre une bonne extraction en amidonnerie .
- L'intégrité des lipides M particulièrement dans le cas des grains oléagineux .  
(SELSELET ,1991)

### 2.3 Mécanisme physicochimique d'altération :

#### 2.3.1 . Les causes de l'altération

Au cours du stockage , les altérations des grains et des farines peuvent être d'origine unique enzymatique ou biologique , des précautions doivent être prises pendant la maintenance des grains pour éviter des chocs susceptibles de provoquer des fissures et des brisures liées à des conditions de stockage particulièrement agressives( élévation très importante de température des grains ) ( FEILLET ,2000)

##### a) les altérations chimiques:

sont peu fréquentes , elles résultent des réactions de Maillard ( sucre réducteur + groupement aminé → 1- amino -1- déoxy -2- ketose → 3-déoxy -glucosulose → ... → dérivée furane ) , qui aboutissent dans leur stade ultime à la libération de composés brunâtres , à une altération des propriétés d'utilisation du gluten et à la perte de certaines activités enzymatiques faisant suite à la dénaturation des protéines , à la destruction des vitamines (vitamine B1) , à l'oxydation non enzymatique des lipides ( celle-ci pouvant se produire dans les conditions normales de stockage ) et enfin , dans les cas extrêmes , à une atteinte à l'intégrité des granules d'amidon ( FEILLET ,2000)

##### b) Les altérations enzymatiques :

D'une manière générale les activités de l'eau supérieures à 0.75 , compte tenu de ce que leur substrat est liquide (huile) , ce qui facilite le renouvellement des contacts enzymes – substrats , les lipases font exception ; leur action lipolytique peut s'exercer à des activités enzymatiques ne commençant à se manifester que pour des activités d'eau inférieures à 0.20( FEILLET ,2000).

##### c) Les altérations biologiques :

Résultent des dégâts parfois très importants que des rongeurs ( rats , souris ) , les insectes et les micro-organismes peuvent provoquer aux grains stockés et aux farines . Les conditions d'évolution de ces populations dépendent , bien sûr de la teneur en eau et de la température qui entoure le grain ( libre, renouvelée , confinée ou modifiée ) (FEILLET ,2000).

**2.3.2 Les conséquences Technologiques des altérations :**

Les conséquences technologiques des altérations de stockage sont assez variables , selon qu'il s'agit d'un processus prenant effet pendant le séchage ou pendant le stockage (ELSELET ,1991)

**a) Pendant le séchage :**

Au cours d'un séchage conduit à une température excessive , la qualité des orges de brasserie , la valeur boulangère des blés et dans une moindre mesure la valeur nutritionnelle en alimentation animale , peuvent être gravement compromises ; pour être bien conduit , un séchage doit être très ménagé : température basse au début , lorsque la température au fur et à mesure de la diminution de la teneur en eau , la température maximale sera en fonction de la durée , il porte également que le séchage soit très homogène , sinon certaines fractions brutalement séchées sont altérées , cependant que d'autres laissées trop humides , s'aireront ultérieurement au cours du stockage (SELSELET ,1991)

**b) Pendant le stockage :**

Au cours d'un stockage mal conduit , les conséquences sont très différentes , on observe plutôt une perte de la qualité hygiénique , une perte pondérale de valeur alimentaire par auto- consommation des réserves , un développement d'une acidité libre une perte progressive de la valeur germinative des semences et de la qualité boulangère .

Pour être correctement conduit , un stockage devra éviter toute ré-humidification des grains et tout échauffement biologique en d'autres termes , les métabolismes de ce milieu vivant complexe que constituent les grain devront être maintenus au plus bas niveau possible .( SELSELET ,1991)

**2.4 Mode du stockage du blé****2.4.1 Le stockage en vrac:**

Dans ce cas , les grains en tas sont laissés à l'air libre dans des possible , d'autre plus que ce type de construction , il demeure toujours des espèces , entre les murs et les toit aussi le libre passage des souris , des rats (des espèces entre les murs et les toit ) des moineaux des tourterelles , des pigeons et des insectes éléthrographes demeure possible Par aiteurs l'influence des intempéries est encore assez forte et le développement des moisissures et des bactéries est toujours à craindre , ce moyen de stockage indispensa

face à l'insuffisance des installations spécialisées aura tendance à disparaître dans l'avenir .( DOUMENDJI et al , 2003 ).

#### **2.4.2 Le stockage en sac :**

Les grains sont conservés dans des sacs fabriqués en toile de jute , les sacs sont entreposés dans divers locaux , magasins ou hangars .

En cas de traitement chimique ; cette toile de jute permet le passage des fumigants, pesticides très volatiles capable d'agir sur l'appareil respiratoire des insectes , souvent ce type de stockage et est passager dans les milieux à l'auto- consommation est forte . ( DOUMENDJI et al , 2003 ).

#### **2.4.3 Entreposage en silo :**

Ce sont des enceintes cylindriques en béton armé ou en métal , elles sont fermées à leurs parties supérieures par , un plancher sur lequel sont installés les appareils de remplissage des cellules l'emploi des silos réduit la main d'œuvre , augmente l'aire de stockage et supprime l'utilisation des sacs onéreux , il existe plusieurs types de silos :

- Silos de ferme : ils peuvent contenir entre 500 et 10.000 quintaux
- Silos coopératifs : leurs capacités varient entre 10.000 et 100.000 quintaux .Silos portuaires : leurs capacités dépassent 50.000 quintaux .

( DOUMENDJI et al , 2003).



# Chapitre III

### 3.1 Blé tendre :

#### 3.1.1 Différentes catégories de blé tendre

La notion de qualité de blé tendre est très large et recouvre plusieurs aspects : agronomique, nutritionnelle, sanitaire, technologique,...etc.

L'aspect technologique se subdivise en valeur meunière et en valeur boulangère.

La valeur meunière est la somme des qualités que présente un blé durant la mouture.

Quant à la valeur boulangère, elle représente l'aptitude d'un blé ou d'une farine à donner un pain de bonne qualité dans de bonnes conditions de travail et de rendement en boulangerie. On distingue :

**a) les blés correcteurs :**

se sont des blés de force ou améliorants, leur utilisation à l'état pur en boulangerie est déconseillée, ils servent soit pour la biscotterie ou la pâtisserie.

**b) les blés panifiables :**

cette catégorie correspond aux blés qui répondent aux exigences de la boulangerie. Les pâtes sont très maniabiles, les pains obtenus sont appréciés par leur croustillant et leurs coups de lame bien jetés.

**c) les blés impanifiables :** ces blés donnent des pâtes collantes et non machinales.

Les pains obtenus sont plats. L'utilisation des blés impanifiables en boulangerie nécessite un coupage avec les blés correcteurs, mais donnant de bons résultats en biscuiterie (I.T.G.C, 1995).

#### 3.1.2 Utilisations de blé tendre

Le blé est la première céréale consommée au monde. Ses deux principales formes d'utilisation sont la fabrication de pain et de pâtes. Toutefois, même si cela reste marginal, le blé possède d'autres applications.

Les principaux produits du blé tendre sont la farine et la semoule. C'est à partir de ces deux dérivés et de leurs processus de fabrication 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

agro-alimentaire qui emploie comme intrants, les farines ou les semoules (ANONYME, 2006).

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 des industries telles que celle des cosmétiques ou de la diététique, ainsi que celle 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 bio-éthanol, etc (ANONYME, 2006).

En dehors du pain et des pâtes, un nouveau débouché se développe à l'heure actuelle en même temps que la vague des produits biologiques : le blé à germer. Le blé est le premier type de graines à germer consommé dans l'alimentation humaine. Il est suivi du soja, des lentilles et de la luzerne notamment. Il est acheté sous forme de graines à faire germer soit même (il faut alors en moyenne trois jours) ou directement sous sa forme germée. Il est utilisé notamment comme accompagnement en salade, dans des sandwichs ou même seul. Il est généralement prescrit dans ce dernier cas, de les consommer avec modération du fait de l'accroissement important de leur teneur en éléments nutritionnels par le processus de germination. (ANONYME, 2006).

### **3.1.3 Définition des méthodes d'appréciation de la qualité**

#### **3.1.3.1 Teneur en eau (humidité)**

On peut définir la teneur en eau d'un blé ou d'une farine comme étant la quantité d'eau éliminée après maintien du produit dans une atmosphère où la pression de vapeur d'eau est égale à zéro pendant un temps suffisant pour atteindre un équilibre en poids (FEILLET, 2000).

#### **3.1.3.2 Masse à l'hectolitre**

La masse à l'hectolitre ou poids spécifique (PS) est la masse d'un hectolitre du grain exprimée en gramme.



La masse à l'hectolitre est une mesure très ancienne qui servait à chiffrer la valeur commerciale du grain à l'époque où il était vendu au volume, actuellement son intérêt technique n'est pas évident. De nombreuses études ont mis en évidence les imperfections de cette mesure qui est influencée par différents facteurs comme l'espace vide intercalaire, la teneur en eau du grain, la nature et la quantité des impuretés présentes dans l'échantillon, etc.

Néanmoins, la masse à l'hectolitre est toujours prise en compte dans les contrats commerciaux et dans les règlements communautaires (GODON et LOISEL, 1997).

### **3.1.3.3 Masse de 1000 grains**

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

Il existe une norme intitulée « Détermination de la masse de 1000 grains » portant les références NFV03- 702. Cette norme doit être rigoureusement et intégralement appliquée (GODON et LOISEL, 1997).

### **3.1.3.4 Impuretés**

Le taux des impuretés est déterminé au 0.1 % près. Les impuretés sont définies comme « matières qui, dans un lot de grains, ne correspondent pas à une norme de qualité fixée sous le régime de la présente loi pour un grade donné de ces grains, qui peuvent être extraites du lot et qui doivent l'être, pour que celui-ci soit placé dans le grade en question ». Les impuretés sont extraites suivant la procédure de nettoyage décrite dans la présente section du guide (Guide officiel du classement des grains, 2006).

