

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

**Université SAAD DAHLEB – Blida**

**Faculté des Sciences Agro -Vétérinaires et Biologiques**

**Département d'Agronomie**

**Mémoire de Fin d'Étude en vue de l'obtention du diplôme de MASTER 2 en  
Sciences de la Nature et de la Vie**

**Option : Sciences Alimentaires**

**Thème :**

**Effet du coupage entre une Semoule de Blé dur et  
une Semoule d'Orge application au niveau du  
Couscous**

**Réalisé par :**

*Anyasse Dhaibia LEKHALI*

**Date de Soutenance :**

*30 -09-2012*

**Devant le jury :**

<i>Mme ZAFOURA.</i>	<i>MAA</i>	<i>USDB</i>	<i>Présidente de jury</i>
<i>Mme KOUIDRI A.</i>	<i>MAA</i>	<i>USDB</i>	<i>Examinatrice</i>
<i>Mme ABDELLAOUI Z.</i>	<i>MAB</i>	<i>USDB</i>	<i>Examinatrice</i>
<i>Mme BOUTEKRABTL.</i>	<i>MAA</i>	<i>USDB</i>	<i>Promotrice</i>

*Promotion 2011-2012*

## Remerciements :

Tout d'abord je rends grâce à ALLAH pour m'avoir guidé et honoré par la lumière de la compréhension, pour m'avoir fait goûter la connaissance des sciences et de m'avoir donné le courage et la volonté de mener à bien ce modeste travail.

J'exprime ma profonde gratitude à ma promotrice M<sup>me</sup> BOUTEKRABT L. pour avoir bien voulu me guider dans ce travail jusqu'à la fin.

Mes Vifs remerciements vont aux membres de jury qui ont bien voulu accepter de juger ce travail.

M<sup>me</sup> ZAFOUR pour le grand honneur qu'elle m'a fait en acceptant de présider le jury de soutenance;

M<sup>me</sup> KOUIDRI A. et M<sup>me</sup> ABDELLOUZI Z. qui ont aimablement accepté d'examiner ce travail.

Je tiens également à remercier Mr BEKHITARI M. responsable de production de l'unité MOULA, pour m'avoir accepté et m'avoir accordé la possibilité du travail et au sein de l'unité. Merci au personnel du Laboratoire et de la production.

Mes sincères remerciements à M<sup>lle</sup> Assia responsable du Laboratoire de l'unité Couscous MAMA qui a été une main forte pour moi durant la réalisation pratique de ce travail et pour son aide précieuse.

A Mr Djamel technicien au Laboratoire d'hygiène de Blida ainsi qu'à tout le personnel.

Enfin, je remercie tous ceux qui de près ou de loin, chacun à sa manière m'a aidé à l'élaboration de ce modeste travail.

## *Dédicaces*

*Avant tous je tiens à remercier Allah tout puissant de m'avoir donné force, santé, volonté et courage afin de mener mon travail à terme.*

*Je tiens très respectueusement à dédier ce modeste travail à mon très cher oncle Malik, Nulle dédicace ne peut exprimer ce que je lui dois pour tous ses sacrifices, ses précieux conseils et son soutien durant tout mon cursus universitaire.*

*Aux deux personnes qui me sont le plus chères au monde : Ma mère et Mon père pour leurs bienveillance, leurs soutiens moral et matériel. Ils ont fait de chaque instant de ma vie un jardin de bonheur.*

*Ce modeste travail est le plus beau cadeau que je puisse offrir à ma chère petite lune ma sœur Nora et à mon cher frère Mohamed.*

*A toute ma famille paternelle et maternelle surtout à ma deuxième mère Wahida et à mes chers oncles Azzedine et Karim ainsi que mes trois bougies Safia, Linda et Samira.*

*A tous mes cousins et cousines ainsi que ma confidente et sœur Nesrine et à ma sœur jumelle Yasmine avec laquelle j'ai grandi.*

*A toutes mes amies : Khaoula, Naima, Abba, Maria ainsi tous mes camarades de promotion avec qui j'ai partagé des moments joyeux.*

*Au personnel de la Bibliothèque de la faculté Agro-Véto et Biologie, Mme SOKRI W., Mme HADJADJ N. et Ammi Saleh pour ses précieux conseils, son soutien et sa sympathie.*

*A tous ce que j'aime et que je respecte.*

*Enfin, à tous ceux qui savent donner sans recevoir, qui aident sans retour et sans être égoïste.*

## Liste des abréviations

**AFNOR** : Association Française de Normalisation

**G** : Gonflement

**g H<sub>2</sub>OSO<sub>4</sub>/100g MS** : Gramme d'acide Sulfurique par 100g de matière sèche

**GH** : Gluten Humide

**GM**: Gonflement Maximal

**GS** : Gluten Sec

**H**: Humidité

**IG** : Indice de Gonflement

**ISO** : International Standard Organisation

**JORA** : Journal Officiel de la République Algérienne

**LDL** : Low Density Lipoprotein

**Max** : Maximum

**Min** : Minimum

**Moy** : Moyenne

**MS** : Matière Sèche

**NA** : Norme Algérienne

**NF** : Norme Française

**OAIC** : Office Algérien Interprofessionnel des Céréales

**OGA** : Oxytétracycline Gélose Agar

**PE** : Prise d'Essai

**PHL** : Poids a Hectolitre

**PS** : Poids Spécifique

**PMG**: Poids à Mille Grains

**SE** : Semoule Extra **SG** :

Semoule Grosse **SM** :

Semoule Moyenne

**SSSE** Semoule Super Sissé Extra

**SSSF** : Semoule Super Sissé Fine

**T** : temps de cuisson

**Tc** : Taux de cendre

**Tr/min** : Tours par minute

**TSE** : Tryptone Sel Eau

**UFC** : Unité Formant Colonies

**USA** : United State of América

**VF** : Viande Foie

## Liste des tableaux

<b>Tableau n° 1</b> : Taille des grains de céréales. (mm) GODON et WILLM, (1991) .....	2
<b>Tableau n° 2</b> : Teneur moyenne pour 100g constituant biochimique du grain de blé (LEUREUX,1999).....	5
<b>Tableau n°3</b> : Distribution des protéines de l'endosperme du blé selon leur solubilité (en % des protéines totale) (GODON et WILLM 1998).....	8
<b>Tableau n°4</b> : Composition du grain de blé en lipides (FEILLET,2000).....	8
<b>Tableau n°5</b> : Composition en acide gras des lipides du grain de blé (GODON et WILLM,1991).....	8
<b>Tableau n°6</b> : Teneurs moyennes en vitamines exprimés (en mg pour 100g de grain) (GODON et WILLM,1998).....	9
<b>Tableau n°7</b> : Répartition des constituants dans les défiantes parties d'un grain de blé (GODON B., 1991).....	11
<b>Tableau n°8</b> : Constituant biologique de l'orge (% MS) (ROMAIN et al, 2006).....	15
<b>Tableau n°9</b> : Distribution des protéines totales en (°C) de l'endosperme de grain d'orge selon leurs Solubilité (GODO et WILLM.,1998)....	16
<b>Tableau n°10</b> : Étapes de séparation utilisé pour le nettoyage du blé dur (ABECASSIS A, 1991).....	20
<b>Tableau n°11</b> : Le poids spécifique des grains du blé dur et de l'orge .....	57
<b>Tableau n°12</b> : La masse de 1000 grain (PMG).....	57
<b>Tableau n°13</b> : La teneur en eau des grains de blé et de l'orge.....	58
<b>Tableau n°14</b> : Le taux de cendres de blé et d'orge.....	58
<b>Tableau n°15</b> : La teneur en protéines totales des grains de blé dur et d'orge.....	59
<b>Tableau n°16</b> : La teneur en eau de la semoule de blé dur et celle de l'orge.....	61
<b>Tableau n°17</b> : Le taux de cendres des deux types de semoules .....	61
<b>Tableau n°18</b> : Teneur en protéines totales des semoules.....	62
<b>Tableau n°19</b> : La teneur en acidité grasse des semoules.....	62
<b>Tableau n°20</b> : Détermination de la cellulose brute des deux semoules.....	62
<b>Tableau n°21</b> : Teneur en eau des différents Couscous par rapport au témoin.....	65
<b>Tableau n°22</b> : Taux de cendre de différents Couscous par rapport au témoin.....	65
<b>Tableau n°23</b> : Teneur en protéines totales des couscous par rapport au témoin.....	65
<b>Tableau n°24</b> : Mesure de l'acidité grasse des différents Couscous par rapport au témoin...	65
<b>Tableau n°25</b> : Teneur en gluten de la semoule de blé dur.....	66
<b>Tableau n°26</b> : Capacité d'hydratation de la semoule de blé dur.....	66
<b>Tableau n°27</b> : Le teste de cuisson des quatre types de couscous.....	70
<b>Tableau n°28</b> : Résultats des analyses organoleptique sur le couscous B/Couscous A.....	73
<b>Tableau n°29</b> : Résultats des analyses organoleptique sur le couscous C/Couscous A.....	73
<b>Tableau n°30</b> : Résultats des analyses organoleptique sur le couscous D/Couscous A.....	73
<b>Tableau n°31</b> : Résultats des analyses microbiologiques, effectués sur les semoules, le couscous témoin et les différents couscous obtenus.....	73

## Liste des figures

<b>Figure n°1</b> : Schéma structural d'un grain de blé « REMESY et LEENHARDT,2001 ».....	5
<b>Figure n°2</b> : structure des constituants de l'amidon (JOSELEAU (J.-P). 1980).....	6
<b>Figure n°3</b> : Coupe longitudinale d'un grain d'orge (CHANG et al, 2003) .....	15
<b>Figure n°4</b> : La réception du blé.....	19
<b>Figure n°5</b> : La trémie.....	19
<b>Figure n°6</b> : Machine combinée.....	20
<b>Figure n°7</b> : Trieur.....	21
<b>Figure n°8</b> : Épierreur.....	22
<b>Figure n°9</b> : Toboggan.....	22
<b>Figure n°10</b> : Concentrateur.....	23
<b>Figure n°11</b> : Mouilleur à tourbillon.....	24
<b>Figure n°12</b> : Broyeur.....	26
<b>Figure n°13</b> : Chaîne de broyeur (Réduction).....	26
<b>Figure n°14</b> : Plansichter.....	27
<b>Figure n°15</b> : chaîne deasseur.....	28
<b>Figure n°16</b> : Convertisseur.....	29
<b>Figure n°17</b> : Mise sous emballage du produit fini.....	29
<b>Figure n°18</b> : Cycle de la production de la semoulerie MOULA PÂTES.....	30
<b>Figure n°19</b> : Procédé de fabrication du couscous artisanal (Original).....	40
<b>Figure n°20</b> : Rechercher et dénombrement des levures et moisissures .....	55
<b>Figure n°21</b> : Recherche et dénombrement des spores de <i>Clostridium Sulfito-réducteurs</i> ...	56
<b>Figure n°22</b> : Granulométrie de semoule de blé dur.....	60
<b>Figure n°23</b> : Granulométrie de semoule d'orge .....	60
<b>Figure n°24</b> : Différents couscous élaborés .....	63
<b>Figure n°25</b> : Granulométrie des différents couscous élaborés par rapport au témoin Couscous A .....	67
<b>Figure n°26</b> : Gonflement à froid des différents Couscous par rapport au témoin .....	68
<b>Figure n°27</b> : Gonflement à chaud des différents Couscous par rapport au témoin.....	69
<b>Figure n°28</b> : La délitescence des différents couscous élaborés par rapport au témoin à l'état Crus.....	69
<b>Figure n°29</b> : La délitescence des différents couscous élaborés par rapport au témoin à l'état Cuit.....	69
<b>Figure n°30</b> : Les différents types de couscous Cuits.....	71

# Table des matières

Introduction .....	1
Partie Bibliographique :	
Chapitre I : Les Céréales	
1-Généralités sur les céréales.....	2
2-Importance de production des céréales.....	3
3-Le grain de Blé.....	3
3-1- Le blé tendre.....	3
3-2-Le blé dur .....	3
3-2-1-Structure et morphologie du grain de Blé dur .....	4
3-2-2- Composition biochimique du blé dur .....	5
3-2-3- Utilisation du blé dur.....	11
3-2-4- Les qualités du blé dur.....	11
4-Le grain d'orge.....	14
4-1-Structure et Morphologie.....	14
4-2-Composition biochimique du grain d'orge.....	15
4-3-Utilisation d'Orge.....	18
Chapitre II : De la Graine à la Semoule	
1- Technologie Semoulière.....	19
1-1-La réception du Blé.....	19
1-2-Le pré-nettoyage.....	19
1-3-Le nettoyage.....	20
1-3-1-les opérations du nettoyage.....	21
1-3-2-Préparation du blé à la mouture.....	23
1-3-3-Préparation du conditionnement .....	23
1-4-Le 2 <sup>ème</sup> nettoyage.....	25
1-5-La mouture.....	25
1-5-1- Les opérations de la mouture.....	26
1-6-procédé de la mouture d'orge.....	31
2-La Semoule.....	31
2-1-Définition.....	31
2-2-Classification des semoules .....	32
2-3-Characterisations organoleptiques des semoules.....	31
2-4- Qualité de la semoule.....	33
2-4-1- La valeur nutritionnelle.....	33
2-4-2-La valeur technologique.....	34
2-4-3-La valeur semoulière.....	34

Chapitre III : De la semoule au Couscous	
1-La Technologie couscoussière.....	35
1-1-Un peu d'histoire.....	35
1-2-Définition.....	35
1-3-Fabrication du Couscous.....	35
1-3-1-Procédé de fabrication du Couscous Artisanal.....	35
1-3-2-Technologie du Couscous industriel.....	36
1-4-La valeur Couscoussière.....	37
1-5-Qualité du Couscous.....	37
1-6-Caractéristique du Couscous.....	37

Partie expérimentale :

Chapitre I : Matériel et Méthode.....	39
1-Objectif du travail.....	39
2-Matériel biologique.....	39
3-Matériel non biologique.....	39
3-1- Semoule d'Orge.....	39
4-Analyses physicochimique.....	42
4-1- Analyses des grains (Blé dur, Orge).....	42
4-2-Analyses des semoules.....	45
4-3-Analyses du Couscous.....	47
5- Analyses technologiques.....	48
5-1- Analyses des semoules.....	48
5-2- Analyses du couscous.....	50
6-Analyses Organoleptiques.....	51
7-Analyses microbiologiques.....	51
7-1-Recherche et dénombrement des levures et moisissures.....	52
7-2-Recherche des spores de <i>Clostridium Sulfito-Réducteur</i> .....	53

Chapitre II : Résultats et discussion

1-Résultats des analyses.....	57
1-1-Analyses physicochimiques.....	57
1-1-1-Analyses des grains.....	57
1-1-2-Analyses des semoules.....	59
1-2-3-Analyses des différents Couscous élaborés.....	63
1-2-Analyses technologiques.....	66
1-2-1- Analyses des semoules.....	66
1-3-2- Analyses du Couscous.....	67
1-3- Analyses organoleptiques.....	71
1-4-Analyses microbiologiques.....	73
2-Discussion.....	74

Conclusion.....	79
-----------------	----

Annexes

Références bibliographiques

## *Résumé*

Ce travail a pour but d'évaluer la qualité des trois différents types de Couscous artisanaux, par rapport au témoin qui est préparé à partir de 100% de semoule de Blé dur. Tandis que les Couscous préparés sont à base du mélange des deux semoules « Blé dur, Orge » selon les proportions suivantes (80% Blé dur-20% Orge), (50% Blé dur-50% Orge) et (20% Blé dur-80% Orge) et d'évaluer l'influence des différents coupages sur la qualité physicochimique, microbiologique, technologique et organoleptique du produit fini (Couscous).

Les résultats des analyses physicochimiques obtenus ont démontrés que les Couscous à base du mélange des deux semoules (Blé dur-Orge) présentent une granulométrie homogène, une humidité et une teneur en protéines acceptables, un taux de cendres un peu élevé et une faible acidité grasse par rapport au témoin qui est préparé à base de 100% Blé dur.

Les résultats des analyses technologiques présentent un bon gonflement lors de l'hydratation pour les Couscous du mélange par rapport à celui de 100% de semoule de Blé dur et surtout ils ne collent pas car ils se caractérisent par une faible délitescence.

Les résultats des analyses microbiologiques relèvent que les Couscous présentent une qualité hygiénique satisfaisante.

Les analyses organoleptiques ont fait l'objet d'une appréciation acceptable par les dégustateurs.

**Mots clés :** Blé dur, Couscous artisanal, Orge, Qualité.

### *Summary*

*The aim of this project is to control the quality of three types of craft industry (hand made) couscous. One of these types of couscous is prepared at 100% of hard semolina as a witness whereas the others are based on the mixture of hard semolina and barley (80% wheat drum-20% barley), (50% wheat drum -50% barley) et (20% wheat drum -80% barley). Moreover, the project aims at evaluating the impact of the mixture of both semolina at different proportions regarding the physicochemical, microbiological, technological and organoleptic quality of the final product (Couscous).*

*The results of the physicochemical analyses show that the couscous based on the mixture of both semolina (hard semolina –barley) present a homogenous size-grading, an acceptable moist and protein content, an increase in the rate of the ashes and a lack in fat acidity as a witness of 100% of hard semolina.*

*The results of the technological analyses present a good inflation during the hydratation for the couscous of the mixture in relation to the one of 100% of hard semolina. Above all, they do not stick because of their weak decomposition.*

*The results of the microbiological analyses reveal that the types of couscous present a satisfactory hygienic quality.*

*The organoleptic analysis is a subject of an acceptable appreciation by the testers.*

*Key words: hard semolina, craft industry couscous, barley, quality.*

## صخهم

از ه فذده َخْمُونَا مَمْعَنَا نُنَا نَص س حُ عُو حَالَاث عَايُوَا هَم بِنَشْدِنَا سَلَسَلْنَا ، جَزْدَاو هَم بِنَا مَت هَم  
100٪ دُمَس َخْمُونَا هَهْصَنَا مَمْعَسَتَت ذَهَاشَك ، هِن هُد هَشَخَا ذَهَسْت هُ ع جَزَم مَك هَم  
هَهْصَنَا حُ سَدْنَاو دُمَسُو شُ عَشْنَا) 80٪ َخْمُونَا و هَهْصَنَا 20٪ شُ عَشْنَا(،) 50٪ َخْمُونَا و هَهْصَنَا 50٪ شُ عَشْنَا(،) 20٪ َخْمُونَا و هَهْصَنَا 80٪  
شُ عَشْنَا( مَهُوُو شُ بَات ظُ هَخ هُ بِلَا هَم هِن دَاعِنَا فَهْتَحَم جَدِج حُ بِنَا ، حُ بَا زُ نُنَا □ حُ بَا مُ كُنَا ، حُ جِنِي نُوشَكُ مَنَا ، حُ حِي نِي كُنَا  
هُه ع جِي تَو مَنَا بِنَاهُونَا) سَلَسَلْنَا(.

ذَقُو خَش هَظَا جِيَا تَو مَنَا مَص دَت مَنَا مُنَا دَتْنَا نَا اهُ هَع حُ بَا زُ نُنَا-حُ بَا مُ كُنَا ظُ هَخِن سَلَسَلْنَا هَم دُمَس ( َخْمُونَا شُ عَشْنَاو هَهْصَنَا) اهُ نِي تَدَم  
سَوَا جَتَم ، مَجْدِنَا مَك حِي طَشْنَا هَم ، هُ نُوشُ شْنَا دَا مِس و خَا مُ سَجْنَا ل دَعَم لِي نُوم حَضِي مَذِن حَضِي نَخِي م نِهْدِنَا حَو سَا قَم سَلَسَلْنَا ذَهَاشْنَا.

جِيَا تَو مُنَا دَتْنَا حُ جِنِي يَكُنَا جُدُج حَفَا ضِلَا ل لَا خِ ءَا مَنَا ظُ هَخِن سَلَسَلْنَا حَو سَا قَم ب 100٪ دُمَس َخْمُونَا هَهْصَنَا اهُ أ حَصَا خُو لَا فَصْتِهَت اهُ لَأ  
زَمَنَّا كَكُنَّا صَفْحِي م.

جِيَا تَو مُنَا دَتْنَا حُ جِنِي نُوشَكُ مَنَا سَلَسَلْنَا نَا هُ لُ و ر جَدِج حُ نَص حُ ض شَم.

سَدْنَا مُهُ هَذِنَا ش هَظَا اهُ نُ لِي نُوم هَم مَنُ هُ قُو ز ت مَنَا حَو سَا قَم سَلَسَلْنَا ذَهَاشْنَا .

خَا مَك حَا نَمَنَا: َخْمُونَا هَهْصَنَا ، سَلَسَلْنَا دُهُفُ ، و شُ عَشْنَا حُ عُو.

## INTRODUCTION

Depuis des milliers d'années, l'homme cultivé les céréales et elles contribuent à nourrir des milliers d'êtres humains. La première céréale cultivée dans le monde est le Blé. **(DARRIGOL., 1978)**

Le blé dur constitue le bloc clé dans le modèle de consommation en Algérie. Il contribue à lui seul à plus de la moitié de la ration calorique et protéique de la population. **(GUZELANE, 1993).**

Ainsi, l'orge qui est la deuxième céréale cultivée juste après le blé et assure environ 45% de la production de céréales, soit plus de 2 millions de tonnes annuellement. **(BENABDELJELIL et al., 1999)**

Céréale aux multiples usages, l'orge entre dans l'extraction du malt, qui compose la bière et le whisky **(TRUSWELL,2001)**

L'orge est également une excellente source de fibres solubles, par ailleurs, elle possède diverses vertus médicinales. En Algérie, l'orge est utilisée pour la fabrication du pain en mélange avec la farine de blé ou à la fabrication du couscous sous forme de semoule comme matière première. **(ANONYME, 2011).**

L'histoire, la tradition, les exigences de qualité montrent que le blé dur constitue la matière première idéale pour la fabrication du couscous et des pâtes alimentaires. Ceux qui le consomment, sous diverses formes, lui reconnaissent des vertus particulières, entre autres une grande valeur énergétique et protéique.

Le couscous est un produit traditionnel fabriqué à partir du blé dur, cependant, il n'existe pas de définition spécifique du couscous dans la réglementation, celui-ci est simplement apparenté à la famille des produits issus du blé dur, le plus fabriqué et le plus apprécié par la population rurale et urbaine du Maghreb. **(GUEZELANE et SENATOR A., 1985).**

L'apparition sur le marché de produits similaires, vendus sous la dénomination couscous mais préparés à partir d'autres espèces de céréales, a attiré notre attention et il nous a paru utile d'évaluer l'effet des différentes proportions de la semoule d'Orge sur les propriétés technologiques, physicochimiques, organoleptiques du Couscous.

# *Partie Bibliographique*

## *Chapitre 1 : Les Céréales*

## **Chapitre I : Les céréales :**

### **1- Généralités sur les céréales :**

Les céréales sont des plantes cultivées, pour la plupart de la famille des graminées ou proacées, dont les grains servent à la nourriture de l'homme et des animaux : blé, orge, maïs, seigle, riz, sorgho, etc.

Ces grains ne sont pas des graines (sens botanique), mais des fruits secs de type caryopse : les parois du fruit et de la graine sont étroitement associées. La taille des grains de céréales est très variable selon les espèces et variétés (SIRET, 2004)

Les grains de céréales sont de petites dimensions, variables avec l'espèce. La longueur moyenne est de 10 mm, la largeur moyenne de 3 mm et l'épaisseur moyenne de 3 mm.

**Tableau n°1 : Taille des grains de céréales (en millimètres)**

Espèces	Longueur			Largeur			Épaisseur		
	Min.	Moy.	Max.	Min.	Moy.	Max.	Min.	Moy.	Max.
<b>Blé</b>	5.0	6.5	8.5	1.6	2.9	4.7	1.5	2.3	3.5
<b>Orge</b>	8.0	10.0	12.0	2.7	4.1	5.0	1.8	3.5	4.5
<b>Avoine</b>	10.0	14.0	18.0	2.5	3.0	3.5	2.0	2.4	2.8
<b>Seigle</b>	5.0	7.5	10.0	1.5	2.5	3.5	1.5	2.5	3.0

**GODON et WILLM, (1991)**

En plus des différences entre les espèces, il existe des variations variétales pour chacune de ces céréales. Les particularités de taille, de forme et de coloration, lorsqu'elles sont bien caractérisées, permettent à quelques spécialistes expérimentés de reconnaître les variétés d'après l'aspect de leurs grains : Mais ceci est plus facile pour l'orge que pour le blé. (GODON et WILLM, 1998)

La structure du grain des céréales permet de distinguer trois parties :

- Les enveloppes périphériques** correspondent au péricarpe (élément appartenant au fruit surtout) et à la couche de cellules à aleurone, riche en fibres et sels minéraux, ces enveloppes contiennent également, grâce à la couche d'aleurone, des vitamines du groupe B et des protéines de bonne qualité ;
- **L'albumen ou amande** est l'endosperme amylicé formé de cellules contenant l'amidon enchâssé dans une matrice protéique. La prédominance de l'amidon chez les céréales conduit à des « graines » amylicées. L'amidon est sous forme de grains dont la taille et la forme sont spécifiques de l'espèce végétale ; les protéines de l'albumen sont déficitaires en lysine ;
- L'embryon ou germe** est accolé à l'unique cotylédon (monocotylédones) qui le sépare de l'albumen, il contient des protides et il est riche en lipides (SIRET, 2004).

### **2- Importance de production des céréales :**

Les céréales d'hiver (blé dur, blé tendre et orge) demeurent l'aliment de base des régimes alimentaires et revêtent une importance stratégique dans la nutrition humaine et l'alimentation animale. De fait, elles occupent une place privilégiée dans l'agriculture de la région, ce qui confirme leurs caractères stratégiques dans l'économie maghrébine.

L'orge se différencie du blé par la présence de deux stipules, largement développées, globules embarrassantes, la tigule, courte, est appliquée contre la tige.

La tige de l'orge est plus souple que celle du blé, ce qui la rend plus sensible à la verse.

Le système racinaire de l'orge est plus superficiel que celui du blé et plus de 60% du poids des racines sont localisées dans les 25 cm de profondeur du sol. L'orge résiste mieux à la sécheresse que les

blés, l'orge peut être trouvé au-dessus du Cercle Polaire ou dans les montagnes asiatiques à plus de 2500 mètres d'altitude.

