

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE  
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université Frères Mentouri Constantine 1  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département de Biologie Appliquée

## *Mémoire*

en vue de l'obtention Présenté du diplôme de Master

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Biologie et Physiologie Végétale

## *Thème*

**Etude Physicochimique Et Technologique Sur  
Deux Marques De Semoules De Blé Dur  
Amor BENAMOR etSPAC**

Présenté

Par : IKHLEF Maroua

le : 18/07/2021

LAOUAR Faiza

Devant le Jury :

Présidente : HAMMOUDA Dounia MCA Université Constantine 1

Rapporteur : KARA Karima MCA Université Constantine 1

Examineur : ZOGHMAR Meriem MCB Université Constantine 1

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2020/2021



---

# Remerciements

Avant toute chose, nous remercions  
qui m'a donnée la Patience, le courage et la volonté pour réaliser ce  
mémoire Pais et salut sur notre premier éducateur (صل محمد وسلم عليه)  
le prophète


pour ce qu'il a donné à l'humanité.

Nous tiennes aussi à présenter nos sincères remerciements à notre  
encadreur Dr.KARA. Karima

pour ses encouragements, ses conseils, pour son aide, ses critiques  
et ses suggestions, et surtout pour sa patience dans la correction de  
ce travail.

Nous remercions Dr HAMMOUDA Dounia la présidence du jury de  
soutenance. Nous remercions également Dr. ZOGHMAR Meriem  
qui a bien voulu accepter d'examiner ce modeste travail, nous l'a  
remercié très vivement. Nous voudrions remercier aussi Monsieur le  
directeur d'INATAA, CONSTANTINE.et le responsable de  
laboratoire.

Finalement, nous remercions tous ceux ou celles qui ont contribué  
de près ou de loin à l'accomplissement de ce mémoire. A vous tous,  
un grand Merci.



---

# *Dédicace*

*Je dédie ce travail :*

*A mes très chers parents*

*Ma mère et mon père. Grâce à eux que je suis là. Et grâce  
à eux que je serai loin. Vous restez toujours dans mon*

*Cœur,*

*A mon frère unique « Mohamed el Hadi »*

*A mes sœur « Amira » et « Bouchra »*

*A mes proches amis « Soumia, Dikra, Zahera »*

*Sauf n'oublier pas mon binôme Faiza*

*A toute ma belle-famille pour qui je souhaite une vie pleine de  
santé.*

*A tous mes amis(es), mes collègues, à tous ce qui  
M'aiment.*

*A tous les gens qui nous ont aidés pour accomplir ce  
Travail.*

*Maroua*

# *Dédicace*

*Je dédie ce travail :*

*A mes très chers parents*

*Ma mère et mon père. Grâce à eux que je suis là. Et grâce*

*à eux que je serai loin. Vous restez toujours dans mon*

*Cœur,*

*A mon frère unique « Rafik »,*

*A ma sœur unique « Asma »*

*Sauf n'oublier pas mon binôme Maroua*

*A toute ma belle-famille pour qui je souhaite une vie pleine de*

*santé.*

*A tous mes amis(es), mes collègues, à tous ce qui*

*M'aiment.*

*A tous les gens qui nous ont aidés pour accomplir ce*

*Travail.*

*Faiza*

# Table des métiers

Remerciements

Dédicace

Table de matière

Liste des tableaux

Liste des figures

L'Introduction 1

## Chapitre I : Synthèse bibliographique

<b>1. Le blé</b>	<b>3</b>
<b>1.1. Historique</b>	<b>3</b>
<b>1.2. Origine et Caractères génomiques du Blé tendre</b>	<b>4</b>
<b>1.3 Production et importance</b>	<b>6</b>
<b>1.3.1 Production mondiale</b>	<b>6</b>
<b>1.3.2 Production et consommation Algérie</b>	<b>6</b>
<b>1.3.3 Utilisation de blé</b>	<b>7</b>
<b>2. Caractéristiques morphologique et histologique du grain de blé dur ...</b>	<b>8</b>
<b>2.1 Caractéristique morphologique</b>	<b>8</b>
<b>2.1.1 Les racines</b>	<b>8</b>
<b>2.1.2 La tige</b>	<b>8</b>
<b>2.1.3 Les feuille</b>	<b>9</b>
<b>2.2 Structure histologique du grain de blé dur</b>	<b>9</b>
<b>2.2.1 Les enveloppes ou péricarpe et la couche à aleurone</b>	<b>10</b>
<b>2.2.2 Germe ou embryon</b>	<b>11</b>
<b>2.2.3 Endosperme ou amande</b>	<b>11</b>
<b>3. Composition biochimique du blé</b>	<b>11</b>
<b>3.1. Les éléments principaux</b>	<b>11</b>
<b>3.1.1 Glucides</b>	<b>11</b>
<b>3.1.2. Protéines</b>	<b>12</b>
<b>3.1.3. Lipides</b>	<b>12</b>
<b>3.2. Les éléments secondaires</b>	<b>12</b>
<b>3.2.1. Les pigments et les vitamines</b>	<b>12</b>
<b>3.2.2 Les enzymes</b>	<b>12</b>
<b>3.2.3 Les minéraux</b>	<b>13</b>

3.2.4 Eau	13
4. Transformation du blé dur en semoule	14
Caractéristiques, technologie et qualité de la semoule	15
1. Définition de la semoule	15
1.1. Composition chimique de la semoule	15
1.1.1. Glucides	15
1.1.2. Protéines	16
1.1.3. Pentosanes	16
1.1.4. Les lipides	16
1.1.5. Enzymes	17
1.1.6. Vitamines	17
5.2. Préparation des blés à mouture et conditionnement « semoulerie »	17
5.3. Nettoyage et préparation du blé à la mouture	17
1.3.1. Le nettoyage	17
1.3.2. La mouture	19
1.3.2.1. Principe de la mouture	19
1.3.2.2. Différentes étapes de la mouture	20
1.4. Différentes types de semoule	21
2. Les critères d'appréciation de la qualité du grain du blé dur	21
2.1. Le taux de mitadinage	21
2.2. Poids de Mille grains (PMG)	22
2.3. Le poids spécifique (SP)	22
2.4. Teneur en eau	22
2.5. Les composants du grain en relation avec la qualité	22

## **Chapitre II : Matériels et méthode**

1. Etude expérimentale	23
1.1. Paramètres physico-chimiques	23
2.1. Taux d'humidité (teneur en eau)	23
2.2. Dosage des protéines	24
2.3. La granulométrie	25
Analyse chimique	26
2.4. Teneur en eau	26
2.5. Teneur de cendre	26

<b>3.1. Dosage du gluten</b>	<b>27</b>
<b>3.1.1. Extraction et dosage du gluten humide</b>	<b>27</b>
<b>3.1.2. Détermination du gluten sec</b>	<b>27</b>

### Chapitre III : Résultats et discussion

<b>1. Résultats des études expérimentales</b>	<b>29</b>
<b>1.1. Résultats des paramètres physico-chimiques</b>	<b>29</b>
<b>1.1.1. Taux d'humidité (teneur en eau)</b>	<b>29</b>
<b>1.1.2. Taux de protéines</b>	<b>30</b>
<b>1.1.3. Taux de cendre</b>	<b>31</b>
<b>1.1.4. Granulométrie</b>	<b>32</b>
<b>1.2. Résultats des paramètres technologiques et rhéologiques</b>	<b>33</b>
<b>1.2.1. Dosage de gluten</b>	<b>33</b>
<b>1.2.2. Gluten humide</b>	<b>34</b>
<b>1.2.3. Gluten sec</b>	<b>34</b>
<b>1.2.4. Capacité d'hydratation</b>	<b>35</b>
<b>2. Résultats et discussion de l'enquête</b>	<b>35</b>
<b>2.1. Age</b>	<b>35</b>
<b>2.2. Genre des personnes</b>	<b>36</b>
<b>2.3. Profession</b>	<b>36</b>
<b>2.4. Renseignement sur la qualité de semoule</b>	<b>37</b>
<b>2.5. Utilisation de semoule</b>	<b>37</b>
<b>2.6. Critères de sélection de la semoule</b>	<b>37</b>
<b>2.7. Maîtrise de la préparation de la galette</b>	<b>38</b>
<b>2.8. Semoules préférées par les personnes</b>	<b>38</b>
<b>Conclusion</b>	<b>39</b>
Annexe	
المختصر	
Résumé	
Abstract	
Référence bibliographiques	

## Liste des abréviations

**FAO**: Food and Agriculture Organization

**NF**: norme française

**g** : Gramme

**ms** : Matière sèche

**M t** : millions de tonnes

**N** : Teneur en azote totale

**F**: constante de ficher

**DDL** : degré de liberté

**Pr** : probabilité d'erreur

**ANOVA** : Analyse de la variance



## Liste des tableaux

N°	Titre	Page
01	Composition chimique du grain de blé	14
02	Composition de la semoule en vitamines	17
03	Principales machines de nettoyage des blés avant broyage	19
04	Les différentes semoules consommées en Algérie	21
05	Teneur en eau (MS) chez les deux types de semoules	29
06	analyse de la variance taux d'humidité des deux semoules.	30
07	Les teneurs en protéines des deux semoules	30
08	Analyse de la variance pour la teneur en protéine des deux semoules	31
09	Les teneurs en cendres des deux semoules	31
10	Analyse de la variance du taux de cendre des deux semoules	32
11	Taux d'affleurement des deux semoules	32
12	Analyse de variance de granulométrie de deux semoules	33
13	Taux de gluten des semoules	33
14	Analyse de la variance du taux de gluten humide	34
15	Analyse de la variance du gluten sec des deux semoules	35
16	Analyses de la variance de la capacité d'hydratation des deux semoules	

## Listes des figures

Figure N°	Titre
01	Phylogénie schématique de blé dur
02	Des graines de blé
03	Histologie du grain de blé
04	Diagramme type de nettoyage des blés avant leur envoi sur le premier broyage
05	Principe de mouture de blé dur
06	Histogramme des taux d'humidité des deux semoules
07	Histogramme des teneurs en protéines chez les deux semoules étudiées
08	Histogramme des teneurs en cendres chez les deux semoules étudiées
09	Histogrammes des deux d'affleurement chez les deux semoules
10	Histogrammes des taux de gluten chez les deux semoules étudiées
11	Différente catégorie d'âge
12	Sexe des personnes questionnées
13	Profession des personnes
14	Utilisation de semoule supérieure ou courante
15	Critères de sélection de la semoule
16	La maîtrise de la préparation de la glette
17	Histogrammes illustrant des marques des semoules préférées

Les céréales constituent une part importante des ressources alimentaires de l'homme et de l'animal (**Karakas, 2011**). Parmi ces céréales, le blé dur (*Triticum durum* Desf.) compte parmi les espèces les plus anciennes et constitue une grande partie de l'alimentation humaine, d'où son importance économique. Compte tenu des projections sur la hausse croissante de sa demande mondiale, les producteurs de céréales tentent de répondre aux exigences de la demande et de la compétitivité qu'elle implique. L'augmentation de l'offre passe certainement par l'amélioration des rendements mais elle est aussi liée aux économies des facteurs de productions et à la qualité du produit fourni. Presque, la totalité de la nutrition de la population mondiale est fournie par les aliments en grains dont 95% sont produits par les principales cultures céréaliennes (**Greenway et Munns, 1980 ; Bonjean et Picard, 1990**).

La qualité technologique du blé dur (*Triticum durum* Desf.) et son amélioration sont parmi les principales préoccupations des céréaliers nationaux. La satisfaction des besoins de l'industrie agroalimentaire et des consommateurs est la condition de la qualité requise dans la transformation du blé. Ainsi, les variations des qualités technologiques des récoltes, liées particulièrement aux taux de protéines, peut pénaliser leur valorisation à l'exploitation. En fait, la qualité est un concept multiforme en totale évolution depuis quelques années, notamment pour les céréales comme le blé dur.

L'Algérie est classée le 8ème pays dans l'importation des céréales dans le monde et le premier en blé dur. Les céréales et leurs dérivées constituent l'une des bases importantes de l'agroalimentaire au pays. Cette importance est due au mode et aux habitudes alimentaires de la population. En effet, 80% des besoins sont importés et 50% du marché mondiale de blé dur est accaparé par l'Algérie, ce déficit ne cesse de s'aggraver, compte tenu de la croissance démographique et de la faiblesse des rendements 8 à 10 qx/ha (**Ait Kaki, 2000**). Ainsi, l'Algérie est classée parmi les plus faibles pays producteur au monde d'après les statistiques de la (**FAO, 2001**). Les caractéristiques climatiques des zones céréalières d'Algérie font que la culture du blé se trouve, en générale, exposée aux différents stress environnementaux défavorables (**Chaise et al., 2005**). Selon différentes études, la superficie réservée à la céréaliculture en Algérie est, aujourd'hui, de 3,3 millions d'hectares. 40% de ses surfaces sont destinés à la production de blé dur (**Ait Kaki, 2000**).

Grace à la valeur nutritionnelle élevée du blé dur et à ses qualités technologiques (teneur élevée en protéines, ténacité, gonflement et extension du gluten), il est utilisé pour la fabrication de semoule, destinée à la production de pain, de galette, de pâtes alimentaires, de couscous industriel...etc. Néanmoins la qualité de la semoule est complexe, elle doit

répondre à des critères nutritionnels, hygiéniques et organoleptiques. Elle est plutôt conditionnée par les habitudes alimentaires et par les technologies de transformation.

En Algérie est précisément dans la région de Constantine, un nombre remarquable de marques de semoules industrielles est mis sur le marché. Le consommateur se trouve devant plusieurs marques de semoule et il hésite entre le choix de la marque ou bien la qualité du produit.