A l'arrivage, l'échantillon est désigné comme un échantillon non nettoyé ou sale. Son poids est le poids brut de l'échantillon.

Le poids d'impuretés (taux) est calculé sur le poids brut de l'échantillon (Guide officiel du classement des grains, 2006).

### 3.1.3.5 Granulation et couleur de la farine

La granulation des farines dépend de nombreux paramètres liés au blé (vitrosité, variété) et à la technologie (conditionnement, type de diagrammes, taux d'extraction).

La blancheur d'une farine de blé tendre est proverbiale. On sait que la couleur blanche des farines est due essentiellement à l'air incorporé à la farine, la blancheur est étroitement liée à la grosseur des particules : d'une part la taille des ombres, d'autre part l'indice de réfraction de la lumière à travers les particules. Si on ne fait varier que la granulométrie d'une farine, celle-ci apparaîtra d'autant plus blanche qu'elle sera plus fine.

La pureté et la blancheur de la farine dépendent également du taux d'extraction de la mouture et de son « degré de jaune » dû à la présence de pigments originels (Flavones et Caroténoïdes). (GODON et LOISEL, 1984).

### 3.1.3.6 Teneur en protéines

Les protéines sont déterminées par la méthode de KJELDAHL qui est une méthode très généralisée (GODON, 1991). Le principe est basé sur le dosage de l'azote total selon la norme AFNOR 03.050 (AFNOR, 1991).

La méthode consiste en une destruction de la substance organique par l'acide sulfurique concentré (98%,  $d=1,83$ ) à chaud de 1g de la prise d'essai en présence d'un catalyseur (sélénium). Ce procédé permet la minéralisation de l'azote en sulfate d'ammonium. Puis la distillation est faite avec un excès de soude (30%). La distillation permet l'entraînement de l'ammoniac qui sera piégé dans une solution à normalité connue (acide borique 4%).

Le titrage est réalisé à l'aide d'une solution d'acide sulfurique titrisol (0,01N).

Le coefficient de conversion de l'azote en protéines est de 5,7 pour les céréales.

$$\text{Protéines \%} = 100 \text{ N} \cdot 14 \cdot \text{V} \cdot \text{D} \cdot 5,7 / 1000 \text{Pe}$$

N : normalité de l'acide sulfurique titrisol (0,01N) ;

D : facteur de correction pour tenir compte de la partie aliquote du minéralisa dilué avant distillation ;

V : chute de burette de l'acide sulfurique ;

Pe : masse en gramme de la prise d'essai.



### 3.1.3.7 Teneur en gluten et sa capacité d'hydratation

L'appréciation de la quantité et la qualité du gluten a un intérêt principalement technologique. En effet, le gluten constitué essentiellement par la fraction insoluble des protéines, présente la caractéristique de pouvoir former un réseau viscoélastique dont les propriétés d'extensibilité, d'élasticité et de ténacité ont une influence sur le comportement des pâtes en cours de fabrication et sur la qualité du produit fini (pain, biscuit, pâte,...) (ITCF, 1995).

Le test peut constituer également un moyen de prédiction de la qualité du blé dans le procès; de l'amidonnerie.

Le poids de gluten sec des farines de qualité moyenne doit être de 8% pour le blé tendre et 11% pour le blé dur, mais il peut atteindre 13% et même 15% pour les farines fortes. La panification devient impossible lorsque la teneur des farines en gluten est inférieure à 7% (KIGER et KIGER, 1967).

La capacité d'hydratation d'un gluten normal est de l'ordre de 66% et peut s'élever jusqu'à 69% . Elle est en fonction de la qualité du blé et en particulier de son état de maturité, elle diminue jusqu'à 60% quand le taux d'extraction augmente ou lorsque la farine vieillit (KIGER et KIGER, 1967).

### 3.1.3.8 Teneur en lipides

Les solvants utilisés pour extraire les lipides de la farine ont une grande influence sur la quantité de lipides solubilisés, entre 1% avec de l'hexane et 2% avec du butanol saturé d'eau. Les lipides libres sont extraits par les solvants organiques apolaires (hexane, éther de pétrole, chloroforme). Les lipides liées et totaux par des mélanges de solvants polaires et apolaires (éthanol/éther/eau, butanol saturé d'eau, chloroforme/méthanol/eau). Une hydrolyse acide suivie d'une extraction par un solvant organique (éthanol/acide formique) permet de réaliser une extraction exhaustive, mais les produits isolés sont très dégradés. Quand aux acides gras totaux, ils sont dosés par chromatographie en phases gazeuses de leurs esters méthyliques.

Les solvants doivent être très soigneusement purifiés et les extractions effectuées à basse température pour réduire les risques d'oxydation (FIELLET, 2000).

### 3.1.3.9 Essai à l'alvéographe Chopin

La présente méthode a pour objet de déterminer, au moyen de l'alvéographe, les caractéristiques rhéologiques des pâtes obtenues à partir de blé tendre (ALIANE, 2002).

Prédire la qualité d'une farine résultant du mélange de farines différentes ou calculer les proportions de chaque farine pour obtenir un produit de qualité recherchée (ITCF, 1995).

La préparation d'une pâte à teneur en eau constante, à partir d'une farine de blé tendre salé dans les conditions de la méthode. Formation des éprouvettes de pâtes sous forme de disques ; après un temps de repos déterminé et réglage de l'épaisseur de l'éprouvette, extension biaxiale par gonflement sous forme de bulle, enregistrement graphique des variations de pression à l'intérieur de la bulle en fonction du temps.

Appréciation des caractéristiques de la pâte d'après la surface et la forme des diagrammes obtenus (ANONYME, 1997).

Dans un premier temps, le disque de pâte résiste à la pression et ne se déforme pas, puis il gonfle sous forme de bulles plus ou moins volumineuses selon son extensibilité et éclate.

L'évolution de la pression dans la bulle est mesurée et reportée sous formes de courbe, appelée alvéogramme (Figure 02), à partir du quel sont appréciées les propriétés plastiques de la pâte (ITCF, 1995). Ces propriétés sont essentiellement :

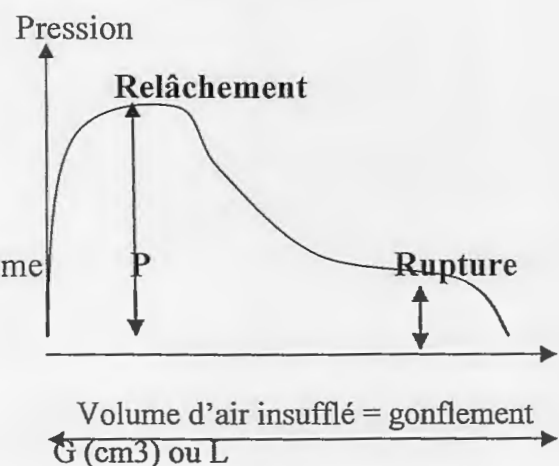
P : Ténacité de la pâte (mm)

L : Extensibilité (mm)

G : Gonflement ( $\text{cm}^3$ )

P/L : Rapport de configuration du diagramme

W : Travail de déformation (joule)



**Figure 2.** Alvéogramme (CHEFTEL et CHEFTEL, 1977).

Selon CALVEL (1984), les valeurs caractéristiques moyennes pour la

panification française sont les suivantes :

W = 130 – 160; bonnes force boulangère.

W = 160 – 250; blé améliorant.

W = 250; blé de force.

G = 21 – 24, bon gonflement.

#### **3.1.3.10 Teneur en cendres**

Les cendres ou les matières minérales sont le résultat de l'incinération d'une farine. Ils sont en général en relation avec la pureté et le taux d'extraction (COLLAS et PETEL, 1984).

La détermination du taux des cendres permet d'estimer la teneur globale en matières minérales des blés ou des farines.

Le taux de cendres est le facteur du taux d'extraction de la farine (ALAIN et PAVEL, 1988).

La mesure de la teneur en cendres permet de classer les farines et les semoules (ITCF, 1995).

#### **3.1.3.11 Test de sédimentation**

Le test de sédimentation mesure l'aptitude des protéines à gonfler en milieu lactique. Sa valeur serait reliée à la force boulangère des farines : un indice élevé témoigne d'une bonne qualité. Sa valeur est influencée par la teneur en protéines et par la granulométrie des farines.

L'indice de sédimentation est égal à la hauteur du sédiment mesuré après que la farine a été mise en suspension dans une évolution d'acide lactique, agitée et laissée au repos. Le test est l'objet de la norme NFV 03 – 704 (ISO 5529) (FEILLET, 2000).

L'indice de sédimentation a deux intérêts principaux :

- Intérêt réglementaire : il est retenu comme critère dans la définition des conditions minimales à l'intervention.
- L'intérêt technologique : bien qu'ayant une faible valeur prédictive en panification française, il permet de classer des blés suivant leur qualité (ITCF, 1995).

L'indice de sédimentation exprime le volume de dépôt en millilitre par lecture sur l'éprouvette. L'échelle retenue est la suivante (BOYELDLAR, 1980).

- |                         |   |                              |
|-------------------------|---|------------------------------|
| - Indice inférieur à 8  | → | Quantité insuffisante        |
| - Indice de 18 à 28     | → | Bonne valeur boulangère      |
| - Indice de 28 à 38     | → | Très bonne valeur boulangère |
| - Indice supérieur à 38 | → | Blé de force                 |

### **3.1.4 Transformation du blé tendre**

#### **3.1.4.1 Définition de la meunerie**

La fabrication de la farine est réalisée par l'industrie de meunerie. La mouture industrielle se caractérise par toute une série d'opérations nécessaires et suffisantes pour permettre au meunier de fabriquer à partir d'un blé préalablement

nettoyé et préparé correctement un maximum de farine contenant un minimum de débris de son (WILIM, 1984).