L'orge murit avant le blé, il est aussi plus facile à digérer que le blé, mais reste la valeur d'orge inférieure à celle du blé ; elle ne vaut qu'un tiers de celle du blé. (SIMON et al., 1989).

### **3- Le grain de Blé:**

Le blé est une céréale qui appartient au genre *Triticum*, c'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscent, appelé caryopse constitué d'un grain et de téguments, les deux espèces les plus cultivées sont le blé tendre (*Triticum Aestivum*) et le blé dur (*Triticum Durum*) (FEILLET, 2000).

Le blé comporte 2 variétés :

#### **3-1-Le blé tendre : *Triticum aestivum* :**

Le blé tendre produit un épi blanc portant 12 à 15 épillet contenant 2 à 3 fleurs, il comporte 3 génomes (A-B-C), le grain produit une farine tamisable utilisée en boulangerie.

Il existe de très nombreuses variétés réparties dans différentes classes : blé d'hiver, blé de printemps et blé alternatif. (GODON, 1998).

Le blé tendre, dit faible, mou ou amidonné « SOFT », c'est un type de blé qui désigne plusieurs céréales appartenant au genre *Triticum*, ce sont des plantes annuelles de la famille des graminées ou Poacées, cultivées dans de très nombreux pays. Ce type de blé sert pour la confection des gâteaux, biscuits et autres pâtisseries, puisque son taux de protéines est relativement faible (8 à 10%) et puisqu'il contient peu de gluten. (ANONYME (a), 2008)

#### **3-2-Le blé dur : *Triticum durum***

Le blé dur est appelé ainsi en raison de la dureté de son grain il est issu du croisement naturel entre deux espèces sauvages *Aegilops speltaoides* et *Triticum boeoticum*. C'est une espèce tétraploïde à 28 chromosomes. Le blé dur est la céréale la plus cultivée en Algérie, son grain transformé en semoule est utilisé dans l'alimentation humaine avec une consommation moyenne de 105 Kg/habitant/an. (Zaghouane et al., 2003).

#### **3-2-1-Structure et morphologie du grain de Blé dur**

Selon CALVEL R., (1984), le grain de blé se présente sous la forme d'un ellipsoïde allongé partagé en deux lobes suivant sa longueur par un sillon profond, au sommet de ce dernier se dresse une houppe de poiles blanchâtre nommée brosse ou barbe.

Du point de vue morphologique le blé dur se distingue par plusieurs caractéristiques physiques telles qu'une forme de grain allongée (6 à 9 mm de longueur et de 2,2 à 3,2 mm d'épaisseur), un sillon ouvert, des enveloppes blanches ambrées et surtout par une amande très vitreuse et résistante à l'écrasement (JEANTET et al 2007 et FRANCONIE, 2010).

D'après FEILLET, (2000) le grain de blé comprend trois parties essentielles qui sont de l'extérieur à l'intérieur : les enveloppes, l'amande et le germe.

#### **A/Les enveloppes :**

Également appelées « sons », sont constituées de nombreuses couches histologiques fines, plus au moins adhérentes entre elles, de composition et de structure cellulaire très différentes. Elles sont éliminées lors de la mouture RAVEN et al., (2003). En partant de l'extérieur vers l'intérieur du grain :

□ **Le péricarpe** : Est composé lui-même de 3 assises de celluloses :

- L'épicarpe souvent éliminé après récolte du fait de la manutention que subie le blé

-Le mésocarpe dont les cellules (appelées cellules transversales) sont disposées perpendiculairement à celles de l'épicarpe et au grand axe du grain.

-L'endocarpe composé de cellules parallèles au grand axe, appelées aussi cellules tubulaires (RAVEN et al 2003).

□ **Le tégument séminal** :

Constitue la première couche ou protection de la graine, il offre une forte résistance à la pénétration de l'eau du fait qu'il n'y ait aucune discontinuité dans ses cellules (RAVEN et al, 2003).

□ **La bande hyaline** :

Formée d'une simple couche de cellules transparentes (RAVEN et al., 2003)

**B/L'amande** : composée de l'albumen amylicé et de l'assise protéique (FEILLET, 2000)

□ **L'assise protéique** :

Appelée aussi couche à aleurone à cause de sa richesse en réserve de matières azotées : grains d'aleurones qui contiennent des protéines et des enzymes catalyseurs de la biosynthèse du grain de blé lors de sa formation (TRENTESEAU, 1996).

□ **L'albumen amylicé** :

Constitue 82% du grain et se présente sous forme de couches de cellules longitudinales ; dans lesquelles sont contenues les granules d'amidon dispersés au milieu d'une matrice protéique (JEANTET et al., 2007).

**C/Le germe** : il représente environ 3% du grain de blé, et contient une proportion élevée de lipides, protéines, vitamines, sels minéraux et enzymes. Il est formé de deux parties principales : l'embryon et le scutellum (JEANTET et al., 2007)

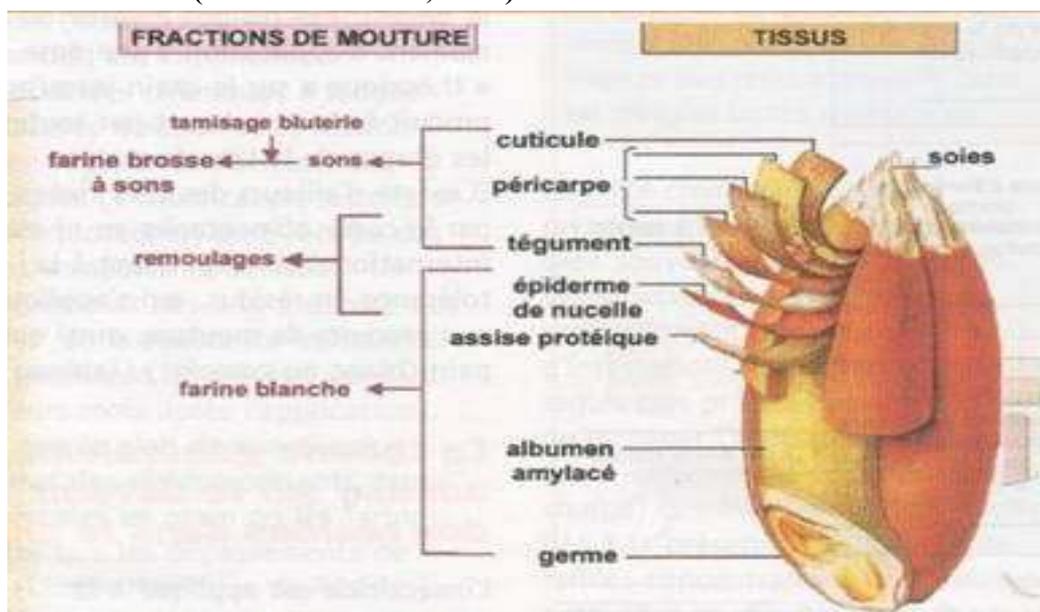


Figure n°1 : Schéma structurel d'un grain de Blé « REMESY et LEENHARDT, 2001 »

### **3-2-2-Composition biochimique du blé dur :**

#### **A- L'eau:**

Selon OKANDZA Y., (2000) le grain de blé à la récolte peut avoir une teneur en eau comprise entre 15% et plus de 21% selon le climat des zones de cultures, la moyenne courante est de 13 à 14%.

Selon GODON et WILLM (1998), les grains des céréales sont particulièrement déshydratés, leur teneur en eau est aux environs de 14% pour le blé dur, la teneur en eau joue un rôle important dans l'altération de la semoule.

**Tableau n°2:** Teneur moyenne pour 100g des constituants biochimiques du grain de Blé

Moyenne pour 100g	Protides (g)	Lipides (g)	Glucides(g)	Calories (g)
Blé	10,5	1,5	69	360

(LEUREUX,1999)

#### **B- Les glucides :**

Les glucides sont des substances particulièrement énergétiques, et sont nettement majoritaires (plus de 60% de la matière humide ou 80% de la matière sèche) ils sont principalement constitués de l'amidon, rassemblé sous formes de granules, la taille de ces petites granules sphériques ou lenticulaires varie de 2 à 40µm (GODON et WILLM ,1998).

**B-1-Sucre simple :** un ensemble de composés glucidiques de structure est présent dans les grains, sa teneur varie de 2 à 10% selon les espèces, la semoule contient de 1 à 2% de saccharose, une petite quantité de maltose, dextrose et dextrine solubles ; la structure des sucres favorise la libération très rapide des sucres simples tels que le glucose et le maltose (GODON, 1991).

**B-2-L'amidon:** Principal constituant du grain de blé et de l'albumen amylicé (67-68% et 78-82% respectivement), l'amidon se présente sous forme de granules dont le diamètre peut varier de 10 à 40 µm ; distinguant ainsi les gros granules : amidon A (concentrés au cœur de l'amande) des petites granules : amidon B (concentré à la périphérie). (JEANTET et al., 2007).

Ces granules de nature principalement glucidique constituent la réserve en sucre créée au cours de la photosynthèse. Le grain d'amidon est constitué par un mélange de deux polysaccharides :

**B-2-1-L'amylose :** polymère linéaire, de faible masse moléculaire, constitué par un enchainement de D-glucopyranose, liés principalement par des liaisons  $\alpha$  1-4 (Figure n°2) (TARA, 2005).

Selon NERON (2000), le pourcentage de l'amylose est un des facteurs qui conditionnent les propriétés rhéologiques de l'amidon au cours de différentes étapes de transformation.

Selon LAURO et al., (1997) , l'amylose absorbe beaucoup d'eau à la cuisson, et en grande partie responsable du gonflement des granules de l'amidon. Les solutions de l'amylopectines ne se rétrogradent pas.

**B-2-2-L'amylopectine :** polymère fortement ramifié constitué d'unités de glucose qui s'associent en chaînes linéaires liées par des liaisons  $\alpha$  1-6 (Figure n°2) qui confèrent à la molécule une structure arborescente. Ce polymère représente 73% de l'amidon total (GEVARDAT DE FOMBELLE, 2003).

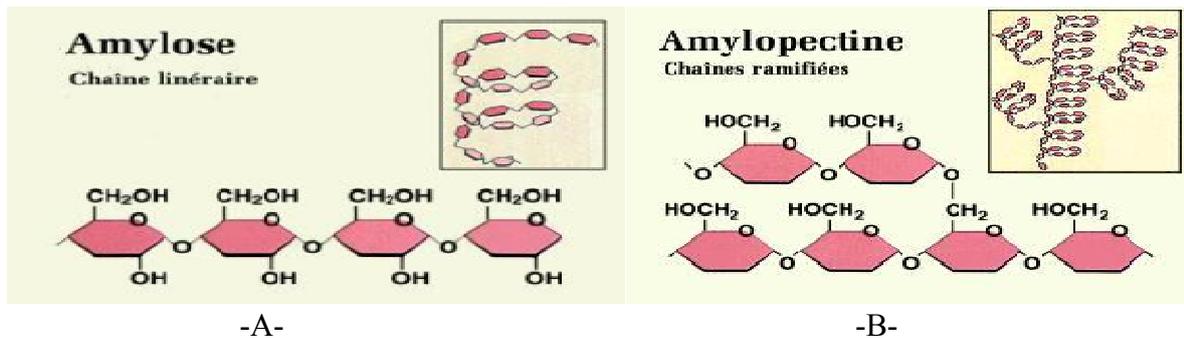


Figure n°2 : Structure des constituants de l'amidon (JOSELEAU (J.-P). 1980)

**B-3-Cellulose :** Selon **GODON et WILLM (1998)**, la cellulose constitue l'élément majoritaire de la paroi cellulaire. C'est un polymère glucidique, de haut poids moléculaire, constitué en moyenne de 3000 unités de glucose.

C'est le principal polyholoside de structure des végétaux, sa composition semble indépendante de l'origine de la plante, c'est  $\beta$ -D glucane composé de résidus anhydroglucopyranoses liés par des liaisons  $\beta$  1-4.

### **C- Les protéines :**

Second constituant pondéral du blé après l'amidon, les protéines forment 8 à 18% de la matière sèche (**FEILLET, 2000**)

Depuis les travaux de **SAMSON M.F. et DESCLAUX D., (2006)**, les protéines du blé réparties en quatre (4) classes principales et qui sont selon leurs caractères de solubilité dans l'eau :

**C-1-Les protéines solubles :** également appelées protéines cytoplasmiques ou métaboliques, représentent 15 à 20% des protéines totales. (**ALAIS et al., 2003**).

**C-1-1-Les albumines** (environ 15% des protéines totales) : les albumines sont essentiellement concentrées à la périphérie du grain et dans le germe (**FEILLET, 2000**).

**C-1-2-Les globulines** (environ 5% des protéines totales) : elles se concentrent comme les albumines dans les parties périphériques du grain. (**FEILLET, 2000**)

**C-2-Les protéines de réserves :** (80 à 85% du matériel protéique total) : les gliadines et les gluténines, principaux constituants du gluten en proportions sensiblement égales, constituants les protéines de réserve dans lesquels la jeune plantule puisera les acides aminés dont elle aura besoin au moment de la germination du grain.

**C-2-1-Les gliadines :** également appelées prolamines du blé, elles se concentrent surtout dans l'amande (**MOROT-GAUDRY, 1997**).

**C-2-2-Les gluténines :** ou encore glutélines du blé, comme les gliadines, on retrouve les gluténines principalement dans l'albumen du grain (**JEANTET et al. 2007**)

**D-Le gluten :** décrit pour la première fois en 1745 par **Jacopo BECCARI**, le gluten de blé est un complexe protéique viscoélastique tenace constitué d'un mélange hétérogène de gliadines et de gluténines (75 à 85% de la matière sèche), d'amidon (8 à 18% MS), de sucres réducteurs (1 à 2% MS), de lipides (5 à 10% MS), de pentosanes (2% MS) et de matières minérales (1% MS) (**FEILLET, 2000**).

La viscosité et l'extensibilité du gluten peuvent être expliquées par le glissement des molécules les uns sur les autres, (**KHELASSI et MEKMOUCHE, 2009**)

**Remarque :** les protéines de gluten ou glutéline présentent la fraction la plus importante dans les composés protéiques. Ils forment un mélange en proportion variable de deux types de protéines : les gliadines (40%-45%) et les gluténines (55%-60%).

L'hydratation de la gliadine à l'état natif donne une masse visqueuse, extensible et de faible élasticité. Les gluténines hydratées sont cohésives, plus tenaces et plus élastiques que les gliadines. Les gluténines ont une importance major 80% dans la valeur boulangère des farines, les propriétés d'élasticité des gluténines à revenir à leur structure initiale sous l'action mécanique de pétrissage dépendront de l'allongement des liaisons bisulfure (s-s) intermoléculaire reliant, les unités composantes des gluténines.

**Tableau n°3 :** Distribution des protéines de l'endosperme du Blé selon leur solubilité  
(En pourcentage des protéines totales)

Espèce	Albumines	globulines	Prolamines	Glutélines
Blé	5 – 10	5 – 10	40 – 50 (Gliadine)	55 – 60 ( Gluténine)

(GODON et WILLM 1998)

### E-les lipides :

Ils représentent 1,5 à 3,5% du poids total du grain et sont en majorité associés aux protéines et à l'amylose, ils comportent les acides gras insaturés (acide oléique, acide linoléique) ainsi que les acides gras saturés (acide palmitique, acide stéarique) et en fin les lipides libres qui sont eux extraits par l'éther, les interactions des lipides endogènes avec les protéines notamment, modifient les propriétés fonctionnelles du gluten et contribuent à la régularité des structures alvéolaires.(BOUDREAU et MENARD, 1992).

**Tableau n°4 :** Composition du grain de Blé en Lipides

Fraction du grain	Lipides totaux (%MS)
Grain entier	1,5 – 3,5
Péricarpe	0,5 – 1,5
Couche à aleurone	6 – 18
Germe	10 – 30
Amidon	0,8 – 1,2
Son	4,5 – 6
Semoule	1,4 – 2

(FEILLET, 2000)

**Tableau n°5 :** Composition en Acide gras des lipides du grain de Blé

Espèce	Acide palmitique C16: (saturé)	Acide oléique C18 : (insaturé 1 double liaison)	Acide linoléique C18 : (insaturé à 2 doubles liaisons)	Acide linoléique C18 : (insaturé à 3 doubles liaisons)
Blé	18	15	63	4

GODON et WILLM,(1991)

**F- Les éléments minéraux** : selon GODON et WILLM, (1991), la teneur moyenne en matières minérales du grain du blé est d'environ 1,8%, leur concentration dans la couche à aleurone est 0,5 à 1% dans l'albumen amylicé ; ces teneurs sont relativement fixes quelles que soient les conditions externes dans lesquelles la céréale a été cultivée.

Le potassium (K) et le phosphore (P) eux seuls constituent près de 50% de matières minérales.

Tous les sels minéraux, qui contribuent au fonctionnement harmonieux du corps humain, sont présents dans le germe de blé, dans des proportions compatibles avec les exigences de l'organisme : le phosphore, le sodium, le magnésium, le potassium, le fer et le soufre.

### G- Les oligoéléments :

Le manganèse : il permet l'assimilation des vitamines du complexe B

Le cuivre : il facilite la fixation du fer

L'iode : la grande importance de l'iode s'explique par son rôle dans le bon fonctionnement de la thyroïde.

### H-Les vitamines :

La teneur en vitamines du blé est beaucoup plus faible que celle des autres constituants, cependant leur intérêt nutritionnel est très important.

Le blé contient surtout les trois (3) vitamines : B1 (Thiamines) qui favorise l'assimilation et le métabolisme des glucides au niveau de chaque cellule, son action est donc fondamentale pour tout l'organisme. B2(Riboflavine) dont elle intervient au niveau des cellules dans le métabolisme du sucre, des acides aminés et des lipides et B3 (Niacine)ou PP qui intervient aussi dans l'assimilation des sucres au niveau de chaque cellule du corps elle qui se trouve essentiellement dans la zone située entre le tégument séminal et le germe.

Il contient également d'autres vitamines, tel que, la vitamine B6 (Pyridoxine) qui permet le métabolisme des acides aminés, B5 (acide Pantothénique) et la vitamine E ( $\alpha$  Tocophérol) cette dernière se trouvant dissoute dans les lipides du germe (GODON et WILLM, 1991).

**Tableau n°6 :** Teneurs moyennes en vitamines exprimées en mg pour 100g de grain

Espèce	Thiamine B1	Riboflavine B2	Niacine PP	Pyridoxine B6	Tocophérols E
Blé	0,52	0,12	6,00	0,50	2,00

GODON et WILLM, (1998)

### i-Les enzymes :

Les enzymes sont des substances de nature protéique et parfois associés à des substances minérales ou organiques, elles sont sensibles aux variations des températures et Ph du milieu.

Les enzymes les plus retrouvés dans le blé sont : les amylases ( $\alpha$ -amylase,  $\beta$ -amylase), les lipases, les lis-oxygénases et la phytase.

Les amylases convertissent l'amidon par hydrolyse qui permet la libération des sucres, fermentescibles en dextrines, dans le cas des semoules hyperdiastiques. Les deux amylases sont présentes dans les graines.  $\beta$ -amylase est présente sous une forme inactive avant la germination, tandis que  $\alpha$ -amylase et des protéases apparaissent une fois la germination a commencé. Amylase de grains de céréales est la clé de la production du malt.

Les lipases : est le facteur principal qui est responsable de l'acidification des semoules.

La lis-oxygénase : provoque l'oxydation des pigments caroténoïdes ou la dégradation de la couleur jaune ambrée.

Phytase : cette enzyme hydrolyse l'acide phytique qui se trouve aussi dans d'autres enzymes qui se localisent dans l'assise protéique et le germe telle que les protéases et les carboxyatérases qui hydrolysent les protéines en acides aminé libres. (BOUDREAU.1992).

**Remarque :** l'alpha amylase qui coupe aléatoirement le long de la chaîne de l'amidon. La bête-amylase qui libère le maltose par rupture des liaisons  $\beta(1-4)$ , et l'amylo1-4glucosidase.

### J- les pigments :

Présents dans le grain de blé sont principalement des caroténoïdes. Ce sont des pigments liposolubles, ils se répartissent entre le son, l'albumen et le germe. Responsables de la couleur jaune recherchée dans les semoules et les pâtes alimentaires (**FRANCONIE 2010**)

### **K-Les fibres alimentaires :**

Ce sont des polysaccharides non amyliques indigestibles par l'homme. Il existe des fibres solubles et des fibres insolubles qui se trouvent souvent dans le même aliment. Les fibres peuvent gonfler en absorbant jusqu'à 20 fois leur poids en eau. Principaux constituants des parois de l'albumen

(70 à 80%) selon **JEANTET et al., (2007)** elles représentent 6 à 8% du grain et 2 à 3% de la semoule.

Parmi ces fibres :

- **La cellulose** : constituée par un enchainement de molécules de  $\beta$  D-glucose. De structure

cristalline insoluble, elle représente 2 à 4% des fibres de l'albumen et 25 à 30% de celles du péricarpe.

- **Les béta-glucanes** : polymères de  $\beta$  D-glucose, peu solubles dans l'eau et constituant 20 à 30% des fibres de l'albumen.

- **Les pentosanes** : chaînes glucidiques formées principalement de pentoses, constituant 65 à 80% des fibres de l'albumen

**Tableau n°7** : Répartition des constituants dans les différentes parties d'un grain de blé.

(Valeurs de chacun des constituants exprimées en pourcentage de la matière sèche totale de ce constituant dans le grain)

Parties du grain	Amidon Glucides	Protéines	Lipides	Cellulose Hémicellulose Pentosanes	Minéraux
<b>Péricarpe</b>	0.8	3.7	1.4	35.0	9.7
<b>Tégument séminal</b>	0.2	1.5	1.4	7.8	7.3
<b>Assise protéique</b>	1.4	18.5	22.4	38.9	48.4
<b>Germe</b>	0.7	8.3	15.8	2.0	9.1
<b>Amande</b>	96.9	68.1	59.0	16.3	25.5
	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

(**GODON B., 1991**)

### **3-2-3-Utilisation du blé dur :**

Les grains de blé dur, transformés en semoule sont utilisés pour la fabrication de différentes pâtes alimentaires et le couscous, le blé dur est un aliment énergétique, riche en protéines et en élément minéraux (Mg, P, Zn et K).

Les résidus de la mouture des grains (son) sont utilisés dans l'alimentation humaine et animale, il permet d'ajouter des fibres aux aliments, les résidus de récolte du blé dur (pailles et chaumes) constituent une source d'alimentation du bétail et la paille également utilisée comme litière pour les animaux.

Par ailleurs, les produits du blé (gluten et amidon) sont aussi utilisés dans la fabrication de produits non alimentaires, tels que des produits de beauté, des films et sacs de plastiques, des savons, des produits en papier, de la colle, ect....(AMRANI M. 2006)

Les graines de blé dur, transformé en semoule, sont utilisées pour la fabrication de différentes pâtes alimentaires, du pain, des gâteaux traditionnels et du couscous. Le blé dur est un aliment énergétique riche en protéine et en éléments minéraux (magnésium, phosphore, zinc et potassium). Sa teneur en protéines est plus élevée que celle du blé tendre, les résidus de la mouture des grains (son) sont utilisés dans l'alimentation humaine et animale.

### **3-2-4-Les qualités du blé dur :**

Dans le cas des blés la notion de qualité est assez variée et peut couvrir plusieurs aspects : agronomiques, alimentaires...ect. Ces aspects sont en fonction de l'étape concernée (production, stockage, transformation) (ROUSSET et AUTRAN, 1970).

#### **A-Qualité agronomique :**

A la quelle s'intéresse le cultivateur : rendement, résistance aux maladies et aux insectes, résistance à la sécheresse, à la verse, .....etc. (FEILLET,2000)

#### **B-Qualité règlementaire :**

Elle se définit de manière administrative et englobe l'ensemble des critères qualitatifs qui font que le lot est sain, loyal et marchand ou conforme.

Ces critères sont établis en fonction de l'orientation des produits : semence, stockage, transformation, alimentation humaine ou animale.(FEILLET,2000)

Suivant les pays, les critères optés sont variables et font l'objet d'une législation.

La filière céréales comporte de nombreux partenaires qui présentent une diversité des exigences, des contraintes et des objectifs et une certaine autonomie les uns par rapport aux autres, pour promouvoir une politique de la qualité, un compromis permanent doit exister entre les caractéristiques souhaitées par chacun des maillons de la filière, compromis qui ne peut être que le fruit de la négociation.

**C-Qualité alimentaire** : Elle comprend deux aspects distincts relatifs :

#### **C-1-Qualité nutritionnelle :**

Le grain de blé constitue l'organe de réserve de la plante ; par sa richesse en amidon, il possède une teneur élevée en énergie et représente (20%), des calories du régime alimentaire, le blé contribue aussi à un apport protéique notable, il possède en effet un complexe protéique (le gluten) d'une valeur calorique basse, mais valorisée par la qualité de l'albumine et la globuline.

La forte proportion de gluten par rapport à l'albumine et à la globuline rend le blé relativement pauvre en acides aminés essentiels tels que la lysine et le tryptophane, limitant aussi l'efficacité biologique des protéines. (BOURDEAU, 1992)

Comme le blé est rarement consommé seul, mais accompagné d'autres aliments, ces déficiences peuvent être compensées par d'autres sources protéiques complètement différentes, par contre la digestibilité des protéines du blé, et en particulier celle du gluten d'origines animales, le blé contient aussi des quantités appréciables de niacine, de riboflavine, d'acide pantothénique, le tocophérol, de thiamine et de pyridoxine, mais pauvre en vitamine (Vit A), (Vita B) (Vit D). (GODON et WILLM,1990).

Il constitue enfin une bonne source, de phosphore, potassium et de magnésium, mais il est relativement déficient en calcium. (BOUDREAU,1992).

### **C-2-Qualité hygiénique ou sanitaire :**

La qualité hygiénique est une exigence de sécurité en principe absolue, elle garantit l'absence de produits pathogènes dans les grains et dérivés (micro-organismes, toxines, souillures animales, résidus de traitements des récoltes, résidus des pesticides, métaux lourds, ... etc.)