C'est dans cette vision que s'inscrit globalement le travail mené dans ce mémoire. Il a pour objectif :

- l'appréciation de la qualité technologique de deux marques de semoules de blé dur commercialisées sur le marché national, largement consommées par la population de Constantine en l'occurrence AMOR BENAMOR et SPAC.
  - Une enquête sur le terrain auprès de femmes et de professionnelles dans l'agroalimentaire afin d'estimer le choix et l'appréciation de la qualité culinaires des deux semoules étudiées.
-

## Partie I : Caractéristique et importance du blé

### 1. Le Blé

#### 1.1. Historique

Le Blé est un terme générique qui désigne plusieurs céréales appartenant au genre *Triticum*. C'est une céréale autogame appartenant au groupe des angiospermes monocotylédones, de la famille des *Poaceae*, tribu des *Triticées* et genre *Triticum*. Les espèces du genre *Triticum* sont des herbacées annuelles produisant un fruit sec indéhiscant, le caryopse. Le blé tendre (*Triticum aestivum*) et le blé dur (*Triticum durum*) sont les deux espèces les plus cultivées dans le monde et en Algérie. La domestication des blés a constitué un jalon essentiel dans l'Histoire des sociétés humaines, elle a marqué le début de l'ère Néolithique qui a conduit à l'adoption d'une économie de production fondée sur l'agriculture et l'élevage. C'est vers -10 000 ans av. J-C que deux espèces de blé, l'engrain et l'amidonnier ont été domestiquées au Proche-Orient à partir de deux blés sauvages et cultivées dans la vallée du Jourdain, le Nord de la Syrie, le Sud de l'Anatolie et le Zagros dans la région du Croissant fertile localisée entre le Tigre et l'Euphrate (**Shewry, 2009**) (**Current Anthropology, 2011**).

Selon (**Kislev, 1984**), l'histoire de la culture des blés peut être découpée en trois phases majeures : la révolution agro-technique, la révolution de la domestication et l'expansion de l'agriculture. La révolution agro-technique s'est déroulée alors que les sociétés humaines étaient encore dépendantes de la chasse et de la cueillette, jusqu'au 11<sup>ème</sup> millénaire avant J-C. Elle est attestée par de nombreuses traces archéologiques de la culture des blés telles que celles exhumées sur le site de Tell Abu Hureyra (Nord de la Syrie).

La seconde phase est marquée par le processus de domestication, une modification radicale du matériel végétal ou animal d'origine sauvage en un matériel adapté à la sédentarité et aux conditions d'élevage et aux utilisations qui en découlent (**Diamond, 2002**).

La troisième phase de l'histoire de la culture des blés est la phase d'expansion. La culture des blés s'est propagée vers l'Europe et l'Asie, simultanément au fil des migrations et des échanges commerciaux (**Balfourier et al, 2007**). Elle apparaît en Grèce, à Chypre et en Inde dès 6 500 av. J-C, en Egypte vers 6 000 ans av. J-C, l'Allemagne et l'Espagne vers 5 000 ans av. J-C, l'Angleterre et la Scandinavie vers 3 000 av. J-C et enfin la Chine vers 2000 av. J-C. La culture du blé sur le continent américain n'est apparue qu'après l'arrivée de Christophe Colomb, au cours du XVII<sup>ème</sup> siècle. De nos jours, les principales espèces cultivées du genre *Triticum* sont *Triticum aestivum* L. (blé tendre) et *Triticum durum* (blé dur). Elles

diffèrent principalement par l'aspect et la composition du grain, ainsi que par leur aire de répartition agroécologique, le blé dur étant cultivé en zones méditerranéennes tandis que le blé tendre est cultivé en zones plus tempérées.

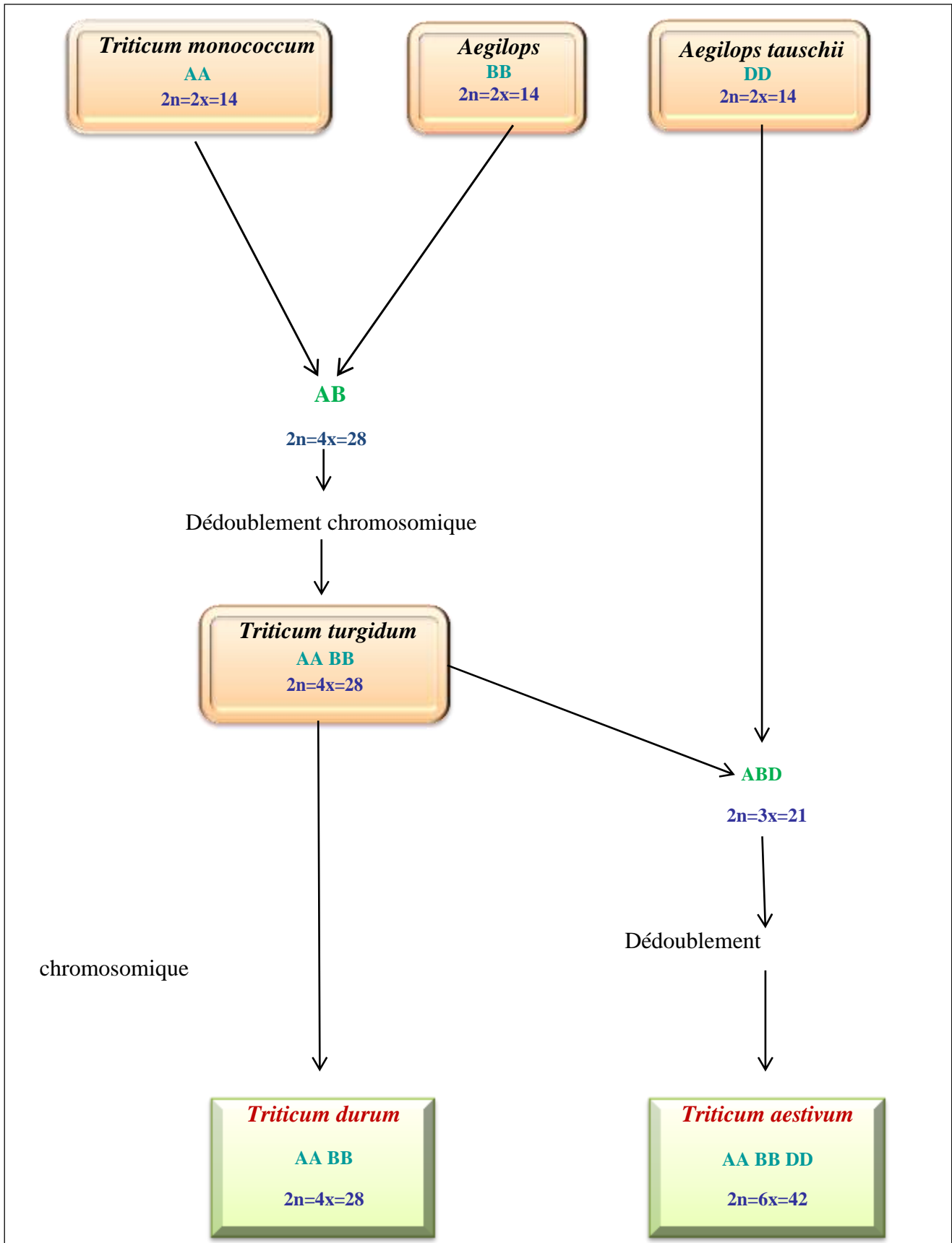


Figure 1. Phylogénie schématique du blé dur (Chen *et al.*, 1984).

## 1.2. Production et importance de la culture du blé

### 1.2.1. Production mondiale

Le blé est de loin la céréale la plus cultivée au Monde parmi l'ensemble des cultures céréalières, avec 30% des récoltes totales. En volume de production, c'est la quatrième culture mondiale derrière la canne à sucre, le maïs et le riz (CIC, 2010).

Après la seconde guerre mondiale, le marché du blé était dominé essentiellement par les Américains et les Canadiens (Kellou, 2008).

Selon la (FAO, 2006), les cinq premiers pays producteurs de blé mondiaux de 2003 à 2005 sont : La Chine, au premier rang avec 19% de la production mondiale, devant l'Inde (11,7%), les États-Unis (10,7 %), la France (6,5%), la Russie (5,5%) et le Canada (4,3 %). Le tableau 1 illustre la production mondiale de blé de 2007 à 2009, par zone géographique selon le conseil international des céréales. (CIC, 2009) Il présente, un rôle social, économique et politique dans la plupart des pays dans le monde (Ammar, 2015).

### 1.2.2. Production et Consommation en Algérie

Les céréales d'hivers, en partie le blé dur, demeurent l'aliment de base des régimes alimentaires algériens et revêtent une importance stratégique dans la nutrition humaine et l'alimentation animale, de ce fait, elles occupent une place privilégiée dans l'agriculture algérienne (Boulai *et al.*, 2007).

La production algérienne de blé reste très relativement faible et instable d'une année sur l'autre, principalement en raison des conditions climatiques très variables et souvent défavorables (pluviométrie irrégulière, maladies...) (Maggie, 2000).

D'où des variations importantes de la production et du rendement. Ainsi, le manque de précipitations et la mauvaise répartition des pluies pendant l'année expliquent en grande partie la forte variation de la production céréalière (Maggie, 2000).

La production relativement faible de blé a rendu l'importation nécessaire. A cet effet, l'Algérie est l'un des premiers importateurs mondiaux de blé en mobilisant 65 % du marché africain (Maggie, 2000).

Le blé constitue un apport majeur de la ration alimentaire des algériens, à la fois en un apport énergétique et protéique : 60% de l'apport calorique et 75 à 80% de l'apport protéique de la ration alimentaire (Forgeois *et al.*, 1993).



### 1.2.3. Utilisation du blé

Le blé constitue l'épine dorsale du système alimentaire algérien. Il est la base du modèle de consommation alimentaire national, comme dans la plupart des pays méditerranéens.

#### ✓ Dans l'alimentation humaine :

Le blé dur est destiné au pain traditionnel (galettes), à la biscuiterie, à la fabrication de semoule pour le couscous et les pâtes. Quant au blé tendre, il est utilisé principalement en meunerie pour obtenir la farine nécessaire à la production de pain commercial, de viennoiseries ou de pâtisseries (**Canadas, 2006**).

Outre ces utilisations classiques du blé, de nouvelles utilisations à échelle industrielle apparaissent depuis quelques années, telles que la fabrication de bioplastiques à base de gluten ou d'amidon. Les principaux débouchés sont les sacs plastiques, les plastiques agricoles, les emballages et certains produits d'hygiène. Ces bioplastiques ont l'avantage, par rapport à leurs homologues d'origine fossile, d'être biodégradables et renouvelables (**Debiton, 2010**).

A travers les données disponibles actuellement, les consommateurs algériens apparaissent particulièrement diversifiés. Soumis à des influences culturelles contradictoires, ils peuvent être attachés aux traditions (consommation préparée d'une manière traditionnelle) ou plus au moins tentés par les signes de modernité (restauration de masse et consommation de produits issus de l'industrie alimentaire).

Le modèle de consommation algérien change donc en fonction de l'évolution de la composition de la population et ce par rapport à l'évolution démographique, au tassement des revenus et à la libéralisation des prix des produits de première nécessité (**Chehat, 2005**).

En Algérie, le blé dur est consommé sous plusieurs formes, essentiellement le couscous, les pâtes alimentaires, le pain et le frik (**Anonyme, 2003**).

L'importance économique est appréciée à travers trois principaux paramètres : La production, la consommation et les importations (**Anonyme, 1999**).

#### ✓ Dans l'alimentation animale

Le blé, outre ses applications en alimentation humaine, est largement utilisé en alimentation animale où ses sous-produits sont également valorisés : les sons et remoulages, non utilisés en alimentation humaine. Leur intérêt dans l'alimentation animale, consommés sous forme de poudres ou granules, est lié à leur richesse en vitamines, protéines et minéraux en quantités intéressantes (**Canadas, 2006**).

### 1.3. Amélioration du Rendement et Sélection directe du blé

Depuis les premières sélections faites par l'homme, basé uniquement sur certains aspects agronomiques du blé, la sélection a beaucoup évolué et recouvre un ensemble d'activités techniques et scientifiques très diversifiées. Les objectifs de la sélection ne sont pas uniquement d'obtenir de bons rendements avec des variétés bien adaptées aux techniques culturales. Le sélectionneur devra donc réunir dans un même génotype des caractères souvent antagonistes, telle une production élevée régulière et une haute teneur en protéine (**Picard, 1988**).

Les méthodes de sélection génétique sont responsables d'environ 50 à 60% de l'accroissement de productivité (**Picard, 1988**).

## 2. Caractéristiques morphologique et histologique du grain de blé dur

### 2.1. Caractéristiques morphologique

Les blés sont des plantes herbacées annuelles, monocotylédones, à feuilles alternes, formées d'un chaume portant un épi constitué de deux rangées d'épillets sessiles et aplatis. Les fleurs sont nombreuses, petites et peu visibles car a chlamydes. Elles sont groupées en épis situés à l'extrémité des chaumes.

#### 2.1.1. Les racines

On distingue deux sortes de racines

- ✚ Les racines primaires ou séminales issues de la semence qui se développent au moment de la germination. Ces racines qui sont constitués que de tissus primaire vont nourrir la plantule jusqu'au stade tallage.
- ✚ Un système racinaire fasciculé assez développé, (racines adventifs ou coronaires) produit par le développement de nouvelles talles. Elles peuvent atteindre jusqu'à 1m50 (**Soltner, 1990**).

#### 2.1.2. La tige

C'est un chaume, cylindrique, souvent creux par résorption de la moelle centrale mais chez le blé dur elle est pleine. Il se présente comme des tubes cannelés, avec de longs et nombreux faisceaux conducteurs de sève. Ces faisceaux sont régulièrement entrecroisés et renferment des fibres à parois épaisses, assurant la solidité de la structure. Les chaumes sont interrompus par des nœuds qui sont une succession de zones d'où émerge une longue feuille.

### 2.1.3. Les feuille

Engaine la tige puis s'allonge en un limbe étroit à nervures parallèles lancéolé, issues chaque une d'un nœud compte à la gaine est un cylindre qui permet d'attacher le limbe au nœud le plus bas son rôle est chlorophyllien et conservation d'eau et d'air et avant l'allongement des talles les gaines protégeant l'apex qui se trouve en cercle concentrique au plateau de tallage Les oreillettes ou stipules sont des organes membranaire dépourvus de chlorophylle dont le rôle n'est pas encore bien déterminer (elles forment des joins empêchant particulièrement l'eau de pluie ou de rosée de s'infiltrer à l'intérieur de la gaine) la ligule est un organe membranaire qui se forme à l'adjonction entre le limbe et la gaine (**Prats *et al.*, 1971**). Chez toutes les graminées la présence et la forme des oreillettes ou stipules et de la ligule, permet de déterminer l'espèce avant l'apparition (**Soltner, 1990**).

## 2.2. Structure histologique du grain de blé dur

De forme ovale, le grain de blé a une couleur variant du roux au blanc. Sur le plan botanique, le grain de blé n'est pas une graine, mais un fruit particulier, un caryopse.