Quelles sont les étapes de la préparation des farines telle qu'elle est pratiquée dans les minoteries ?

- Les grains sont d'abord débarrassés des particules étrangères et des impuretés qui les accompagnent par divers procédés faisant appel entre autre à des différences de tailles ou de densités et de lavage.

- Les grains sont en suite conditionnés ; il y a en effet une humidité relative optimale pour les broyages et les tamisages dépendant de la variété de blé ; elle correspond en moyenne à une teneur en eau de 15 à 17 %. A cette humidité, le son est relativement dur et élastique, l'albumen est mou et friable, ce qui permet de les détacher l'un à l'autre plus facilement (CHEFTEL et CHEFTEL, 1980).

Après le mouillage du blé, il faut qu'il subisse un "temps de repos" afin que l'eau pénètre dans le grain et se répartisse bien dans l'amande farineuse, le lot de blé y séjourne de 18 à 36h (CALVEL, 1984).

Une période de repos de moins de douze heures ne permet pas à l'humidité de se répartir uniformément dans le grain, ce qui rend la séparation pendant l'opération de la mouture (Albumen/ son) difficile (BOUDREAU et WORDEN, 1992).

Les grains sont alors brisés puis broyés de façon progressive dans des moulins par passage entre des pairs de cylindres cannelés de plus en plus rapprochés, qui doivent systématiquement passés à travers des opérations ou divers passage



### 3.1.4.2 Influence de la composition et de la structure de grain de blé tendre sur les caractéristiques fonctionnelles technologiques

La composition du blé tendre influence les caractéristiques fonctionnelles technologiques : elle dépend de variétés ainsi que la date des semailles et du climat.

L'espèce principale de blé tendre est le *Triticum aestivium* (3x14 chromosomes) qui est celle de tous les blés dits tendres. Parmi ceux-ci les blés « vitreux » (hard) se différencient des blés « farineux » (soft) par leur comportement favorable lors du broyage du fait de la composition et de la structure résistante de l'albumen. Ils sont généralement riches en protéines, surtout s'ils ont été semés au printemps plutôt qu'en automne, et s'ils ont mûri rapidement. Certains donnent des farines dites « de force » (strong) où l'abondance et la qualité du gluten déterminent une forte absorption d'eau et une élasticité élevée de la pâte boulangère, particulièrement favorable à la rétention de gaz, en panification. La « force » et la dureté au broyage ne vont pas nécessairement de paire.

Les farines de blé tendre dit « faibles » (weak) généralement plus pauvres en protéines se prêtent bien à l'utilisation en biscuiterie et en pâtisserie (SELSELET, 1991).

On prépare toutefois souvent des mélanges de farine de caractères différents. Tant pour la fabrication du pain que pour celle des autres produits (SELSELET, 1991).

### 3.1.4.3 Différents types de farines liées à leur utilisation

Selon GODON et GUINET (1994), les différents types de farines sont classés en fonction de leur utilisation sont :

- Farines destinées à la panification courante.
- Farines destinées aux pains spéciaux.
- Farines destinées à la viennoiserie et à la panification fine.
- Farines destinées aux pâtes jaunes ou aux pâtes battues.
- Farines destinées à la biscuiterie.
- Farine destinées à l'amidonnerie.

### 3.1.4.4 Critères d'orientation du blé tendre

Selon l'utilisation que l'on envisage pour les produits de première transformation (farine – semoule), des caractéristiques précises sont exigées pour répondre aux impératifs de deuxièmes transformations (boulangerie – pâtes alimentaires – gâteaux ...etc.).

Les qualités recherchées sont spécifiques aux différentes fabrications. Elles varient même avec la technologie et les appareils mis en jeu.

Pour la fabrication du pain à base de blé tendre, les deux principales qualités (critères) recherchées sont : la valeur meunière et la valeur boulangère (CHERIET, 2000).

#### **a) Valeur meunière**

La valeur meunière consiste à l'aptitude d'un blé à donner un rendement élevé en farine de qualité, répondre aux exigences des transformations industrielles, de la ménagère et des consommateurs (SADLI, 1991).

Les tests de la valeur meunière sont réalisés sur grains.

D'après MULTON (1982), les principaux tests de la qualité meunière sont au nombre le trois :

- Poids de mille grains
- Poids à l'hectolitre (poids spécifique)
- Vitrosité / dureté des grains.

#### **b) Valeur boulangère**

La valeur boulangère représente les aptitudes d'un blé ou d'une farine à donner un bon pain (CALVEL, 1984) ; derrière cette apparence simplicité se cache de nombreux critères qui influent sur la qualité (ALAIN et al., 1988). L'appréciation de la qualité boulangère se fait par deux types de méthodes différentes mais complémentaires : la méthode directe et la méthode indirecte.

- **Méthodes indirectes**

Ces méthodes consistent en un nombre d'analyses physico-chimiques, biochimiques et rhéologiques nécessaires mais qui ne peuvent pas donner à elles seules une appréciation complète ou suffisante de la qualité (CHERIET, 2000).

- **Méthodes directes**

Il n'existe pas un moyen d'apprécier la qualité d'un lot de blé ou de farine que de le soumettre à la transformation à la quelle il est destiné : panification, pastification, biscuiterie (FEILLET, 1986).

### **3.2 Le blé dur :**

#### **3.2.1 définition :**

le blé dur " *triticum durum* " le distingue du blé tendre " *triticum aestivum*" par des

caractéristiques génétiques morphologique et physiologiques .

le grain de blé a une structure hétérogène , germe ( 2 à 3 % ) , amande ( 77 à 81 % ) et enveloppe ( 15 à 20 % ) .

sur le plan technologique la structure du blé dur est vitreuse ce qui lui confère l'aptitude particulière à être transformé en semoule ; la coloration jaune est due essentiellement aux pigments caroténoïdes .

l'activité thermodynamique de l'eau " AW" du blé se situe entre 0.70 – 0.75. ( DHIFELLAH , 2002 )

### 3.2.2 Utilisation du blé dur

Dès le début de son histoire, le blé dur a été consommé sous forme de bouillie gruau et l'on trouve encore ce mode de préparation dans certaines parties du monde (LARABA, 1989).

Le blé dur est destiné à la production de semoule et des pâtes alimentaires. Il est également utilisé dans la production du pain dans certains pays (Italie, pays de Maghreb et Moyen-Orient). Le blé dur sert également à la fabrication de galette, couscous, frik , bourghoul, gâteaux et confiseries traditionnels (SRIVASTAVA~ 1984).

En Algérie, les principales utilisations du blé dur sont sous forme de pain 10% ,couscous 40%, pâtes 30% et autres 20% (QUAGLIA ~ 1998).

On utilise aussi le blé dur dans la production de farines; surtout en Europe et au moyen Orient (ELIAS, 1995) (tableau n°3). Il sert également à la fabrication de l'huile de germe de blé qui est obtenue à partir d'un mélange (germe et autres sources oléagineuses) et dont la fabrication est artisanale (BOUDREAU, 1991)

Tableau N°3:Utilisations de blé dur (QUAGLIA, 1998):

PAYS	PATES %	COUSCOUS%	PAINS %	AUTRES %
Italie	60			40
France	60			40
Espagne	70			30
Angleterre	80			20
Benelux	100			
Allemagne	65			
Europe de l'ouest	32			
Amérique du nord	75			
Tunisie	30	50	15	05
Algérie	30	40	10	20
Maroc	07	05	85	03
Egypte	100	?	?	?
Jordanie	02	01	95	02
Liban	40	?	20	40
Syrie	?	?	40	60
Chypre	10	?	90	?
Turque	10	30	60	?
Arabie saoudite	?	80	10	10
Irak	40	10	50	?
Afghanistan	20	08	60	12
Ethiopie	35	?	05	60
Pakistan	?	?	03	97
Monde	28	16	24	32

### 3.2.3 Paramètre physico- chimique et qualité du grain de blé dur :

#### a) La teneur en eau

La teneur en eau ou humidité est le premier paramètre mesuré au laboratoire car on l'utilise pour beaucoup de travaux ultérieurs, ainsi que pour rapporter, certains résultats à matière sèche. généralement comprise entre 11 et 14%; elle est également importante dans le commerce puisque peut conditionner le prix de la marchandise par un système de bonification / réfaction, En pratique on ne s'en inquiétera que si elle dépasse 16% ; car alors le blé est susceptible d'évoluer spontanément (échauffement et germination).

Au-delà de 17 %, on utilise au laboratoire la technique dite «avec pré séchage». Correspondant à un volume de travail triple de la technique standard Dans ce cas le coût de l'analyse est plus élevé (GOUDJIL et al, 1999).

#### b) La teneur en protéine :

Les protéines sont le constituant chimique essentiel du blé dur.

Puisque leur qualité conditionne totalement l'aptitude postière du grain. Les protéines forment le réseau du gluten dans la pâte, déterminant ainsi ses propriétés de pétrissage et la teneur à la cuisson des pâtes (GOUDJIL, 2002 ).

En effet , la teneur en protéines est responsable de la qualité des pâtes alimentaires à 87% ( SCOTTI ET ALL , 1983 cité par CERDOUH ; 1999 ) on l 'exprime par rapport à la matière sèche à fin de pouvoir comparer des échantillons d 'humidité différente.

Pour une valeur moyenne de 12 à 13% la teneur en protéines d'un échantillon peut varier selon la variété et l'année de 9 à 19%. Certaines variétés sont réputées plus riches en protéines .que d'autres.

La composition des valeurs respectives de deux variétés suppose donc de connaître leur composition variétale ( goudjil et al ; 1999 ) .

#### **c) La nature en gluten :**

Le gluten. représente la fraction protéique des céréales insoluble dans l'eau ( L'extorsion gluten se fait soit manuellement par lixiviation d'un pâton de 25g sous un filet d'eau ballée(2%), soit mécaniquement au moyen d'un laveur automatique du gluten ( glutomatique ) .