L'état sanitaire général d'un lot de grains est une résultante complexe, descriptive de l'état de santé réel des grains, dont l'appréciation nécessite la détermination à l'aide de critères objectifs des aspects suivant :

- L'état physique du grain ; teneur en eau, température, propriété (grains cassés, grains étrangères), masse volumique ; cela correspond assez bien aux propriétés retenues pour le classement des grains dits sain, loyaux et marchands tel qu'on le pratique dans différents pays (agrégage)
- L'état biochimique : niveau d'activité enzymatique, amyélinique en particulier. (MULTON, 1982)

### **D- Qualité technologique :**

Appelé aussi qualité industrielle, elle rend compte de la valeur d'utilisation réelle des produits, elle intéresse en particulier les sélectionneurs, les utilisateurs (semouliers, pastiers) et les consommateurs. Les utilisateurs de blé dur désirent obtenir, un rendement élevé en semoule, en pâtes alimentaires résistantes aux chocs, fermes après la cuisson, à goût agréable et possédant au moment de la vente une belle couleur ambrée.

La qualité technologique des blés durs est classiquement subdivisée en valeur semoulière et pastière. (GRINGNAC P, 1976)

#### **D-1-Valeur semoulière :**

Selon ABECASSIS (1991), la valeur semoulière du blé dur peut être définie comme l'aptitude d'un blé dur à donner un rendement élevé en semoule de pureté déterminée. Elle dépend en fait de trois groupes de facteurs :

- Facteurs liés aux conditions de culture et de récolte.
- Facteurs qui englobent des caractéristiques qui dépendent d'avantage de la nature du blé dur, exemple : la valeur albumen/enveloppes, la friabilité de l'albumen et la facilité de séparer l'albumen et les enveloppes.
- Facteurs essentiellement réglementaires, il s'agit de la richesse en matière minérales.

#### **D-2-Valeur couscoussière :**

Selon BOUDREAU et MENARD (1992), la valeur couscoussière d'une semoule se caractérise par une teneur élevée en protéines (13,5% sur base humidité) et son bon état de conservation par un taux d'acidité conforme aux normes internationales.

Les types de semoules destinées à la fabrication du couscous dont de granulométrie supérieure à celle des pâtes alimentaires.

### **4- Legrain d'orge:**

L'orge est une céréale d'hiver annuelle à épi barbu. Elle est cultivée pour son grain (caryopse), utilisé principalement pour l'alimentation animale. Elle peut être aussi cultivée comme fourrage vert, pâturé ou ensilé. L'orge est peu exigeante et résiste bien aux climats rudes. Sa culture est donc relativement facile. Deux types d'orge sont répons ; l'orge à six rangs respectivement pour *Hordeum disticum* et *Hordeum hexasticum*. Ce sont les variétés à 6 rangs qui sont les plus cultivés en Algérie, à cause de leur valeur énergétique qui est plus élevée que celle des variétés à deux rangs.

#### **4-1-Structure et Morphologie :**

L'orge commune (*Hordeum vulgare*) est une céréale à paille, dont l'épi, inflorescence terminale blanche et barbue, peut être selon les variétés à six rangs ou à deux rangs (MOLINACANO et al., 2002).

La structure du grain de toutes les céréales est assez semblable. Il est constitué de 3 parties : l'enveloppe, le germe et l'albumen. Le grain de l'orge comprend les parties suivantes :

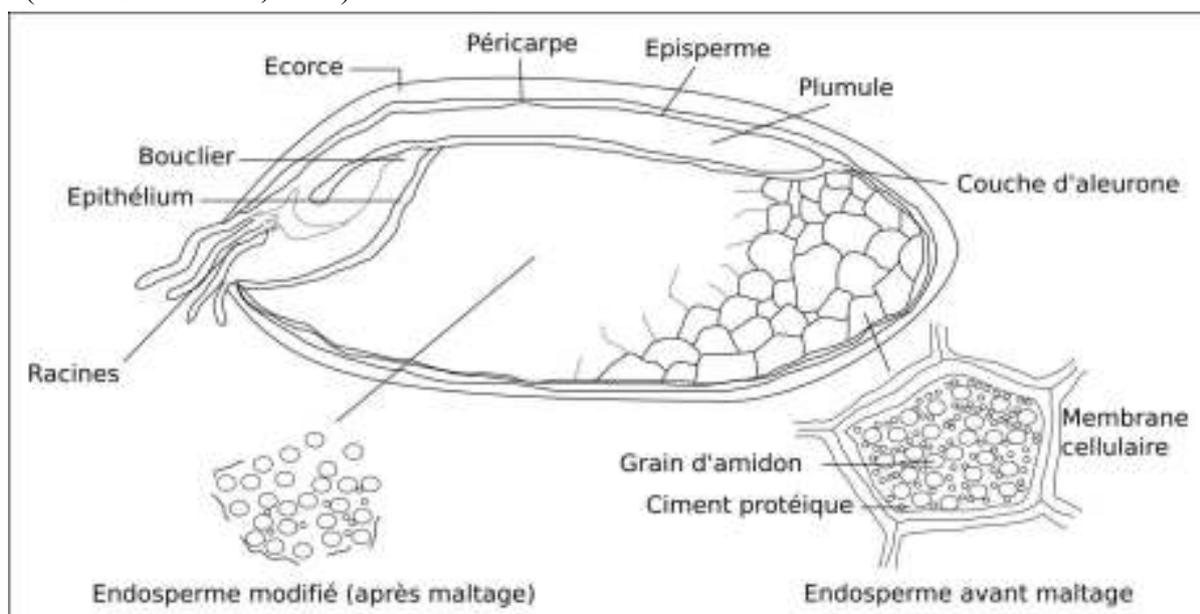
**A-L'enveloppe:** 14 à 16% du grain est constituée de l'extérieur vers l'intérieur par

- **Le péricarpe :** paroi de l'ovaire, qui comprend l'épicarpe, le mésocarpe et l'endocarpe, est un tissu mort ;
- **Le tégument :** enveloppe de la graine qui comprend le tégument séminal et la bande hyaline très azotée et minéralisée ;
- **L'assise protéique :** première couche de cellules de l'endosperme.

**B- Le germe :** 2,5 à 3% de grain comprend l'embryon et le cotylédon qui l'entoure.

L'embryon est riche en protéines, le cotylédon en lipides.

**C- L'albumenouamandedugrain:** C'est de l'amidon enchâssé du gluten. Le gluten est la structure protéique de l'amande. L'albumen est soudé à l'assise protéique de l'enveloppe et donne la farine. (HAMOUN et al., 2001).



**Figure n°3 :** Coupe longitudinale d'un grain d'orge (CHANG et al., 2003)

#### 4-2-Composition biochimiquedugraind'orge:

Un grain d'orge est constitué de 78% à 83% de glucides, dont 60% à 64% d'amidon et un peu de sucres simples comme le glucose ou le fructose (0,4% à 2,9%). Il contient de 8% à 15% de protéines, avec un contenu toutefois limité en lysine (un acide aminé essentiel), ce qui en fait une protéine incomplète. L'orge renferme de 2% à 3% de lipides, dont le tiers environ est situé dans le germe (Anonyme (a), 2003).

**Tableau n°8 :** Constituants biochimiques de l'orge (% de matière sèche)

Constituants biochimiques de l'orge	%de matière sèche
Glucides	78-83
Protéines	9-12

Lipides	2-3,5
Acides nucléiques	0,2-0,3
Substances minérales	2
Polyphénols	0,5-1,5
Autres substances	4-6

(ROMAIN et al, 2006)

### **B- Les glucides :**

Les glucides représentent environ 80% de la matière sèche des graines et sont constitués essentiellement d'amidon localisé au niveau du caryopse, le saccharose et le raffinose sont les principaux sucres de l'embryon.

L'amidon est le constituant majeur de l'endosperme de l'orge, il représente 50 à 70% du poids sec du grain, l'endosperme est constitué de deux polymères : l'amylose 25% et l'amylopectine. Il constitue la principale source d'énergie dans les grains d'orge (HOIJE et al., 2005).

### **C- Les lipides :**

Les lipides d'orge sont des triglycérides (69%), ce qui les caractérise, c'est l'importance des acides gras polyinsaturés comme l'acide linoléique qui représente plus de 50% de la totalité des lipides (BADR et al, 2000)

L'orge a une teneur en matières grasses moins élevée que celle du maïs, du sorgho ou de l'avoine. Les teneurs moyennes observées varient de 1,5 à 2,5%. Sa teneur en acide linoléique est nettement inférieure à celle du maïs et à celle d'autres céréales.

Un apport complémentaire de cet acide gras essentiel dans les aliments à base d'orge est parfois recommandé. (CASIRAGHI et al., 2005)

### **D- Les protéines :**

Les protéines de réserve du grain ont en effet la propriété unique de pouvoir former, après hydratation, une masse cohérente, insoluble et viscoélastique.

Les protéines ne sont pas réparties de façon uniforme dans le grain. Ainsi, la couche à aleurone est constituée de 30 à 35% de protéines, le germe de 35 à 40% alors que le péricarpe ne contient que 6 à 7% de protéines et le centre de l'albumen amylicé 6 à 9% seulement.

Mais globalement, et compte tenu de l'importance pondérale relative de ces différents tissus, 87% des protéines se trouvent dans l'albumen et la couche d'aleurone. Les albumines et des globulines sont les principales protéines de l'embryon d'un grain d'orge. (HOPKINS, 2003).

L'orge demeure une céréale relativement pauvre en protéines par rapport au blé ou au triticale mais sa teneur reste supérieure à celle du maïs.

La teneur en protéines est influencée par la variété, et son mode de culture. Les protéines de l'orge présentent un profil en acides aminés mieux adapté aux besoins des animaux que celui du maïs ou du blé. (BENABDELJELIL et al., 1999).

**Tableau n°9 :** Distribution des protéines totales en (%) de l'endosperme de grain d'orge selon leur solubilité

Espèce	Albumines	Globulines	Prolamines	Glutelines
Orge	3-4 (Leucosine)	10-20 Édestine	35-45 Hordeïne (Prolamine)	35-45

(GODO et WILLM., 1998)

### **E-Les sels minéraux :**

On les trouve principalement dans le tégument, où ils sont complexés par l'acide phytique (diacide), ce qui diminue ainsi leur disponibilité nutritionnelle. (THOMAS, 2003).

Les teneurs en calcium et en sodium sont légèrement supérieures à celles du maïs. L'orge demeure une céréale relativement pauvre en ces éléments

(DAHLEEN et MANOHARAN., 2007).

### **F-Les fibres alimentaires :**

Les fibres alimentaires correspondent aux fibres de cellulose, d'hémicellulose et de lignine.

Ces fibres alimentaires se trouvent dans le tégument, elles favorisent le transit intestinal. On trouve au niveau des parois cellulaires de l'endosperme de la graine d'orge des polysaccharides tels que les B-glucanes et les pentosanes. (HAMOUN et al., 2001).

✚ **La lignine** : c'est une fibre dure qui entoure les parois végétales ; ce qui confère à ces derniers une rigidité et une bonne résistance à la compression.

(PICKERING et JOHNSTON, 2005)

**G-Antioxydants :** les antioxydants sont des composés qui réduisent les dommages causés par les radicaux libres dans le corps. Ces derniers sont des molécules très réactives qui seraient impliqués dans l'apparition des maladies cardiovasculaires, de certains cancers et d'autres maladies liées au vieillissement. (ANONYME, 2003). On retrouve les antioxydants suivants dans l'orge :

#### **G-1-Tocotriénols (vitamine E) :**

L'orge contient toutes les variantes différentes de la vitamine E, pour un total d'environ 75 mg/kg.

Parmi ces divers composés, la plus grande proportion (environ 80%) est constituée de Tocophérols (PANIFILI et al., 2003), des antioxydants qui pourraient être plus puissants que les Tocophérols (une autre forme de vitamine).

#### **G-2-Composés phénoliques : (flavanols)**

L'orge contient plusieurs composés phénoliques. Un type d'antioxydants qu'on en retrouve également dans le malt provenant de l'orge, ainsi que dans le thé fait à partir de grains d'orge. Parmi ces divers composés, les flavanols (appartenant à la famille des flavonoïdes) seraient ceux qui se trouvent en plus grande proportion dans les grains d'orge, pouvant atteindre une quantité totale d'environ 225µg/g selon la variété du grain. (BONOLI et VERARDO., 2004)

### **H-Gluten :**

Le gluten est le complexe protéique élastique qui reste après l'extraction de l'amidon du blé et d'autres céréales comme l'orge, le seigle et l'avoine. Cette substance a pour rôle de lier les ingrédients entre eux pour leur donner une texture moelleuse.

La maladie cœliaque se traduit par plusieurs symptômes invalidants, mais un régime alimentaire approprié sans gluten pour le blé se porte plus spécifiquement sur une fraction du gluten : la gliadine.

Dans le cas de l'orge, l'intolérance concerne l'hordéine. Pour le seigle c'est la sécaline qui est toxique. (BONTEMS et al., 2000)

### **4-3-Utilisation d'orge :**

L'orge est une excellente source de fibres, son grain sert à l'engraissement du bétail. La plante entière encore verte, peut servir de fourrage, ensilé ou pâturé. En Algérie l'orge est associée à l'élevage ovin. Elle est très appréciée par le cheptel en grain et en paille.

Dans l'alimentation humaine, l'orge est utilisée pour la fabrication de galettes de pain sans levain, ou pour la fabrication du pain en mélange avec la farine de blé. La semoule de l'orge est utilisée pour la fabrication du couscous et elle peut être incorporée aux soupes.

La farine d'orge épaissit les sauces et donne un goût sucré aux aliments. L'orge possède aussi des vertus médicinales (fortifiants, antidiurétique, abaisse le cholestérol.....)

L'orge est riche en fibres solubles, dont la consommation peut contribuer à une normalisation des concentrations sanguines de cholestérol, du glucose et de l'insuline. Ces fibres sont donc des composés intéressants dans le traitement nutritionnel de certaines maladies et dans la diététique (régime hypocalorique).

Il existe plusieurs variétés de fibres solubles : celles que l'on retrouve principalement dans l'orge sont les bêta-glucanes. Une étude conduite chez l'animal a attribué à ces composés des propriétés hypocholestérolémiantes : la consommation de bêta-glucanes d'orge a entraîné une diminution des concentrations sanguines de cholestérol total et de cholestérol LDL (*Anonyme ,2010*).

*Chapitre 2 :*  
*Technologie Semoulière*  
*1<sup>ère</sup> Transformation*

## **Chapitre II : De la graine à la semoule « 1ère transformation »**

### **1-Technologie semoulière :**

#### **1-1- La réception du Blé:**

L'approvisionnement en matière première (blé dur) dans une semoulerie se fait généralement au moyen de camions, qui dès leur arrivées passent par un pont bascule pour vérifier la quantité de Blé reçue. Selon **BOUDREAU et MENARD., (1992)**, à ce niveau, un échantillon de blé est immédiatement prélevé et envoyé au laboratoire afin d'être analysé.



**Figure n°4 : La Réception du blé**

#### **1-2-Le pré-nettoyage :**

Il a pour but d'éliminer les grosses impuretés avant le stockage du blé dans les silos ou dans les cellules de mélange, selon les étapes suivantes :

**-une trémie de réception** : qui permet la rétention de grosses impuretés telles que : pailles, bois, cailloux, pigeons, rongeurs et où l'on peut examiner le passage des quantités livrées.



**Figure n°5 : La Trémie**

**-Un grand aimant** : permettant l'élimination des particules ferriques.

**-Un séparateur rotatif** : assurant une séparation sommaire des produits en fonction de leur taille (**BOUDREAU et MENARD, 1992**).

Les machines utilisées dans le pré-nettoyage sont :

- La machine combinée**

Employant un système de séparation avec des tamis, la machine combinée sépare le grain des grosses impuretés telles que les gros grains, cordes, pailles, bois, pierres et des mottes de terre et des impuretés fines comme du sable ou des grains brisés.

Optionnellement, un canal d'aspiration ou aspirateur de recyclage d'air peut être utilisé pour éliminer les particules de faible densité comme la poussière, la coque des fragments. (BUHLER, 2001)



Figure n° 6 : Machine combinée

Tableau n°10 : Étapes de séparation utilisées pour le nettoyage du blé dur

	Nom de l'opération	Machines	Critère de séparation	Nature des impuretés
01	Tamissage ou calibrage	Nettoyeur-Séparateur	Taille	Grosses et Petites
02	Aspiration	Tarare	Masse	Poussière
03	Épierrage	Épierreur	Densité	Pierre
04	Triage	Trieur	Forme	Grains longues, rondes ou hélicoïdal
05	Récupération des grains cassés	Table Densimétrique	Densité	Impuretés plus légers
06	Séparation de l'ergot	Toboggan	Masse	Ergot

(ABECASSIS A, 1991)

### 1-3-Le nettoyage :

**Définition** : le nettoyage constitue une opération primordiale en semoulerie qui doit être réalisé avec efficacité et donc nécessite la mise en œuvre d'un nombre de machines, très performantes, nettement plus important qu'en minoterie.

Rappelons les principaux objectifs du nettoyage sont :

- Enlever les grains noirs et colorés pour limiter le nombre de piqures au minimum ;
- Enlever toutes les pierres de manière à éviter la présence de débris minéraux dans les semoules ;
- Éliminer les grains toxiques et nuisibles ;
- Réduire le nombre de contaminants microbiens ;
- Éliminer, enfin tout produits autre que les grains

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, ces opérations sont

complétées par une action mécanique de brossage des grains visant à détacher les poussières y adhérant, enfin à chacune des opérations ci-dessus est associée à une puissante aspiration ayant pour but d'éliminer les poussières et tout autres produits légers. (GODON et WILLM, 1998).

### **1-3-1-Les opérations de nettoyage sont :**

#### **A-Triage :**

Les installations de triage s'utilisent pour la séparation et le calibrage suivant la longueur de n'importe quels produits granulaires (tels que l'orge, maïs, riz, matières plastiques granulaires, etc.....) c'est-à-dire de quels produits ayant presque la même épaisseur et largeur, mais différent entre eux par la longueur.

Selon le fonctionnement du trieur, il existe deux types de trieur

- Trieur à grains ronds (TGR)** : pour la séparation des grains ronds ainsi que des grains cassés (Ex : Maïs)
- Trieur à grains longs (TGL)** : pour la séparation des grains ronds ainsi que des grains longs (Ex : l'avoine, Orge) (BUHLER, 2001).



**Figure n°7** : Trieur

#### **B-Le brossage :**

L'utilisation des brosses (souvent accompagnées d'un tarare) à blé permet d'enlever les particules de poussières qui se maintiennent à l'intérieur du sillon de la graine. (BUHLER, 2001).

**Remarque** : Le nettoyage souvent complété par le lavage qui vise à enlever la poussière et les impuretés légères par l'eau de surface et les pierres du sable par précipitation.

Mais cette opération a été abandonnée en raison des inconvénients :

- Risque de développement des moisissures (dans les pays humides)
- Consommation importante en eau
- Nécessite le séchage de blé en cas où l'humidité dépasse 17% (KAREL K., et al 2000)

Principales machines utilisées pour le nettoyage de blé :

Pour le 1<sup>er</sup> nettoyage :

**A-Séparateur** :(séparation par tamisage)

Le séparateur libère le grain de grosses impuretés telles que gros grains, cordes, paille, bois, pierres et des mottes de terre, et des impuretés fines comme du sable ou de grains cassés.

Ainsi le canal d'aspiration ou aspirateur de recyclage d'air, est utilisé pour éliminer les particules de faible densité comme la poussière, la coque des fragments ou des enveloppes, optimisant ainsi l'effet de nettoyage. (BUHLER, 2001)

**B-Épierreur :** l'épierreur est utilisé pour l'élimination continue des pierres contenant dans le blé, ainsi les impuretés lourdes telles que métaux, verre, etc.... (BUHLER, 2001)



Figure n°8 : Épierreur



Déchet

**C-Canal d'aspiration (Tarare) :** le canal d'aspiration permet l'élimination de poussière et des impuretés légères.

Cette machine a pour rôle la séparation des céréales des corps étrangers tel que les grains vides, maigres, particules d'enveloppes, paille. (BUHLER, 2001)

**D-Toboggan :**

Ce type de trieur est utilisé pour la séparation des grains cassés, des petits blés, des mauvaises herbes (nielles, vesces) (BUHLER, 2001)



Figure n°9 : Toboggan

**E-Concentrateur :**

Pour le classement de céréales en deux fractions en utilisant les différences de poids spécifiques : produits lourds et produits mixtes en compléments le combinateur élimine les pierres. (BUHLER, 2001)



**Figure n°10 : Concentrateur**

### **1-3-2-Préparation du blé à la mouture :**

Appelée aussi conditionnement, vise à modifier l'état physique des grains de manière à permettre la meilleure séparation possible au cours de la mouture entre l'albumen amylicé d'une part, les enveloppes, la couche à aleurone et le germe d'autre part.(ABECASSIS A., 1991)

### **1-3-3- Présentation du conditionnement :**

Le procédé de mouture repose dans son principe sur l'existence de différences d'élasticité et de friabilité entre les parties périphériques du grain et amande, au cours du broyage, les enveloppes plus élastiques sont réduites en particules de taille supérieure à celles de l'amande et pourront ainsi être éliminées par tamisage, la préparation va donc avoir pour but d'accroître ces différences en rendent les enveloppes plus tendances alors que l'amande deviendra plus friable.

#### **A- Les deux opérations du conditionnement :**

- 1- Mouillage et absorption d'eau par les grains
- 2- Distribution de l'eau absorbée à l'intérieur des grains pendant la période de repos

Pour la préparation des blés durs, trois grands facteurs sont à considérer :

- L'épaisseur des enveloppes, plus faible que celle du blé tendre, rend celles-ci plus faibles, il convient de bien les humidifier pour augmenter leur résistance au broyage.
- L'humidité initiale des blés durs est souvent très faible, l'eau doit être ajoutée en plusieurs étapes même si on utilise un mouilleur intensif.
- Les semoules produites doivent avoir une granulométrie aussi régulière que possible, un aspect brillant et des angles vifs, pour éviter la production indésirable, au moins sur le plan réglementaire, du produit fins, il est nécessaire que la vitrosité de l'amande soit prélevée, pour cela les temps de repos sont raccourcis.

#### **B- Les objectifs du conditionnement :**

Les objectifs du conditionnement sont les suivant :

- Facilité de la séparation entre le son et l'amande (le son est l'addition des couches externes et l'assise protéique).
- Obtenir avant broyage un son souple, afin de la rendre plus résistant lors du broyage pour qu'il y ait le moins possible de poudre de son se retrouvant dans la semoule
- Favoriser l'ahurissement de l'amande, c'est-à-dire la rendre plus friable, afin de faciliter la réduction au niveau de la mouture.

- Conférer au blé et aux produits de mouture des teneurs en eau idéales pour l'ensemble de la transformation et surtout pour le blutage.
- Cependant, tenir compte de la législation en vigueur et d'une façon générale satisfaisante à la conservation des produits finis (semoule 14,5%), en final, le son peut être plus humide que l'amande.
- Améliorer si possible la valeur semoulière et éviter à tout prix de la compromettre. **(MIAG, 1970)**

**C-Règles générales appliquées lors du conditionnement :**

- Réduire au minimum les fluctuations de l'humidité au niveau du premier broyeur (B1), pour cela l'intégration de l'automatisation et de la régulation est plus que souhaitable à ce niveau de procédé.
- Éliminer les petits blés et grains cassés avant mouillage s'ils sont quantitativement trop importants, quitte à les incorporer après mouillage.
- Ne pas ajouter plus de 2% d'eau en une fois sauf agrégat (mouilleur) spécifique pouvant réaliser ce procédé.
- Attendre 6 à 8 heures avant un second mouillage
- Régulariser le temps de repos :
  - 1<sup>er</sup> repos 8 à 12 heures (R1)
  - 2<sup>ème</sup> repos 4 à 8 heures (B1)
- Éviter les effets de renversement.
- Vider les cellules dans l'ordre du remplissage. **(KAREL K. et al., 2000)**

**Remarque :**

La quantité d'eau mise est déterminée par la formule suivante

$$X = p \frac{(H_2 - H_1)}{(100 - H_2)}$$

Formule dans laquelle :

X : quantité d'eau cherchée l/h

P : poids du blé à conditionner Kg/h

H<sub>1</sub> : humidité initiale de blé avant conditionnement.

H<sub>2</sub> : humidité initiale de blé après conditionnement. **(ANONYME, 2006)**



**Figure n°11 : Mouilleur à tourbillon**

### **D-Le temps de repos :**

C'est le temps nécessaire pour la distribution de l'eau à l'intérieur du grain vu que pendant l'humidification de blé, une partie de l'eau incorporée est immédiatement absorbée par le grain. Pour que l'eau passe à travers les enveloppes et le germe afin qu'il atteigne le cœur de l'amande, le plus longtemps possible. Le temps de repos varie en fonction de :

- La variété du blé.
- La vitrosité.
- Le degré de siccité.
- L'humidité finale désirée pour la semoule. (ANONYME, 2008)

### **1-4- Le 2<sup>ème</sup> nettoyage : avant broyage :**

Avant conditionnement le blé (B1) subit un 2<sup>ème</sup> nettoyage pour éliminer les chutes qui restent dans le 1<sup>er</sup> nettoyage, pour cela en utilise comme machines :

A/ Canal d'aspiration : élimination de la poussière ;

B/ Épierrage : élimination des pierres ;

C/ Passage à l'aimant : élimination des particules métalliques ;

D/ Pesage : intervient grâce à une bascule automatique, qui donne le poids du blé propre avant sa mise en mouture. (BUHLER, 2001)

### **1-5-La mouture :**

La mouture, opération centrale de la transformation des blés en semoules, repose sur la mise en œuvre de deux opérations unitaires :

Une opération de fragmentation dissociation des grains et une opération de séparation des constituants.

- La première permet de dissocier l'amande et les enveloppes (Broyage), de fractionner les semoules vêtues (Désagrégeage) et de réduire l'amande en farine (Convertissage).
- La semoule assure la séparation des sons et des enveloppes sur la base de leur granulométrie (division par plansichter) et leurs propriétés aérodynamiques (épuration des semoules par sassage). (FEILLET., 2000). (figure n°18)

### **1-5-1-Les opérations de la mouture sont :**

#### **A-Fragmentation :**

##### **A-1-Broyage**

Séparation de l'amande et des enveloppes le broyage constitue

Une des étapes déterminantes de la mouture du blé dur, comme dans le cas du blé dur il a pour fonction de séparer avec une production minimale de produits finis.