En fonction de l'aspect du grain, vitreux ou translucide (Figure 2), et du degré de dureté à la mouture, on distingue plusieurs types de blés dont l'utilisation commerciale est différente : deux types en Europe : blé dur et blé tendre, et trois en Amérique du Nord : blé dur, blé tendre vitreux (blé de boulangerie) et blé tendre (blé de biscuiterie-pâtisserie) (**Boudreau et Ménard, 1992**).



**Figure 2.** Des grains de blé

Le grain de blé est constitué de 3 grandes parties : le germe, l'amande et les enveloppes. (Figure 3).

Le grain de blé a une forme ovoïde et présente sur la face ventrale un sillon qui s'étend sur toute la longueur. A la base dorsale du grain, se trouve le germe qui est surmonté par une

brosse. Le grain de blé mesure entre 5 et 7 mm de long, et entre 2,5 et 3,5 mm d'épaisseur, pour un poids compris entre 20 et 50 mg. Le grain est constitué de différentes couches. De la surface externe vers le centre du grain, on trouve l'enveloppe du fruit ou péricarpe, puis l'enveloppe de la graine ou testa, et enfin, à l'intérieur de la graine, la bande hyaline, l'albumen et le germe (Surget et Barron, 2005).

### 2.2.1. Les enveloppes ou péricarpe et la couche à aleurone

Elles sont composées principalement de polysaccharides mais aussi d'acides phénoliques, de lignine et de protéines (principalement albumines et globulines localisées dans la couche à aleurone). Le péricarpe externe est constitué de 45% d'arabinoxylane, 25% de glucose, 10% de lignine et 6-7% de protéines (Surget et Barron, 2005).

Il permet d'éviter les pertes d'eau durant le développement du grain mais n'empêche pas sa pénétration (Evers *et al*, 1999).

Une seule couche à aleurone entoure l'albumen amylicé chez le blé. Elle est, avec le germe, la seule partie du grain constituée de cellules vivantes riches en vitamines : B1, B2, B3, B6, B9 et E et en minéraux : P, K, Mg, Mn et Fe (Mc Kevith, 2004).

La couche à aleurone a, par sa richesse en métabolites, un rôle nourricier et par sa structure un rôle de protection (Antoine *et al*, 2002).

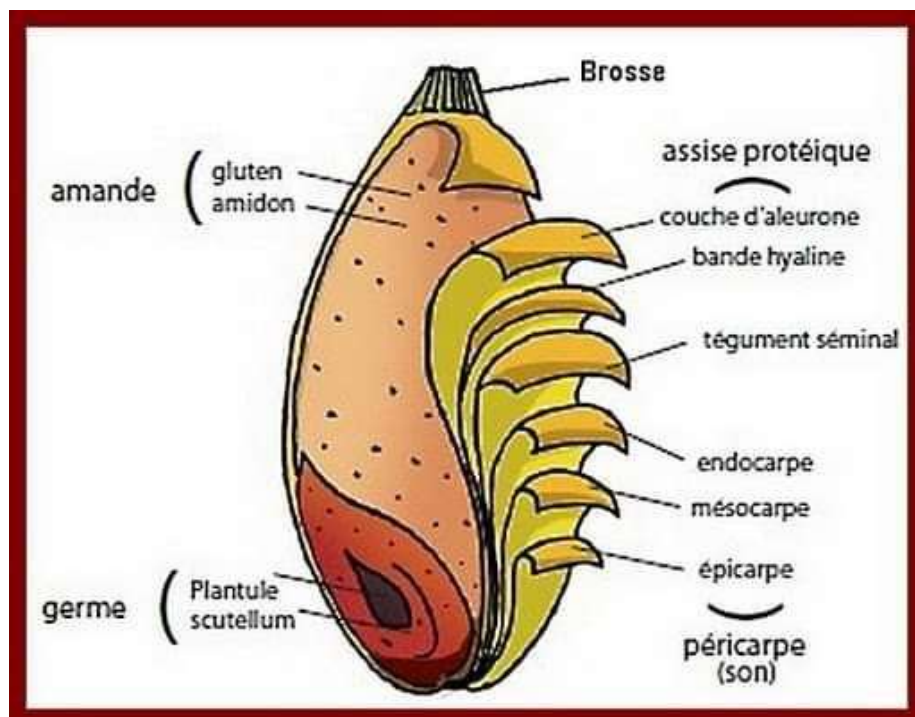


Figure 3. Histologie du grain de blé (Surget et Barron, 2005).

### 2.2.2. Le Germe ou embryon

Le germe des céréales est la partie reproductive des grains de céréales, celle qui germe pour former la future plantule (Michael *et al.*, 2006).

C'est l'embryon de la graine. Il représente de 3 à 17 % de la masse du grain entier chez les principales céréales (Carleton *et al.*, 1922).

Le germe provient de la fusion des gamètes mâles et femelles. Il est constitué, d'une part, de l'axe embryonnaire qui donne la tigelle, la méso cotyle et la radicule et, d'autre part, du scutellum qui donne le cotylédon (Evers et Millar, 2002).

Le germe est la partie du grain où le taux d'humidité et la concentration en lipides sont les plus importantes (Pomeranz, 1988).

Les protéines dans le germe sont des albumines et des globulines et représentent environ 35% de la matière sèche.

### 2.2.3. Endosperme ou amande

Après le germe, l'amande est la partie principale du grain de blé. Elle contient environ 65 à 70% d'amidon, ainsi qu'une substance protéique (gluten ou colle végétale), dispersée sous forme de petites particules parmi les grains d'amidon. Le gluten constitue environ 12 à 14% de l'amande (Painssuisse, 2018).

## 3. Composition biochimique du blé

Le grain de blé se compose majoritairement d'amidon qui représente environ 70% de la matière sèche du grain présent exclusivement dans l'albumen amylicé. Il comprend également 10 à 15 % de protéines et 8 à 10 % de pentanes (polysaccharides non amylicés) principaux constituants des parois cellulaires de l'albumen (Tableau 1).

Les protéines et se retrouvent dans tous les tissus du grain de blé avec une concentration plus importante dans le germe et la couche à aleurone (Feillet, 2000).

### 3.1. Les éléments principaux

#### 3.1.1. Les glucides

Les glucides sont présents sous la forme de sucre simple, mais surtout composé de l'amidon et de substance énergétique par excellence facilement digestible, c'est le constituant majeur des céréales 60 à 65% du poids du blé.

### 3.1.2. Les protéines

Ce sont des composés d'azote que l'on rencontre sous forme simple (acide amine) et sous forme plus complexe (protéine), on peut les classer d'après leur propriété de solubilité en:

1. Albumen soluble dans l'eau.
2. Globuline soluble dans les solutions saline diluée.
3. Prolamine soluble dans les solutions alcoolique.
4. Glutamine soluble dans les solutions diluées d'acides ou d'alcalis. Ainsi,

La teneur en protéine des céréales varie suivant les espèces, elle est en moyenne de 12% pour le blé (**Niquet et Classeran, 1989**).

Par ailleurs, le blé contient un ensemble particulier des composés solubles dans l'alcool (gliadine) et soluble dans l'eau (glutamine) appelé gluten dont les propriétés est de lever par fermentation (**Cruz et al., 1988**).

### 3.1.3. Les lipides

Les lipides sont des biomolécules pratiquement insolubles dans l'eau, solubles dans les solvants apolaires tels que chloroforme, le benzène ou l'éther (**Kessous, 1993**), Ils sont localisés surtout dans le germe et les enveloppes, la matière grasse qu'ils renferment est de 12,5% dans le germe, 5,6% dans les enveloppes, et 0.8 à 1% dans 1 albumen. Les lipides sont des constituants mineurs du blé, ils représentent de 2 à 3% du grain sec (**Adrian, 1987**). C'est pour cela que le germe est éliminé de la farine pour éviter le vieillissement qui sera accéléré à cause de l'évolution des lipides (Grandvoininnet et Prati, 1994), les lipides des céréales sont riches en acides gras insaturés.

## 3.2. Les éléments secondaires

### 3.2.1. Les pigments et les vitamines

Ce sont des composés chimiques très complexes, concentre surtout dans le péricarpe et le germe à des teneurs très faibles. Ils sont parfois associés à des vitamines (pigment caroténoïde) (**Niquet et Lasseran, 1989**). Ainsi, les grains de blé contiennent principalement trois vitamines, la vitamine B1, B2 et PP, les autres vitamines sont aussi présentes mais avec une faible teneur (**Godon et Lasseran, 1989**).

### 3.2.2. Les enzymes

Ils sont présents en faible quantité dans le grain, les plus importants sont:

- ✚ Les protéases trouvées en quantité relativement faible, dont l'une d'elles coupe les chaînes polypeptidiques en leur milieu avec une production de molécules de masses

encore élevée. L'autre agit pré de l'extrémité de chaînes et libéré les acides aminés libres et les peptides.

- ✚ Les amylases sont des hydrolases capables de dégrader spécifiquement les liaisons glucosidiques de l'amidon (amylase et amylopectine) et de ses produits de dégradation (malt, dextrine) jusqu'au stade oligosaccharide qui vont être utilisées par les levures durant le processus de la fermentation panair (Adrian et Pouffait, 1996).
- ✚ La lipase qui est une enzyme lipolytique trouve son activité concentrée dans la couche à aleurone et augmente au cours de la germination. Dans la farine elle croît avec le taux d'extraction puisqu'elle augmente la production d'acides gras insaturés lors de la mouture et la conservation (Potus *et al.*, 1994).

### 3.2.3. Les minéraux

Ils sont présents dans le grain en faible quantité à raison de 2 à 3% de la matière fraîche du grain. Les principaux minéraux sont le potassium, le magnésium, le cuivre souvent associé à des sels (phosphate, chlorure ou sulfate).

### 3.2.4. L'eau

L'eau dans le blé représente 8 à 9 % avec une valeur moyenne de 14% (Godon, 1991). Cette caractéristique de siccité des blés permet de faciliter les opérations de transport, de conservation et la possibilité de traitement par voie sèche. Du point de vue physique et chimique son action de solvant favorise les réactions enzymatiques et les attaques microbiennes lorsque sa teneur dans le grain dépasse un certain seuil (Niquet et Lasseran, 1989).

L'eau est présente dans le grain sous des formes différentes (Cruz *et al.*, 1989) :

1. L'eau de dissolution dans les vacuoles des cellules ; c'est une eau que l'on qualifie « libre ».
2. L'eau d'imbibition associée aux colloïdes.
3. L'eau de constitution très fortement fixée à la molécule.

**Tableau 1** : Composition chimique du grain de blé (Feillet, 2000).

Nature des composants	Teneur (%ms)
Protéines	10-15
Amidon	67-71
Pentosanes	8-10
Cellulose	2-4
Sucre libre	2-3
Lipides	2-3
Matières minérales	1,5-2,5

#### 4. Transformation du blé dur en semoule :

La semoule correspond à des morceaux de grain qui sont plus ou moins vêtus d'enveloppes (Doumandji *et al.*, 2003). La semoule de blé dur (*Triticum turgidum* ssp. *durum*) est fréquemment consommée notamment dans les pays du pourtour méditerranéen. En France, 65% de semoule de blé dur produite (519041 tonnes/année) est destiné à la fabrication de pâtes alimentaires sèches et de couscous (Lelamer et Rousselin, 2011). 25% de production de blé dur sert à la fabrication de couscous dont 26% sont exportées (SIFPAF, 2012). Le processus de transformation du blé en semoule consiste à débarrasser d'abord le blé dur de ses impuretés avant de le stocker. Un deuxième nettoyage est recommandé pour éliminer les impuretés fines, puis les grains sont séparés selon leur taille, leur forme et leur poids. Les grains de blé dur triés sont ensuite conditionnés en les humidifiant (Mouillage) afin d'éviter de briser le son durant la mouture. Au départ, le grain de blé dur possède une teneur en eau égale à 11 ou 12% puis le grain est humidifié jusqu'à 16 ou 17%. Les grains de blé sont mélangés en fonction de la qualité de semoule désirée. Après la mouture du mélange, la semoule est récupérée puis conditionnée. Plusieurs sous-produits sont générés à savoir les "finots" (semoules très fines), les "graux" (gros grains) et les "issues" comme le son et les pailles. En outre, le son, les germes et les fourragers sont aussi repartis dans des silos afin de les stocker.



## Partie II : Caractéristique technologie et qualité la semoule

### 1. Définition de la semoule

La semoule est définie par le Codex Alimentarius (2007) comme étant : « le produit obtenu à partir des grains de blé dur (*Triticum durum* L.).

Par un procédé de mouture au cours duquel le son et le germe sont essentiellement éliminés et le reste est broyé à un degré de finesse adéquat. La semoule -du latin Simla fleur de farine est un produit alimentaire plus ou moins granuleux, de couleur ambrée, extrait exclusivement des blés durs par une mouture industrielle spéciale dite de "semoulerie". Elle est reconnue comme substrat principal pour la fabrication des pâtes alimentaires en raison de sa teneur en gluten qui confère aux pâtes (couscous, pâtes alimentaires, ...) des propriétés technologiques et rhéologiques spécifiques, de sa dureté, sa couleur unique, sa saveur et sa qualité de cuisson (**Petitot, 2009**).

Selon (**Fortin, 1996**), le terme semoule désigne le produit obtenu par la mouture des graines de blé. Il désigne également plus précisément la farine granulée tirée du blé dur et dont on se sert pour fabriquer les pâtes alimentaires. La semoule est aussi transformée en couscous, terme qui désigne aussi bien la graine que le plat nationale de trois pays d'Afrique du Nord, à savoir l'Algérie, le Maroc et la Tunisie.

#### 1.1. Composition chimique de la semoule :

La semoule est issue de l'endosperme amylicé (albumen) de grain de blé dur donc sa composition chimique est étroitement liée à celle du blé dur et au diagramme de mouture (nombre de passages d'extraction). Elle contient 10 à 16.5% des protéines dont 80 à 85% sont des protéines de réserve, 80% de glucides dont 78% sous forme d'amidon (amylose et amylopectine) et 2% sous forme de sucres réducteur. Elles contiennent aussi des pentosanes avec un pourcentage de 1.5 à 3% (**Barkoutla, 2012**).

##### 1.1.1. Les glucides

L'amidon représente la majeure partie des glucides de l'albumen, la zone centrale de l'amande en est plus riche que la partie périphérique (**Virling, 2003**) et peut atteindre 82% de la matière sèche de la semoule de blé (**Bornet, 1993**).

D'après (**Kiger, 1967**), du point de vue technologique, cette fraction glucidique joue un triple rôle.

✚ Elle constitue la source d'aliment hydrocarboné nécessaire à la levure, au cours de la fermentation.