Selon les normes D'RIAD «CONSTANTINE»le poids de gluten sec de blé dur est de 11 à 17%.

D'après KIGER et KIGER et (1967),cité par CHIRIET (2000), la capacité d'hydratation :d'un gluten normale est d'environ 66% et Peut s' élever jusqu'à 69% elle est fonction de la qualité du blé et de son état de maturation.

#### **d) la masse de 1000 grains :**

Le pois 1000 grains; appelée aussi la masse de1000 grains, est la masse de 1000 grains entière exprimés en gramme c'est un critère d'un ,grand intérêt dans les expérimentations agronomiques .Il permet de caractérisé une variété et de mettre en évidence des anomalies comme l'échaudage l'influence des traitements en végétation ou des conditions climatiques qui toutes modifient la masse, de 1000 grains ( LOISEL ;1984) .

#### **e) Le poids à 1 'hectolitre:**

Le poids à 1 'hectolitre appelé aussi le poids spécifique ou densité apparente, est la masse d'un hectolitre de grain exprimée en kilogramme. Actuellement son intérêt technique n'est pas évident, cette mesure est influencée par différents facteurs comme l'espace vide inter grains, la teneur en eau du grain, la nature et la quantité des

impuretés présentes, dans les échantillons (GODON et LOISEL, 1984).

L'ordre de grandeur de poids spécifique. ,

- Au dessous de 72 kg /hl : masse normale, blés refusés à l'intervention
- Entre 72 et 75 kg /hl : masse faible, blés légers et échaudés
- Entre 75 et 78 kg /hl : masse moyenne.
- Entre 78 et 81 kg /hl : masse forte, masse lourde.
- Au dessus de 81 kg /hl : masse élevée, blés lourds, généralement blé de force ou très vitreux.

**f) Le taux de moucheture:**

La moucheture correspond à une altération plus ou moins profonde du péricarpe du grain par des champignons ou des piqûres de Thrips (SELSELET, 1991). Un grain moucheté présente, à d'autres endroits que le germe même, des colorations situées entre le brun et le noir brunâtre ceci entraîne la présence de piqûres brunes dans les produits fins (semoule et pâtes) créant ainsi un préjudice commerciale (MAHAUT, J 1996). D'après SELESLET ATTOU (1990), le taux de moucheture doit être inférieure à 50%.

**g) Le taux de mitadinage**

Les grains mitadinés sont des grains dont l'amande Il peut être Considéré comme pleinement vitreuse présentant par conséquence des zones farineuses; c'est une impureté spécifique du blé dur (BAR. 1995) .

Il conduit à la formation de gruau qui réduit considérablement le rendement en semoule (GOUDJIL, 2002).

Les causes d'apparition du mitadinage semblent se situer au niveau de l'alimentation en azote (un déficit d'azote de la plante), il est également SOLIS la dépendance des facteurs génétiques.

(GOUDJIL, 2002).

Du point de vue de la réglementation communautaire, un lot qui contient plus de 50% de grains mitadinés (60% dans certains cas) n'est pas accepté à l'intervention (GODON, 1991).

**h) Le test de sédimentation :**

Mis au point par AXFORD et al (1978), il est utilisé pour l'appréciation quantitative des protéines. L'indice de sédimentation mesure l'étendue de la formation du gel protéique (gonflement) .qui est en fonction des glutenines .

La valeur obtenue par ce test permettrait une appréciation de la force du gluten, elle même étroitement liée à la viscoélasticité chez le blé dur (MONNEVEUX, 1984). Cette valeur varie de 0 à 70unités

(S ELSELET, 1991)

- moins de 18ml → insuffisant.
- de 18 à 28 ml → bonne valeur pastière.
- de 28 à 38 ml → très bonne valeur pastière.
- plus de 38ml → blé de force.



#### i) Le taux de cendre :

Le taux de cendres des semoules correspond à la teneur en matières minérales après incinération à 900°C. Il constitue le critère réglementaire de la pureté des semoules. En effet, plus le taux de cendre est faible, plus la semoule est considérée comme pure (ABECASSIS, 1996). Il permet également d'effectuer un classement des semoules pour la fabrication des pâtes alimentaires:

- Semoules supérieures: taux de cendres maximal est de 1.10 %.
- Semoules courantes : taux de cendres maximal est de 1,30% (BAR, 1995).

Il n'existe pas de réglementation uniforme, chaque pays fixe une valeur limite supérieure du taux de cendres pour les produits dérivés de blé dur (ABECASSIS, 1996).

#### j) L'acidité :

L'acidité est une expression conventionnelle des acides essentiellement des acides gras. libres, extraits dans les conditions décrites dans la présente norme internationale (NF V03 - 712).

Elle est' exprimée en grammes d'acide sulfurique pour 100g de matière sèche.

### 3.2.4 semoule :

#### 3.2.4.1 définition:

La semoule est un produit alimentaire plus au moins granuleux de couleur jaune ambrée , extrait exclusivement des blés dur par une mouture industrielle spéciale dite de " semoulerie " suivant qu'elle provient du centre ou de la périphérie de l'amande , la semoule résulte de la fragmentation de l'amande , en fait il n'existe pas un seule , mais nombreuses type de semoules qui sont définis en plusieurs catégories selon défèrent paramètre tels que , le taux de cendres , le taux d'humidité la granulométrie des semoules.



L'activité de l'eau "AW" pour les semoules de blé dur se situe entre 0.70 – 0.075, la DLUO ( durée limite d'utilisation optimale ) des semoules et de six mois à partir de la date de fabrication ( article 4 de décret 90-367 du 10/11/1990)

### 3.2.4.2 Composition et valeur alimentaire et utilisation:

#### a) Composition de la semoule:

Tableau N° 4 : Composition moyenne de la semoule (g!100g) (COMELADE, 1983)

Glucide	Lipides	protides	Sels minéraux	Eau
73	1	12	2.4	11.6

#### b) Valeur alimentaire : (COME LA DE, 1983):

La richesse en glucide lui rend un aliment énergétique:

100g → 350 Kcal. Aliment à recommander spécialement aux travailleurs, aux sportifs et aux enfants (mouvement).

- Teneur élevé en protides:
  - o Intéressant pour les enfants en voie de croissance.
  - o Protides végétaux de digestion plus facile à recommander spécialement aux vieillards, aux surmenés et convalescents.
- Excellente digestibilité:
  - o La semoule est un aliment de choix pour les nourissants dès le 7<sup>ème</sup> et 8<sup>ème</sup> mois.
  - o Aliment recommandé à tous ceux qui ont des difficultés de digestion.

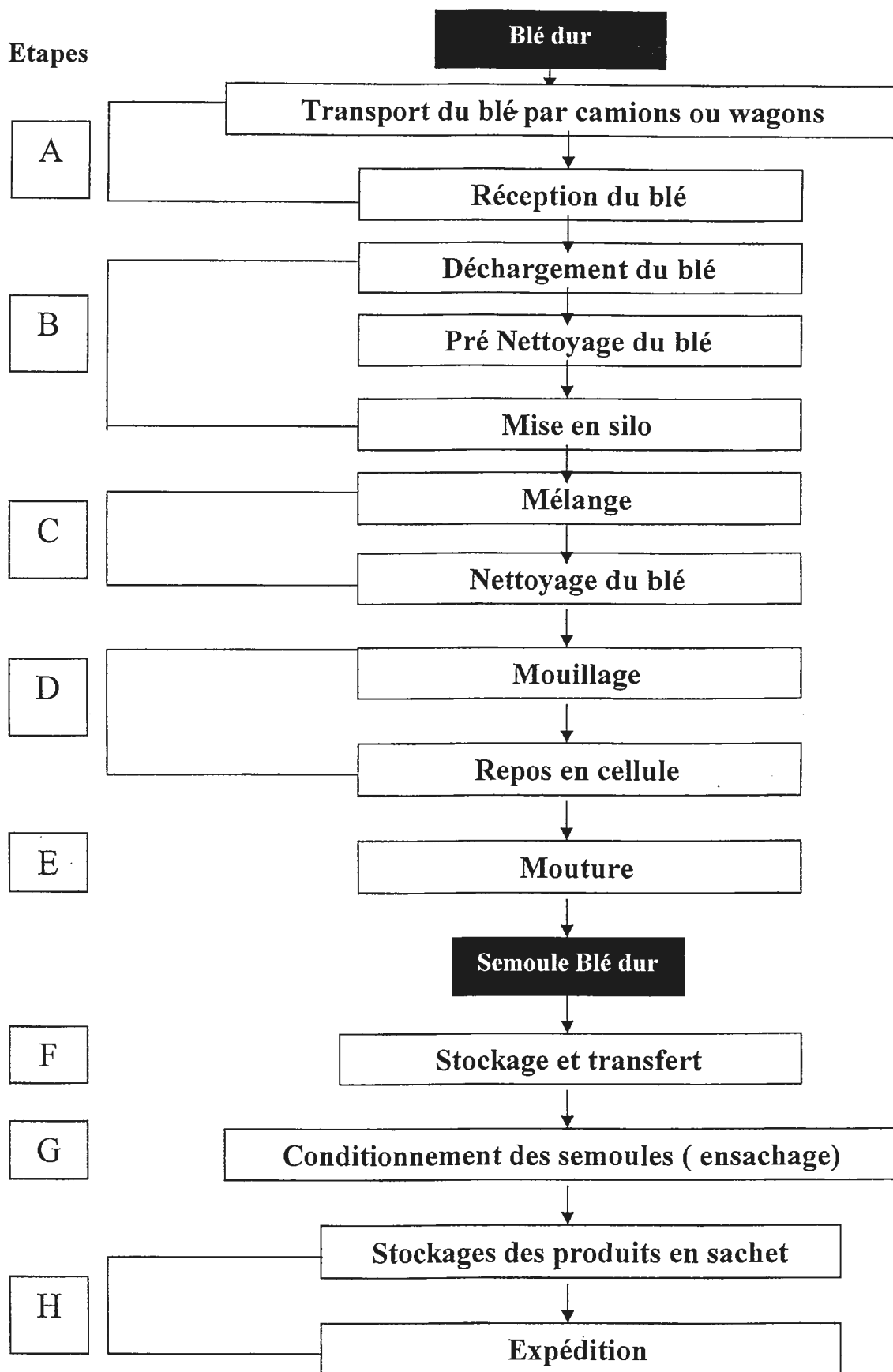
Malgré l'apport énergétique de la semoule, elle n'est jamais consommée seule, mais toujours accompagnée d'aliments qui ont modifié la saveur et la valeur alimentaire.