Le broyage devra être conduit de manière plus progressive qu'en blé dur, le nombre de passage doit être augmenté d'une ou deux unités en pratique.

Le premier passage de broyage a pour objectif d'ouvrir le grain et de développer la plus grande surface possible d'enveloppe de manière à faciliter le travail des broyeurs suivants.

À partir du B2 l'attaque est plus soutenue, les refus sont parfois divisés en gros et fins.

Cette division offre l'avantage d'adapter les cannelures et le réglage des machines de produit à traiter. (BUHLER, 2001)



**Figure n°12 : Broyeur**

#### **A-2-Réduction :**

Les grosses semoules ( $> 500\mu\text{m}$ ) provenant de la tête de broyage présente une quantité très importante égale à environ de 50% de la masse de blé départe. Les cylindres réducteurs reçoivent les semoules relativement propres, et ont pour rôle de les réduire en taille, tout en nettoyant leur surface des particules éventuelles d'enveloppes. Ces traitements varient en fonction des caractéristiques des produits qui devront posséder les produits finis. (BUHLER, 2001)



**Figure n°13 : Chaîne de broyeurs « la réduction »**

#### **B-Séparation :**

##### **B-1-Blutage ou tamisage :**

Cette opération s'effectue après chaque passage dans un appareil à cylindre (broyeur et convertisseur). Elle permet le classement des produits en différentes tailles. Le passage des éléments à travers le tamis et ce qui reste sur le tamis c'est le refus. En meunerie moderne, la machine utilisée est le plansichter. (OCRIM SPA, 2000)



**Figure n°14 : Plansichter**

### **B-2-Sassage :( épuration des semoules)**

**WILLM (1991)**, estime que le sassage est une opération déterminante dans une semoulerie, car c'est à son niveau que l'on récupère le produit fini.

Les sasseurs sont alimentés par les semoules qui proviennent des plansichters et ils assurent un classement aérodynamiques (selon la densité et la forme), ayant pour but de séparer à partir du mélange hétérogène de semoules bises.

Les semoules pures (amandes) qui constituent le produit fini, des semoules vêtues (amande à laquelle reste adhérent un fragment de son) et des refus, ceux-ci devront subir un traitement ultérieur sur les désagrégeurs avant d'être purifiés à nouveau.

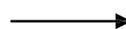
Le classement se fait d'une part par les tamis, mais en même temps sous l'effet d'un courant d'air injecté. Ce qui aide l'effet de sassage. Le terme technique est le sasseur.

Donc le sassage permet de purifier les semoules issues des différents passages, et il existe trois types de sasseurs :

- Sasseur à grosse semoule ;
- Sasseur à moyenne semoule ;
- Sasseur à fine semoule. **(BUHLER, 2001)**.



**Figure n° 15 : Chaîne de Sasseur**



**Semoule 100% Blé dur**

□ **Désagrègation : (traitement des semoules vêtues)**

Cette opération permet d'enlever les fragments d'enveloppes adhérentes aux semoules vêtues, en les passant par des cylindres finement cannelés. Donc, elles consistent d'un léger grattage qui libère les semoules des fragments d'enveloppes. (OCRIM SPA, 2001)



**Figure n°16 : Convertisseur**

□ **Convertissage et claquage :**

Sont effectués dans des appareils à cylindre lisse respectivement des convertisseurs et des claumeurs. Ces deux opérations visent à réduire la granulométrie des semoules qui les alimentent et ne se différencient l'une de l'autre que par l'origine et la nature des produits traités, des convertisseurs reçoivent des semoules purifiées, les claumeurs reçoivent des semoules vêtues (amande + enveloppes). (FEILLET, 2000)

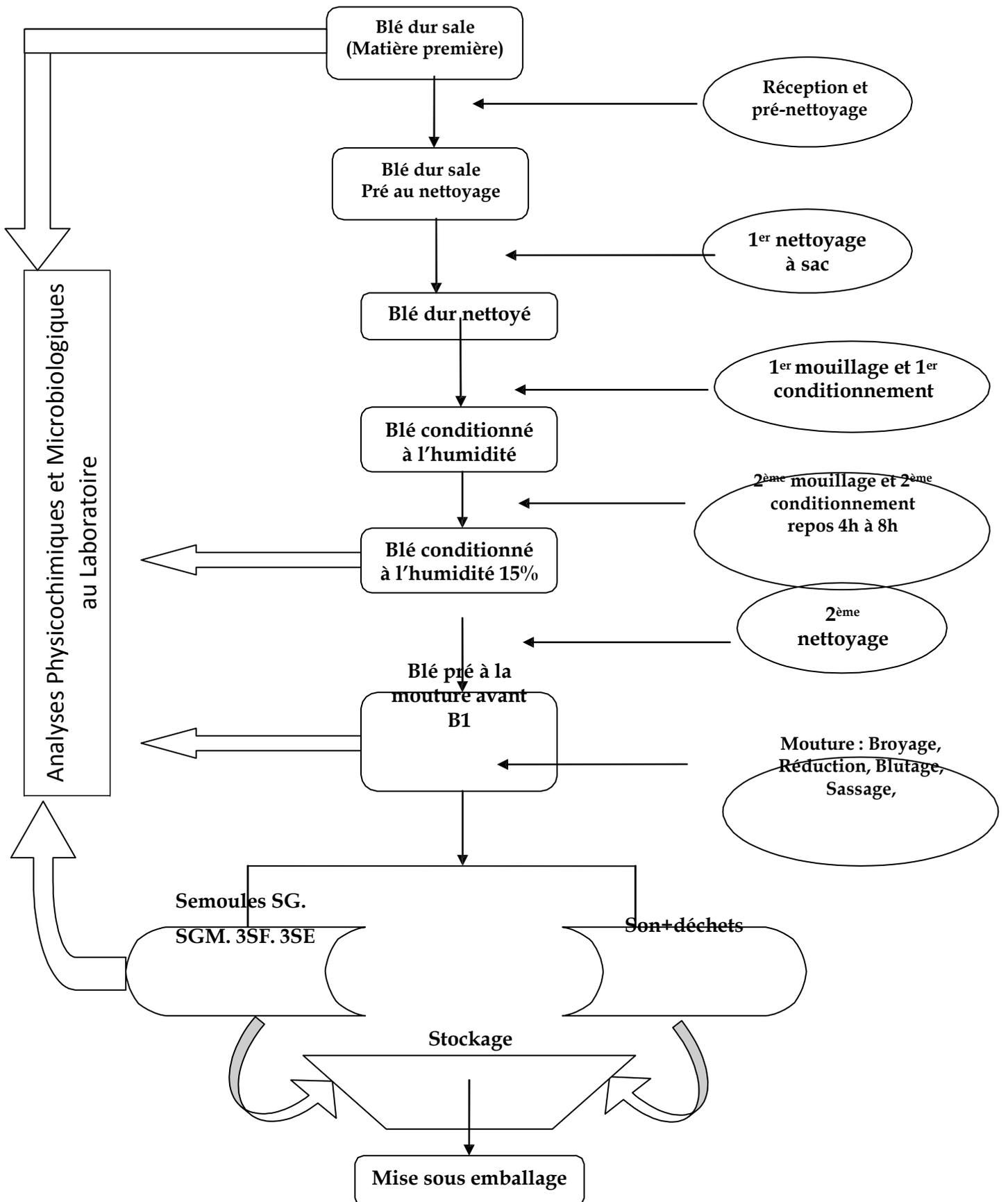
□ **Mise sous emballage du produit fini (stockage et l'ensachage) :**

Ils représentent l'étape finale du processus de fabrication. En effet, les semoules et les farines de blé dur sont mises dans des sacs en polypropylène ou en kraft. Ces derniers doivent être propres et fortement cousus ou scellés, et ils doivent préserver les qualités hygiéniques, nutritionnelles, technologiques et organoleptiques du produit. (BOUDREAU et MENARD, 1992)



**Figure n° 17 : Mise sous emballage du produit fini**

On entend par là, la masse en sac du produit de la mouture qui est les semoules, cette dernière au fur et à mesure de son obtention au cours du processus de broyage, blutage, convertissage, est stockée dans les cellules du produit fini, puis dirigée vers des cellules tampons qui précèdent la station d'ensachage où s'effectue l'opération de mise en sac par pesage automatique et fermeture des sacs par des machines à coudre.



**Figure n°18 :** Cycle de la production de la semoulerie MOULA PÂTES

### **1-6- Procédé de la mouture d'orge:**

La mouture de l'orge est similaire à celle du blé tendre après décorticage, l'orge est introduit d'abord dans un broyeur à ouverture 9 (1,4 mm) puis un deuxième broyage à ouverture 5 (820 µm) en passant entre les deux par un tamisage à l'aide d'un tamis à calibre 14 pour récupérer les glumes. Le broyat fin obtenu passe dans le moulin d'essai pour l'obtention de la farine, du son et les remoulages (KOUIDRI, 1999).

### **2-La Semoules :**

#### **2-1- Définition:**

Le **codex Alimentarius, (2007)** définit la semoule de blé dur comme le produit obtenu à partir des grains de blé dur par procédés de mouture ou de broyage au cours des quels le son et le germe sont essentiellement éliminés.

#### **2-2- Classification des semoules**

Selon **BOUKHEMIA A., (2003)**, En Algérie, les semoules sont classées en fonction de leurs grosseurs :

- Semoules Grosses (SG) : La dimension des particules est comprise entre 900 et 1100 µm, destinées à des usages domestiques ;
- Semoules Moyennes (SGM) : Comprise entre 550 et 900 µm, destinées à la fabrication des galettes et du Couscous ;
- Semoules Sassées Super Extra (SSSE) : Comprise entre 190 et 550µm, destinées à la fabrication des pâtes alimentaires ;
- Semoules Sassées Super Fines (SSSF) : Comprise entre 140 et 190µm, proviennent des couches périphériques du grain.

Les technologies de la semoulerie sont proches de celles de la meunerie. Sept broyages sont nécessaires pour produire un effet plus progressif. On obtient 60 à 65% de semoules 12 à 15% de farine nommée gruaux durs. (VIERLING, 2008)

#### **2-3- Caractéristiques organoleptiques des semoules :**

##### **A-La couleur :**

Elle est le facteur le plus important parce qu'elle affecte l'aspect des pâtes alimentaires produites, elle est en généralement jaune ambrée, due à la présence des pigments caroténoïdes et xanthophylles dans la semoule.

La couleur joue un rôle très important comme un indicateur technologique qui permet de contrôler :

- Le nettoyage de la graine ;
- Le conditionnement et la mouture ;
- La teneur en impuretés et la présence d'enveloppe dans le produit fini ;
- L'aspect des semoules et des pâtes alimentaires par des piqures de coloration divers ;
- La teneur des semoules en pigments caroténoïdes est influencée par la variété des blés durs traités ;
- La teneur en lipoxygénase et la β-Carotène, qui provoquent l'oxydation des pigments en présence d'oxygène ;

- La dimension des particules de la semoule et la présence des piqures de son dans les semoules. (GODON,1998).

### **B-L'aspect:**

Consiste un des facteurs importants d'évaluation de la qualité des semoules, l'absence des piqures indique la bonne qualité des semoules. (GODON, 1991)

- Piqures brunes :

Elles témoignent d'une purification insuffisante des semoules au cours de la mouture de la présence de particule de son, d'autant plus visibles que le péricarpe des grains est foncé.(FEILLET, 2000).

- Les piqures noires :

Les piqures noires, elles s'expliquent par la présence de grains mouchetés ou par la contamination des lots par des blés ergots (ce qui est très rare) ou des grains étrangers fortement colorées. (FEILLET, 2000).

- Piqures blanches :

Elles proviennent d'un malaxage insuffisant des semoules, d'un mauvais fonctionnement du système de désaération ou la présence de grain mitadiné dans la cellule de mélange à la semoule

### **C- L'odeur:**

L'odeur doit être fraîche et se rapproche de celle du blé récolté, mais parfois les semoules présentent une odeur acide et un gout de rance, suite à l'altération et l'oxydation des lipides due à une conservation dans des mauvaises conditions (mauvaise conservation).(GODON, 1998)

### **D- La saveur :**

La saveur est une composante du sens du gout, elle peut être modifiée ou altérée par une mauvaise conservation. (GODON, 1991)

**Remarque :** parmi les caractéristiques physicochimiques et technologiques des semoules on cite :

### **Physicochimique : La granulométrie**

La granulométrie des semoules varie en fonction des marchés et des usages locaux. Dans les pays de Maghreb et du moyen orient on utilise surtout des grosses semoules pour la fabrication du couscous ou la consommation en l'état. Dans les pays Européens et d'Amérique du nord, où le développement de la semoulerie est lié à l'accroissement de la demande en pâtes alimentaires, on préférera utiliser des semoules moyenne ou fines (GODON et WILLM, 1998).

### **Technologique : L'élasticité**

Les semoules très pures, provenant du centre de l'albumen, possèdent de bonnes propriétés rhéologiques (en particulier d'élasticité) mais en tendance à se déliter si la cuisson se prolonge. Inversement, les produits les plus périphériques fournissent des produits finis qui manquent d'élasticité mais qui peuvent conserver un remarquable état de surface même après la cuisson.(ABECASSIS J., 1991).

## **2-4-Qualité de la semoule :**

Selon **MARICHE (2000)**, on définit la qualité de la semoule en fonction de la qualité du produit fini. Pour la fabrication du couscous, on recherche des semoules pures, de couleur ambrée avec une granulométrie homogène et une bonne teneur en gluten.

### **2-4-1-La valeur nutritionnelle :**

D'abord centrés sur les problèmes liés à la transformation du blé en semoule, ce sont les bases biochimiques de la qualité technologique des pâtes qui ont constitué les axes de recherches à la fin des années 60, quatre des composants biochimiques des blés peuvent être reliés directement à la qualité des pâtes :

**A-L'amidon** : Composant majoritaire (75%) aux propriétés rhéologiques particulières (solubilité, gonflement), qui conditionnent la qualité culinaire des pâtes et leur caractère collant.

**B- Les protéines** : En particulier les gliadines et les gluténines qui conditionnent la qualité culinaire des pâtes, en termes de viscosité et de fermeté : les gliadines hydratées confèrent-les portières élastiques.

Ces mêmes protéines conditionnent l'état plus ou moins collant des pâtes par la formation d'un réseau de gluten plus ou moins solide ou dense, capable d'emprisonner à la cuisson les grains d'amidon, qui peuvent ainsi gélatiniser et gonfler sans éclater.

**C- Les pigments caroténoïdes** : Responsable de la couleur jaune ambrée.

**D-Les enzymes** : On distingue :

Les lipoxygénases, responsables de la destruction des pigments caroténoïdes par oxydation au cours de la pastification.

Les peroxydases et les polyphénoloxydases, responsables du brunissement des pâtes au cours du malaxage.

Les amyloses, responsables de la synthèse des sucres réduits (maltose) susceptibles de développer sous certaines conditions une couleur rouge et un goût caramélisé par suite de réactions de Maillard. (**BOSSU, 2005**)

### **2-4-2-La valeur technologique :**

On regroupe sous le terme de « qualité » ; ou de « valeur industrielle »

Ou encore de « valeur technologiques ». L'ensemble des caractéristiques du blé dur dont dépendant :

**Valeur semoulières** : Le terme de valeur semoulière englobe la somme des qualités que présente un blé lors de sa mouture.

**Valeur pastière** : Le terme de valeur pastier se rapporte à l'appréciation des qualités des pâtes

obtenues avec la semoule du blé considéré.

### **2-4-3-La valeur semoulière :**

#### **A-Définition :**

La valeur semoulière se résume au rendement maximum en semoules, dans le respect d'objectifs qualitatifs, de contraintes réglementaires (types de semoules) et de coûts de production à partir d'un lot de blé nettoyé et humidité, pour une préparation choisie et un réglage de moulin défini.

**(ROMAIN et al, 2006)**

La valeur semoulière d'un blé dur correspond à la qualité de semoule d'une pureté déterminée que peut fabriquer un semoulier à partir des blés qui lui sont livrés. **(GODON et LOISEL, 1997).**

Selon **ABECASSIS J., (1991)**, la valeur semoulière du blé dur dépend en fait de trois groupes de facteurs :

- ✚ Facteurs liés aux conditions de culture et de récolte.
- ✚ Facteurs qui englobent des caractéristiques qui dépendent d'avantage de la nature du blé dur, exemples : la valeur albumen /enveloppes, la friabilité de l'albumen et la facilité de séparer l'albumen et les enveloppés
- ✚ Facteurs essentiellement réglementaires, il s'agit de la richesse en matières minérales

*Chapitre 3 :*  
*Technologie Couscoussière*  
*2<sup>ème</sup> Transformation*

## **Chapitre III : De la semoule au Couscous « 2<sup>ème</sup> transformation »**

### **1-Technologie Couscoussière :**

#### **1-1-Unpeud’histoire:**

Le couscous, originaire de l’Afrique du nord, est un plat typiquement berbère connu par l’appellation **SEKSOU** importé par **YORGURA JUCQUOI** dans les plus anciennes traces de fabrication (sorte de couscoussier) ont été trouvées dans le haut Atlas Marocain et en Kabylie, populaires dans des nombreux pays.

Le Couscous désigne les granules sphériques obtenues par agglomération de semoule de Blé dur celle-ci pouvant être fine, moyenne ou grosse. (**ANONYME, 2006**)

#### **1-2-Définition :**

Le couscous est un produit composé de semoule de Blé dur à laquelle est ajoutée pour l’agglomérer, de l’eau potable et soumis à des traitements physiques (malaxage et roulage) et à des traitements thermiques (pré-cuisson et séchage). Aucun autre ingrédient n’est ajouté sauf le sel, éventuellement présent dans l’eau d’hydratation utilisée pour l’agglomération de la semoule (**AFNOR, 1991**).

#### **1-3-Fabrication du Couscous :**

##### **1-3-1-Procédé de fabrication du Couscous Artisanal :**

Le processus de fabrication du Couscous Artisanal diffère d’une région à une autre, d’un foyer à un autre, voire même d’une personne à une autre. Cependant les principales étapes de fabrication sont les mêmes et qui sont les suivantes :

##### **Malaxage :**

La semoule est mise dans un plat en bois, en terre cuite ou en aluminium, humectée progressivement avec de l’eau. La quantité d’eau à ajouter est en fonction de l’humidité initiale de la semoule, de sa granulométrie et de la grosseur du Couscous désiré.

##### **Roulage :**

Le roulage est l’étape la plus importante pour la fabrication du Couscous dont dépendent les caractéristiques du produit fini. Après hydratation homogène, la semoule est roulée par un mouvement de va et vient de la paume des mains afin d’assurer un bon mélange et favoriser l’absorption de l’eau. On continue le roulage tout en ajoutant la semoule fine jusqu’à l’agglomération de la semoule, pour en faire des particules grosses homogènes et de formes régulières. (**DEBBOUZ et al, 1994**).

##### **Tamisage :**

C’est l’opération qui assure l’homogénéité du Couscous à travers deux tamis :

-Tamis à perforations étroites : vise à éliminer les fines particules de semoules qui ne sont pas encore agglomérées et qui vont être recyclées.

-Tamis à large perforations : pour l’élimination de gros grumeaux qui sont formés au moment de l’agglomération.

##### **Pré-cuisson :**

C’est un traitement hygrothermique obligatoire dont le but est de gélatiniser l’amidon et de créer au sein des particules du Couscous une porosité entraînant une augmentation du volume de la particule suite à une absorption d’eau plus rapide pendant la phase de réhydratation (**GUEZELANE, 1993**).

Selon **KHERRIF (1996)**, il consiste à mettre le Couscous dans un Couscoussier constitué de 2 parties : un récipient inférieur contenant de l'eau en ébullition surmonté par un autre récipient (Couscoussier dont l'épaisseur est de 13 Cm) percé par de nombreux trous pour faciliter le passage de la vapeur et dans lequel est mis le Couscous.

La durée de pré-cuisson est de 10 min.

#### **Séchage :**

Le séchage consiste à abaisser le taux d'humidité du Couscous 30% après sa cuisson jusqu'à 12 à 15% en fin de séchage de manière à stabiliser le produit et à lui assurer une meilleure conservation. Le couscous est étalé sur un linge propre, à la température ambiante et à l'abri des poussières pendant 2 à 3 jours. En générale, la durée de séchage est en fonction de la température ambiante et de l'humidité relative

### **1-3-2-Technologie du couscous industriel :**

Il y a 8 étapes dans la fabrication du Couscous :

- Extraction des semoules :** réception des semoules de Blé dur dans les silos (250 Tonnes par jours). Les différentes quantités de semoules permettent d'obtenir des différentes quantités de couscous.
- Mouillage du mélange :** la semoule est ensuite mouillée avec de l'eau, le savoir faire est essentiel à cette étape du procès et conditionne largement la qualité du couscous.
- Roulage :** la pâte grossièrement fragmentée passe par des rouleurs pour obtenir des grains de couscous formés de plusieurs graines de semoules agglomérées.
- Cuisson :** le couscous est alors cuit à la vapeur sur un tapis en inox.les graines du couscous gardent leurs formes définitives sans désagréger.
- Séchage :** le séchage ramène l'humidité du couscous à 12,5% permettant ainsi une parfaite conservation.
- Refroidissement :** les refroidisseurs ramènent les graines à température ambiante.
- Calibrage :** le couscous passe alors à travers des tamis qui permettent de séparer les graines du produit semi fini.
- Stockage du produit semi fini :** stocké dans des silos et il sera ensuite conditionné pour être enfin destiné à la consommation sur le marché. **(DRUVEFORS,2004)**

### **1-4-La valeur couscoussière :**

Selon **BoUDREAU et MENARD (1992)**, la valeur couscoussière d'une semoule se caractérise par une teneur élevée en protéines (13.5% sur base humide) et son bon état de conservation par un taux d'acidité conforme aux normes internationales.

Les types de semoules destinées à la fabrication du couscous sont de granulométrie supérieure à celle des pâtes alimentaires.

### **1-5-Qualité du Couscous :**

La qualité du Couscous est une notion difficile à appréhender, elle regroupe :

Selon **NOUAIGUI et al (1990)**, un Couscous de bonne qualité doit avoir :

- Une charge microbienne très faible ;
- Des grains de couleur jaune dorée, de diamètre uniforme et contenant le moins possibles de débris de son ;

- Des grains qui conservent leur intégrité au cours de leur cuisson à la vapeur et au moment de leur mélange à la sauce ;
- Des grains à taux d'absorption en sauce élevé ;
- Des grains qui ne se collent pas entre eux.

### **1-6-Caractéristiques du Couscous :**

Selon **DEBBOUZ et DONNELLY., (1994)** les caractéristiques dépendent de trois groupes de facteurs :

- Le premier groupe est constitué des caractéristiques des matières premières, qui influencent la qualité culinaire du couscous c'est-à-dire la nature des semoules, les variétés des blés durs utilisées et les conditions de fabrication.

Selon **LIU et al.,(1996)**, une semoule de blé dur destinée à la fabrication du Couscous doit posséder un ensemble de qualité physiques (granulométrie), chimiques (amidon, protéines et lipides) et plastiques (élasticité et extensibilité) harmonieusement combinées

- Le second de facteur regroupant l'ensemble des conditions de fabrication qui agissent d'une façon primordiale sur la qualité du couscous.

Selon **GUEZELANE (1993)**, le taux d'hydratation des semoules et la durée du malaxage exercent un effet plus ou moins favorable sur la qualité culinaire et sur la qualité du couscous à l'état sec, leur augmentation entraîne un accroissement du rendement de l'opération du roulage pour les fractions moyennes et grosses et ont tendance à augmenter le collant du couscous, cependant l'accroissement du taux d'hydratation a une tendance à brunir le produit tandis que l'augmentation de la durée de malaxage entraîne une élévation de son gonflement .

Il montre aussi que l'effet du traitement hydrothermique sur l'aspect sec du couscous se traduit par une augmentation de la granulométrie médiane, et une amélioration de la couleur par l'augmentation de l'indice de jaune.

Le gonflement dans l'eau et la prise en masse, se comporte de manière différente, tandis que le maximum de gonflement dans l'eau et les valeurs minimales du collant, sont obtenus à 8 min du traitement, l'augmentation de la durée du traitement accroît le second sans modifier le premier.

- Le troisième de facteur qui peut influencer la qualité du produit fini ; c'est le taux d'extraction et de la granulométrie de la semoule.

Les travaux de **BENDJOUDDIUADA et TIGROUDJA (1999)** et de **DJEMA (2000)**, montrent que la granulométrie de la semoule exerce un effet notable sur les caractéristiques physicochimiques et technologiques de celle-ci et sur la qualité technologique du couscous et elle diminue la teneur en protéines et la teneur en protéines et la teneur en cendres.

*Partie*  
*Expérimentale*

*Chapitre 1 :*  
*Matériel et Méthodes*

## **Chapitre I : Matériel et méthodes**

### **1- Objectif du travail :**

L'objectif de ce travail a porté sur l'influence du mélange des semoules de Blé dur et de l'Orge sur la qualité technologique, physicochimique et organoleptique du couscous.

L'étude a été proposée et effectuée au niveau de la SARL MOULA PÂTES à Blida.

Le laboratoire de l'unité a servi pour la réalisation des analyses physicochimiques (teneur en eau et teneur en cendres) sur les matières premières (semoule de Blé dur et semoule d'Orge) ainsi que le produit fini « Couscous de Blé dur, Couscous a base du mélange des semoules de Blé dur et d'Orge ». Les autres analyses ont été externalisées :

-Le calibrage, la masse hectolitre, PMG, le taux de Gluten, le gonflement à chaud et à froid, la délitescence, test de cuisson ainsi que la prise en masse du Couscous ont été réalisés au niveau de l'Unité SOPI Couscous MAMA.

-L'acidité grasse au niveau du Laboratoire de contrôle de la qualité de KOLEA.

-La cellulose brute ainsi que la teneur en protéines ont été effectuées au niveau de Laboratoire de Zootechnie du Département d'Agronomie de l'université de Blida.