- ✚ Elle intervient, par sa réaction avec les protides, dans la formation de la couleur, de l'odeur, de la réaction de Maillard.
- ✚ Elle joue un rôle non négligeable dans les caractéristiques mécaniques et la texture des produits cuits.

### 1.1.2. Les protéines

Du point de vue quantitatif, les protéines sont le deuxième élément en importance dans la semoule de blé. Leur teneur varie de 8% à 16% selon l'espèce et le degré de maturité du grain. On peut classer les protéines de blé selon leurs caractères de solubilité. D'une part, les albumines et les globulines (15 à 20% des protéines totales) solubles dans les solutions salines diluées et d'autre part, les protéines du gluten (gliadines et gluténines) 80 à 85% restent insolubles (**Paul, 2007**).

La structure et la composition des protéines en acides aminés leur confèrent des protéines fonctionnelles (**Paul, 2007**).

### 1.1.3. Les pentosanes

Les pentosanes sont beaucoup moins abondants que l'amidon. Ce sont des arabinoxylyanes (polymères de xylose) possédant une propriété de gélification exceptionnelle et des oxydases les pentosanes ce distingues par leur caractère de solubilité ou d'insolubilité dans l'eau et également par leur structure. Ils sont liés d'une manière covalente en solution ne sont pas dénaturés par la chaleur et participent au phénomène du gel durant la cuisson de la pâte (**Feillet, 2000**).

### 1.1.4. Les lipides

Les principales matières grasses de la semoule sont des acides gras (acide palmitique, stéarique, oléique, linoléique), des glycérides simple (principalement des triglycérides, mais également des mono et des diglycérides) et phospholipides (**Feillet, 2000**).

Les lipides jouent un rôle important dans la technologie des produits céréaliers, que se sont lors de leur fabrication en intervenant sur les caractéristiques rhéologiques, emulsification et production de composés volatiles des pâtes, et par conséquent sur la qualité du produit fini, ou au cours du stockage, en raison des altérations consécutive de leurs acides gras libres (polyinsaturés) facilement oxydables et l'hydrolyse les lipides liés aux protéines du gluten rend.

Celui-ci plus cassant, plus élastique et conduit à une perte des propriétés de rétention gazeuse au cours de la fermentation des pâtes (**Jintet et al., 2007**).

### 1.1.5. Les enzymes

Les enzymes sont présents en petite quantité dans les semoules, les plus courantes sont les protéases, les lipases, les lipoxygénases et les amylases quoique la bibliographie rapporte aussi la présence de phytases de peroxydase et de catalyses (**Boudreau et Menard, 1992**).

### 1.1.6. Les vitamines

La semoule contient beaucoup de vitamine intéressante, la composition de la semoule en vitamines est récapitulée dans le tableau suivant :

**Tableau 2** : composition de la semoule en vitamines. (**Virling, 2003**)

Vitamines	E	B1	B2	B3	B6	B9	C
Quantité mg/100g	14	0,48	0,20	5,1	0,5	50	/

## 1.2. Préparation des blés à la mouture et conditionnement "semoulerie"

La semoulerie de blé dur appartient à la catégorie des industries de première transformation des céréales dans la mesure où elle utilise du blé dur provenant de l'agriculture. La semoule de blé dur est utilisée dans la fabrication des pâtes alimentaires sèches et du couscous (**Mechri et Boumzaout, 2019**).

### 1.3. Nettoyage et préparation du blé à la mouture

La transformation des blés en farine se déroule en trois étapes :

- ✚ Le nettoyage des blés dont le but d'éliminer les produits et grains contaminants.
- ✚ Le conditionnement qui permet d'augmenter l'élasticité des enveloppes et d'accroître les différences de friabilité entre les tissus du grain.
- ✚ La mouture proprement dite qui assure la séparation de l'albumen et des enveloppes et réduit l'albumen en fines particules (**Feillet, 2000**).

#### 1.3.1. Le nettoyage

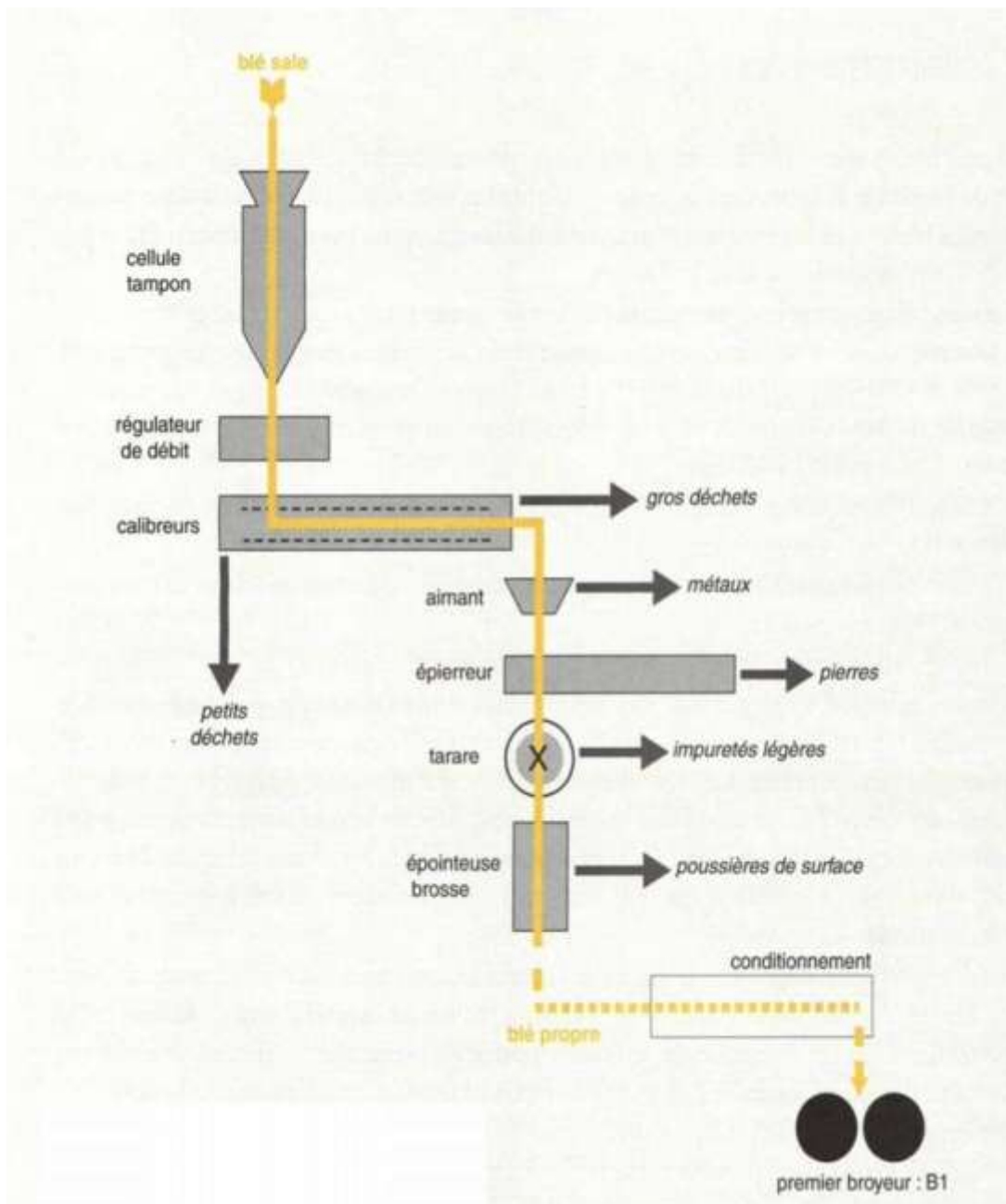
Le nettoyage est une étape très importante en semoulerie qui doit être réalisée avec efficacité (Figure 4). Les grains de blé doivent être débarrassés de toutes leurs impuretés avant d'être envoyés sur le premier broyeur (B1) (**Feillet, 2000**).

Selon **Godon, (1998)**, les principaux objectifs de nettoyage c'est :

- ✚ D'enlever les graines noires et colorés pour limiter le nombre de piqures au minimum.
- ✚ D'enlever toutes les pierres pour éviter la présence de débris minéraux dans les semoules.
- ✚ D'éliminer les graines toxiques et nuisibles
- ✚ D'éliminer les insectes et les fragments d'insectes

- ✚ De réduire le nombre de contaminants microbiens
- ✚ D'éliminer, enfin, tout produit autre que les graines.

Pour atteindre ces objectifs et éliminer les impuretés, il sera mis à profit toutes les différences existant entre le grain de blé dur (taille, forme, densité...) et les impuretés (Mebarka et Merbah, 2015).



**Figure 4 :** Diagramme type de nettoyage des blés avant leur envoi sur le premier broyeur (Feillet, 2000).

Les principales machines de nettoyage sont énumérées dans le tableau suivant :

**Tableau 3** : Principales machines de nettoyage des blés avant broyage (Feillet, 2000).

Type de machine	Principe physique	Impuretés éliminées
Aiment	Champ magnétique	Métaux
Aspirateur	Densité et résistance à l'air	Pailles, glumes
Nettoyeur- séparateur et trieur	Forme et dimension	Grosses et petites impuretés
Epierreur	Densité	Pierres
Brosse, époinçuse, lavage	Nettoyage en surface	Poussières
Table densimétrique	Densité	Pierres, blés ergotés
Toboggan	Force centrifuge	Petites graines
Trieur de couleur	Couleur	Grain avariés

L'ensemble de ces opérations doit éviter de blesser et de casser les grains. Le nettoyage des blés durs doit être effectué avec un soin tout particulier sous peine de voir apparaître des piqures colorées dans les semoules, très préjudiciables à la qualité des pâtes alimentaires (Feillet, 2000).

En semoulerie, le conditionnement se base sur trois paramètres : la quantité d'eau ajoutée, la température de traitement et la durée de repos du blé, en tenant compte de la variété de blé utilisé et de son humidité initiale (Gerard *et al.*, 1996).

Les grains de blé dur triés sont ensuite conditionnés (Mouillage) afin de faciliter la séparation du son de l'amande et le broyage de celle-ci. Au départ, le grain de blé dur possède une teneur en eau égale à 11 ou 12% puis le grain est humidifié jusqu'à 16 ou 17%. L'humidification se fait de préférence en trois étapes avec des temps de repos courts (Jintet *et al.*, 2007).

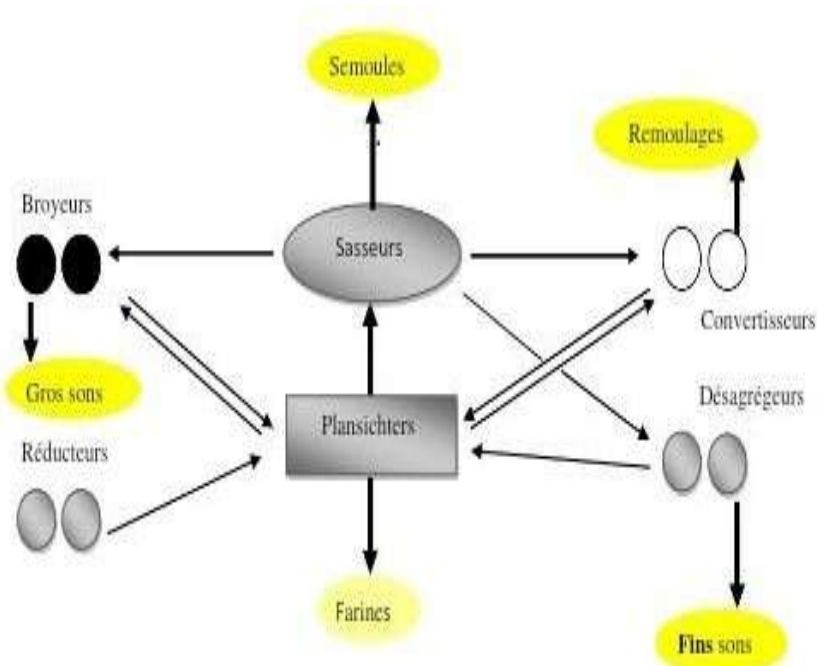
D'après (Feillet, 2000), pour la fabrication de la semoule à partir de blé dur la durée de repos est de 9 à 10 heures mais ne doivent pas dépasser les 48 heures et de plus de ne pas ajouter plus de 4 à 5% d'eau en une seule fois (Mechri et Boumzaout, 2019).

### 1.3.2. La mouture

#### 1.3.2.1. Principes de la mouture

Le procédé de mouture repose sur un principe totalement différent (Figure 5). Il faut tout d'abord ouvrir le grain et récupérer ensuite, étape par l'albumen amylicé en commençant

par extraire les parties les plus internes pour se rapprocher progressivement de la périphérie du grain.



**Figure 5 : Principe de mouture de blé dur (feillet, 2000).**

### 1.3.2.2. Différentes étapes de la mouture

- ✚ Le broyage est une opération qui permet d'ouvrir mécaniquement le grain, par cisaillement, choc ou compression et de détacher plus ou moins complètement l'amande qui se brise alors que les enveloppes, plus élastiques, résistent. Il est réalisé entre des cylindres cannelés tournant en sens inverse et à des vitesses différentes.
- ✚ Le convertissage et le claquage sont effectués dans des appareils à cylindres lisses, respectivement des convertisseurs et des claqueurs.
- ✚ Le tamisage, ou blutage, permet de séparer les produits en provenance des cylindres lisses et des cylindres cannelés en fonction de leur granulométrie. L'opération est réalisée dans des plansichters.
- ✚ Le sassage assure également la séparation des produits de mouture: les produits sont maintenus en suspension par un courant d'air ascendant au-dessus du tamis dont la largeur de maille diminue au fur et à mesure de la progression des produits, celle-ci étant assuré par

l'inclinaison et la mouvement de va-et-vient des tamis (**Bengriche et Tiliouine, 2017**).

La ségrégation des produits repose sur leurs différences de densité et de propriétés aérodynamiques : les particules d'albumen amylicé, plus dense ( $d=1.4$ ) que celles d'enveloppe ( $d=1.2$ ), retombent plus rapidement sur les tamis et sont extraites en premier (**Feillet, 2000**).

#### 1.4. Différentes types de semoule

Il n'existe pas un seul mais plusieurs types de semoules définis principalement d'après leur granulométrie qui varie en fonction du marché et des usages locaux. Les différentes catégories de semoules commercialisées en Algérie sont données dans le tableau 4.