#### c) Utilisation de la semoule:

Tableau N° 5 : utilisation de la semoule (DHIFELLAH, 2002)

production	Utilisation
Semoule grosse	Consommation en nature (potage), gâteau et couscous.
Semoule supérieur	Fabrication des pâtes alimentaires, couscous et galette ( pian traditionnel)
Semoule fine	Pâte alimentaire pour diabétique / aliment de bétail
Semoule courante 1 <sup>ère</sup> catégorie	Pain traditionnel et couscous

3.2.4.3 Diagramme de trituration:



**3.24.4 définition des étapes du procédé de trituration:**

Toutes les étapes présentées ci-après se déroulent dans des conditions de température ambiante.

**Etape A : transport et réception (agrégage) :**

Les approvisionnements des semouleries se font à partir de blés durs en provenance de l'OAIC (Office algérien interprofessionnel des céréales) par voie ferroviaire ou routière.

La réception des lots de blés durs comporte une étape de contrôle systématique visant l'agrégage de ces lots. Les blés sont agréés un but de classement ou de refus s'ils ne sont pas satisfaisants. L'agrégage est une analyse visuelle et olfactive qui permet, entre autres, de détecter les contaminations biologiques dues à la présence d'insectes et/ou de rongeurs, les contaminations chimiques résultant d'un traitement insecticide récent, et les contaminations microbiologiques (présence de blés moisis) (SAHLI, 1996).

**Etape B : déchargement, pré nettoyage et mise en silo (stockage) :**

Au déchargement, les blés passent sur des grilles qui retiennent les plus gros corps étrangers. Le pré nettoyage est un nettoyage sommaire avant ensilage, éliminant par voie mécanique sèche (criblage et aspiration) les impuretés grossières (grosses pierres, sables, pailles ...) et les poussières. Le pré nettoyage élimine aussi les insectes morts et certains l'orme caché vivant qui sont des impuretés particulières.

Après l'opération de pré nettoyage, et d'être utilisés au moulin, les blés durs sont stockés dans des silos à grains, unités autonomes de stockage comportant une ou plusieurs cellules (compartiment d'un silo) avec une installation de manutention des grains. Au moment de leur mise en silo, les blés sont classés selon leur origine, variété, caractéristiques spécifiques.

**Etape C : mélanges et nettoyage:**

Les blés classés sont mélangés pour obtenir des semoules de qualité déterminée et constante. Ces mélanges de blés subissent ensuite un nettoyage (à sec) par procédé mécanique, qui a pour résultat de : (Industrie de semoulerie, 2000).

- \_ Enlever les graines étrangères (noires et colorées) pour limiter au minimum le nombre de points noirs et bruns dans la semoule;
- \_ Enlever toutes les pierres de manière à éviter la présence de débris minéraux dans les semoules;
- \_ Réduire fortement l'infestation par les insectes ainsi que le nombre

de fragments d'insectes, qui se retrouveront dans la semoule fabriquée avec du blé infesté.

- Réduire la charge microbienne.
- Eliminer, enfin tout corps étranger autre que les grains.

C'est une étape très importante en semoulerie. En effet, pour leurs utilisateurs et en particulier les fabricants de pâtes alimentaires, l'aspect des semoules constitue l'un des facteurs essentiels d'évaluation de leur qualité.

#### **Étape D : mouillages et repos:**

La préparation des blés durs ou conditionnement - appelée également opération de «mouillages et repos» - a pour but de faciliter la séparation de l'amande du grain de son enveloppe extérieure, le futur son, qui sera éliminé au cours de la mouture. Il s'agit de parvenir à assouplir les enveloppes tout en laissant l'amande friable. Ces opérations se décomposent en deux étapes comme suit:

(CODEX ALIMENTARIUS, 1995)

- Les mouillages (apports d'eau par pulvérisation) pour amener le blé à 16 % d'humidité environ ;
- Suivis de repos en cellules d'une durée de 18 heures.

L'eau apportée doit respecter les exigences de qualité. Juste après le conditionnement et avant le broyage. Le grain est brossé, ce qui permet d'éliminer l'essentiel des poussières adhérentes aux enveloppes et des particules de son. A l'issue de ce conditionnement, les grains sont prêts pour la trituration (mouture), étape où intervient la technologie semoulière proprement dite.

#### **Étape E : mouture:**

- mouture est réalisée par l'action successive de : (GODON, 1996)
- broyeurs, désagrégeurs et (le broyage) qui écrasent les grains et dissocient les produits de mouture. Ainsi, le blé nettoyé passe tout d'abord dans des broyeurs à cylindres cannelés permettant un broyage progressif de façon à extraire la semoule en coupant l'enveloppe au minimum et en produisant un minimum de farine. Le but est d'éliminer au maximum les enveloppes et d'obtenir un produit grené, la semoule, et non un produit de structure farineuse;
- plansichters (le tamisage ou blutage) qui classent les produits selon

leur taille. On obtient des produits calibrés mais hétérogènes qualité: grains de semoule contenant encore des fragments d'enveloppe, grains de semoule pure et sons.

- Sasseurs (le sassage) qui séparent les produits selon leur densité par aspiration: La semoule pure entre ici dans la composition du produit fini, la semoule contenant encore des enveloppes retourne à une étape de broyage, et le son est éliminé (sous-Produits).
- La combinaison de ces opérations constitue un diagramme De mouture. Qui permet au semoulier de récupérer:
  - de la semoule pure: environ 74% du poids du blé de départ ;
  - des gruaux D : environ 6% ;
  - des sons, remoulages et autres issues de mouture: environ 20%.

#### **Etape F : stockage et transferts:**

Les semoules produites peuvent être stockées en cellules avant d'être expédiées en vrac ou ensachées. Dans ces deux cas, elles sont acheminées grâce à des convoyeurs (exemple: pneumatiques, transporteurs à vis).

#### **Etape G : conditionnement des semoules:**

Cette étape inclut la notion de contrôle de conformité des produits finis. Les semoules conditionnées en sacs de polypropylène de 10.25 ou 50 kilogrammes, en vue d'être acheminés chez des revendeurs (grossistes ...) ou des industries. La DLUO (Date limite d'utilisation optimale) pour les semoules est de l'ordre de six mois à partir de la date de fabrication (Article 4 de décret 90 - 367 du 10/11/1990).

#### **Etape H : stockage (sac) et expédition (sac) :**

Les sacs sont stockés dans des magasins puis chargés généralement dans des caillions. L'état des aires de stockage doit être surveillé pour éviter toute infestation de nuisibles. De même, les camions dans lesquels les sacs sont chargés doivent être propres.

### **3.3 Mouture de blé**

#### **3.3.1 Quelques définitions**

##### **- Le broyage**

Est réalisé par des appareils à cylindres cannelés. Sa désignation dans le diagramme de fabrication se fait par la lettre B, exemple : B1.B3. Cette opération consiste à écraser les grains de blé.

**- Le claquage et convertissage**

Sont les 2 phases de réduction des produits provenant du broyage, les claqueurs désignés par CL. Les convertisseurs, désignés par C, sont des appareils à cylindres lisses.

**- Le Blutage**

C'est l'opération qui, après chaque passage dans un appareil à cylindres (broyeurs, claqueurs ou convertisseurs), classe les produits selon différentes tailles, ce qui passe à travers le tamis constitue ce qu'on appelle par convention l'extraction, ce qui reste sur le tamis constitue le refus. Dans la meunerie moderne, on a affaire le plus souvent à des plansichters qui ne sont autres que des piles verticales de tamis que l'on désigne par P. suivi du nom du passage par exemple : **P1/B5 ou B1/C3**.

**- Le séchage**

Est un terme de vocabulaire meunier désignant une partie spéciale du blutage qui consiste à finir de séparer d'un produit la farine qui se trouve mélangée à lui.

**- Le sassage**

Est une opération intermédiaire entre le broyage et la première phase de réduction des produits de claquage. Son but est de purifier et classer les produits allant au claquage.

**- Curage des sons**

Opération qui consiste à réduire au maximum la quantité d'amande adhérente sur la face intérieure des enveloppes (SELSELET, 1991).

**3.3.2Principes de la mouture**

Le but à atteindre par la mouture est l'obtention, sous forme de farine, le maximum de l'amande farineuse présente dans le grain.

Les principes directives de la mouture sont alors les suivantes :

a- broyer progressivement le grain de telle sorte que les enveloppes de celui –ci soient les moins brisées possibles.

b- nettoyer la face interne de ces enveloppes en essayant au maximum de garder leur intégrité.

c- assurer progressivement la réduction des semoules plus moins vêtues, provenant du broyage, en évitant au maximum celle des enveloppes présentes sur ces produits.

\* chaque stade de réduction (broyage, claquage, convertissage) est suivi aussitôt par le classement en grosseur, à l'aide du tamis, du produit venant d'être réduit, c'est le blutage.

\* chaque stade de réduction de farine produit une certaine quantité de farines appelées farines de passage. Ces farines ajoutées à celles obtenues dans le séchage des finots, constitueront par leur mélange le produit fini appelé farine entière.

\* Le sassage et le claquage sont 2 stades intermédiaires entre le broyage et le convertissage, ayant pour but la purification et la transformation des semoules de broyage en produits très purs, analogues aux finots : les gruaux (SELSELET, 1991).