-Les analyses microbiologiques ont été faites au Laboratoire d'hygiène de Blida

### **2- Matériel Biologique :**

L'étude a été réalisée à partir d'une quantité de 50 kg de grains d'orge de consommation importé de l'USA fourni par l'OAIC (l'Office Algérien Interprofessionnel des Céréales), ces grains ont été choisis compte tenu de leurs caractéristiques agronomiques et technologiques.

Et une semoule moyenne de 100% de blé dur fourni par l'unité de MOULA PÂTES afin d'obtenir une granulométrie fine et uniforme, voisine de celle de la farine de blé nous avons réalisé un blutage manuel, les taux d'extraction sont respectivement : 61% pour la farine d'orge et 75% Blé dur.

### **3- Mélange des semoules :**

**3-1- Semouled'orge :** La semoule d'orge est obtenue suite aux opérations unitaires cités ci-dessous :

#### **A- Mouture d'orge par fragmentation sur meule :**

La paire de meule est composée de deux parties superposées, la partie supérieure mobile (meule tournante) et la partie inférieure fixe (meule gisante). Le grain d'orge nettoyé, humidifié et séché arrive au centre de la meule tournante et est écrasé jusqu'à la périphérie où il est évacué ; la meule produit un travail d'écrasement et d'usure.

#### **B- Tamisage de la semoule :**

Le produit issu de la mouture par fragmentation sur meule doit passer par un tamisage pour séparer les différents types de semoules selon leurs granulométries en utilisant des tamis placés sur un

appareil qui exerce des mouvements circulaires vibratoires uniformes dont les ouvertures des mailles sont respectivement les suivantes (du haut vers le bas) :

710  $\mu\text{m}$  pour la semoule grosse, 450  $\mu\text{m}$  pour la semoule moyenne et 180 $\mu\text{m}$  pour la semoule fine.

### **C- Pesée et préparation du Couscous :**

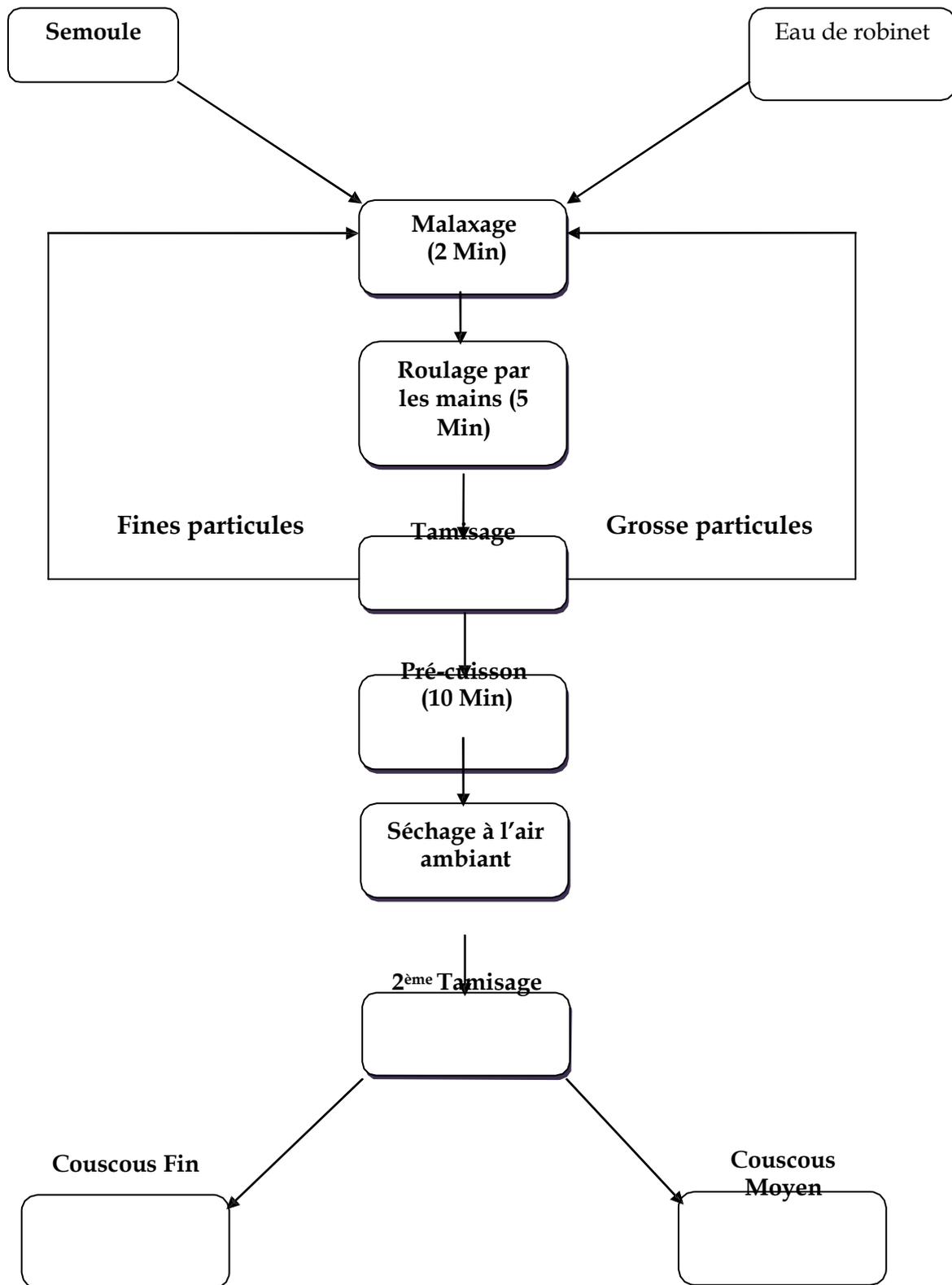
Les semoules d'orge moyenne et fines obtenues du tamisage sont mélangées afin d'être utilisées pour la préparation du couscous à base du mélange (blé dur-orge). Trois catégories de couscous ont été élaborés avec les pourcentages suivants :

- 20% de semoule d'orge - 80% de semoule de blé dur  
(600g semoule d'orge/2400g semoule de Blé dur)
- 50%semoule d'orge - 50% semoule de blé dur  
(1500g de chaque semoule)
- 80% semoule d'orge - 20% semoule de blé dur  
(2400g semoule d'orge/600g semoule Blé dur)

Les semoules des trois catégories de couscous sont bien mélangées avant de subir les étapes de fabrication du couscous artisanal à savoir :

Malaxage, roulage, tamisage, pré-cuisson et séchage. Figure n°19

Il en est de même pour le couscous à 100% de semoule de blé dur qui va nous servir d'échantillon témoin pour la comparaison avec les trois autres Couscous élaborés.



**Figure n°19 : Procédé de fabrication du Couscous Artisanal (Original)**

#### **4- Analyses physicochimiques**

##### **4-1-Analyses des Grains (Blé dur, Orge)**

- Masse à hectolitre** : Selon la norme (NA.1.1.61/1986)

La masse à hectolitre correspond à la masse des grains de blé dur contenus dans un hectolitre rempli de grains, d'impureté et d'air industriel.

C'est une mesure ancienne qui date de l'époque où l'on mesurait la qualité des grains au volume appelé aussi poids spécifique, elle représente un intérêt commercial.

##### **Principe :**

Le poids à hectolitre, est la mesure d'un hectolitre de grains exprimée en kilogrammes.

C'est une mesure influencée par plusieurs paramètres :

- La teneur en eau des graines ;
- La nature et la qualité des impuretés.

##### **Mode opératoire :**

Dans la pratique, la masse à hectolitre est la masse de grains mesurés en Kg, elle est calculée à partir de la masse d'un litre (Nélima-litre) pour le blé tendre et dur sur un échantillon débarrassé manuellement de grosses impuretés.

- Poids de Mille grains (PMG)** : Selon la norme (NA.731/1989)

C'est un critère variétal qui dépend des conditions de culture. Le PMG est la détermination en gramme de la masse de 1000 grains entiers. L'analyse est réalisée grâce à un appareil automatique « NUMIGRAL ».

Les résultats sont exprimés en poids de grains sec (g) :

$$\text{PMG} = \text{M} \times \frac{100 - \text{H}}{100}$$

**M** : La masse de 100 grains.

**H** : L'humidité de grain.

- Teneur en eau** : Selon la norme (AFNOR V03-707)

##### **Principe :**

La teneur en eau est déterminée par la perte en masse après séchage de 5g de produit (semoule, grains entiers et produits dérivés moulus) dans une étuve à 130°C pendant 20 minutes. La perte de masse observée représente la quantité d'eau initialement présente dans le produit.

##### **Mode opératoire :**

- Sécher les capsules avec leurs couvercles à l'étuve pendant 15 minutes à 130°C, puis laisser refroidir dans un dessiccateur jusqu'à la température ambiante ;
- Peser 5g de l'échantillon 1 mg près, adapter rapidement le couvercle ;
- Introduire la capsule découverte contenant la prise d'essai et son couvercle dans l'étuve et le laisser séjourner pendant 2 heures ;
- Introduire la capsule découverte contenant la prise d'essai dans l'étuve et laisser séjourner 2 heures ;

- Retirer rapidement la capsule de l'étuve, et pesée la capsule à 1 mg près.

La teneur en eau est exprimée en % :

$$H = \left( \frac{M_1 - M_2}{\square\square\square\square} \times \frac{100}{M_0} \right)$$

H : L'humidité

M0 : La masse en gramme de la prise d'essai (5g)

M1 : La masse en gramme de la capsule+ la prise d'essai avant séchage.

M2 : La masse en gramme de la capsule+ la prise d'essai après séchage.

□ **Taux de cendres** : Selon la norme (NA.732/1991)

**Principe :**

La détermination de la teneur en cendres s'effectue par incinération d'une prise d'essai dans une atmosphère oxydante, à une température de 900°C jusqu'à combustion complète de la matière organique et par pesée du résidu.

**Mode opératoire :**

- Chauffer les nacelles dans un four réglé à 900°C pendant 15 min ; ensuite les laisser refroidir dans un dessiccateur, puis les peser ;
- Peser 5g de l'échantillon dans chaque nacelle tarée ;
- La porte du four étant ouverte, placer les nacelles à l'entrée du four réglé à 900°C jusqu'à ce que la matière s'enflamme ;
- Aussitôt que la flamme est éteinte, placer les nacelles dans le four pour suivre l'incinération durant 2h jusqu'à disparition des particules charbonneuses qui peuvent être incluse et obtention d'une couleur grise claire ou blanchâtre ; retirer les nacelles du four et les laisser refroidir dans un dessiccateur puis les peser rapidement.

Le taux de cendre est exprimé en % de matière sèche :

$$Tc = \left( \frac{M_2 - M_0}{\square\square\square\square} \times 100 \times \frac{100}{\square\square\square\square} \right) \times \frac{100}{100 - H}$$

Tc : Taux de cendre.

M0 : La masse en gramme de la nacelle vide.

M1 : La masse en gramme de la nacelle+ la prise d'essai (avant incinération).

H : La teneur en eau exprimée en % en masse de l'échantillon.

**Protéines totales** : Selon la norme (NA.1185/1990)

L'azote total est dosé selon la méthode de KJELDAHL, appliquée aux céréales et normalisée en Algérie sous la référence NA 1185/1990 en concordance technique avec la norme française NF VO 3-050/ Septembre 1970.

### **Principe :**

Le principe de la méthode de KJELDAHL est basée sur la minéralisation de l'échantillon par voie humide en utilisant l'acide sulfurique (0,1N) en présence de catalyseur approprié qui facilite et accélère la réaction.

### **Mode Opérateur :**

#### **Minéralisation :**

Opérer sur un échantillon de 0,5 à 2g (selon l'importance de l'azote dans l'échantillon), l'introduire dans un matras de 250 ml, ajouter 2g de catalyseur (composé de 250g de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 250g de CuSO<sub>4</sub> et 5g de Se) et 20 ml d'acide sulfurique concentré (densité = 1,84).

Porter le matras sur le support d'attaque et chauffer jusqu'à l'obtention d'une coloration verte stable. Laisser refroidir, puis ajouter peu à peu avec précaution 200 ml d'eau distillée en agitant et en refroidissant sous un courant d'eau.

#### **Distillation :**

Transvaser 10 à 50 ml du contenu du matras dans l'appareil distillateur (BUCHIR), rincer la burette graduée dans un bêcher destiné à recueillir le distillat, introduire 20 ml de l'indicateur composé de :

20g d'acide borique

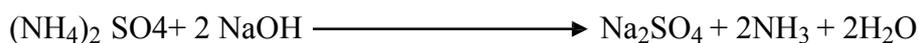
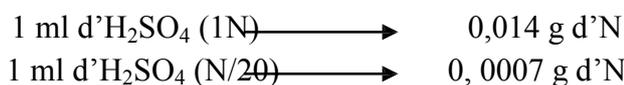
200 ml d'éthanol absolu

10 ml d'indicateur contenant :

- 2,5 ml de rouge de méthyle à 0,2% (0,2g dans 100 ml) dans l'alcool à 95° et (7,5 ml) de vert de Bromocrésol à 0,1% (0,1g dans 100 ml) dans l'alcool à 95°.

Verser lentement dans le matras de l'appareil distillateur, 50 ml de lessive de soude (d=1,33) (330 g de soude dans 1 litre d'eau distillée), mettre en marche l'appareil.

Laisser l'attaque se faire jusqu'à l'obtention d'un volume de distillat de 100 ml au moins, titrer en retour par de l'acide sulfurique N/20 (50 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1N+ 950 ml d'eau distillée) ou N/50 (20 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> n= 98 ml d'eau distillée) jusqu'à l'obtention à nouveau de la couleur initiale de l'indicateur



Après environs 4 minutes de distillation, on constate un virage de la couleur rouge au bleu.



$$N (g) = \beta \times 0,0007 \frac{Y}{A} \times \frac{A}{Y}$$

$\beta$  : descente de la burette (ml).

Y : poids de l'échantillon de départ.

A : volume de la prise d'essai.

N : Teneur en azote exprimée en g/100g

K : 5,7 facteur pour l'espèce végétal (Blé, Orge)

$$\text{Teneur en MAT (\%MS)} = N \text{ "g"} \times K$$

#### **4-2- Analyses des semoules (Semoule de blé dure et semoule d'orge):**

- Granulométrie (taux d'affleurement)** : Selon la norme (NF VO 36721/1994)

##### **Principe :**

La granulométrie des semoules est une sorte de classement dimensionnel des particules selon leurs tailles en utilisant un sasseur de type « BUHLER » avec des mobiles dont les ouvertures des mailles sont respectivement les suivantes (du haut vers le bas) :

900 $\mu$ m, 710 $\mu$ m, 630 $\mu$ m, 500 $\mu$ m, 450 $\mu$ m, 355 $\mu$ m, 250 $\mu$ m, <250 $\mu$ m.

Le calibrage des particules de semoules est très important afin d'obtenir une bonne hydratation car la capacité de cette dernière est fonction de la surface de contact des particules avec l'eau et l'homogénéité des particules. Les fines particules absorbent l'eau plus rapidement que les grosses particules.

##### **Mode opératoire :**

- Peser 100g d'échantillon à analyser (semoule de blé et d'orge)
- Déposer la prise d'essai sur le tamis supérieur.
- Placer sur un appareil qui exerce des mouvements circulaires vibratoires uniformes, dont la vitesse est de 60 Tr/min pendant 10 min.
- Peser le refus de chaque tamis.

- Teneur en eau :** La détermination de la teneur en eau est effectuée à partir de la méthode normalisée : (AFNOR V03-707) cité dans la page : 41
- Taux de cendres :** La détermination du taux de cendres est effectuée à partir de la méthode normalisée (NA.732/1991) citée dans la page : 42
- Protéines totales :** La détermination de la teneur en protéines totales est effectuée à partir de la méthode normalisée : (NA.1185/1990) citée dans la page : 43

- L'acidité grasse :** Selon la norme (NF.ISO.7305/1986)

### **Principe :**

La mesure de l'acidité grasse repose sur le dosage colorimétrique. Les acides gras libres sont mis en solution dans l'éthanol à 95%. Après centrifugation, le surnageant est titré par l'hydroxyde de sodium (0,05N).

### **Mode opératoire :**

- Broyer 5g de produit ;
- Déterminer la teneur en eau de l'échantillon ;
- Effectuer un essai à blanc par titrage de 20 ml d'alcool auquel on ajoute 5 gouttes de phénophtaléine, par le NaOH jusqu'au virage de la couleur du blanc au rose pâle.
- Introduire la prise d'essai dans un tube de 50 ml et lui ajouter 30 ml d'alcool éthylique à 95%.
- Agiter pendant une heure à l'aide d'un agitateur mécanique,
- Centrifuger le produit pendant 2 min à 5000-6000 tour/Min,
- Prélever 20 ml du surnageant limpide et ajouter 5 gouttes de phénophtaléine.
- Titrer à l'aide d'une micro burette avec la solution d'hydroxyde de sodium (0,05N), jusqu'au virage de la couleur au rose pâle.

L'acidité grasse est exprimée en gramme d'hydroxyde de sodium par 100g de MS :

$$\text{Acidité grasse} = 7,13 \times \frac{V_1 - V_2 \times T}{M} \times \frac{100}{100 - H}$$

V<sub>1</sub> : Le volume en ml de la solution d'hydroxyde de sodium utilisée dans le titrage de l'échantillon.

V<sub>2</sub> : Le volume en ml de la solution d'hydroxyde de sodium utilisée dans l'essai à blanc.

T : Le titre exact de la solution d'hydroxyde de sodium utilisée.

m : La masse en gramme de la prise d'essai.

H : La teneur en eau.

7,13 : Le coefficient de conversion en acidité grasse.

- Détermination de la cellulose brute:** Selon la norme (NF V-03-040,1977) :

### **Principe :**

La teneur en cellulose brute est déterminée par la méthode de WEENDE (1953). Par convention, la teneur en cellulose brute est le résidu organique obtenu après deux hydrolyses successives, l'une en milieu acide et l'autre en milieu alcalin.

### **Mode opératoire :**

- Peser 2g d'échantillon,
- L'introduire dans un ballon de 500 ml muni d'un réfrigérant rodé sur le goulot,
- Ajouter 100 ml d'une solution aqueuse bouillante contenant 12.5g d'acide sulfurique pour 1 litre (6.8 ml d'H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> à compléter jusqu'à 1 litre avec de l'eau distillée).
- Chauffer pour obtenir une ébullition rapide et maintenir celle-ci pendant 30 mn exactement.
- Agiter régulièrement le ballon pendant l'hydrolyse, séparer le ballon du réfrigérant.

- Transvaser dans un ou plusieurs tubes de centrifugeuse en conservant la plus grande quantité possible de produit dans le ballon.
- Centrifuger jusqu'à clarification totale du liquide.
- Introduire le résidu dans le même ballon en le détachant du tube à centrifugé avec 100 ml de solution bouillante contenant 12.5 g de soude pour 1 litre.
- Faire bouillir durant 30 mn exactement, filtré sur creuset (de porosités 1 ou 2).
- Passer le creuset plus le résidu à l'étuve réglée à 105°C jusqu'à poids constant.
- Après refroidissement au dessiccateur,
- Peser puis incinérer dans le four à moufle à 400°C durant 5 heures.
- Refroidir au dessiccateur et peser à nouveau.

La différence de poids entre les deux pesées représente les matières cellulosiques, une grande partie de cellulose vraie, une partie de la lignine et des résidus d'hémicellulose.

$$\text{Teneur en CB en \% MS} = \frac{(A - B) \times 100}{C \times \text{MS}}$$

A : poids du creuset + résidu après dessiccation.

B : poids du creuset + résidu après incinération.

C : poids de l'échantillon de départ.

#### **4-3- Analyses du Couscous**

##### **Granulométrie :**

But de la granulométrie est de déterminer l'homogénéité du couscous ainsi que la taille des grains formés. Il faut ajouter que les tamis utilisés sont différents de celles des semoules et les ouvertures des mailles sont respectivement (de haut vers le bas) :

8000µm , 1600µm, 1400µm, 1250µm ,1000µm, 900µm, 710µm, 630µm, < 500µm.

##### **Mode opératoire :**

- Pesage de 100g d'échantillon à analyser ;
- Déposer la prise d'essai sur le tamis supérieur ;
- Placer sur un appareil qui exerce des mouvements circulaires vibratoires uniformes, dont la vitesse est de 60 Tr/min pendant 10 min.
- Peser le refus de chaque tamis.

**Teneur en eau :** La détermination de la teneur en eau est effectuée selon la méthode normalisée céréales et produits céréaliers : (NA.1132-1990) cité en page : 41

**Taux de cendres :** La détermination de la teneur en cendres est faite selon la méthode normalisée (NA.732-1991) cité en page : 42

- Teneur en protéines totales** : L'azote total est dosé selon la méthode de KJELDAHL, appliqué aux céréales et normalisé en Algérie sous la référence NA 1185-1990 en concordance technique avec la norme française NF VO 3-050- Septembre 1970 cité en page : 43
- Mesure de l'acidité grasse** : La détermination de l'acidité grasse est effectuée à partir de la méthode normalisée (NF.ISO.7305-1986). Cité en page : 45

## **5- Analyses technologiques**

### **5-1-Analyses des Semoules:**

- Taux de gluten** : Selon la norme (NA 735/1989)

Le gluten est un complexe glyco-lipoprotéique formé par l'association des gliadines et des gluténines au cours de pétrissage.

#### **Principe :**

Le dosage du gluten repose sur son insolubilité dans l'eau salée et sur sa propriété qu'il possède de s'agglomérer lorsqu'on malaxe sous un courant d'eau qui élimine les autres constituants. La masse plastique est pesée à l'état humide puis après séchage.

#### **Mode opératoire :**

##### **Préparation de la pâte :**

- Peser 10g de semoule (semoule du Blé dur/ semoule d'Orge)
- Introduire la prise d'essai dans le mortier
- Ajouter 5 ml de solution de NaCl en agitant la semoule par la spatule et former une boule de pâte en prenant les pertes de la semoule.
- Rouler cette boule.
- Malaxer le pâton en le plaçant dans la paume de la main tout en versant au dessus des gouttes de la solution de NaCl, mais rapidement jusqu'à ce que l'eau de lavage ne soit plus laiteuse mais à peine trouble.
- Ce lavage doit se faire au dessus du tamis recouvert de gaz destiné à retenir les fragments de gluten qui débit de la solution de chlorure de sodium de manière à obtenir un filet continu puis malaxer énergiquement.

##### **Essorage**

- Lorsque le rinçage est terminé, la plus grande partie de la solution de rinçage adhère à la boule de gluten, on prend celle-ci entre les doigts et en lui faisant subir 3 compressions de courte durée.
- Façonner la boule du gluten sous forme de lamelle et la placer dans une presse à gluten.
- Peser la masse du gluten humide : GH.
- Placer le gluten humide dans la plaque chauffante pour obtenir le gluten sec : GS
- Peser la masse du gluten sec.
- Le gluten Index a été calculé à l'aide du **Glutomatic 2200**.

Les résultats sont exprimés par les formules suivantes :

**Gluten humide (GH) :**

La teneur en gluten humide est exprimée en (%) de matières humides :

$$\text{GH (\%)} = \frac{\text{Quantité du gluten humide totale}}{\text{PE}} \times 100$$

**Gluten sec (GS) :**

La teneur en gluten sec est exprimée en (%) de matières sèches :

$$\text{GS (\%)} = \frac{\text{Quantité du gluten sec}}{100} \times \text{PE}$$

**Capacité d'hydratation:**

C'est la capacité du gluten à retenir l'eau, exprimée en (%) et donnée par la relation suivante :

$$\text{Le coefficient d'hydratation (\%)} = \frac{\text{GH} - \text{GS}}{100} \times \text{GH}$$

**5-2- Analyses du Couscous**

**Gonflement à chaud et à froid:** (GHEZLANE et ABECASSIS, 1991)

**Principe :**

Le principe de ce test est de déterminer le comportement du couscous lors de la réhydratation, car l'amidon pré gélatinisé (cuit puis séché) gonfle directement dans l'eau froide et retient bien l'eau.

**Mode opératoire :**

- Verser 20 g du couscous cru dans une éprouvette graduée ;
- Ajouter 50 ml d'eau distillée (eau froide à 25°C et chaude à 100°C)
- Agiter légèrement pour hydrater toutes les particules ;
- Ajouter à nouveau 50 ml d'eau faire descendre les particules collées sur la paroi de l'éprouvette ;
- Laisser au repos pendant 1 heure ;
- Noter les modifications du couscous après : 5 mn, 10 min, 20 min, 30 min, 40 min, 50 min, 60 min.

En effet, le gonflement (G) est déterminé par la relation suivante :

$$\text{G} = 100 \times \frac{\text{VF}}{\text{PE}}$$

VF : le volume final du couscous dans l'éprouvette ;

PE : la prise d'essai

- Délitescence** : (GUEZLANE et ABECASSIS,1991)

**Principe :**

La délitescence permet de déterminer l'état de désagrégation du couscous cru ou cuit ;

Elle est exprimée en pourcentage

**Mode opératoire :**

- Placer 10 g de couscous dans un bêcher ;
- Ajouter 50 ml d'eau distillée ;
- Agiter pendant 5 minutes ;
- Prélever une partie aliquote de la solution filtrée par un tamis fin (N10 Nylon) ;
- Sécher à l'étuve pendant 17h à 100°C ;
- Peser l'extrait sec obtenu qui représente la délitescence

Il faut noter que la délitescence est définie par la relation suivante :

**L'extrait sec obtenu**

$$\text{Délitescence (\%)} = \frac{\square\square\square\square\square\square\square\square\square}{\text{PE}} \times 100$$

**PE**

- Test de cuisson :**

Il consiste à déterminer le taux de prise en masse du couscous lors de la préparation par cuisson d'une quantité bien déterminée de couscous cru et suivre les modifications rapportées sur le poids après chaque étape de préparation :

- 1<sup>er</sup> mouillage : mouiller 100 g de couscous avec de l'eau puis faire égoutter tout de suite et laisser le pendant 10 minutes pour que les grains de couscous absorbent l'eau ajoutée,
- 1<sup>er</sup> évaporation : faire cuire le couscous à la vapeur pendant 15 minutes ;
- 2<sup>ème</sup> mouillage : arroser progressivement le couscous d'une certaine quantité d'eau ;
- 2<sup>ème</sup> évaporation : faire cuire une deuxième fois à la vapeur pendant 15 minutes ;
- On pèse le couscous après chaque étape de préparation.