**Tableau 4** : Les différentes semoules consommées en Algérie (**Ben Belkacem et al., 1995**).

Type de semoule	Granulométrie	Destination
SE (semoule extra)	150 à 500	Fabrication des pâtes alimentaires.
SGM (semoule grosse moyenne)	500 à 800	Vendues en l'état pour l'utilisation ménager (couscous, galettes)
SG (semoule grosse)	>800	Destinée essentiellement à la fabrication du couscous gros.

## 2. Les critères d'appréciation de la qualité du grain du blé dur

La notion de qualité est complexe, elle est conditionnée par les habitudes alimentaires, les spécificités des blés et les technologies de transformation utilisées (**Mebtouche, 1998**).

La qualité est une somme de caractéristiques qui vont du rendement semoulier jusqu'à l'aptitude à la transformation (**Porceddu, 1995**), et s'élabore toute au long du cycle de développement pour répondre d'une part aux attentes des industriels, semouliers et postiers et d'autre part aux critères nutritionnels, organoleptiques et hygiéniques (**Liu et al., 1996**).

Il existe plusieurs critères pour l'appréciation de la qualité des grains de blé dur. Ils dépendent en partie de la variété et de techniques culturales :

### 2.1. Le taux de mitadinage

Le taux de mitadinage est un critère d'appréciation déterminant dans le rendement et la qualité de la semoule et des produits dérivés (**El hadef el okki, 2015**).

## 2.2. Poids de Mille Grains (PMG)

Connaître la masse de 1000 grains d'un échantillon de céréales donne des indications sur le mode d'élaboration du rendement et des problèmes pendant son développement (échaudage, attaques par les insectes ou par les maladies).

La présence de grain échaudé a une incidence sur le rendement en mouture (**Dexter et Matsuo, 1977**).

## 2.3. Le Poids Spécifique (PS)

Le PS est une ancienne mesure qui permet de mesurer la masse de grains pour un volume donnée (kg/hl), c'est la masse volumique dite masse à l'hectolitre. Etant toujours prise en compte dans les transactions commerciales, c'est une analyse qui présente toujours un intérêt. Elle est considérée comme un indicateur de la valeur semoulière en relation avec le rapport enveloppe sur amande. Plus le poids à l'hectolitre est élevé, plus le rapport enveloppes sur amande est faible et le rendement semoulier important (**Scotti, 1997**).

## 2.4. Teneur en eau

L'eau est un des constituants de base du grain (environ 13%). L'intérêt de connaître précisément la teneur en eau d'une céréale ou de la farine est avant tout réglementaire.

En effet, la réglementation impose une teneur en eau < à 15% afin de faciliter la conservation et d'éviter une altération (**Scotti, 1997**).

## 2.5. Les composants du grain en relation avec la qualité

La qualité du blé est influencée par chacun des constituants du grain qui joue un rôle seul ou en interaction avec d'autres constituants dans l'expression de la qualité.

Parmi ces composantes : Les protéines, l'amidon, les sucres, les lipides, les enzymes, etc... (**El hadef el okki, 2015**).



Cette étude est réalisée à l'Institut de la Nutrition de l'Alimentation et des Technologies Agro-Alimentaires (INATAA) à Constantine. Elle consiste d'une part en la détermination et l'évaluation de la composition biochimique et de la qualité technologique de deux semoules commercialisées localement sur le marché par le biais d'analyses physicochimiques et rhéologiques et d'autre part en une enquête sur le terrain auprès de femmes et de professionnelles dans l'agroalimentaire afin d'estimer le choix et l'appréciation de la qualité culinaires des deux semoules étudiées.

L'enquête est réalisée durant une période d'un mois au niveau de la commune de Constantine auprès de 200 personnes de différentes catégories d'âge.

### **1. Le Matériel d'étude**

L'étude porte sur deux semoules de blé dur de marque AMOR BEN AMOR et SPAC considérées de bonne et de qualité moyenne, retenues pour apprécier et relier leurs propriétés technologiques et physicochimiques.

### **2. Paramètres physico-chimiques**

Les différentes techniques d'analyses physico-chimiques ont pour but de connaître la composition biochimique de chaque échantillon de semoule. Les analyses sont effectuées sur des échantillons des semoules sélectionnées avec une répétition de 03 essais par analyse. Les paramètres physicochimiques étudiés sont :

#### **2.1. Le Taux d'Humidité (teneur en eau)**

Le taux d'humidité des céréales et des produits céréaliers présente une importance capitale, tant sur le plan analytique que sur le plan technologique. En effet, elle permet d'une part d'estimer la teneur des différents constituants par rapport à la matière sèche et, d'autre part d'entrevoir le conditionnement et la transformation de la matière première.

Cette méthode est effectuée par séchage dans une étuve à vide « GALLENKAMP » réglée à une température comprise entre 130°C et 133°C à la pression atmosphérique jusqu'à l'obtention d'un point constant.

La technique consiste à :

- ✚ Préparer préalablement les boîtes de pétrie séchées à l'étuve pendant 15min puis refroidies dans le dessiccateur.
- ✚ Peser les boîtes de pétrie vides.
- ✚ Tarer les boîtes et peser 5g de produit à près de 1mg
- ✚ Vérifier la température de l'étuve compris entre 130°C et 133°C.

- ✚ Introduire la vase et la placer sans couvercle dans l'étuve, fermer l'étuve et laisser sécher Durant 2h.
- ✚ Une fois le séchage est terminé, retirer les vases et laisser refroidir dans le dessiccateur.
- ✚ Peser les vases à 1mg près.

Cette mesure est effectuée à raison de trois répétitions par échantillon. Le taux d'humidité est calculé en pourcentage (%), selon la formule suivante :

$$H\% = (m_0 - m_1 / m_0) * 100$$

**H** : taux d'humidité.

**m<sub>0</sub>** : masse en gramme de la prise d'essai.

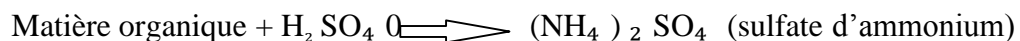
**m<sub>1</sub>** : masse en gramme de la prise d'essai après séchage.

## 2.2. Les teneurs en protéines

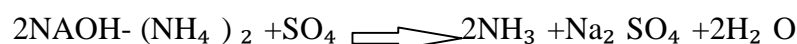
Les protéines sont déterminées par la méthode de KJELDAHL. Le principe est basé sur le dosage de l'azote total selon la norme AFNOR (NFV03-050). Cette méthode comporte trois étape : minéralisation, distillation de l'ammoniac et titration (**Anonyme, 1986**)

- ✓ La technique de Minéralisation consiste à peser une prise d'essai de 1g de semoule à 1mg près. L'introduire dans une fiole KJELDHAL en présence de 2g de catalyseur (mélange de sélénium) et 20ml d'H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> concentré. Puis porter la fiole sur une rampe chauffante permettant d'aspirer les vapeurs sulfurique. Le chauffage est prolongé 30 à 90 min jusqu'à décoloration complète (virage du noir au vert).

Ce procédé permet la minéralisation de l'azote en sulfate d'ammonium :



- ✓ La technique de distillation de l'ammoniacque consiste à refroidir la solution de sulfate d'ammonium contenu dans la fiole dans un bac d'eau froide. Puis à ajouter l'eau distillée jusqu'à l'obtention de 100 ml de mélange. A chaque matras KJELDHAL il est ajouté 20 ml de soude (40%), 20ml de mélange et 40 à 60 ml d'eau distillée. Quelques gouttes de rouge de méthyle sont ajoutées au mélange. La distillation permet l'entraînement de l'ammoniac qui sera piégé dans une solution d'acide de normalité connue selon la réaction suivante :



A la fin de la distillation, la solution d'acide borique qui a capté l'azote vire vers le jaune pâle.

- ✓ La technique du Titrage est effectuée par l' $H_2SO_4$  (0,1N) après distillation jusqu'à virage de la couleur vers le rose. Il faut noter la chute de la burette.

Le résultat est exprimé en pourcentage en azote et calculé selon la formule suivante :

$$N \% = A \cdot V \cdot 100 / P_e$$

N% : pourcentage de l'azote.

A : quantité d'azote en g neutralisée par 1 ml de solution d'acide sulfurique tirée à 0,01 (qu'est égale 0,0014g).

V : volume d'acide sulfurique versé au titrage en ml.

Pe : prise d'essai en gramme.

La quantité de protéine sur matière sèche est calculée selon la formule suivante :

$$P \% = N \% \cdot K \cdot 100 / (100 - H)$$

P : teneur en protéine en %.

N% : pourcentage d'azote.

K : coefficient de conversion de l'azote en protéine pour les blés est 5,7.

H : teneur en eau.

### 2.3. La granulométrie

Cette technique est déterminée par le tamisage d'un échantillon de 100g de semoule ou de farine par un appareil ROTACHOC muni d'une succession de tamis mobiles dont les ouvertures des mailles sont décroissantes. Les tamis utilisés lors de cette analyse ont des ouvertures des mailles de 450 et 150 $\mu$ m. Les refus obtenus sont pesés et les résultats sont exprimés en pourcentage.

Ce caractère résulte selon **Mahaut (1996)** d'une couleur jaune, principalement génétique, qui doit être plus élevé que possible et d'une composante brune, d'avantage lié aux conditions de culture, qui doit être faible.

#### 2.4. Teneur en eau

La teneur en eau des semoules est d'une importance capitale sur le plan économique, et dans la conservation de l'aliment (**Dubois, 1997**). La teneur en eau, mesurée comme la perte de poids d'un échantillon lorsqu'il est chauffé, est déterminée en chauffant pendant une heure un échantillon de 10 g dans un four semi-automatique réglé à 130 °C et étalonné.

#### 2.5. Les Taux de cendre

La mesure de la teneur en cendre a un intérêt essentiellement réglementaire. Elle permet de classer les semoules selon leur degré de pureté. Elle est utilisée par les meuniers pour déterminer le taux d'extraction et de régler convenablement leurs moulins (**Feillet, 2000**). Le principe consiste à incinérer une prise d'essai d'échantillons des semoules jusqu'à combustion complète des matières organiques à 900°C puis pesée du résidu obtenu.

La technique consiste à introduire dans la capsule 5g de semoule, à mettre la capsule à l'intérieur du four puis poursuivre l'incinération jusqu'à combustion complète du produit, y compris des particules charbonneuses contenues dans le résidu, soit 1 h après la remontée du four à 900 °C. Une fois l'incinération terminée, retirer la capsule du four, et la mettre à refroidir dans le dessiccateur. Dès que la capsule a atteint la température ambiante (soit 15 min à 20 min pour les capsules en platine) 0,1 mg près est pesée rapidement en raison du caractère hygroscopique des cendres.

Le taux de cendre, en fraction massique par rapport à la matière humide est exprimé en pourcentage, selon l'équation suivante :

$$TC(\%) = m1 \times 100 / m0$$

Le taux de cendre, en fraction massique par rapport à la matière sèche exprimé en Pourcentage, est donné par l'équation :

$$TC (\%) = m1 \times 100 / m0. (100/100-H)$$

TC : taux de cendres.

m0 : la masse, en grammes, de la prise d'essai.

m1 : la masse, en grammes, des cendres.

H : la teneur en eau, en pourcentage par masse, de l'échantillon.

### 3. Paramètres technologiques et rhéologique

#### 3.1. Dosage du gluten

##### 3.1.1. Extraction et dosage de gluten humide

Les propriétés des semoules sont étroitement associées, non seulement à la quantité de gluten qu'elles contiennent, mais encore aux propriétés mécaniques de celui-ci (**Bourdet, 1963**). Le dosage du gluten repose sur son insolubilité dans l'eau chargée de sel et sur la propriété qu'il possède de s'agglomérer lorsqu'on le malaxe dans un courant d'eau qui élimine les autres constituants. La technique consiste à :

- ✚ Introduire dans un mortier 25g de semoule et 15 ml d'eau salée à 2% (Na cl) (2g de sel dans 100 ml d'eau de robinet).
- ✚ Faire un pâton homogène et laisser reposer 3 à 5 min.
- ✚ Pétrir le pâton avec les doigts jusqu'à ce qu'il n'y adhère plus pendant 1 à 2 min.
- ✚ Pétrir le pâton sous un mince filet d'eau, en plaçant en dessous un tamis destiné à retenir les fragments de gluten qui se trouveraient entraînés.
- ✚ L'amidon est éliminé est le gluten se soude à lui-même.
- ✚ L'opération continue jusqu'à l'élimination complète de l'amidon et éclaircissement de l'eau de lavage.
- ✚ Récupérer le gluten (sous forme de boule) en le comprimant entre les paumes de la main jusqu'à ce qu'il commence à y adhérer

Disposer le gluten ainsi essoré et le peser rapidement à fin de déterminer par la suite le taux du gluten humide selon la méthode adaptée par PIESIEWITZ cité par (**Oumedjkane, 1990**).

Le taux du gluten humide est calculé selon la formule suivante :

$$\text{GH}\% = (\text{poids du gluten humide} \cdot 100) / \text{Pe}$$

GH% : le taux du gluten humide.

Pe : prise d'essai en gramme.

##### 3.1.2. La teneur en gluten sec

La teneur en gluten sec est mesurée après dessiccation à l'étuve réglée à 102°C jusqu'à poids constant (environ 18h).

$$\text{GS} = (\text{poids du gluten sec} \cdot 100) / \text{Pe}$$

GS% : taux de gluten sec

Pe : prise d'essai

La capacité d'hydratation du gluten renseigne sur la capacité du gluten à retenir l'eau, elle est donnée par la formule suivante :

$$\text{Capacité d'hydratation} = (GH - GS) \cdot 100 / GH$$

## 1. Résultats des études expérimentales

Au terme de cette étude, différents résultats apparaissent à travers les deux masses d'analyses physico-chimiques et technologiques ou rhéologiques sur deux types de semoules :

- Semoule 1 : SPAC
- Semoule 2 : Amor BENAMOR

### 1.1. Résultats des paramètres physicochimiques

#### 1.1.1. Taux d'humidité

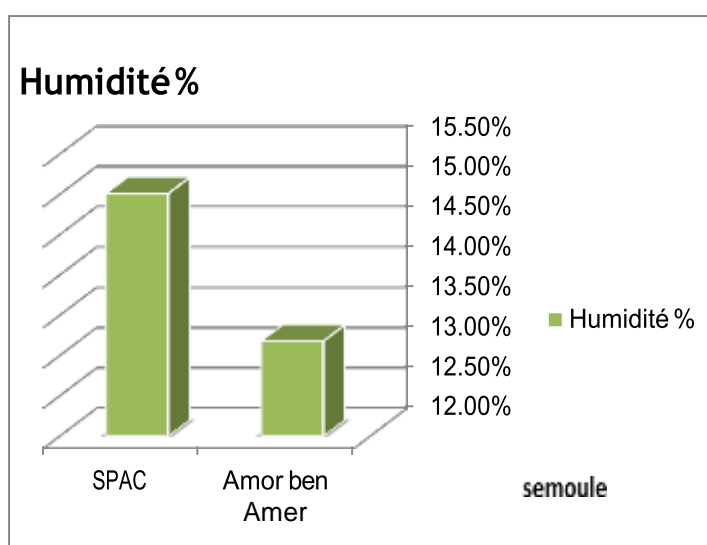
L'humidité constitue un indicateur important de l'état des produits alimentaires. Pour la semoule, la teneur maximale en eau est fixée à 14,5% selon **Fao, (1995)**.