### 3.3.3 Différents produits de la mouture

#### a) La farine

Est le principal produit de la mouture, constitué par des particules très fines de l'amande du grain de blé résultant de la réduction de celle-ci. En gros, la farine passe à travers un tamis 10 XX dont l'ouverture de maille est de 0,1 mm.

#### b) Les semoules

Sont des morceaux d'amande, plus ou moins vêtus d'enveloppes, leur grosseur est variable : il y a des grosses semoules qui restent sur un tamis n° 40 (Maille de 0,5 mm) et des fines semoules dites propres ou vêtues (pur de l'amande et gardent des fragments d'enveloppes).

#### c) Les finots

Sont des semoules très fines et très pures, leur taille varie autour de 0,2 mm, ils proviennent des passages du broyage.

#### d) Les gruaux

Sont des produits analogues aux finots : ils proviennent de la réduction des semoules en tête du claquage et du convertissage.

#### e) Les issues

Sont les produits finis autres que la farine. On distingue

- **Les sons**

Constitués par les enveloppes du grain et une certaine partie de l'amande adhérente à la face interne de ces enveloppes suivant leur taille, on distingue les gros sons et les sons fins.

- **Les remoulages**

Comprennent un mélange d'enveloppes plus ou moins finement broyées et d'amande farineuse. On rencontre 2 types de produits.



- les remoulages bis : les remoulages bis, les plus gros de couleur rouge qui constituent sur le diagramme de fabrication le refus final de claquage.
- les remoulages blancs : les plus fins, les plus riches en farine, qui représentent l'issue recueillie en fin de convertissage (SELSELET, 1991).

**f) Les farines basses**

De couleur bis, extrêmement piquées correspondant aux farines obtenues en faible quantité à la fin du claquage et du convertissage suivant le taux d'extraction désiré, ces farines peuvent être extraites à part.

Selon SELSELET (1991), on a un exemple de bilan d'une mouture de blé à un taux d'extraction de 75%: farine 75%, sons (gros 9%, fins 7%), remoulage bis 3%, remoulage blancs 5%, déchets de nettoyage 1% .

# Chapitre IV

L'essai de panification demeure le meilleur moyen d'évaluation de la valeur boulangère. Celle-ci est représentée par les aptitudes de la farine, à donner du bon pain, bien développé, léger, possédant une croûte lisse et dorée bien adhérente à la mie, croustillante et sèche si la cuisson est parfaite, d'une odeur douce et agréable (CALVEL, 1984).

#### **4.1 Principes de base de la panification**

D'après GUILBOT (1979), le mot « pain » sans autres qualificatifs est réservé au produit résultant de la cuisson de la pâte obtenue par pétrissage d'un mélange de farine de blé destinée à la panification, d'eau potable, de sel de la cuisine et un agent de fermentation.

##### **a. Pétrissage**

C'est la première opération de la panification proprement dite : elle assure, à la fois le mélange intime des matières premières mises en œuvre et la confection de la pâte.

Il a été longtemps effectué à la main. Actuellement, il est uniquement réalisé avec le pétrin mécanique (CALVEL, 1984).

Le pétrissage assure l'absorption de l'eau par les protéines et les granules endommagées d'amidon, la formation d'un réseau viscoélastique et l'incorporation de l'air (O<sub>2</sub>) (DOUMANDJI, 2003).

##### **b. Fermentation panaire en masse ou « pointage »**

C'est une fermentation alcoolique engendrée par l'action des ferments sur les sucres présents dans la pâte qui les transforment en alcool et en gaz carbonique. Dans leurs généralités, les ferments sont des micro-organismes capables de provoquer une fermentation en transformant, dans un milieu approprié, les substances « fermentescibles » qui leur conviennent (CALVEL, 1984).

La fermentation a un double rôle :

\* Engendrer la production du gaz carbonique pour assurer la levée et l'alvéolage interne de la pâte.

\* Provoquer l'évolution biophysique de la pâte propre à l'équilibre plastique nécessaire à la panification (CALVEL, 1984).

Les levures produisent aux dépend des sucres fermentescibles préexistants dans la pâte où se forment en son sein :

-du gaz carbonique, qui emprisonné dans les réseaux glutineux, est responsable de la levée de la pâte et de la structure alvéolaire de la mie du pain cuit ;

-de l'alcool éthylique et des produits secondaires de la fermentation alcoolique, ester et produits carbonylés qui vont contribuer à l'édification de la flaveur du pain (GUILBOT, 1979).

### **c. Pesage ou « dévisage »**

La pâte est divisée en une quantité de pâtons, égale au nombre de pains qu'on veut obtenir. La division peut se faire avec un coupe-pâte ou à la main. Cependant, avant la mise en forme, afin d'obtenir des pains d'un poids déterminé, les pâtons sont pesés (CALVEL, 1984)

Cette opération mécanique, entraîne une perte de souplesse de la pâte, voire même une dégradation de la structure formée au cours de pétrissage. C'est pourquoi, le divisage est presque toujours suivi d'un « boulage » permetent de reconstituer cette structure (GUINET, 1994).

### **d. La fermentation intermédiaire ou « détente »**

Période de repos et de relaxation de la pâte avant la mise en forme définitive (GUILBOT, 1979).

Cette phase n'intrvient pas activement sur la forme des pâtons, elle constitue un moyen d'intervention sur l'organisation structurale de la pâte et son développement.

Le repos associé à une reprise de pousse, redonne une extensibilité à la pâte, un meilleur aspect au pâton dont la surface devient moins collante et plus lisse (FEILLET, 1994).

### **e. Façonnage ou « tourne »**

La tourne est l'opération au cours de la quelle le boulanger donne au pâton qui a été pesé la forme qu'exige le type de pain dont il doit assurer la fabrication (CALVEL, 1984).

### **f. Apprêt**

L'apprêt est la fermentation finale du pâton après le façonnage et avant la cuisson.

Comme le pointage, sa durée est fonction de la méthode choisie et de la tolérance de la pâte. Au cours de l'apprêt, le gaz carbonique et l'éthanol sont formés, le pâton se lève et la texture finale de la mie du pain est amorcée (GUINET, 1994).

### **g. Cuisson**

Elle se traduit par la stabilisation de la structure. C'est au cours de la cuisson que la transformation de la pâte fermentée en pain s'accomplit. La cuisson du pain se fait à une température extrême de 230°C environ (FRANCOIS, 1994).

Au cours de la première cuisson, la fermentation à l'intérieur du pâton poursuit son activité jusqu'à ce que la chaleur interne atteigne une température comprise entre 45 et 50 °C, provoque la destruction des ferments et stoppe alors toute action de leur part.

L'évolution de la température agit ensuite entre 60 et 70 °C sur le gluten qu'elle coagule et sur l'amidon qu'elle transforme en empoids.

Le produit perd progressivement et rapidement sa plasticité et le pain prend son aspect définitif (CALVEL, 1968 cité par DOUMANDJI, 2003).

### **h. Ressuage**

Le ressuage du pain termine le cycle de fabrication du pain. Il commence dès la sortie du four (GUINET, 1994). Le pain défourné chaud continue à perdre de l'eau au cours de son refroidissement. Cette perte, fonction des dimensions du pain, est importante au cours des deux heures suivant le défournement (GUILBOT, 1979).

## **4.2 Principaux constituants et leurs rôles dans la panification**

### **4.2.1 Glucides**

En panification, les effets des glucides interviennent à plusieurs niveaux : au pétrissage où ils agissent sur les qualités plastiques de la pâte. A la fermentation où ils jouent un rôle déterminant sur l'activité de la levure et enfin à la cuisson où ils interviennent sur la coloration, la tenue et le volume des pains. Alors que les polysaccharides jouent un rôle dans la formation et le développement de la pâte (GUINET et GODON, 1994).

Les dextrines contribuent au goût caractéristique de la mie, à la coloration et à la flaveur de la croûte par la réaction de caramélisation et la réaction de Maillard (GODON et WILLM, 1991)

L'absorption d'eau par la pâte est directement affectée par le degré d'endommagement de l'amidon (POMERANZ, 1983).

**4.2.2 Protéines**

Les protéines solubles dans l'eau ou dans les solutions salines, excepté les activités enzymatiques, ne jouent qu'un rôle mineur (FEILLET, 1994).

Elles sont utilisées en partie par la levure comme nutriments. En combinaison avec les sucres, elles participent à la réaction de Maillard qui donne une partie de sa coloration à la croûte du pain (GRANDVOINNET et PRATX, 1994).

Le gluten apporte un ensemble d'avantages, qui permettent de corriger les défauts de la farine et d'améliorer les propriétés fonctionnelles : renforcement de la pâte, meilleures tolérances au pétrissage, augmentation de la rétention de gaz, augmentation de l'absorption et la rétention d'eau et contribution également à la texture du pain (DACOSTA, 1986).

Les gliadines contrôlent le volume du pain des variétés qui diffèrent par leur potentiel de panification (POMERANZ, 1983) et contribuent à la viscosité et à la plasticité de la pâte (FEILLET, 1994).

POMERANZ (1983) montre que les gluténines sont responsables du développement de la pâte et du temps de pétrissage. En outre, DACOSTA (1986) et FEILLET (1994) rapportent que les gluténines contribuent d'une manière prédominante à la cohésion élastique et à la ténacité de la pâte.

**4.2.3 Lipides**

Les lipides sont quantitativement des composés mineurs de la farine de blé, leur teneur varie entre 1.5 et 2.0% du poids sec (POMERANZ, 1983).

Les lipides jouent un rôle important au cours du pétrissage, en raison de leurs interactions avec les protéines. Ces interactions, préalablement présentes, sont accentuées par le pétrissage.