**6- Analyses organoleptiques :**

La dégustation a été réalisée par un groupe de 20 personnes de différents sexes et âges. Les caractères organoleptiques ont été évalués séparément. Chaque dégustateur a donné son jugement séparément des autres et a porté son avis sur une fiche de dégustation (annexe°4). Seules les grandes classes sensorielles ont été définies : Aspect, couleur, odeur et gout.

## **7- Analyses Microbiologiques :**

Les analyses microbiologiques visent le contrôle des aliments du point de vue présence ou absence de microorganismes.

Elles se font par isolement de microorganisme du substrat solide et les mettre en suspension dans un diluant et les placer après au contact d'un milieu nutritif et dans les conditions favorables de développement (humidité et température).

Dans le cas des céréales, les microorganismes recherchés selon le journal officiel sont les *Moisissures* et le *Clostridium Sulfito-Réducteur*.

Dans les laboratoires du contrôle de qualité les analyses microbiologiques se réalisent en 3 étapes fondamentales.

- la préparation de la suspension mère ;
- la préparation de dilution ;
- la recherche et le dénombrement des germes.

### **A- Préparation des suspensions mères :**

Pour préparer une suspension mère, on procède comme suit :

- Dans un flacon d'eau physiologique TSE de 225 ml ;
- Introduire aseptiquement la quantité nécessaire (25g) du produit à analyser afin d'obtenir une solution mère de 1/10 ou  $10^{-1}$  ;
- Déposer dans une étuve à  $37^{\circ}\text{C}$  pendant 30 minutes.

### **B-Préparation des dilutions (Décimales):**

La technique de dilution s'effectue aseptiquement avec un maximum de précision.

La préparation des dilutions décimales est réalisée comme suit :

- Préparer deux (2) tubes (pour chaque échantillon) contenant 9 ml d'eau physiologique (TSE) ;
- Introduire à l'aide d'une éprouvette graduée stérile 1 ml de la solution mère dans le premier tube dont on obtiendra une dilution 2/10 ou  $10^{-2}$  ;
- Prélever 1 ml de la dilution  $10^{-2}$  et la porter dans le deuxième tube, on obtiendra une dilution de 3/10 ou  $10^{-3}$ .
- Préparer 4 tubes à essai vide stériles dont on introduit dans les deux (2) premiers tubes 1 ml de la dilution mère ou  $10^{-1}$  et dans les deux (2) autres la dilution  $10^{-2}$ .

## **7-1- Recherche et dénombrement des moisissures :**

Les moisissures sont des champignons filamenteux, aérobie, acidophile (pH=3 à 7) et mésophile, se développent sur les aliments à faible activité d'eau. (JO n° 35/1998).

### **Principe :**

Pour l'isolement des levures et moisissures, on utilise le milieu sélectif OGA (gélose glucosée additionnée d'un antibiotique sélectif « oxytétracycline »).

### **Mode opératoire :**

Préparation du milieu :

Fondre préalablement un flacon de gélose OGA dans un autoclave, puis le refroidir à 45°C et couler dans 3 boîtes de pétri et laisser solidifier sur paille.

Ensemencement :

La technique d'ensemencement en surface c'est-à-dire 4 gouttes de chaque dilution  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$  et  $10^{-3}$ , sont mises sur une surface solide OGA.

Étaler à l'aide d'un râteau en verre stérile pour chacune des boîtes.

Deux autres boîtes de pétri sont considérées comme témoin de OGA et de TSE (ensemencement en surface après avoir mis 4 gouttes de TSE).

Incubation :

Incubation des boîtes à 20-25°C pendant 5 jours.

Lecture :

Les colonies sont épaisses, pigmentées ou non parfois envahissantes.

Le comptage se fait sur les boîtes contenant entre 15 et 300 colonies et le nombre trouvé est multiplié par l'inverse de la dilution.

**7-2-Recherche des spores de *Clostridium Sulfito-Réducteur* :** Selon la norme (ISO 66 49)

Les *Clostridium* appartiennent à la famille Clostridiaceae, ce sont des Grams positifs, anaérobies strictes, groupés en chaînettes mobiles ou non (par ciliature péricritche), très résistants car sporulés.

Le *Clostridium Sulfito-Réducteur* est un bacille de longueur de 3 à 4 µm et d'une largeur de 1 µm, isolé ou en courtes chaînettes, immobile, capsulé, sporulé (spore de grande taille, ovale centrale ou subterminale), la culture se fait sur gélose au sang de mouton réalisé en anaérobiose.

On les appelle *Sulfito-Réducteur* car ils sont capables de réduire le sulfite en sulfure.

**Principe :**

Le *Clostridium Sulfito-Réducteur* est mis en évidence en utilisant la gélose viande foie (VF) auquel on ajoute le Sulfite de sodium (milieu sélectif de *Clostridium* qui réduisent le sulfite en sulfure) et Alun de fer qui permet la formation d'un complexe noir entre le fer et le sulfure réduit par le *Clostridium*.

**Mode opératoire :**

Préparation du milieu :

Fondre un flacon de gélose de VF, le refroidir dans un bain d'eau à 45°C et ajouter une ampoule d'Alun de fer et une ampoule de sulfite de sodium.

Mélanger soigneusement et aseptiquement.

Le milieu est ainsi prêt à l'emploi, mais il faut le maintenir dans une étuve à 45°C jusqu'au moment de l'utilisation.

Ensemencement :

Les tubes contenant les dilutions  $10^{-1}$  et  $10^{-2}$  seront soumis :

- D'abord à un chauffage à  $80^{\circ}\text{C}$  pendant 10 minutes ;
  - Puis à un refroidissement immédiat à l'eau de robinet, dans le but d'éliminer la forme végétative et garder uniquement la forme sporulée.
  - A partir de ces dilutions, porter aseptiquement 1 ml de chaque dilution en double dans deux tubes à vis stérile de 16 mm de diamètre, puis ajouter environ 15 ml de gélose VF prête à l'emploi dans chaque tube.
  - Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes.
- Incubation :
- Incuber le tube à  $37^{\circ}\text{C}$  pendant 16 à 24 heures ou au plus tard 48 heures.
- Lecture :
- La première lecture doit se faire impérativement à 16 heures car :
- D'une part les colonies de *Clostridium Sulfito-Réducteur* sont envahissantes auquel cas on se trouverait en face d'un tube complètement noir rendant alors l'interprétation difficile voire impossible et l'analyse est à refaire.
  - D'autre part il faut absolument repérer toute colonie noire ayant poussée en masse et d'un diamètre supérieur à 0,5 mm.

Dans le cas où il n'y a pas de colonies caractéristiques ré-incuber le tube et effectuer une deuxième lecture au bout de 24 heures voire 48 heures.

# *Chapitre 2 :* *Résultats et discussions*

## **1-Résultats des analyses**

Le mélange des semoules de Blé dur et de l'Orge utilisé pour la préparation du Couscous artisanal a permis d'obtenir trois types de Couscous, respectivement Couscous à 20, 50 et 80% de semoule d'Orge. Nous avons réalisé plusieurs analyses à ces 3 catégories du Couscous :

### **1-1- Analyses physicochimiques**

#### **1-1-1-Analyses des graines :**

##### **Masse à hectolitre : (Poids Spécifique)**

Les résultats du poids spécifiques sont représentés dans le tableau suivant :

**Tableau n°11 : PS de Blé dur et d'Orge**

	<b>Le poids spécifique</b>			Norme NA
	1er essai	2ème essai	Moyenne	
<b>Blé dur</b>	83,84	83,70	83,77	<input type="checkbox"/>
<b>Orge</b>	64,08	64,14	64,11	<input type="checkbox"/>

La masse hectolitre est appelée communément poids spécifique (PS) où l'on mesure la quantité des grains au volume. Elle présente un intérêt commercial ; elle est généralement prise en compte dans les contacts de transactions commerciaux.

Les résultats obtenus sont conformes aux normes préconisées, le poids spécifiques du Blé dur et d'Orge sont élevés soit respectivement (83,77 et 64,11) ce qui donnerait un rendement appréciable en semoule.

La norme Algérienne précise un poids spécifique supérieur ou égale à 78 Kg/hl pour le Blé dur et de 62 Kg/hl pour l'Orge.

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

Les résultats du poids de 1000 grains sont représentés dans le tableau si dessous :

**Tableau n°12 : PMG du Blé dur et d'Orge**

	<b>PMG (g)</b>			Normes NA
	1 <sup>er</sup> essai	2 <sup>ème</sup> essai	Moyenne	
<b>Blé dur</b>	39,68	39,86	39,77	45
<b>Orge</b>	43,56	43,76	43,66	40-50

Les résultats sont conformes aux normes, le PMG est de 39,77 pour les grains du Blé dur et de 43,66 pour les grains d'Orge. Considéré comme un facteur déterminant du rendement semoulier des grains, il est selon la norme Algérienne de 45g pour le Blé dur et entre 40-50g pour l'Orge. Nos valeurs sont assez élevées, qui nous permet de prédire que notre Blé dur et Orge possèdent de gros grains.

##### **Teneur en eau :**

La détermination de la teneur en eau des graines est une opération capitale car elle nous permet de déterminer la quantité d'eau à ajouter lors du conditionnement mais aussi de savoir si les graines peuvent être stockées sans risque d'altération par les moisissures.

Les résultats des grains utilisés dans notre étude sont regroupés dans le tableau suivant :

**Tableau n°13** : La teneur en eau du Blé dur et d'Orge

	<b>Humidité (%)</b>			Norme NA
	1 <sup>er</sup> essai	2 <sup>ème</sup> essai	Moyenne	
<b>Blé dur</b>	10,53	10,65	10,59	< 14
<b>Orge</b>	10,38	10,42	10,40	< 14

Nos résultats sont conformes aux normes, le taux d'humidité est de 10,59 pour le Blé dur et de 10,40 Pour l'Orge.

**GODON et WILLM (1998)**, définissent la teneur en eau comme étant la quantité en gramme d'eau rapportée à 100g de substances sèches (teneur en eau %/MS).

Elle nous permet donc de ramener tous nos résultats à la même échelle de grandeur, à savoir la matière sèche.

La teneur en eau de l'échantillon étudiée est conforme aux normes. Plus l'humidité est faible mieux est la conservation.

**Taux de cendres :**

La teneur et la composition des grains en matières minérales sont relativement fixes quelles que soient les conditions externes de cultures.

Les résultats du taux de cendre sont représentés dans le tableau ci dessous :

**Tableau n°14** : le taux de cendres des grains de Blé dur et d'Orge

	<b>Taux de cendres</b>			Normes JORA
	1 <sup>er</sup> essai	2 <sup>ème</sup> essai	Moyenne	
<b>Blé dur</b>	1,92	1,98	1,95	1,6 – 2,1
<b>Orge</b>	2,69	2,63	2,66	□

Les résultats obtenus semblent conformes aux normes. En effet le taux de cendres des grains de Blé dur est de 1,95% et de 2,66% pour l'orge

Selon **GODON et LOISEL, 1997** , Les matières minérales sont des constituants mineurs dans les grains et la semoule.

**Teneur en protéines totales**

La teneur en protéine est un critère important pour l'estimation de la qualité des graines et leur aptitude à donner des sous produits de qualité.

Les résultats de la teneur en protéines sont représentés dans le tableau qui soit :

**Tableau n°15** : La teneur en protéines totales des grains de Blé dur et d'Orge

	Teneur en protéines (g)	Normes NA
<b>Blé dur</b>	12,96	11,5 - 13,5
<b>Orge</b>	9,18	8 - 10

Du point de vue technologique, si la teneur en protéines des grains est supérieure à 12%MS pour le Blé dur, il est à retenir.

En se référant au classement établi par **WILLIAMS et al(1988)** qui fixent la valeur minimale pour la mise à l'intervention qui est de 11,5% pour les grains de Blé dur et de 11% pour les grains d'Orge et nos résultats obtenus, nous pouvons classer nos grains dans la catégorie des grains à teneur moyenne aux protéines (qui se rapproche significativement à la norme fixée)

La teneur en protéine joue un rôle important dans la qualité rhéologique des semoules parce que c'est à partir de cette fraction que se forme le gluten, donc plus la teneur en protéine des grains est importante, plus la qualité des semoules obtenues est meilleure.

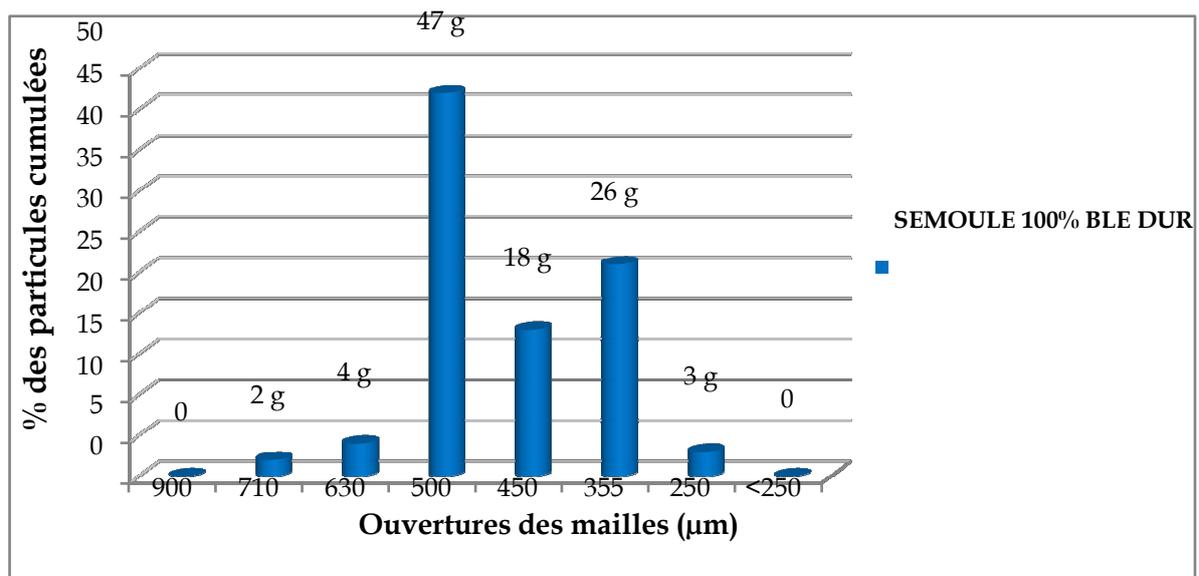
### 1-1-2- Analyses des semoules « Blé dur et de l'Orge » :

#### Granulométrie :

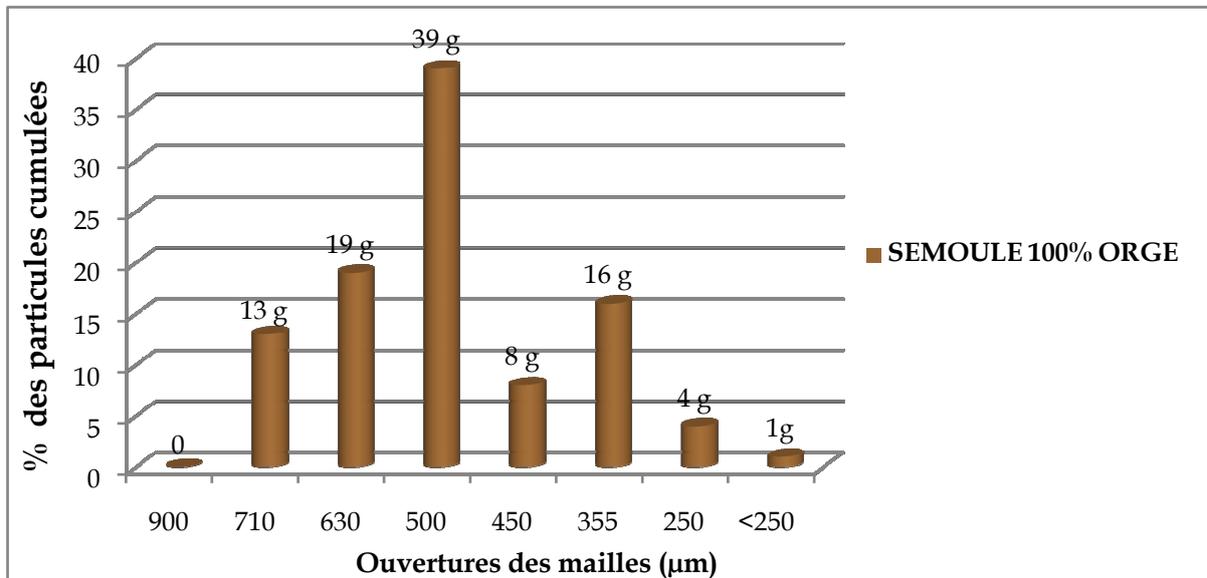
L'analyse granulométrique permet de caractériser la répartition en taille et en pourcentage des particules qui composent une Semoule, la détermination de la taille des particules est un critère déterminant de l'homogénéité des particules de semoule. La granulométrie peut influencer la vitesse d'hydratation de la Semoule.

Les semoules étudiées ont une granulométrie plus ou moins homogène qui se situe entre 500 $\mu$ m et 355 $\mu$ m, néanmoins pour la fabrication de Couscous il est nécessaire de maintenir un taux bas de semoule fine pour favoriser le roulage du Couscous.

Les résultats de la granulométrie des semoules sont représentés par les figures suivantes :



**Figure n°21 :** Granulométrie de semoule de Blé dur



**Figure n° 22 : Granulométrie de la semoule d'orge**

Durant l'étape du malaxage la semoule fine absorbe plus d'eau que la moyenne et grosse. Cette force d'absorption n'entraîne pas une augmentation de la production du Couscous, car la semoule fine durant l'hydratation forme un taux élevé de (boules) qui diminuent le rendement en Couscous. (ANONYME 2008 (a) )

**Teneur en eau :**

L'évaluation de la teneur en eau de semoules obtenues satisfait avant tout à une exigence de la réglementation qui fixe les valeurs maximales à 14,5 (JORA, 2007)

Les résultats de la teneur en eau des semoules sont représentés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau n°16 : la teneur en eau de la semoule de Blé dur et de l'orge**

	Humidité (%)			Norme NA
	1 <sup>er</sup> essai	2 <sup>ème</sup> essai	Moyenne	
<b>Semoule Blé dur</b>	13,80	13,82	13,81	<14,5
<b>Semoule Orge</b>	14,2	14,00	14,10	<14,5

D'après le tableau, la teneur en eau des échantillons des semoules étudiées est conforme aux normes ; assurant le bon conditionnement du produit fini. En règle générale, plus l'humidité est faible, meilleure est la conservation.

Par ailleurs, l'humidité de semoule d'Orge (14,10) est très élevée par rapport à celle de semoule de Blé dur (13,81) car les grains de Blé dur ont subi un mouillage intensif et automatique avec un temps de repos limite (12h maximum) par contre pour l'orge, le mouillage est manuel et traditionnel avec un temps de repos et de séchage déterminés après différents essai (8h de repos).

La préparation de l'orge à la mouture devra obéir à certaines normes en particulier la quantité d'eau ajoutée et le temps de repos.

**Taux de cendres :**

Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau ci dessous :

**Tableau n°17** : Le taux de cendres des deux types de semoules

	<b>Taux de cendres (%)</b>			Norme NA
	1 <sup>er</sup> essai	2 <sup>ème</sup> essai	Moyenne	
<b>Semoule Blé dur</b>	0,64	0,68	0,66	0,8 – 1,1
<b>Semoule d'Orge</b>	1,67	1,63	1,65	0,8 – 1,1

La matière minérale dans la semoule de Blé dur analysée est acceptable et conforme à la norme, elle est de l'ordre de 0,66%.

Le taux de cendres de la semoule d'orge est un peu élevé (1,65%) cela est du à la mouture brutale par fragmentation sur meules (artisanal) qui a engendré la brisure du son et favorisé par le taux d'humidité.

**Teneur en protéines totales :**

Une teneur en protéines élevée nous permet d'obtenir un Couscous de bonne qualité.

Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau n° 18** : Teneur en protéines totales des semoules.

	<b>Teneur en protéines totales (%MS)</b>	<b>Norme NF</b>
<b>Semoule de Blé dur</b>	11,03	9 - 15
<b>Semoule d'Orge</b>	11,95	

La teneur en protéines des échantillons analysés est conforme à la norme, elle est de 11,95 pour la semoule d'orge et de 11,03 pour la semoule du Blé dur.

Dans le cas de l'Orge, cette teneur est expliquée par la présence de résidus de l'enveloppe « son » dans la semoule issue de mouture par fragmentation sur meules.

**Mesuredel'aciditégrasse:**

L'acidité grasse est un indicateur de l'état de conservation des semoules et des pâtes alimentaires.

Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau n°19** : la teneur en acidité grasse des deux types de semoules.

	<b>Acidité grasse (g H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/100g MS)</b>	<b>Norme NA</b>
<b>Semoule de Blé dur</b>	0,025	< 0,08
<b>Semoule d'Orge</b>	0,083	

D'après le tableau ci-dessus, l'acidité grasse de la semoule de Blé dur est de 0,025g H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/100g MS, cela se traduit par les bonnes conditions de conservation. Alors que celle de la semoule d'Orge est légèrement supérieure à la norme et cela est du aux conditions de stockage qui est effectué à l'échelle domestique.

**Détermination de la cellulose brute :**

L'intérêt des céréales complètes est la conservation de l'enveloppe protectrice « Son » du grain, naturellement riche en cellulose.

Dans cette étude, on a utilisé une semoule de Blé dur pure «obtenu industriellement », et une semoule d'orge obtenue artisanalement « graine complète ».

Cette analyse permet de déterminer le taux de cellulose brute des semoules utilisées pour l'élaboration des différents Couscous.

Les résultats sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau n°20** : La détermination de la cellulose brute des deux semoules

	<b>Cellulose Brute %MS</b>	<b>Norme NF</b>
Semoule Blé dur	0,0093	0,1
Semoule Orge	4,29	4,6

L'analyse faite sur les deux types de semoules relève une teneur acceptable pour la semoule d'Orge de 4,29%MS et une teneur très faible pour la semoule du Blé dur de 0,0093% MS.

Ces valeurs corroborent à celles trouvées par **GODON et WILLM (1991)**.

La fraction indigestible ou cellulose brute que contiennent les céréales, notamment la semoule d'Orge, joue un rôle prépondérant dans la réduction de certaines pathologies digestives (Constipation, diverticulose) et de certains troubles métaboliques (Obésité, Diabète...).

### **1-1-3- Analyses des différents Couscous élaborés:**



**Couscous A « Témoin »**  
**« 100% Blé dur »**



**Couscous B**  
**« 80% Blé dur-20% Orge »**



**Couscous C**  
**« 50% Blé dur-50% Orge »**



**Couscous D**  
**« 20% Blé dur-80% Orge »**

**Figure n°23 : les Différents Couscous élaborés**

□ **Granulométrie :**

La taille des particules est un critère déterminant de l'homogénéité des grains de Couscous après séchage, ce critère est en fonction des conditions de l'opération du roulage.

L'analyse granulométrique permet de déterminer la granulométrie médiane des particules.

Les résultats de la granulométrie de différentes catégories de Couscous sont présentés dans la figure suivante et comparées par rapport au témoin préparé à base de 100% Blé dur « Couscous A » :

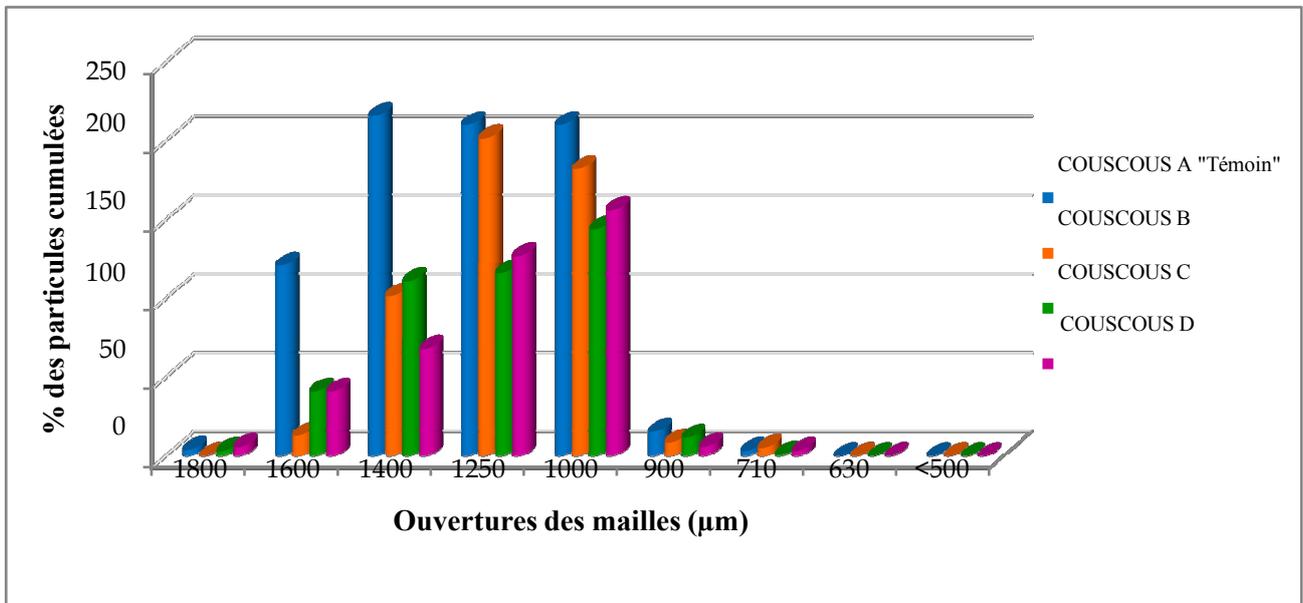


Figure n°24 : Granulométrie des différents Couscous élaborés par rapport au témoin « Couscous A »

Les grains du couscous roulés à la main présentent une granulométrie homogène, ils se caractérisent par leurs uniformités, un aspect lisse et des grains ronds.