Les résultats des valeurs moyennes des taux d'humidité en % de matières sèches, sont reportés sur le tableau 5 et sur la figure 6.

**Tableau 5** : Teneur en eau (MS) chez les deux types de semoules

Type de semoule	Teneur en eau (MS)
Semoule 1	15,01% ± 0,091
Semoule 2	13,18% ± 0,038

D'après les résultats les teneurs en humidité obtenues sont relativement élevées pour la semoule SPAC (15,01%) dépassant la norme émise selon la **Fao, (1995)** qui est de l'ordre de 14,5%. Contrairement à la semoule Amor BENAMOR (13,18%) dont le taux d'humidité est inférieur à la norme.



**Figure 6** : Histogramme des Taux d'humidité des deux semoules

**Tableau 6** : analyse de la variance du taux d'humidité des deux semoules.

source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	1,61	0,8	3,4558	0,05
Erreur	5	0,719	0,143		
Total corrigé	7	2,329			

Le tableau 6 montre que la différence du taux d'humidité entre les deux semoules est significative ( $Pr > 0,05$ ). Ces résultats montrent que le taux d'humidité élevé chez la semoule SPAC prouve que cette dernière est très fermentescible sujette au développement de moisissures entraînant également une odeur désagréable dans le long terme. Selon **Kiger et Kiger, (1967)** la variation de l'humidité est fonction d'une part de l'humidité de la saison et de sa température, et d'autre part de la quantité de l'eau ajoutée au blé avant la mouture.

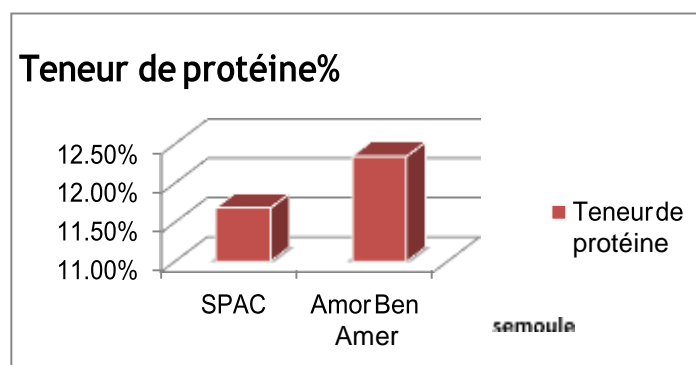
### 1.1.2 Les teneurs en protéines

La connaissance de la teneur en protéines donne une bonne information sur la capacité technologique de la semoule. Selon le *Codex Alimentarius* (1995), la semoule de blé dur doit avoir un minimum de protéines de 10,5 %. Les teneurs en protéines des deux semoules sont reportées dans le tableau suivant :

**Tableau 7** : Teneur en protéines (MS) chez les deux types de semoules

Type de semoule	Teneur en protéine
Semoule 1	11,68% $\pm$ 0,570
Semoule 2	12,34% $\pm$ 0,120

Les résultats reportés sur la figure 7 et le tableau 7 montrent que toutes les semoules ont un taux en protéines dans les normes émises donc supérieur à 10,5%. Néanmoins la semoule Amor BENAMOR enregistre les teneurs les plus importantes.

**Figure 7** : Histogramme des Teneurs en protéines chez les deux semoules étudiées



Le taux de protéine présente un double intérêt, l'un nutritionnel et l'autre technologique (Cheriet, 2000). Les valeurs obtenues s'intercalent dans la fourchette 8-16% des teneurs en protéines (M.S) signalées par Boudreau, (1992)

**Tableau 8** : analyse de la variance pour la teneur en protéine.

source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	24,02	12,01	188,48	<0,001
Erreur	4	0,45	0,11		
Total corrigé	6	24,47			

Selon le tableau 8 il existe une différence hautement significative en teneurs en protéines entre les deux semoules. Selon CHERIT (2000), la teneur en protéines présente un double intérêt, l'un nutritionnel et l'autre technologique et elle est considérée comme un indice de qualité.

### 1.1.3 Taux de cendres

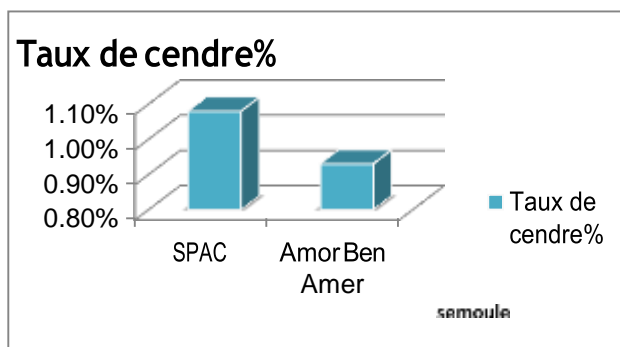
La mesure du taux de cendre a un intérêt essentiellement réglementaire et permet de classer les semoules selon leur degré de pureté (ICTF, 2001).

Les teneurs en cendres des deux semoules sont regroupées dans le tableau suivant :

**Tableau 9** : Teneur en cendres (%MS) chez les deux types de semoules

Type de semoule	Teneur en cendre ± écart type
Semoule 1	1,08±0,007
Semoule 2	0,93±0,030

Selon Codex Alimentarius (1995) le taux de cendre des semoules ne doit pas dépasser 1,3%, et selon Bar (1995) des semoules de qualité présentent le taux de cendre < 1.1 % ms



**Figure 8** : Histogrammes des Teneurs en cendres chez les deux semoules étudiées

**Tableau 10** : analyse de la variance du taux de cendre des deux semoules.

source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	0,63	0,074	28,1	<0,001
Erreur	5	0,037	0,003		
Total corrigé	7	0,7			

Les résultats reportés sur la figure 8 et le tableau 10 montrent que toutes les deux semoules ont un taux de cendres inférieures à la teneur en cendres indiquée par le *Codex Alimentarius* (1995). D'après (**Kiger, 1997**), une faible teneur en cendres est considérée comme un caractère de grande pureté de la semoule. Selon (**Glodon et Loisel, (1997)**) plus le taux de cendres d'un produit sera faible et plus ce produit sera considéré comme pur du point de vue réglementaire et permet à la fois de garantir une bonne valeur technologique mais également d'offrir des propriétés organoleptiques appréciées des consommateurs.

L'étude statistique montre qu'il existe une différence hautement significative ( $Pr < 0,001$ ) entre taux de cendre chez les deux semoules (Tableau 10 ).

#### 1.1.4. Granulométrie

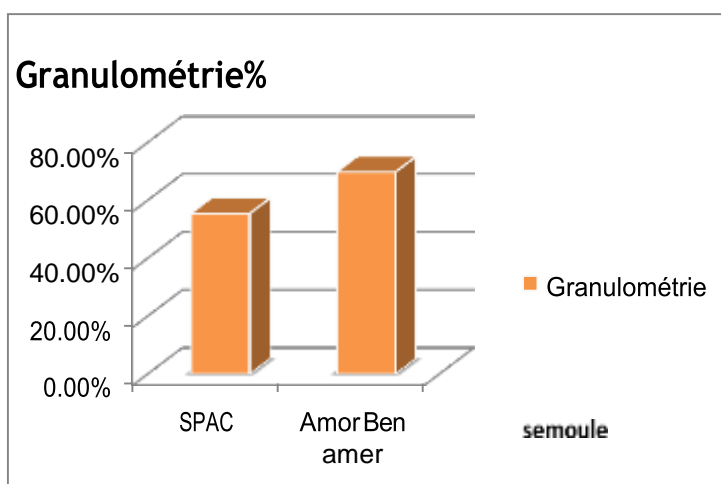
La granulométrie d'une semoule permet de caractériser la répartition en taille et en nombre des particules dont elle est composée ; le comportement des semoules au cours de leur transformation, notamment la vitesse d'hydratation en dépend (**Feuillet, 2000**).

Taux d'affleurement des deux semoules est reporté sur le tableau suivant:

**Tableau 11** : Taux d'affleurement % des deux semoules

Type de semoule	Passant% $\pm$ l'écart type
Semoule 1	55,43% $\pm$ 0,00
Semoule 2	69,80 $\pm$ 0,014

Lorsqu'on prend le taux d'affleurement des semoules comme étant le pourcentage de semoule passant à travers le tamis considéré dans des conditions opératoires précises, ces valeurs permettant de dire que les semoules étudiées sont de granulométries moyennes. ( Tableau 11 Et Figure 8 )



**Figure 9** : Histogrammes des taux d'affleurement chez les deux semoules étudiées

**Tableau 12** : analyse de variance de granulométrie de deux semoules.

source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	125,23	62,615	7,841	<0,001
Erreur	4	0,014	0,0035		
Total corrigé	6	125,244			

Selon le tableau ci-dessus il existe une différence hautement significative des taux d'affleurement (granulométrie) entre les deux semoules.

## 1.2. Résultats des paramètres technologique et rhéologique

### 1.2.1. Dosage de gluten

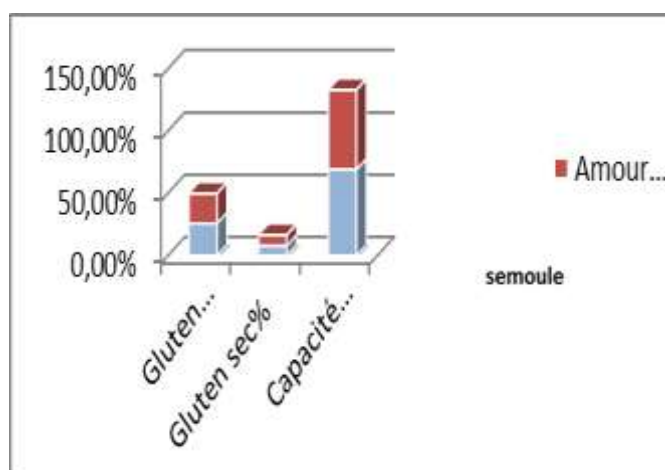
Les caractéristiques technologiques des blés dépendent à la fois de la quantité et de la qualité des protéines du gluten.

Les caractéristiques du gluten dépendent des propriétés des semoules dont il est extrait. Le gluten des semoules de mauvaise qualité s'hydrate plus facilement et se révèle plus visqueux et moins élastique que celui extrait à partir de semoule de bonnes qualités

Les taux de gluten des deux semoules et leur caractéristique technologique sont représentés dans le tableau suivant :

**Tableau 13** : Taux de gluten des semoules

Type de semoule	Gluten humide %	Gluten sec%	Capacité d'hydratation%
Semoule 1	25,80±0,150	7,90±0,810	69,17±1,810
Semoule 2	24,01±0,010	8,70±0,170	63,83±3,200



**Figure 10** : Histogrammes des taux de gluten chez les deux semoules étudiées

### 1.2.2. Gluten humide

Du point de vue quantitatif, la teneur en gluten humide doit être comprise entre 33 et 34%. Selon le tableau 13 les deux semoules présentent des teneurs en gluten humide inférieures à la norme émise, elles sont ainsi considérées comme étant des semoules de mauvaise qualité.

**Tableau 14** : analyse de variance du taux de gluten humide.

source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	49,81	14,58	7,24	<0,001
Erreur	5	0,16	0,8		
Total corrigé	7	49,97			

Selon le tableau ci-dessus il existe une différence hautement significative du gluten humide entre les deux semoules considérées de mauvaise qualité. Selon Messaâdi et Samaï (2016) Amor BENAMOR est une semoule de bonne qualité avec une teneur en gluten humide de 38,81%.

### 1.2.3. Gluten sec

D'après Lecoq (1965), la teneur en gluten sec des semoules varie entre 8 et 12 %. Les résultats du tableau montrent que la teneur en gluten sec de la semoule Amor BENAMOR appartient à l'intervalle préconisé. Quant à SPAC elle a un faible taux de gluten sec.

**Tableau 15** : analyse de la variance du taux gluten sec des deux semoules.

source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	16,6	8,3	33,2	<0,001
Erreur	5	0,98	0,196		
Total corrigé	7	17,58			

Selon le tableau ci-dessus il existe une différence hautement significative du gluten sec entre les deux semoules considérées de mauvaise qualité.

#### 1.2.4. Capacité d'hydratation

**Tableau 16** : analyses de la variance de la capacité d'hydratation des deux semoules.

source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	23,49	11,745	12,707	<0,001
Erreur	5	4,812	0,962		
Total corrigé	7	28,302			

D'après **Kiger, (1967)**, la capacité d'hydratation d'un gluten normal est de l'ordre de 66% et peut s'élever jusqu'à 69%, ou diminuer jusqu'à 60% avec le vieillissement de la semoule.

En ce qui concerne la capacité d'hydratation du gluten, le tableau 15 montre que les deux semoules ont une capacité d'hydratation qui répond à la norme.

## 2. Résultats et discussion de l'enquête

### 2.1. Enquête sur les personnes ayant subi des questionnaires

#### 2.1.1. Age des personnes questionnées

La figure montre que, 68% des personnes questionnées, ont plus de 40ans, 20% plus de 25 ans et 12% ont un âge compris entre 20 et 25 ans.