Les interactions entre les lipides et les gliadines semblent être particulièrement fortes, certains auteurs estiment que les lipides s'attachent à la gliadine contribuant ainsi à la rétention gazeuse (DACOSTA, 1986). L'association des lipides avec des protéines protège celles-ci contre la dénaturation du fait de l'absence d'eau (CHEFTEL et al., 1985).

### 4.3 Constituants de la pâte

#### 4.3.1-Farine

La farine est le produit résultant de la mouture du grain de blé nettoyé et industriellement pur. Autrefois, le blé portait le nom ancien de froment, ce nom est parfois utilisé pour distinguer des fabrications spécifiques (CALVEL, 1984).

#### 4.3.2 Eau

Selon DUPIN (1996), l'eau sert à mouiller la farine et rend possible le pétrissage.

Avec la farine et l'air, l'eau et l'un des trois constituants indispensables à la fabrication d'une pâte, les physico-chimistes considèrent qu'elle fournit aux molécules (protéines, enzymes, etc...) la mobilité nécessaire pour réagir et qu'elle participe elle-même aux réactions (GUINET et GODON, 1994).

#### 4.3.3 Sel

Le sel représente environ 2% du poids de la farine en panification (GODON, 1983). La présence du sel se manifeste tout au long de la panification ; réagissant sur le gluten, il va améliorer les qualités plastiques de la pâte (fermeté, ténacité) et augmente légèrement le pouvoir d'hydratation de la farine. Il agit aussi sur l'action de la fermentation, qu'il freine un peu et joue dans ce dernier le rôle de régulateur. Il augmente aussi le taux d'hygroscopie du pain et conserve ainsi à la mie son moelleux. Enfin, il améliore la saveur du produit fini (CALVEL, 1984 ; BOUDREAU, 1992).

#### 4.3.4 Levure

*Saccharomyces cerevisiae* étant un champignon microscopique d'origine naturelle, qui se développe dans la pâte au moment de la fermentation.

Ce champignon agit progressivement en se développant et provoque des réactions qui transforment la pâte et la fait fermenter (TREMOLIERE, 1984).

La levure métabolise en aérobie les sucres en alcool. Elle les utilise pour sa croissance en les oxydant en CO<sub>2</sub> (ADRIAN, 1995).



Tableau 6. Composition chimique de la levure boulangère, teneurs pour 100g (SOUSI et FACHMAN, 1995).

<i>Energie</i> (kcal)	<i>Eau</i> (g)	<i>Protéines</i> (g)	<i>Lipides</i> (g)	<i>Minéraux</i> (g)	<i>Vitamines</i>			
					<i>B<sub>1</sub></i> (mg)	<i>B<sub>2</sub></i> (mg)	<i>PP</i> (mg)	<i>B<sub>6</sub></i> (mg)
77.60	73.00	16.70	1.20	2.10	1.43	2.31	3.46	6.84

conclusion

## Conclusion

Il est bien connu que les céréales particulièrement le blé constituent la base de l'alimentation en Algérie, depuis plusieurs décennies beaucoup d'efforts sont déployés pour améliorer la production, voire même supprimer la part de céréales importée. Certes, la sélection de variétés à haut rendement et la maîtrise des techniques culturales constituant les facteurs déterminants pour atteindre l'objectif fixé. Cependant la détermination de la valeur nutritionnelle d'un grain et son aptitude à la transformation (en pâtes, couscous, pain, biscuit...) sont des critères définitifs pour orienter et valoriser la production céréalière.

Actuellement, les variétés de blé notamment sont utilisées dans l'industrie alimentaire en fonction de leur disponibilité et non de leur qualité nutritionnelle et technologique, ceci est bien souvent à l'origine d'importantes pertes en produits de qualité médiocre et d'une diminution des rendements au niveau des opérations de transformation. La connaissance des caractéristiques physico-chimiques de chaque variété ainsi que la maîtrise de la technologie de transformation doivent permettre d'aboutir à une meilleure utilisation des grains de blé, en effet c'est sur la base des aptitudes technologiques<sup>qu'</sup> il sera possible de préconiser efficacement des orientations pour la production et la sélection de variétés de blé dur.

# Références



## Références bibliographiques

1) **ABECASSIS j.** 1996 Comprendre la qualité : la valeur semoulière comment s'explique-t-elle? Coll-perspective blé dur .37.56 page ENRA. Montpellier – France

2) **ADRIAN J.**, 1995. La science alimentaire de A à Z. 2<sup>ème</sup> Edition. Techniques et documentation. Lavoisier. Paris. P477.

3) **AFNOR**, 1991. Contrôle de la qualité des produits alimentaires: Céréales et produits céréaliers. 3<sup>ème</sup> Edition ISBN. Paris. 360 p.

4) **ALAIN C. et PAVEL H.**, 1988. Contrôle de la qualité en meunerie. PP 489 – 493

5) **ALIANE I.**, 2002. CD-ROM. IDAQUALITEC. Banque des données sur la qualité des aliments et son contrôle en collaboration avec le CACQE d'Alger.

6) **ALLEN J. C., HAMILTON R.J.**, 1994. Rancidity in foods. Ed. technique et documentation Lavoisier Paris. 290 p.

7) **ANONYME**, 2006 a. File //: A:/ Blé boulangerie. net. htm.

8) **ANONYME**, 2006 b. Production nationale de blé. Capturé le 20/06/2006. <http://www.> Algérie Confidentiel. Com.

9) **ANONYME**, 2007. [http://eap.mcgill.ca/\\_private/vlf\\_head.htm](http://eap.mcgill.ca/_private/vlf_head.htm)

10) **AXFORD.D.D.W.E, DERMOTTE .E.REMAND .G (1978)** .Small scale tests of bread making quality milling food and fertilizer 68:18

11) **BAR C** , (1995) Contrôle de la qualité des céréales et protéagineux " guide pratique " ed : institut technique des céréales et des fourrages ( **I.T.C.F**) paris .253 pages.

12) **BENLARIBI M.**, 1984. Facteur de productivité chez six variétés de blé dur cultivées en Algérie.

Thèse : Magister. Constantine, Algérie. Mémoire d'ingénieur d'état – INATAA. université de Constantine. Algérie. 82 p.

13) **BENYAHIA S., SLIMANI A.R.**, 2004.

Etude comparative de quatre variétés parentales et de douze descendants de blé dur sur une base de paramètres physico-chimiques. Mémoire d'ingénieur d'état – INATAA. université de Constantine. Algérie. 102p.

14) **BOUDREAU A.** ( 1992) le grain de blé .25.49 pages : in : "le blé éléments fondamentaux . et transformation : in BOUDREAU A., MENARD G., TIPLESKH 1992. en presse de l'université Laval : paris .439 page .

15) **BOUDREAU A.**, 1992. Le blé. PP. 25 – 49 in « Le blé-éléments fondamentaux et transformation ». BOUDREAU A., MENARD G., TIPLESKH. Ed. Les presses de l'université LAVAL. Paris. 439 P.

16) **BOUDREAU A., GREGOIRE Y.**, 1992. Considérations générales. PP 2-15 In « Le blé – Elément fondamentaux et transformation » par BOUDREAU A., MENARD G., TIPLESKH. Ed. Les presses de l'Université LAVAL. Paris. 439 p.

- 17) **BOYELDLAR J., 1980.** Le grain de blé et ses utilisations. Chap. : 2017. PP. 1-13. In (encyclopédie des techniques agricoles). DURIEUX F., MARTIN M. et KEILLING J. N° 25. 1990. Ed. Tech SA/TA. PARIS.
- 18) **CALVEL R., 1984.** La boulangerie moderne. Edition : Eyrolles. Paris. P 459.
- 19) **CAMELADE E , 1983** Technologie des aliments et hygiène alimentaire ,jaque lanore malakoffe (ed ),p179
- 20) **CHEFTEL J. et CHEFTEL H., 1977.** Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. Tec. et Doc. Lavoisier. PARIS. 381 p.
- 22) **CHEFTEL J.C. et CHEFTEL A., 1984** Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. Volume 1. Ed. Tech. et Doc, Lavoisier, Paris, P 381.
- 23) **CHEFTEL J.C., CUQ L., LORIENT D., 1985.** Protéines alimentaires, Ed. : technique documentation, Lavoisier, Paris, P. 309.
- X 24) **CHERDOUHE A (1999)** caractérisation biochimique et génétique des protéines de réserve de blé durs Algérien (*triticum durum desf*) , relation avec la qualité , thèse de magistère , I.S.N université de constantine , Algérie
- X 25) **CHERIET G., 2000.** Etude de la galette : différents types, recettes et modes de préparation. Thèse Magister. D.N.A.T.A.A. université Mentouri. Constantine. Algérie. P. 99.
- 26) **COLAS A., 1979.** La meunerie : problèmes actuels pp 92 – 106. In BURE J., le pain. Edition : CNRS. Paris. P. 313.
- 27) **COLLAS A. et PETEL D., 1984.** Analyses physiques des farines. PP. 153-232 in « Guide pratique d'analyses dans les industries des céréales ». GODON B. LOISEL W. APRIA, Tec. et Doc LAVOISIER. PARIS, P. 685.
- 28) **DACOSTA Y., 1986.** Le gluten de blé et ses applications. Ed. APIA. Paris. France. P. 129.
- 29) **DHIFELL AH A .2002 DEMARCHE HACCP**
- 30) **DIMA D., 1976.** Technologie des céréales et leurs dérivés Ed. Pédagogie. Bucarest.
- 31) **DOUMANDJI A., DOUMANDJI S., DOUMANDJI M.B., 2003.** Technologie de transformations des blés et problèmes dûs aux insectes au stock « cours de technologie des céréales ». Ed. office des publications universitaires. Alger. Algérie. P 67.
- 32) **DUPIN H., 1996.** Aliments, alimentation et santé : question / réponse. Ed. Techn. et Doc. Lavoisier. Paris 440 pages.
- 33) **ELIASE ; .1995** Durum wheat products ,23-31 pages : en "option méditerranéenne" séminaire de blé dur dans la région méditerranéenne .N°02 DIFONZON ; KAANF ; NACHIT .M.;ED, CIHAM .espagne .17-19 novembre 1993 ,271 pages
- 34) **ENCARTA, 2005.** CD – ROM. Ed : MICROSOFT
- 35) **ENCARTA, 2006.** « Blé », CD ROM encyclopédie Microsoft ® Encarta ® 2006.