La granulométrie médiane du témoin varie entre 1600 et 1000µm, le Couscous B présente une granulométrie qui se rapproche au témoin pour les ouvertures (1200 et 1000µm) par contre ça granulométrie pour le tamis 1400 µm se rapproche a celle du Couscous C. On remarque que la granulométrie du Couscous D augmente à chaque fois que l’ouverture des tamis diminue. Pour le Couscous C sa granulométrie est proche à celle du D.

Les différents Couscous présentent une granulométrie médiane entre 1250 et 1000µm ce qui nous permet de dire que les différents couscous sont de types moyen en mes comparants à celle du Couscous Témoin.

#### Teneurs en eau

Cette analyse, nous permet de déterminer la teneur en eau de chaque Couscous par rapport au témoin « Couscous A », alors sa détermination est très importante pour le stockage et la conservation des différents Couscous préparés.

Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

Tableau n°21 : La teneur en eau des différents Couscous par rapport au témoin :

	Humidité (%)			Norme (NA)
	1 <sup>er</sup> essai	2 <sup>ème</sup> essai	Moyenne	
<b>Couscous A</b>	12,09	12,03	<b>12,06</b>	<input type="checkbox"/>
<b>Couscous B</b>	12,31	12,25	12,28	<input type="checkbox"/>
<b>Couscous C</b>	12,26	12,20	12,23	<input type="checkbox"/>
<b>Couscous D</b>	12,19	12,25	12,22	<input type="checkbox"/>

La teneur en eau des différents Couscous est un peu élevée par rapport à celle du Couscous témoin, mais reste dans les normes, elles varient entre 12,22 et 12,28%

Cette différence s’explique par les conditions de séchage qui se fait à l’air ambiant

#### Taux de cendres :

Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau n° 22** : taux de cendres des différents Couscous par rapport au témoin.

	Taux de cendres (%)			Norme (NA)
	1 <sup>er</sup> essai	2 <sup>ème</sup> essai	Moyenne	
<b>Couscous A</b>	0,95	0,87	<b>0,91</b>	0,9 – 1,5
<b>Couscous B</b>	1,05	1,13	1,09	0,9 – 1,5
<b>Couscous C</b>	1,12	1,16	1,14	0,9 – 1,5
<b>Couscous D</b>	1,52	1,58	1,55	0,9 – 1,5

Le taux de cendres du Couscous témoin est conforme aux normes et cela est dû à la pureté de la semoule de Blé dur utilisée.

Par ailleurs les résultats obtenus des Couscous B, C et D par rapport au témoin, montrent qu'il y a une relation proportionnelle entre le taux de cendres et la quantité de semoule d'orge utilisée qui présente un taux de cendres élevé (1,65%), donc, à chaque fois qu'on augmente le pourcentage de cette dernière au niveau du mélange on constate que le taux de cendres augmente aussi

**Teneur en protéines totales :**

Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau n° 23** : Teneur en protéines totales des Couscous par rapport au témoin

	Teneur en protéines totales (%MS)	Norme (NA)
<b>Couscous A</b>	<b>11,25</b>	<input type="checkbox"/> 10,
<b>Couscous B</b>	11,76	<input type="checkbox"/> 10,
<b>Couscous C</b>	11,94	<input type="checkbox"/> 10,
<b>Couscous D</b>	12,04	<input type="checkbox"/> 10,

Selon le tableau les résultats obtenus sont conformes aux normes. Les Couscous du mélange présentent une teneur en protéine élevée en les comparant au témoin et cela explique que le mélange des semoules de Blé dur et d'Orge ont influencés la teneur en protéines.

**Mesure de l'acidité grasse:**

Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau n°24** : Mesure de l'acidité grasse des différents Couscous par rapport au témoin.

	Acidité grasse (g H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /100g MS)	Norme (NF)
<b>Couscous A</b>	<b>0,0033</b>	<input type="checkbox"/> 0,06
<b>Couscous B</b>	0,0080	<input type="checkbox"/> 0,06
<b>Couscous C</b>	0,0075	<input type="checkbox"/> 0,06
<b>Couscous D</b>	0,0072	<input type="checkbox"/> 0,06

Les couscous B, C et D présentent une acidité grasse supérieure à celle du Couscous A « témoin », ce qui favorise une bonne conservation durant le stockage qui s'effectue à l'abri de la chaleur et l'humidité.

Comparée à la semoule de Blé dur et celle de l'Orge, l'acidité grasse des différents Couscous élaborés est plus faible, cela s'explique par l'inactivation des lipases sous l'effet de la température de pré-cuisson.

## 2-Analyses technologiques

### 2-1-Analyse des semoules

#### Teneur en gluten

Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau n°25** : teneur en gluten de la semoule de Blé dur.

	Teneur en gluten humide (%)	Teneur en gluten sec (%)	Gluten index (%)
<b>Semoule de Blé dur</b>	32,84	11,02	76,33
<b>Norme (NA)</b>	27 – 37	11 – 13	

La semoule de Blé dur présente 32,84% du gluten humide et 11,02% de gluten sec, cela indique que cette dernière à une bonne qualité culinaire.

Pour ce qui est de la semoule d'Orge, la teneur en gluten est probablement inférieure à celle de la semoule de Blé dur et cela est jugé théoriquement, en raison de difficultés trouvées lors de son extraction manuelle et même à l'aide du **Glutomatic 2200** qui permet l'extraction du gluten par la formation d'une pâte à partir de 10 g de farine, puis lixiviation à l'eau saline..

#### Capacité d'hydratation:

Les résultats sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau n°26** : capacité d'hydratation de la semoule de Blé dur :

	Capacité d'hydratation (%)	Norme (NA)
<b>Semoule de Blé dur</b>	66,81	50 – 70

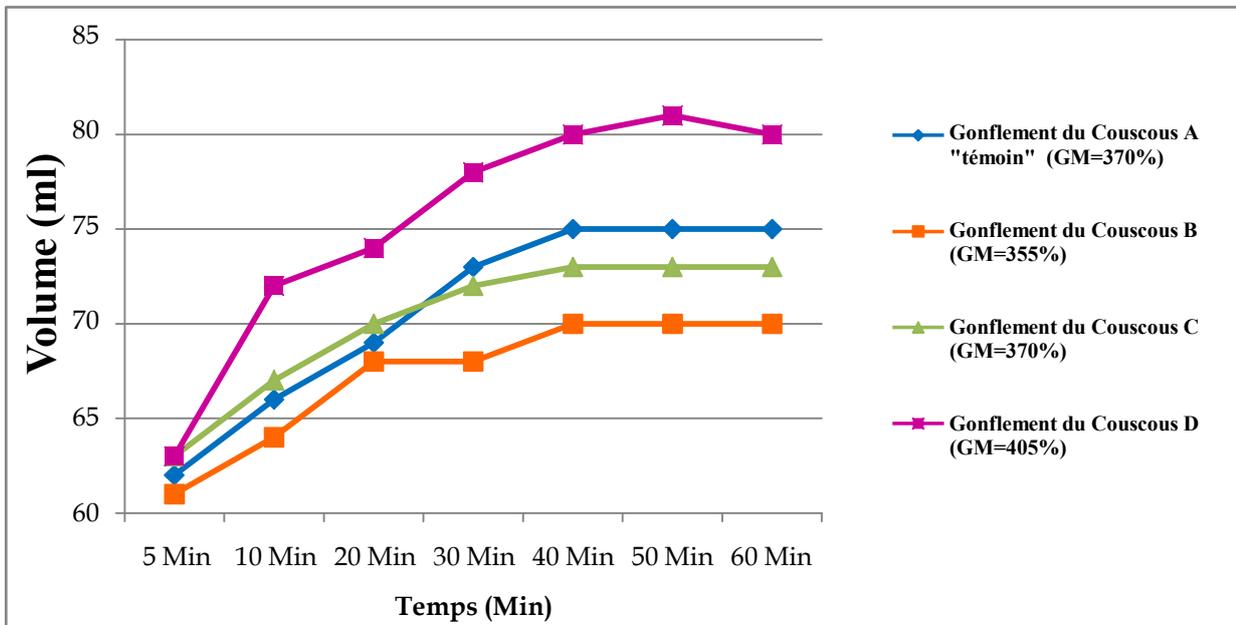
La capacité d'hydratation de la semoule de Blé dur est de 66,81%, cette valeur est conforme à la norme, il est à souligner que ce dernier est déterminé dans le but de préciser le taux d'hydratation des semoules lors de la fabrication des pâtes alimentaires ou du couscous et pour régler le débit d'eau.

### 1-2-2-Analyses du Couscous:

#### Gonflement à chaud et à froid :

La détermination de l'indice de gonflement à 25C° et à 100C° figure parmi les critères d'appréciation de la qualité culinaire du Couscous.

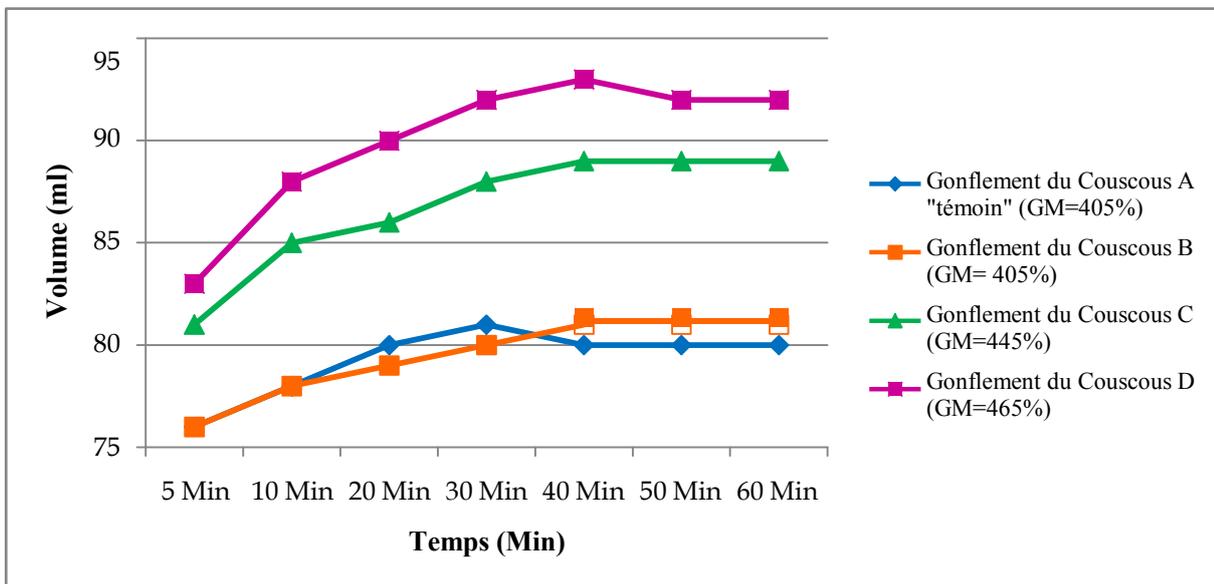
L'étude du gonflement du Couscous en fonction de la température est illustrée par les figures 29 et 30 :



**Figure n°25 :** Gonflement à froid des différents Couscous par rapport au témoin

Les résultats de l'analyse du gonflement à froid montrent que le couscous C et B présentent un gonflement rapproché à celui du Couscous témoin. Alors que le Couscous D présente un bon gonflement et qui supérieur à celui du Couscous témoin, il atteint 405% à froid.

- Le gonflement à chaud rend compte de l'aptitude du Couscous à retenir plus ou moins d'eau. Ce paramètre influe directement sur le poids du Couscous cuit.



**Figure n°26 :** Gonflement à chaud des différents Couscous par rapport au témoin

Les résultats du gonflement à chaud montrent que le Couscous B à la même vitesse du gonflement que le Couscous A, alors que les Couscous C et D présentent un gonflement plus élevé que celui du Couscous témoin.

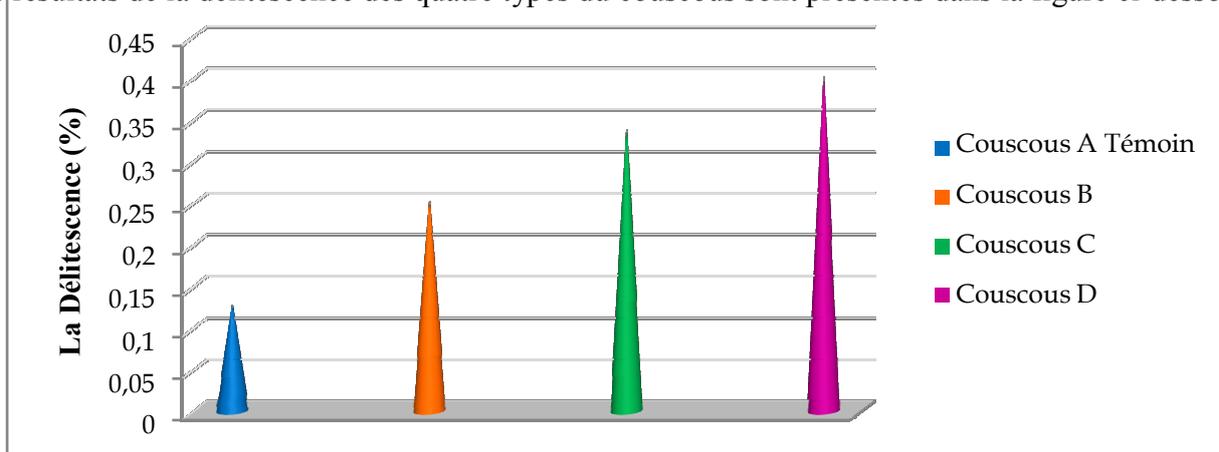
Le test de gonflement à froid et à chaud de Couscous est un critère de qualité, il est contrôlé toute les 2 heures dans les usines pour déterminer la capacité de gonflement du Couscous.

D'une manière générale, la vitesse de gonflement du Couscous est plus rapide à haute température (100°C) pour tous les échantillons, ceci s'explique par le bouleversement de la structure native de l'amidon (gélatinisation à 100°C) et devient plus hydrophile et accroît la capacité de gonflement.

□ **Délitescence :**

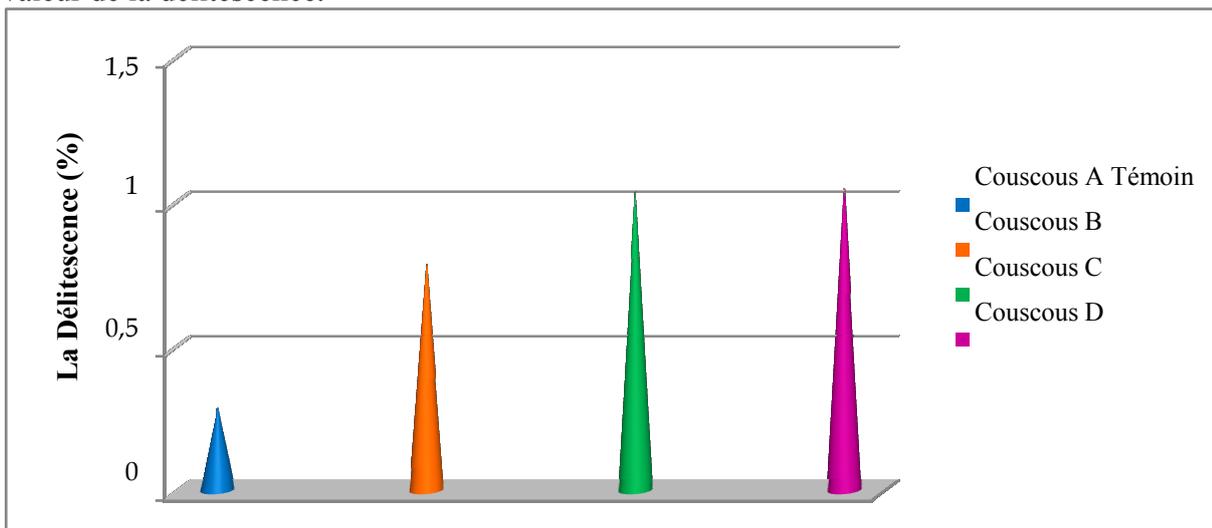
La délitescence constitue un paramètre de qualité culinaire, un critère fondamental de la qualité organoleptique et elle nous renseigne sur l'état de désagrégation des différents Couscous confectionnés par rapport au Couscous témoin.

Les résultats de la délitescence des quatre types du couscous sont présentés dans la figure ci-dessous :



**Figure n°27 :** La Délitescence des différents Couscous élaborés par rapport au témoin à l'état Crus

La délitescence des différents Couscous préparés présente une délitescence un peu supérieure à celle du Couscous témoin, on remarque que la présence de l'orge dans les Couscous élaborés augmente la valeur de la délitescence.



**Figure n° 28 :** La Délitescence des différents Couscous élaborés par rapport au témoin à l'état Cuit

Les résultats obtenus montrent que les différents Couscous élaborés présentent une délitescence supérieure par rapport à celle du Couscous A, cela s'explique par le mode de séchage qui s'effectue à l'air ambiant (artisanalement)

La délitescence des différents Couscous ainsi que celle du Couscous témoin « A » présente des valeurs élevées à l'état cuit qu'à l'état crue.

□ **Test de cuisson :**

Cette analyse nous permet de démontrer, si les différents Couscous confectionnés vont présenter les mêmes critères que ceux du Couscous témoin « A » :

Les résultats de test de cuisson sont figurés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau n°27 :** Le teste de cuisson des différents Couscous

	<b>Test de cuisson</b>			
	<b>Couscous A</b>	Couscous B	Couscous C	Couscous D
Temps de Cuisson	<b>15 Min</b>	15 Min	15 Min	15 Min
Poids initiale	<b>100 g</b>	100g	100g	100g
Poids final	<b>302g</b>	274g	308g	280g
Comportement lors de la réhydratation	<b>Particules non collantes, présentant un bon gonflement</b>	Particules non collantes, présentant un bon gonflement	Particules non collantes, présentant un bon gonflement	Particules non collantes, présentant un bon gonflement
Granulométrie observée	<b>Uniforme</b>	Uniforme	Uniforme	Uniforme

Le Couscous témoin « A » n'est pas collant, le degré d'individualisation est satisfaisant et le gonflement est élevé ce qui permet une bonne absorption de la sauce. En parallèle les Couscous du mélange présentent les mêmes caractéristiques que le Couscous A. Ces propriétés peuvent les rendre appréciés par le consommateur.



Couscous A « Témoin »



Couscous B



Couscous C



Couscous D

**Figure n° 29** : Les différents types de Couscous Cuit

### **1-3-Analyses organoleptiques :**

Les différents Couscous élaborés à base du mélange des semoules, de blé dur et de l'orge ont été soumis à une dégustation par rapport au Couscous témoin « A », par des sujets choisis aléatoirement.

Les résultats du sondage relatif à l'appréciation de la couleur, l'odeur, l'aspect ainsi que le goût des différents Couscous objet de notre recherche, montrent clairement des écarts de pourcentages pour un même type de Couscous ce qui explique que les gens sollicités ne sont pas des dégustateurs professionnels.

En effet, les personnes qui sont habituées à manger de l'orge que se soit incorporé dans le pain, Couscous ou autres aliments, ont bien apprécié le Couscous du mélange en se basant sur le côté nutritionnel de l'orge et ont évalués le goût entre « Bon » et « Excellent ».

Par contre les personnes qui n'ont pas un penchant pour l'orge, ont qualifiés le mélange pour « Médiocre » et « Moyen ».

Par ailleurs, il est difficile d'évaluer les caractéristiques des couscous du mélange par rapport à celui de 100% de blé dur tant que les dégustateurs se trouvent face à deux types de céréales (Orge et Blé dur) dont les caractéristiques ne sont pas les mêmes, ce qui n'est pas le cas s'ils sont devant des couscous produits de plusieurs variétés de Blé ou de plusieurs variétés d'orge les tableaux suivants résumant les résultats obtenus :

**Tableau n° 28 : Résultats des analyses organoleptique sur Couscous B/ Couscous A**

Caractéristiques	Inacceptable (%)	Médiocre (%)	Moyen(ne) (%)	Bon (ne) (%)	Excellent(e) (%)
Aspect	0	10	0	77	13
Couleur	0	12	40	38	10
Odeur	0	13	10	40	37
Gout	0	3	7	30	60

**Tableau n° 29 : Résultats des analyses organoleptique sur Couscous C/ Couscous A**

Caractéristiques	Inacceptable (%)	Médiocre (%)	Moyen(ne) (%)	Bon (ne) (%)	Excellent(e) (%)
Aspect	0	30	53	10	7
Couleur	1	37	48	14	0
Odeur	2	50	31	10	7
Gout	7	22	17	24	30

**Tableau n°30 : Résultats des analyses organoleptique sur Couscous D/ Couscous A**

Caractéristiques	Inacceptable (%)	Médiocre (%)	Moyen(ne) (%)	Bon (ne) (%)	Excellent(e) (%)
Aspect	1	26	46	17	10
Couleur	40	33	19	7	1
Odeur	0	3	23	34	40
Gout	3	20	17	27	33

**A-La couleur :**

La couleur est le premier paramètre à évaluer sachant que l'observateur lui accorde une très grande importance et ceci pour apprécier la qualité et la fraîcheur d'un produit.

La couleur par rapport au Couscous témoin à été jugée entre 38% « Bonne » et de 40% « Moyenne » pour le Couscous B. Alors que le Couscous C est de 48% « Moyenne » et de 37% « Médiocre ».et d'une couleur « Inacceptable » de 40% de dégustateurs et de 33% de «Médiocre » pour le Couscous D.

**B-L'odeur**

L'odeur a un impact considérable sur l'appréciation finale du produit. L'évaluation est partagée entre 38% de « Bonne » et de 40% de « Moyenne » pour le couscous B.

Alors que pour le Couscous C le sondage des dégustateurs est de 50% pour l'odeur « Médiocre » et de 31% pour l'odeur « Moyenne », tandis que pour le Couscous D l'odeur à été jugée, « Moyenne », « Bonne » et « Excellente » par les proportions respectives suivantes : 23%, 34% et 40%.

**C-L'aspect:**

L'aspect du Couscous B a opté pour un « Bon » aspect de 77% de « Excellence » et « Médiocre » par les proportions respectives suivantes : et de 13%,10% .

Le sondage du Couscous C est de 53% pour l'aspect « Moyen » et de 30% pour l'aspect « Médiocre ». En fin le Couscous D a été jugée par 46% d'un aspect « Moyen » et de 26% d'aspect « Médiocre ».

**D-Le gout :**

Les proportions du gout du Couscous B sont les suivants 30% « Bon » et de 60% «Excellent », par contre son évolution pour le couscous C est partagée entre , 22% « Médiocre », 17% « Moyen », 24% « Bon » et de 30% « Excellent ». Enfin pour le couscous D, le sondage est de 20% pour le gout « Médiocre », 17% pour le gout « Moyen », 27% pour le gout « Bon » et de 33% pour le gout « Excellent ».

#### **1-4-Analyses microbiologiques :**

**Tableau n°31 :** Résultats des analyses microbiologiques, effectués sur les semoules, le Couscous témoin et les différents Couscous obtenus :

	<b>Moisissures</b>	<b><i>Clostridium Sulfito-Réducteurs</i></b>
<b>Normes Algériennes</b>	<input type="checkbox"/> 100 germes/ ml	<input type="checkbox"/> 100 germes/ ml
Semoule 100% Blé dur	Absence	Absence
Semoule 100% Orge	Absence	Absence
Couscous Témoin A	Absence	Absence
Couscous B	Absence	Absence
Couscous C	Absence	Absence
Couscous D	Absence	Absence

Les analyses microbiologiques effectuées une semaine après l'élaboration des produits finis montrent que les échantillons analysés ne contiennent pas de germes. Une absence totale des Moisissures et des *Clostridium Sulfito-réducteurs* est observée, donc on peut dire que les produits présentent une bonne qualité microbiologique.

#### **2-Discussion**

Les résultats du PHL obtenus montrent une bonne appréciation qualitative et un bon rendement des grains à la mouture.

Selon **SCOTTI et MONT (1997)**, Le poids spécifique est largement reconnu comme facteur de classement de première importance, parce qu'il est relié à la condition plus ou moins saine du grain de blé. Le poids spécifique est aussi souvent utilisé comme indice du potentiel meunier, mais on ne s'entend pas sur sa valeur réelle comme prédicteur du rendement meunier réel. Le poids spécifique qui reflète tout au plus une certaine qualité physique des grains (beaux grains de poids de 1000 grains élevé = poids spécifique élevé).

En comparant nos résultats à ceux trouvés par **MAHAUT, (1996)** on constate que le PMG des grains utilisées présente un bon rendement agronomique et semoulier. Le volume réel de 1000 grains donne, encore plus exactement que leur masse, l'idée de la grosseur des grains. Cependant du fait de la faible fluctuation de la masse et volumique des grains d'une espèce, la corrélation masse et volume reste très étroite et correspond pratiquement à une droite. Les gros grains offrent « à la masse égale » moins de surface d'écorce que les petits. Redisant donc que la mouture de grains petits est désavantageuse en matière de rendement. **BENNEROT et GALAIS (1992)**.

Les résultats montrent que la teneur en eau du Blé et d'orge ne dépasse pas le seuil fixé par la législation algérienne, donc ces graines auront une grande aptitude au stockage. La détermination de la teneur en eau des grains est nécessaire avant l'extraction, elle permet de préciser la quantité d'eau dans les grains afin de l'amener à 17% ce qui donne un bon rendement en semoule **GODON et WILLM (1998)**.

De part nos résultats, nous remarquons que la teneur en cendre des grains de Blé et d'orge se rapproche significativement de la valeur préconisée par **GODON et WILLM., (1991)**. La teneur des grains en matières minérales ainsi que la composition de ces matières minérales sont relativement fixes quelle que soient les conditions externes de culture. **GODON et WILLM (1998)**

Selon **GUEZELANE (1993)**, la teneur en matières minérales augmente en allant de l'albumen central vers la périphérie, et la teneur en cendre des semoules augmente avec la progression de la mouture.

Du point de vue technologique, si la teneur en protéines des grains est supérieure aux normes, cependant elles sont à retenir.

Le dosage d'azote est une analyse quantitative qui ne renseigne pas sur la qualité des protéines particulièrement.

En ce qui concerne la teneur en protéines, les grains hard en sont presque toujours plus riches même si, par contre, il apparaît que le taux de protéines n'a pas d'effet systématique sur la dureté. Celle-ci se confirme bien comme étant une caractéristique variétale.