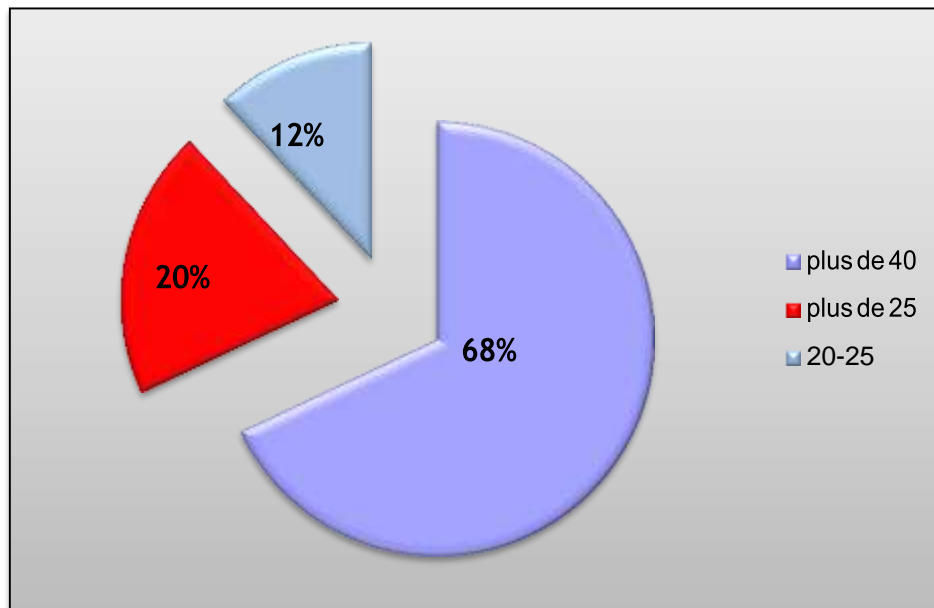


Figure 11 : différentes catégories d'âge.

### 2.1.2. Sexes des personnes

La figure montre que le questionnaire a été équitablement établi entre les deux sexes : 50 % des hommes, et 50 % de femmes.

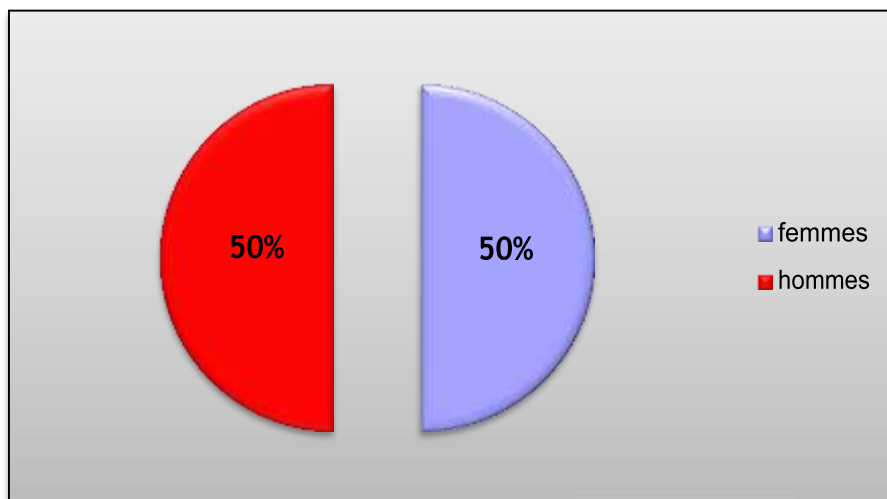


Figure 12 : Sexe des personnes questionnées

### 2.1.3. Profession

D'après la figure, on constate que 70% des personnes questionnées sont en fonction et 30 % sont des femmes au foyer.

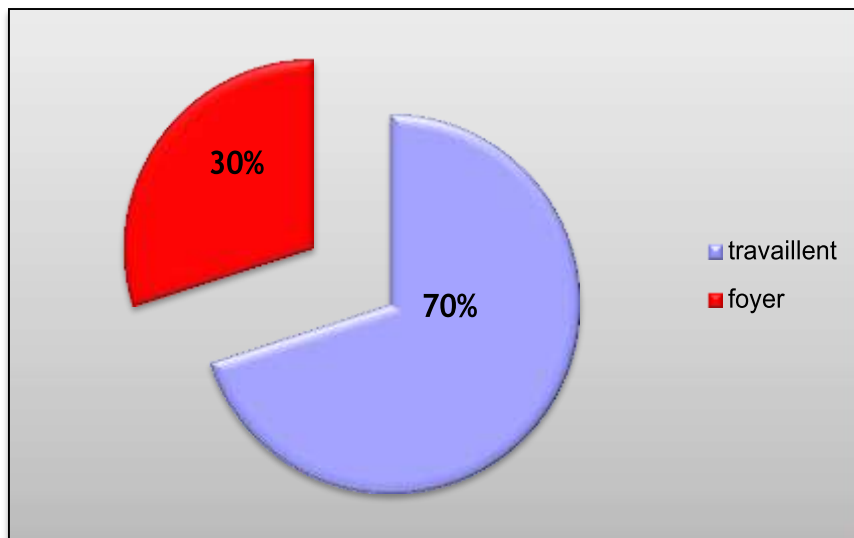


Figure 13 : profession des personnes.

## 2.2. Renseignement sur la qualité de semoule

### 2.2.1. Utilisation de la semoule

Selon les résultats obtenus dans la figure ci-dessous, 48% des personnes questionnés utilisent la semoule de bonne qualité, tandis que 40% personnes utilisent la semoule de moyenne qualité, et 12% seulement utilisent la semoule courante.

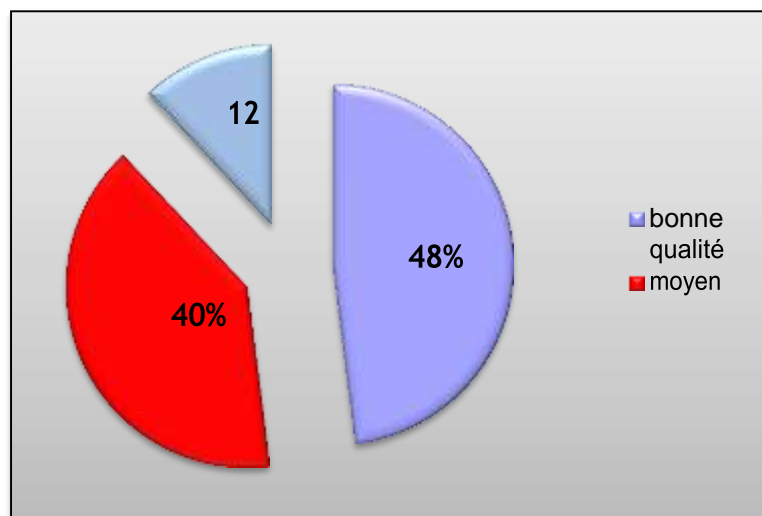


Figure 14 : utilisation de la semoule supérieure ou courante.

### 2.2.2. Critères de sélection de la semoule

La figure ci-dessous montre que 63% des personnes choisissent la semoule selon le prix, 25% selon la qualité, et seulement 12% font leur choix selon le besoin.

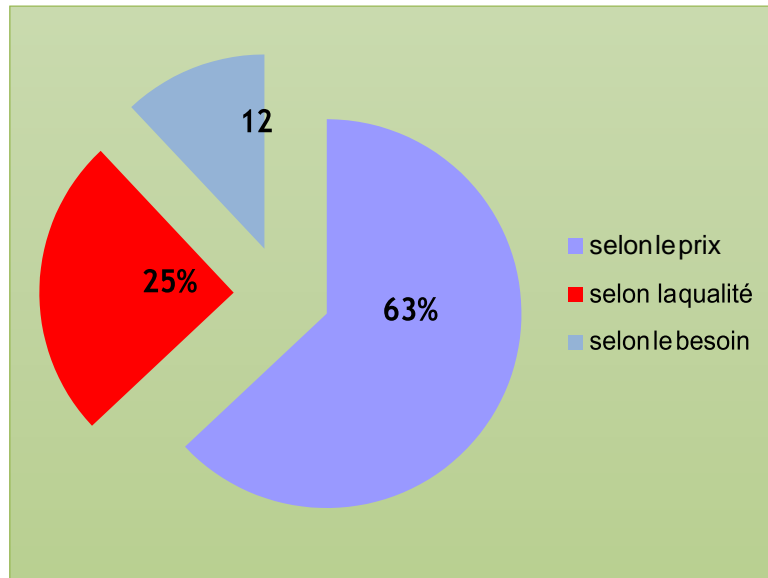


Figure 15 : critères de sélection de la semoule.

### 2.2.3 Maitrise de la préparation de galette

D'après la figure ci-dessous, près de 80% des personnes questionnées maîtrisent la préparation de la galette tandis que 20% ne des personnes ne la maîtrisent pas.

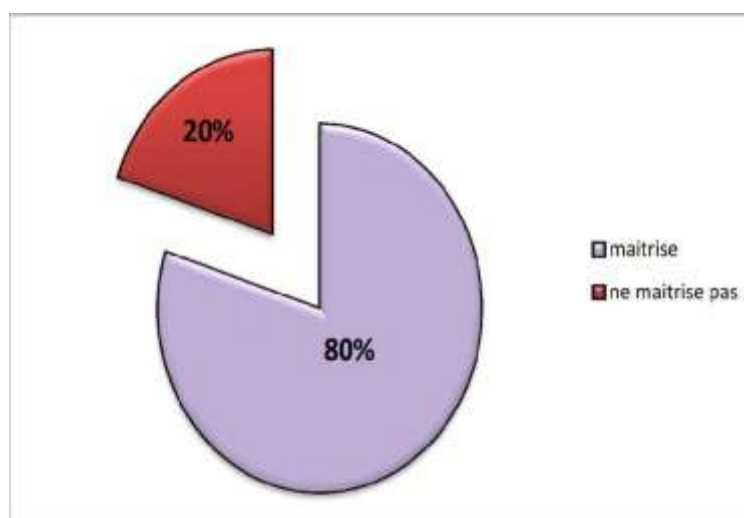


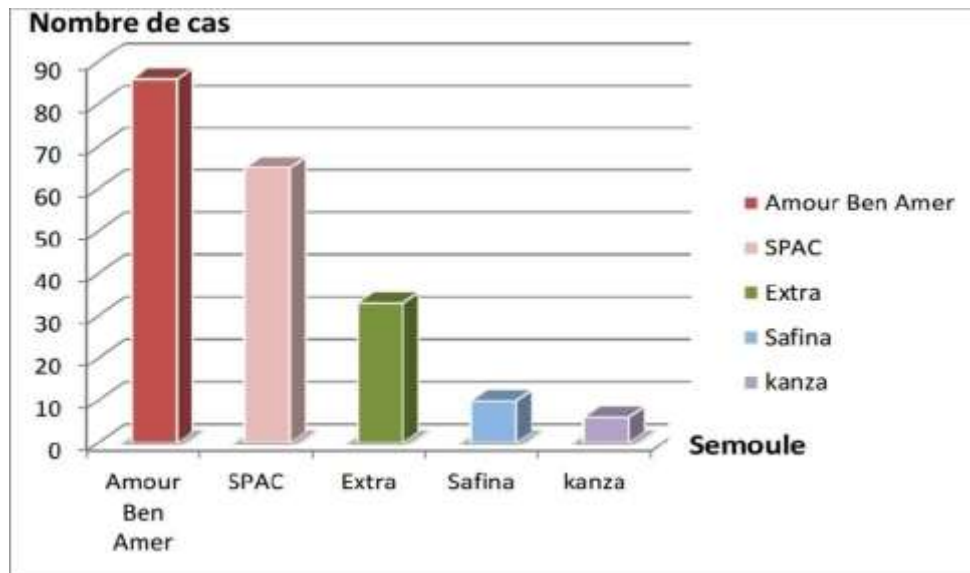
Figure 16 : la maîtrise de la préparation de la galette.



#### 2.2.4. Les marques de semoules préférées

Les résultats présentés dans la figure ci-dessous, montrent que les semoules Amor BENMOR, SPAC et EXTRA sont les plus appréciées et préférées par la plupart des personnes questionnées sur le marchés, avec un nombre de cas respectifs de 86, 65 et 33 cas.

Par contre les semoules de SAFINA et KANZA sont appréciées avec un pourcentage de cas moindre de 10 et 06 cas respectivement.



**Figure 17** : Histogrammes illustrant des marques de semoules préférées

L'objectif du travail est de déterminer les caractéristiques physico-chimiques et technologiques de deux semoules industrielles commercialisées sur le marché suivi d'une étude exploratoire sur 200 personnes des deux sexes.

Les résultats physico-chimiques et technologiques des deux farines analysées, nous a permis de tirer les conclusions suivantes :

Le taux d'humidité est relativement élevé pour la semoule SPAC (15,01%) dépassant la norme émise selon la **Fao, (1995)** qui est de l'ordre de 14,5%. Ces teneurs prouvent que la semoule SPAC est fermentescible sujette au développement de moisissures entraînant également une odeur désagréable dans le long terme. Contrairement à la semoule Amor BENAMOR (13,18%) dont le taux d'humidité est inférieur à la norme, contrairement aux taux de cendres où les deux semoules Amor BENAMOR ( $0,93 \pm 0,030$ ) et SPAC ( $1,08 \pm 0,007$ ) sont conformes à la norme tolérée ( $< 1.1 \% MS$ ). Ce qui permet de dire que ces semoules sont de bonnes qualités, ont une bonne valeur technologique mais également offrent des propriétés organoleptiques appréciées des consommateurs du fait de leur pureté mais néanmoins possèdent une granulométrie moyenne.

Concernant le taux de protéines qui est un indice de qualité de référence montre que les deux semoules ont un taux en protéines dans les normes émises donc supérieur à 10,5%. Néanmoins la semoule Amor BENAMOR enregistre les teneurs les plus importantes. Ces résultats confirment l'intérêt nutritionnel et technologique des deux semoules considérées comme semoule de qualité.

Le gluten donne une indication globale sur la qualité technologique des protéines ainsi les deux semoules présentent des teneurs en gluten humide inférieures à la norme émise, alors que la teneur en gluten sec de la semoule Amor BENAMOR ( $8,70 \pm 0,170$ ) appartient à l'intervalle préconisé entre 8 et 12 %. Quant à SPAC elle a un faible taux de gluten sec ( $7,90 \pm 0,810$ ). Cependant les deux semoules ont une capacité d'hydratation qui répond à la norme.

En effet à travers les résultats, on peut conclure que la semoule Amor BENAMOR semble être de bonne qualité comparativement à SPAC qui semble être une semoule de qualité technologique moyenne. Ces résultats répondent également aux aspirations des personnes questionnées des deux sexes et à différentes tranches d'âge.

Ainsi, le consommateur faisant face à plusieurs marques commercialisées est en mesure de faire un choix de qualité en fonction de ses besoins et que la marque a grand rôle dans le choix du produit.