- 36)FAO, 1995.Semences des qualités déclarées.Edition : ISBN. N°117. Italie. P36.
- 37)FEILLET D.,2000. Le grain de blé. Composition et utilisation.7<sup>ème</sup> Edition INRA.Paris. PP23-25.
- 38)FEILLET P., 1986.L'industrie des pâtes alimentaires. Technologies de fabrication. qualité des produits finis et des matières premières. Ind. Ali. Agric.. PP. 979 – 989.
- 39)FEILLET P., GUINET R., MOREL M.H., 1994.La pâte: formation et développement. PP. 224-245 In « la panification française » parGUINET R. et GODON B.. 1994. Ed. technique et documentation. Lavoisier. Paris. 534 p.
- 40)FRANÇOIS J., GOUET P., GUINET R., et LEVEQUE B., 1994.La cuisson. PP 328 -401. In « Panification française » par GUINET R et GODON B.. 1994.Ed. technique et documentation. Lavoisier. Paris. 534 p.
- 41)GODON G., WILLM C., 1991.Les industries de première transformation des céréales.  
Ed : Techniques et documentation, Lavoisier. Paris. 679 p.
- 42)GODON B ; 1996 biotransformation des produits céréalières. ED : TEC et DOC lavoisier : paris . 22 pages
- 43)GODON B. et LOISEL W., 1984Guide pratique d'analyse dans les industries des céréales  
2<sup>ème</sup> Edition : Lavoisier. Paris. 819p.
- 44)GODON B., 1991.Biotransformation des produits céréalièresEd. Lavoisier tec et doc. PP. 18-19.
- 45)GODON B., GIUNET R., 1994.La panification française.Ed : Techniques et documentation, Lavoisier. Paris. 535p.
- 46)GODON B., WILLM C., 1998Les industries de première transformation des céréales.  
Ed.Tech et DOC. Lavoisier.Paris.656p.
- 47)GOUDJELS , DALOULA , CHRIRA , DJEBARAS ET DJEBARAS M (1999)laboratoire de génétique et amélioration des et amélioration des plantes , INAT ; laboratoire de biochimie de l'INRST .dong cedria .interrelation entre le mitdinage ,la teneur en protéine , la matière sèche , la [www.ianb.it priresa acquis recherche p 1-5 html](http://www.ianb.it/priresa_acquis_recherche_p1-5.html)
- 48)GOUDJILS . (2002)interrelation entre le mitdinage ,la teneur en protéine , la matière sèche ,le poid de 1000 grains et l'activité de la nitrate réductase sous l'effet de la fertilisation azotée chez le blé durs en bulletin de documentation sur les blés durs N°1,2002 monipelier
- 49)GRADVIONNET P., 1991.La valeur meunière des blés. pp 221 – 231. In GODON B.. WILLM C., 1991 Les industries de première transformation des céréales.Ed : Techniques et documentation, Lavoisier. Paris. P 552.
- 50)GRADVIONNET P., PRATX B., 1994.Les ingrédients des pâtes. Farines et mixtes. PP 100 – 131. In MULTON J. L.. « Lapanification française »Ed : Techniques et documentation, Lavoisier. Paris.
- 51)GUIDE DE BONNE PRATIQUES HYGIENIQUE " industrie de semoulerie de blé dur " 2000 , les éditions des journaux officiels , paris , 166p
- 52)GUIDE DE BONNE PRATIQUES HYGIENIQUE " meunerie " 2002 , les éditions des journaux officiels , paris , 123p



35) **Guide officiel du classement des grains, 2006** Commission canadienne des grains.

Services à l'industrie CCG-ISO 9002 . ISSN 1704-5126

54) **GUIDE PRATIQUE DE CONTROLE DE LA QUALITE DES CEREALES**

55) **PROLEGINEUX 1996** , TEC et DOC (ED) , paris , 253p

56) **GUILBOT A., 1979.**Perspectives scientifiques et conclusions sur les blés et les pains en France. PP 235-241. In « le pain » par BURE J., 1977. Ed. : CNRS. Paris, 314 p.

57) **I.T.C.F., 1995.**Contrôle de la qualité des céréales et protéagineuse Guide pratique Ed : I.T.C., Paris. 253 pages

58) **I.T.G.C., 1995**La qualité des blés tendres cultivés en Algérie. Ed. ITGC. P8.

59) **JUSSIAUX G., 1968** Cours d'agriculture moderne. Ed. La maison rustique Paris, 397 p.

60) **KIGER J.L., KIGER J.G., 1967.**Techniques modernes de la biscuiterie, pâtisserie, boulangerie industrielle et artisanale et les produits de régime. Ed. DUNOD. Paris. France. pp 676.

61) **LARABA ( 1989)**

**CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA COMPOSITION CHIMIQUE DU BLE VERT CONCASSE ET GRILLE ( FRICK)** , c'est une variété locale bédi 17 , mémoire d'ingénieur d'état INATAA , université de constantine .

62) **MAHAUT,(1996)** . apprécier la qualité en 1996 , colloque prespectives blé dur , 79.86 pages , I.T.C.F, montpellier , France

63) **MONNVEUX . ( 1984)** sélection de variétés de blé dur ( T.durum desf) valeur technologique élevée : qualité de protéine de grain , céréaliier 28,21, 25 pages

64) **MULTON J. L., 1982.**Conservation et stockage des grains et graines et produits dérivés. Tome 2. Ed. et DOC.APRIA. Paris. 1013 – 1098 P.

65) **NAMOUNE H., 1989.**Détermination des aptitudes technologiques des principales variétés de blé tendre cultivées en Algérie. Thèse de Magistère: option génie industrie alimentaire. I.N.A.T.A.A. université des Frères Mentouri, Constantine, Algérie. 109 P.

66) **POMERANZ Y., 1983.**Molecular Approach to Breadmaking: An Update and New Perspective. The Bakers digest, 72-86.

67) **QUAGLIAG . B . (1998)**other durum wheat products . chap 15, 263-283 pages , in " durum chemistry and technology " FABRIANTT; LINTASC ; editor AACC. ST. PAUL MINNESOTA , USA .

68) **ROUSSET M., AUTRAN J.C., 1979.**La qualité des blés. PP 16 – 17. In BURE J.. 1977. Le pain. Edition : CNRS. Paris. P 313.

69) **SADLI F., 1991.**Evaluation des qualités des variétés de blé en Algérie. (Symposium Algero –Canada, sur le Blé. du 3 – 6 novembre). Alger. Algérie. 8 p

70) **SAHLIZ . , 1996** La filière blé en Algérie , khartala (ED) . paris . 238p

71) **SAUVANT D., 1979.**Les céréales In « Encyclopédie des techniques agricoles » coordinateurs : DURJEUX. F, MARTIN M. et KELLING J. N° 25. 1990. Ed : SA/TA. Paris.

72)SELSELET A., 1991.Technologie des céréales et produits dérivés, Document à l'usage des étudiants. Option :technologie agro-alimentaire. Ed. Tec. et Doc. Lavoisier, Paris, 147p.

72)SRIVASTAVA J.P.(1984)durum wheat , irs world status and potential in the middle east and north africa .rachis , 1-8 pages , international center for agricultural research inches DRG areas Aleppo, Syria

73)TREMOLIERE J., 1984.Les aliments. Tome 2. 9<sup>ème</sup> édition. ESF. 618 p.

74)VIERLING E., 2003.Aliments et boissons "filières et produits".Doin éditeurs, centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine. PP 159 – 185.

75)WILLM C., 1984.Appréciation de la valeur d'utilisation du blé tendre dans les industries de cuisson. Pp 429 – 447. In GODON B. et LOISEL W., 1984. Guide pratique d'analyses dans les industries des céréales. Edition : Techniques et documentation, Lavoisier. Paris. P 685.



Thème :

Technologie des céréales et produits dérivés  
( Cas de blé )

Nom et prénom des étudiants :

Madame Boukhouna Samah

Melle Boudriat Nadia

Date de soutenance :

Le : 1 /06/2009

**Résumé :**

Les céréales ont une grande importance dans l' alimentation de l'homme et de l' animal Ceci diffère selon leur consommation , le blé est considéré comme le plus consommé des céréales

Le blé dur et le blé tendre sont des principales sources de l' alimentation , vue leurs réserves en amidon , protéines lipides eau et minéraux

La consommation de blé se fait après sa transformation en produits <sup>alimentaires</sup> qu'ils renferment alimentaires appelés ( produit dérivés) qui sont consommés après leur cuisson .

**Mots clés**

Céréales , technologie , blé dur , blé tendre .

**Summary :**

Cereals are of great importance in both human and animals nourishment . they differ in their consumption with wheat as the most consumed cereal .

Hard wheat and delicate wheat constitute a basic source in nourishment for reservation amido proteins , lipides , water and minerals .

Wheat consumption takes place after its transformation into products of nourishing components called "derivative products" which are consumed after their baking .

المختص

للحبوب أهمية كبيرة في غذاء الإنسان و الحيوان اذ تختلف أهميتها على حسب الإستهلاك .  
يعتبر القمح من أكثر الحبوب استهلاك

القمح الصلب و القمح اللين من أهم مصادر الغذاء لإحتوائها على المدخرات من نشاء و  
بروتينات ودهون وماء وأملاح

ان استهلاك القمح يتم بعد مر وره بعدة مراحل والحصول في النهاية على ما يعرف (مشتقات القمح)  
والتي تستهلك مباشرة بعد الطهي.