Il serait donc intéressant de poursuivre ces travaux par :

- Dosage des lipides, des activités enzymatiques telles que la lipoxygénase.
- Doser les gliadines et les gluténines.
- Evaluation du caractère collant
- Etudier les propriétés organoleptiques (couleur, odeur,...)
- Calculer l'Indice de chute
- Teneur en matière grasse
- Mesurer la consistance des pâtes au cours du pétrissage

**Brancourt- Hulmel M. & Lecomte C. (1994).** Sélection et stabilité du rendement chez le blé tendre d'hiver. *Agronomie*, **14** : 611-625.

**Canadas D. (2006).** Evaluation du procédé Oxygreen® pour son potentiel de décontamination en ochratoxine A du blé. Les effets toxiques liés à une exposition sub- chronique à l'ochratoxine A sont-ils atténués? Thèse de Doctorat. Toulouse, France, 215p.

**Chapman G.P. (2009).** Grass evolution and domestication. Grass evolution and domestication, xviii + 390 pp.

**Chehat F. (2005).** Les politiques céréalières en Algérie. Rapport Annuel. Agri-Med. Agriculture, pêche, alimentation et développement rural durable dans la région Méditerranéenne, CIHEAM .

**Chen P.D. & Gill B.S. (1984).** The origin of chromosome 4A and the B and G genomes of tetraploid wheat. *Acta Agronomica Sinica*, **10**: 146-153.

**CIC, Conseil International des Céréales, (2009).** Les statistiques mondiales, calculées par le Conseil International des Céréales. Marché des céréales..GRM, N°. 399. Octobre 2009

**CIC, Conseil International des Céréales, (2010).** Les statistiques mondiales, calculées par le Conseil International des Céréales. Marché des céréales..GRM, N°. 402. Juillet 2010

**Diamond J. (2002).** Evolution, consequences and future of plant and animal domestication. *Nature*, **418(6898)** :700–707.

**Debiton C. (2010).** Identification des critères du grain de blé (*Triticum aestivum* L.) favorables à la production de bioéthanol par l'étude d'un ensemble de cultivars et par l'analyse protéomique de lignées isogéniques waxy. Thèse Docteur d'Université, Clermont- Ferrand, France,132p.

ent du blé dur (*Triticum durum* Desf.). *Nature et Technologie*, **3** : 6-12.

**FAO (1999).** FAO Yearbook Production53.

**Feillet P. (2000).** Le grain de blé, composition et utilisation, INRA, Paris.

**Gill B.S. & Kimber G. (1974).** Giemsa c-banding and evolution of wheat. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, **71**: 4086-4090.

**Godon B. (1991).** Composition biochimique des cereals, pp: 77-94. In: les industries de première transformation des céréales. Godon B. et Will M.C. Lavoisier Tec et Doc. Apria. Paris, 221p..

**Kiger J.C. & Kiger J.L. (1967).** Techniques modernes de la pâtisserie-boulangerie industrielles artisanales et des produits régimes. Ed Dunod, Paris, Vol 1, 676p.

**Kislev M. (1984).** Emergence of wheat agriculture. *Paléorient*, **10(2)** :61–70.

**Maggie L. (2000).** Le blé dur en Afrique du Nord. Agriculture et Agro-alimentation Canada (AAC). Pub. Division analyse du marché, Bulletin bimensuel, vol. **13** : 2000.

**Picard E. (1988).** Sélection du blé. L'intégration des biotechnologies: 48-58

**Pomeranz Y. (1988).** Chemical composition of kernel structures. Wheat: *chemistry and technology I* : 97-158.

**Shewry P. (2009).** Wheat. *Journal of experimental botany*, **60(6)**:1537.

**Surget A. & Barron, C. (2005).** Histologie du grain de blé, *Industrie des céréales*, **145** : 4-7.

**BOUDREAU.A, MENARD.G,** Le blé. Eléments fondamentaux et transformation ». Coordonnateurs, ed : Les presses de l'Université Laval, Canada, 1992, 439 p.

**GODON.B,** Valeur meunière et boulangère des blés tendre et de leurs farines, Conservation et stockage des grains et produits dérivés céréales, protéagineux, aliment pour animaux, ed : tec et doc, Paris, 1982, p 65.

**KELLOU.R,** Analyse du marché algérien du blé dur et les opportunités d'exportation pour les céréaliers français dans le cadre du pole de compétitivité qualité-méditerranéen le cas coopérative sud céréales, groupe coopératif accitan et Auecoop, Thèse de master en science IAAMM .université de Montpellier, 2008, 160 p.

**BENBELKACEM.A, BRINIS.L, SADLI.F,** La recherche pour la qualité des blés durs en Algérie. (Options Méditerranéennes CIHEAM, Série A, Séminaires Méditerranéen, 1995, p 61 -65.

en biologie végétale. Option : Biotechnologie Végétale, Université de constantine, 2009, 113p.

**FAO STAT,** Statistical database of the food and agriculture organization of the United Nations. 2007.

**FEILLET.P,** Le grain de blé, composition et utilisation, ed : INRA, Paris, 2000, 303 P.

**JINTET.R, CROGUENNEC.T, SCHUCK.P, BRULE.G,** science des aliments, ed : tec et doc Lavoisier Paris, 2007, 383 p.

**PAUL.C,** Céréales et alimentation : une approche globale Agriculture Environnement Alimentation et Céréales, ed : INRA, 2007, p 1-4.

**GODON.B, LOISEL.W,** Guide pratique d'analyses dans les industries des céréales,Ed : Tec et Doc Lavoisier, Paris, 1997, 819 P.

**FORTIN.F**, L'encyclopédie visuelle des aliments. Les éditions Québec Amérique inc, 1996, 689 P.

**BORNET.F**, Technologies des amidon, digestibilité et effets métabolique, ed : Nut, Diét 1993, 1620 p.

**KIGER J.L, KIGER J.G**, Techniques modernes de biscuiterie, pâtisserie, boulangerie industrielle et artisanale et les produits de régime, ed : DUNO, Paris.1967, 676 p.

**FEILLET.P**, L'industrie des pâtes alimentaires : Technologies de fabrication, Qualité des produits finis et des matières premières. Ind. Agric. Aliment. N°103. 1986, p 979 – 989

**ANONIME**, Composition de la semoule. [http// www.e-santé.fr](http://www.e-santé.fr), 2016.

**GODON.B**, Biotransformation des produits céréaliers, Ed : Tec et Doc, Lavoisier, Paris, 1991, 221 p.

**Codex Alimentarius**, Céréales, légumes secs, légumineuses, produits dérivés et protéines végétales, FAO. Vol 7. 2ème édition. Rome. 1996, 164 p.

**Codex Alimentarius 178-1995**, Norme codex pour la semoule et la farine de blé due, Céréales, légumes secs, légumineuses et matières protéiques végétales, 1995, 3 p

**Bengriche T et Tiliouine N,(2017)**. Analyses physico-chimiques et technologiques des farines issues du moulin de « Baghlia » .Mémoir de Master. Université M'Hamed Bougara Boumerdès. Algérie.

**Mechri M et Boumzaout N, (2019)**. Influence des semoules fines sur la qualité finale des pâtes alimentaires : Cas de « Rechta ». Mémoir de Master. Université 8 Mai 1945 Guelma. Algérie.

**Salmi M et Merbah S , (2015)**. ETUDE DE LA QUALITÉ GLOBALE DE SEMOULES DU COMMERCE ALGÉRIEN. Memoire d'ingeniorat en agronomie.

## المخلص

الهدف من العمل هو تحديد الخصائص الفيزيائية والكيميائية والتكنولوجية لاثنتين من السميد الصناعيين يباعان في السوق "عمر بن عمر" و "سباك" تليها دراسة استكشافية على 200 مستجيب من كلا الجنسين وفي مختلف الفئات العمرية. أتاحت التحليلات الفيزيائية والكيميائية تحديد السميد الجيد ومتوسط الجودة وفقاً للمطابقة والمعايير المعمول بها.

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن سميد "عمر بن عمر" يحتوي على أفضل مستويات الرطوبة والرماد وأفضل مستويات البروتين. لكنها تحتوي على محتوى جلوتين رطب أقل من المعيار الصادر ، في حين أن محتوى الغلوتين الجاف في سميد "عمر بن عمر" ( $8.70 \pm 0.170$ ) يقع ضمن النطاق الموصى به بين 8 و 12%. ومع ذلك ، تظهر النتائج الفيزيائية والكيميائية والتكنولوجية أن سباك هو سميد يسجل معدل رطوبة مرتفع (15.01%) لذلك فهو سميد قابل للتخمير وعرضة لتطور العفن. لكنه يسجل أفضل مستويات الرماد والبروتين.

يمكن الاستنتاج أن سميد "عمر بن عمر" يبدو ذا نوعية جيدة مقارنةً بـ"سباك" الذي يبدو أنه سميد متوسط الجودة التكنولوجية فيما يتعلق بمعايير "نسبة البروتين ، حجم الجسيمات". تلمي هذه النتائج أيضاً تطلعات الأشخاص الذين تم استجوابهم خلال هذه الدراسة.

الكلمات المفتاحية:

الخصائص الفيزيائية و الكيميائية، الخصائص التكنولوجية، عمر بن عمر ، سباك

## **Résumé**

L'objectif du travail est de déterminer les caractéristiques physico-chimiques et technologiques de deux semoules industrielles commercialisées sur le marché Amor BENAMOR et SPAC suivi d'une étude exploratoire sur 200 personnes questionnées des deux sexes et à différentes tranches d'âge. Les analyses physico-chimiques ont permis d'identifier la semoule bonne et de qualité moyenne en fonction des conformités et aux normes applicables.

Les résultats obtenus montrent que la semoule Amor BENAMOR enregistre les meilleurs taux d'humidité, de cendres et les meilleurs le taux de protéines. Mais présente des teneurs en gluten humide inférieures à la norme émise, alors que la teneur en gluten sec de la semoule Amor BENAMOR ( $8,70 \pm 0,170$ ) appartient à l'intervalle préconisé entre 8 et 12 %. Cependant les résultats physicochimiques et technologiques montrent que SPAC est une semoule qui enregistre un taux d'humidité élevé (15,01%) donc c'est une semoule fermentescible et sujette au développement de moisissures. Mais enregistre les meilleurs taux de cendres et de protéines.

On peut conclure que la semoule Amor BENAMOR semble être de bonne qualité comparativement à SPAC qui semble être une semoule de qualité technologique moyenne en ce qui concerne les critères de « ratio de protéines, granulométrie ». Ces résultats répondent également aux aspirations des personnes questionnées lors de cette étude.

**Mots clés :** Amor BENAMOR, SPAC, caractéristiques physico-chimiques, caractéristiques technologiques.



## **Abstract**

The objective of the work is to determine the physico-chemical and technological characteristics of two industrial semolinas marketed on the market Amor BENAMOR and SPAC followed by an exploratory study on 200 respondents of both sexes and different age groups. The physico-chemical analyses made it possible to identify good and average quality semolina in accordance with the applicable standards.

The results obtained show that Amor BENAMOR semolina has the best moisture, ash and protein contents. However, the wet gluten content is lower than the standard, while the dry gluten content of Amor BENAMOR semolina ( $8.70 \pm 0.170$ ) is within the recommended range of 8 to 12%. However, the physicochemical and technological results show that SPAC is a semolina with a high moisture content (15.01%) and is therefore fermentable and prone to mould development. But it records the best ash and protein rates.

We can conclude that Amor BENAMOR semolina seems to be of good quality compared to SPAC which seems to be a semolina of average technological quality as regards the criteria of "protein ratio, granulometry". These results also meet the aspirations of the people questioned during this study.

**Key words:** Amor BENAMOR, SPAC, physicochemical characteristics, technological characteristics.

<b>Année:</b> universitaire 2020-2021	<b>Présenté par :</b> IKLEF Maroua LAOUAR Faiza
<b>Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master</b> <b>Spécialité : Biologie et Physiologie Végétale</b>	
<b><u>Thème :</u> Etude Physicochimique et Technologique</b> <b>Sur Deux Marques de Semoules de Blé Dur</b> <b>Amor BENAMOR et SPAC</b>	
<p data-bbox="169 763 309 797"><i>Résumé</i></p> <p data-bbox="159 842 1457 1021">L'objectif du travail est de déterminer les caractéristiques physico-chimiques et technologiques de deux semoules industrielles commercialisées sur le marché Amor BENAMOR et SPAC suivi d'une étude exploratoire sur 200 personnes questionnées des deux sexes et à différentes tranches d'âge. Les analyses physico-chimiques ont permis d'identifier la semoule bonne et de qualité moyenne en fonction des conformités et aux normes applicables.</p> <p data-bbox="159 1066 1457 1312">Les résultats obtenus montrent que la semoule Amor BENAMOR enregistre les meilleurs taux d'humidité, de cendres et les meilleurs le taux de protéines. Mais présente des teneurs en gluten humide inférieures à la norme émise, alors que la teneur en gluten sec de la semoule Amor BENAMOR (<math>8,70\pm 0,170</math>) appartient à l'intervalle préconisé entre 8 et 12 %. Cependant les résultats physicochimiques et technologiques montrent que SPAC est une semoule qui enregistre un taux d'humidité élevé (15,01%) donc c'est une semoule fermentescible et sujette au développement de moisissures. Mais enregistre les meilleurs taux de cendres et de protéines.</p> <p data-bbox="159 1357 1457 1491">On peut conclure que la semoule Amor BENAMOR semble être de bonne qualité comparativement à SPAC qui semble être une semoule de qualité technologique moyenne en ce qui concerne les critères de « ratio de protéines, granulométrie ». Ces résultats répondent également aux aspirations des personnes questionnées lors de cette étude.</p>	
<b>Mots clés :</b> Amor BENAMOR, SPAC, caractéristiques physico-chimiques, caractéristiques technologiques.	
<p data-bbox="159 1738 456 1771"><b>Jury d'évaluation:</b></p> <p data-bbox="159 1816 1441 1850"><b>Président du jury :</b> HAMMOUDA Dounia    MCA    Université Constantine 1</p> <p data-bbox="159 1883 1441 1917"><b>Rapporteur</b>        : KARA Karima                    MCA    Université Constantine 1</p> <p data-bbox="159 1951 1441 1984"><b>Examinatrice</b>      : ZOGHMAR Meriem                    MCB    Université Constantine 1</p>	
<b>Date de soutenance :</b> 18/07/2021	