La teneur en protéines est la propriété du grain qui influe le plus sur la qualité culinaire du Couscous **GODON et WILLM(1991)**

La granulométrie de la semoule a un ensemble d'effets sur les caractéristiques physicochimiques et la qualité culinaire du couscous. De ce fait, il est préférable d'utiliser les semoules de taille aussi homogène que possible de manière à permettre un écoulement facile de la semoule et une hydratation régulière. Ainsi, durant l'étape de malaxage, la semoule fine absorbe plus d'eau que la semoule

moyenne et grosse. Il faut rappeler que la semoule fine durant l'hydratation forme un taux élevé de « boules » qui diminuent le rendement du couscous, (ANONYME, 1996)

Concernant l'humidité, les valeurs enregistrées pour les deux semoules sont inférieures à la norme ce qui signifie qu'elles ont été dans de bonnes conditions de stockage. Elles présentent également une bonne aptitude à la conservation. Selon **FEILLET (2000)**, l'humidité est un facteur crucial dans l'évolution des phénomènes biologiques, son contrôle permet de minimiser les risques d'altération lors du conditionnement et de stockage.

Le taux des minéraux de la semoule est en fonction de degré de minéralisation des grains mais surtout des paramètres du conditionnement et du diagramme de mouture (extraction). Selon **DUBOIS (1995)**, le taux de cendres augmente en allant de l'albumen central vers l'albumen périphérique, il est de 1,6 à 2,1% dans le grain entier par rapport à 0,3 -0,4% au centre de l'albumen d'où provient la semoule.

La mesure de la teneur en cendres a un intérêt essentiellement réglementaire, sans aucune influence sur la valeur boulangère et pastière. Elle présente plutôt un intérêt dans l'appréciation du degré de pureté R qui est le rapport entre le taux de semoule et celui du blé de départ. (**FEILLET,1974**). Cela s'applique pour le blé dur et le blé tendre, par contre, pour l'orge les caractéristiques diffèrent du grain de blé de part sa morphologie externe (enveloppe consistante avec présence d'une épine).

Les protéines de la semoule jouent un rôle prépondérant dans la détermination des propriétés rhéologiques et de la qualité des produits finis (**DEXTER et MATSUO, 1977**). La teneur en protéines des semoules varie de 9-15 selon les conditions de culture et en fonction de la variété.

De ce fait, le taux de protéines de la semoule de blé dur est de l'ordre de 12,04% et selon **ZAIRI (1999)**, la teneur en protéines d'une même variété est susceptible de changer d'une récolte à l'autre et d'un lieu à l'autre. Par ailleurs, la teneur en protéines de la semoule d'orge est de 12,12% dont **ROMAIN et al (2006)** ont montrés que certaines protéines du grain d'orge sont localisées dans la couche à aleurone où elles ne subissent pas de transformations, mais la plus part sont situées dans les cellules de l'albumen amylacé.

L'acidité grasse est un indicateur de l'état de conservation du blé, de la semoule et des pâtes alimentaires. En effet au cours de la conservation, les lipides ont tendances à être dégradées en se transformant en acides gras libres qui peuvent altérer la qualité du produit (**BAR, 2001**). Pour la semoule de blé dur, elle est de 0,028g H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/100g MS.

Cette valeur est conforme à la norme française qui exige une acidité grasse inférieure à 0,05g H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/100g MS.

La semoule analysée provient des grains sains et de bonne qualité et sont stockés dans de bonnes conditions d'humidité et de température, ce qui donnera par la suite des produits finis (couscous) de bonne qualité. Concernant la semoule d'orge, l'acidité grasse est légèrement élevée ; cela est du aux conditions de séchage solaire qu'ont subi les grains avant d'être transformer en semoule, de ce fait, **KASSAMBA (1997)** a montré que le séchage solaire est connu comme une

technique de séchage lente, favorable à l'action des lipases qui entraînent l'augmentation des acides gras libres.

Selon **CHEFTEL J.C., et CHEFTEL H., 1992**, le gluten est formé au cours du pétrissage par des liaisons disulfures (interaction hydrophobe) entre les gluténines et les gliadines (protéines), il se caractérise par des propriétés viscoélastiques (élasticité, plasticité, ténacité), il permet à la pâte de gonfler au cours de la cuisson.

Ce qui a été trouvé pour la semoule de blé dur dont les résultats sont conformes aux normes indiquant que cette semoule présente une bonne qualité culinaire. Pour la semoule d'orge, la teneur en gluten est probablement inférieure à celle de la semoule de blé dur et cela est jugé théoriquement en raison de la composition biochimique du grain d'orge en gluten, ce dernier est divisé en deux groupes protéiques : les prolamines et les glutéines ; les protéines de la famille des prolamines sont principalement l'alpha gliadine qui est présente dans le blé à 69% et l'horodéine contenue dans l'orge à 46%. Cette différence explique la facilité de la digestion de ce produit.

Selon nos résultats obtenus, on remarque que la teneur en cellulose brute pour la semoule d'orge est conforme aux normes cela s'explique par sa richesse en fibres alimentaires ainsi que la présence du son qui est du à la mouture brutale par fragmentation sur meules, par contre on note des traces de cellulose pour la semoule de Blé dur cela s'explique par la pauvreté de l'albumen du blé dur en fibres et que la semoule est pure, dépourvue du son de blé qui en contient 47%.

Cette analyse ne dose pas seulement la cellulose, mais un résidu fibreux constitué par des parts variables suivant les plantes d'hémicelluloses, de lignine et de substances pectiques. La cellulose brute est déterminée par la méthode officielle de « WEENDE ». Elle permet de quantifier, outre la cellulose « Vraie », cette dernière est concentrée dans la couche périphérique des céréales, elle varie selon les espèces considérées. (**ROUAU et THIBAUT, 1987**)

La granulométrie du couscous est un critère important d'évaluation de la qualité du couscous à l'état sec, la régularité et l'homogénéité des particules sont des paramètres désirables par le consommateur. L'analyse granulométrique des différents couscous préparés montre une granulométrie plus ou moins homogène par rapport au Couscous A « témoin » et cela est du aux conditions de leur agglomération.

Ce qui a été prouvé par **YETTOU (1998)** qui a montré que la taille et l'homogénéité des grains du couscous dépend pour une large partie des conditions de roulage. En effet la fabrication artisanale permet d'avoir des particules plus fines et plus homogènes déterminant les propriétés l'absorption du Couscous.

Les résultats de l'humidité des différents Couscous sont conformes à ceux du Couscous témoin « A ». Cela signifie que ces derniers ont une bonne aptitude d'être conservé ; ce qui a été dit par **FEILLET (2000)** que l'humidité est un facteur crucial dans l'évolution des phénomènes biologiques, son contrôle permet de minimiser les risques d'altération lors du conditionnement et de stockage.

Les couscous du mélange présentent un taux de cendres élevé par rapport à celui de 100% blé dur, cela est expliqué par la présence de résidu d'enveloppe dans la semoule d'orge utilisée. De même que **GEZELANE et al (1996)**, ont observés que la teneur en matières minérales augmente en allant de l'albumen central vers la périphérie, et que la teneur en cendre des semoules augmente avec la progression de la mouture.

La mesure de la teneur en protéines des différents Couscous du mélange a montré une influence significative par rapport au couscous témoin « 100% Blé dur ». La semoule complète de l'orge utilisée dans les Couscous de mélange est plus riche en protéine alors que celle du Blé dur est une semoule pure « dépourvue des enveloppes et du germe » cela expliqué par les travaux de **GUEZELANE (1993)**, qui a montré que la teneur en protéines augmente en allant de l'albumen central vers l'albumen périphérique, de plus la semoule complète du Blé dur contient les fractions de son, germe et assise protéique qui sont riches en protéines et qui sont éliminés lors de la mouture du Blé dur au cours de la préparation de la semoule.

En ce qui concerne la stabilité, l'acidité grasse des différents Couscous est un peu élevée par rapport à celle du Couscous témoin mais elle reste très faible par rapport à la norme. Donc les différents Couscous ont une bonne aptitude à se conserver suite à l'inactivation des lipases sous l'effet de la température de pré-cuisson ce qui a été expliqué par **KASSAMBA (1997)** que la cuisson des graines limite l'hydrolyse des triglycérides par l'interaction des lipases.

Selon **GUEZELANE (1993)**, l'indice de gonflement dépend à la fois de la durée et les conditions d'applications du traitement hydro-thermique. De ce fait, les différents Couscous présentent un bon gonflement à chaud par rapport au témoin, ainsi à celui trouvé à froid, ceci s'explique par le bouleversement de la structure narrative de l'amidon (gélatinisation à 100°C) et devient plus hydrophile et accroît la capacité du gonflement.

Les différents Couscous artisanaux présentent délitescence un peu élevée par rapport à celle du Couscous témoin, suite à un séchage à l'air ambiant, à une température inférieure à celle utilisée dans le procédé industriel, ce qui a été prouvé par **BADAOUI (1984)** que l'évolution de la température de séchage augmente proportionnellement le degré de délitescence du couscous, ceci s'explique par l'action de la température de séchage sur le gluten ; le réseau protéique devient trop lâche suite à une dénaturation laisserait s'échapper les granules d'amidon qui contribuent à une perte importante de matières sèches (délitescence) et d'après **CHEFTEL (1979)**, plus le traitement hygrothermique est poussé, plus les pertes en matières sèches seront importantes.

Concernant le test de cuisson les Couscous formés présentent un degré d'individualisation des grains satisfaisant et un gonflement élevé par rapport à celui du Couscous témoin, ce qui permet une bonne absorption de la sauce, ces propriétés les rendent appréciés par le consommateur et ces résultats conviennent à ce qui a été prouvé par **GUEZELANE (1993)**, qu'un bon couscous doit absorber deux fois son poids d'eau pendant la cuisson et conserve une certaine fermeté et viscoélasticité et ses grains doivent rester bien individualisés sans se déliter ni se coller entre eux.

Les analyses microbiologiques montrent une absence totale des germes pathogènes (Moisissures et *Clostridium Sulfito-Réducteurs*), donc on peut dire que la semoule de blé dur, la semoule d'orge et les quatre types de couscous présentent une bonne qualité microbiologique.

*Conclusion*

Au terme de cette étude qui, essentiellement à pour but de vérifier les principales caractéristiques impliquées dans le terme qualité pour différents Couscous assimilés à partir du mélange des semoules de blé dur et de l'orge, à des pourcentages différents. Selon les moyens qui nous ont été accessibles, notre travail a pu mettre en évidence que les Couscous élaborés artisanalement préparés présentent de bonnes propriétés technologiques :

Un gonflement à froid et à chaud respectivement (370, 405%) pour le Couscous 100% Blé dur comparés au Couscous du mélange qui on présentés un gonflement à froid selon les valeurs suivantes (355, 307 et 405 %) et un gonflement à chaud (405, 445 et 465%) respectivement pour le couscous de blé dur et les couscous du mélange à 20, 50 et 80% de semoule d'orge.

Les grains des Couscous préparés, sont fermes et bien intégrés avec une faible délitescence comparée au Couscous témoin, leur teneur varie entre 1,2 et 1,3% à l'état Crus. Cette délitescence reste faible pour le Couscous témoin à l'état Cuit ainsi au différents Couscous comparés à ce dernier, leur teneur varie entre 1,75 et 2,20%.

En ce qui concerne la stabilité, les Couscous préparés présentent une faible acidité grasse comparée au celle trouvé pour le Couscous témoin. Donc les couscous ont une bonne aptitude à se conserver.

Les analyses microbiologiques des échantillons montrent une absence totale des germes pathogènes : *Clostridium Sulfito-Réducteur* et moisissures.

Sur le plan nutritionnel, un plat de couscous du mélange de semoule de blé dur et celle de l'orge nous apporte une teneur acceptable en protéines et un taux élevé de cendres qui augmente proportionnellement avec la quantité de semoule d'orge ajoutée.

Dans notre travail, nous avons essayé de présenter le couscous du mélange des semoules de blé dur et de l'orge dont l'évaluation de sa qualité a montré que les propriétés technologiques et culinaires ne sont pas très loin de celles du couscous du blé dur et sa richesse en fibres lui donne une grande importance à l'échelle nutritionnelle.

#### **Perspectives :**

- Introduire l'orge dans l'alimentation humaine de large consommation ;
- Introduire l'orge dans les gouters d'enfants pour les habituer à ses qualités organoleptiques et remplacer les sucres à absorption rapide.
- Les fractions céréalières riches en fibres peuvent constituer un aliment d'appoint, facile à incorporer dans les produits diététiques. Ces caractéristiques d'adaptabilité en plus de la facilité de conservation offrent à l'industriel une grande marge de manœuvre.
- Enfin, il est souhaitable de poursuivre cette étude dans le cadre d'une étude nutritionnelle.

Ce qui permettra de déterminer l'efficacité des produits obtenus sur le plan de la nutrition préventive. Rappelez-vous d'ajouter les fibres graduellement à votre alimentation. Passer brusquement d'une alimentation pauvre en fibres à un régime riche en fibres peut provoquer de la constipation et des crampes abdominales.

## **Annexe 01 : Matériel utilisé**

**Appareillage :**



Tamis granulométrique



Balance



Dessiccateur



Étuve



Broyeur



Four à moufle



Bain Marie



Nélima Litre



Centrifugeuse



Réfrigérant



Minéralisateur



Numigral

**Verreries :**

- Fiole jaugées
- Tube à essai
- Baguettes
- Béchers
- Capsules en porcelaine (pour le four à moufle)
- Pipettes graduées
- Pipettes Pasteurs
- Burette
- Boites pétris
- Erlenmeyer
- Entonnoir en verre
- Éprouvette graduée

## **Annexe 02 : Composition des milieux de cultures utilisées**

L'eau physiologique :

- Chlorure de sodium
- Eau distillée

- Ph = 7,5

Milieu Oxytetracycline Gélose Agar (OGA) :

- Extrait de levure.....5g
- Glucose.....20g
- Agar.....16g
- Eau distillée.....100 ml
- Ph = 6,8 à 7

Milieu AGAR viande foie :

- Base viande foie.....20g
- Glucose.....0,75g
- Amidon.....0,75g
- Sodium sulfite.....1,2g
- Citrate de fer ammoniacal.....0,5g
- Carbonate de sodium.....0,67g
- Agar-agar.....11g
- Eau distillée.....1000 ml
- Ph du milieu prêt à l'emploi à 25°C : 7,6  0,2

**Annexe 03** : Différentes étapes d'extraction du Gluten



**NaCl**

+



**Semoule 100%  
Blé dur**

=



**Formation  
d'une pâte**

**Repos  
Pendant  
5 min**



**Malaxage sous un  
courant d'eau**



**Élimination  
D'amidon**



**Après  
Étuvage**



Date de la dégustation : 23-05-2012

Nom du dégustateur :

	<b>Couscous 100% Blé dur</b>	<b>Couscous 80% Blé dur-20% Orge</b>	<b>Couscous 50% Blé dur-50% Orge</b>	<b>Couscous 20% Blé dur-80% Orge</b>
<b>Aspect</b>				
<b>Couleur</b>				
<b>Odeur</b>				
<b>Gout</b>				

**Références Bibliographiques**

**ABECASSIS, J., 1991** : Industrie des céréales qualité de blé dur N°72, de la semoule et des pâtes alimentaires. pp 232.

**AFNOR, 1991** : Recueil des normes françaises : Céréales et produits céréaliers.

**ALAIS C., LINDEN G., MICLO L. 2003**. Biochimie alimentaire : les céréales- le pain, 5<sup>ème</sup> Ed., Dunod. Paris, p 131.

**AMRANI M., 2006** : La culture de l'Orge (*Hordeum Vilgare*) Fiche technique de l'Institut Technique des Grandes Culture.

**ANONYME 1988** : agriculture Handbook. « Cereal Grains and Pasta ». n° 8-20. pp 2071-2076.

**ANONYME 1996** : Effet des procédés de fabrication sur l'expression de la qualité technologique du Couscous de Blé dur. Mémoire. Ing. I.N.A. El Harrach. p83.

**ANONYME 2003** : Alberta Barley Commission. Farmers taking responsibility for their future. Albertabarley.com

**ANONYME (a) 2003** : Le guide pratique de l'agréeur. Organiser par : Laboratoire nationale de l'OAICI.

**ANONYME 2006 (a)** : Revue sur les Nouvelles Technologies de production, Organisé par le CNTC « Centre National des Technologies et du Consulting »

**ANONYME 2006** : Céréale : viser la taille critique : hors série spécial Algérie : DJAZAGRO, MARS 2006- p19

**ANONYME 2007** : La biologie de *Triticum turgidum ssp durum*. Document d'accompagnement des critères d'évaluations du risque environnemental Associé aux végétaux à caractères nouveaux (Dir 94608).

**ANONYME 2008 (a)** : Comité technique marocaine de normalisation des céréales et légumineuses. Couscous complet de Blé dur spécification. 5p

**ANONYME 2008** : Nourrir la vie : encyclopédie de l'alimentation biologique et de l'équilibre nutritionnelle. Dr Lylian LE GOFF, éditions. Roger-JOLLOIS. 1997. p736.

**ANONYME, 2010 : AGROLINE** .le marché mondial des pâtes alimentaires : des progrès et des interrogations. Revue mensuelle N°16-juillet-août.66p : 31-33

**ANONYME 2011** : Institut Technique des Grandes Cultures : Brochure.

**ANONYME (a) 2011**: Guide pratique - Stockage et conservation des grains à la ferme : Archive de Document de la FAO.

**BADAoui D., 1984** : Influence du séchage sur la qualité du couscous industriel. Thèse Ingéniorat, I.N.A., EL HARRACH

**BADR A., MULLER K., SCHFER-PREGL R., EL RABEY H., EFFGEN S., IBRAHIM H.H., POZZI C., ROHDE W., SALAMINI F., 2000** : On the origin and domestication history of barley (*Hordeum vulgare*). *Molecular biology and evolution* 17: 499 – 510.

**BAR L., 2001** : Guide pratique Céréales ITFC., pp268., Paris.

**BENDJOUDDIUADDA et TIGROUDJA . 1999** : Influence de la granulométrie des semoules sur la qualité du couscous Ing INA El harrach. 86p

**BENABDELJELILI ,K ; BENMOUSSA,H et CHARKI, M (1999)** : biodisponibilité du phosphore de phosphates locaux pour le poulet de chair. Troisièmes journées de la recherche Avicole St Malo, France, p157-160

**BONJEAN. A ET E.PICARD . ; 1990** : les céréales à paille origine, historique économie et sélection Eds Nathan, 253pages

**BENNEROT H., et GALAIS A., (1992)** : Amélioration des espèces végétales cultivées : objectifs et critères de sélection. Montpellier, France : Edition INRA.p768.

**BENYGHZER.F et BEN MESSADIA, I., 2006** : Etude de qualité physico-chimique et microbiologique des pâtes longues au cours de processus de fabrication, mémoire de fin d'études Technicien Supérieur de Contrôle de Qualité. Pp 23.

**BONOLI M. VERARDO V. 2004 August 11** : antioxydant phenols in barley (*Hordeum vulgare* L.) flour: comparative spectrophotometric study among extraction methods of free and bound phenolic compounds. *J Agric Food Chem*; 52(16): 5195-200

**BONTEMS P, DEPRETTERE A, CADRANEL S, VANDENPLAS Y:** The coeliac iceberg : a consensus in paediatrics. *Acta Gastroenterol. Belgica* 2000; 63: 157-62.

**BOUDREAU ET MENARD, 1992** : Le blé : éléments fondamentaux et transformation Ed : les presses de l'université LAVAL ; CANADA ; PP 29-32.

**BOSSU,2005** : Formation SIM « Du blé dur...Aux pâtes » version A du 10/10/2005.

**BOUKHADACHE K , 1991** : contribution à l'évaluation de qualité des pâtes longues fabriquées à l'unité de Sétif, Thèse d'Ingénieur en technologies alimentaires , Université de Boumerdes, 1991.

**BOUKHEMIA.A, 2003** : aptitudes technologiques de quelques variétés de blé dur local : interaction amidon-protéine, thèse de magister option : science alimentaires . Boumerdes .

**BOUJEAN. A et PICARD. E., 1990** les céréales à paille origine, historique, économie et sélection Eds Nathan, 235 p.

**BOURDEAU , 1992** : « Le blé éléments fondamentaux et transformation » 2ème édition, université LAVAL Canada.

**BUHLER, 2001** : catalogues manuels d'équipement, industrie de service

**BOUDREAU A., et MENARD G., 1992** : Le Blé : éléments fondamentaux et transformation Ed. Les presses de l'université de Laval. Québec, p 131.

**CALVEL RAYMOND 1984** : le pain et la panification, coll. Que-sais-je, PUF, paris

**CASIRAGHI MC, GARSETTI M, TESTOLIN G, BRIGHENTI F.:** Post-prandial responses to cereal products enriched with barley beta-glucan. *J Am Coll Nutr.* 2005 Aug; 25 (4): 313-20

**CASTEGNASRO M. , PFOHL-LESZKOWIEZ A. , (2002) :** Les mycotoxines : contaminants omniprésents dans l'alimentation animale et humaine, dans la sécurité alimentaire du consommateur, Lavoisier, Tec&Doc

**CHANG Y., VON ZITZEWITZ J., HAYES P.M., CHEN T.H. 2003 :** High frequency plant regeneration from immature embryos of an elite barley cultivar (*Hordeum vulgare* L.cv.Morex). *plant cell rep* 21: 733-738.

**CHEFTEL J.C., 1979 :** Introduction à la Biochimie et à la technologie des aliments. Techniques et Documentation. Paris.

**CHEFTEL J.C., et CHEFTEL H., 1992 :** Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments Vol 2. Technique et Documentation. Paris. pp 105-145.

**DAHLEEN L.S. , MANOHARAN M. (2007).** Recent advances in barley transformation. *In vitro cellular and developmental biology-plant* in press

**DARRIGOL. J. L , 1978 :** les céréales pour votre santé : propriétés et usages diététiques et thérapeutiques des céréales complètes, du germe de blé et du son. St Jean de Broye, France : edition Dangles. 145p

**DEBBOUZ A., DICK J.W., DONNELLY B.J., 1994 :** Influence of raw materiel on Couscous quality, *Cereal food World*, 39 (4). p 231-236

**DEXTER J.E. et MATSUO P.R., 1977:** Influence of protein contain on some durum wheat quality, *parametus can j plan SCI*, 57. pp 712-727.

**DJEMA I. 2000 :** Influence de la granulométrie de la semoules sur les qualité du couscous. *Annales de INA*. Vol109. El Harrach.

**DRUVEFORS,2004 :** Yeast biocontrol of Grain Spoilage Moulouds, Mode of Action *Pichia anomala*. Doctoral Thesis, Univerity of agricultural Science, Uppsala.Sweden, Department of of Microbiology. *Agraria* -466 .44page

**DUBOIS M., 1995 :** La mouture expérimentale du Blé tendre. *Industrie des Céréales* 93. p 4-15.

**FEUILLET P., 1974 :** La qualité des pâtes alimentaires. *Cahier Nut Diet*. P 229-310.

**FEILLET P., 2000** Le grain de blé : composition et utilisation. INRA. Paris 171,222-308p.

**FRANCONIE H., 2010 :** Couscous, boulgour et polenta : transformer et consommer les céréales dans le monde. Ed Karthala, Paris. 434p.

**GEVARDAT DE FOMBELLE A., 2003.** Etude de l'effet de l'origine botanique de l'amidon sur sa digestibilité anti-caecale chez le cheval. Thèse de Doctorat, Institut Agronomique de Paris, p.24.

**GODON .B, WILLM.C, 1990** : les industries de la 1<sup>er</sup> transformation des céréales, A.P.R.I.A. PARIS LA VOISIER p124-154.

**GODON, B, 1991** : biotransformation des produits céréaliers, PARIS LAVOISIER Tec & Doc 2<sup>ème</sup> tirage, 1998, pp.57-342-376

**GODON B., et WILLM C., 1991** : Les industries de la 1<sup>er</sup> transformation des céréales. Tec & Doc. Lavoisier, p 135- 254.

**GODON, B, LOISEL, 1997** : Guide pratique d'analyses dans les industries des céréales, 2<sup>ème</sup> édition, p 234-245.

**GODON, 1998** : Biotransformation des produits céréaliers .Ed : pria/Inra : techniques et documentations Lavoisier : Paris pp 65-68.

**GODON B. et WILLM C. 1998** : les industries de première transformation des céréales. 2<sup>é</sup> tirage. Edition Tec & Doc, Lavoisier, Paris, pp 59-578.

**GRINGNAC, 1976** : Ferme moderne numéro hors série le Blé Céréale d'avenir édition solvilo, Paris. pp 165-170.

**GUEZELANE L., 1993** Mise au point de méthodes de caractérisation et étude des modifications physico-chimiques sous l'effet des traitements hydro-thermiques en vue d'optimiser la qualité du couscous de blé dur. Thèse Doctorat, INA, El Harrach.

**GUEZELANE L., et ABECASSIS J., 1991** : Méthode d'appréciation de la qualité culinaire du Couscous du blé dur. IAA Novembre 1991 : pp 966-970

**GUEZELANE L., et SENATOR A., 1985** : Étude physico-chimiques et technologiques de deux types de couscous (artisanal et industriel) Annales. INA. El Harrach, pp 9, 1, 47-62.

**HAMOUN B., PANELLI S., BRARD M., THOMAS P., CHABAULT E. REYNAUD S., HEQUET V., SAVAETE M., LARRABURU C., TRIBOULOT D., MARION M., 2001** : Les produits céréaliers intermédiaires p140 : 16-21 : Institut Agroalimentaire de LILLE Avenue Paul LANGEVIN 59650 Ville neuve d'Ascq.

**HOIJE A., GRONDAHL M., TOMMERRAS K., and GATENHOLM P., 2005**: Isolation and caractérisation of physic – chemical properties of arabinoxylan from barley husks, carbohydrate polymers, 61, 266-275.

**HOPKINS, W.C., (2003)** physiologie végétales, Ed De Boek et Larcier, ISBN 2-7445-0089-5, 287-333

**JEANTET R., CROGUENNEC T., SCHUCK P., BRUEL G. 2007** : La science des aliments Technologie des produits alimentaires. Ed, Tec & Doc 2<sup>ème</sup> Ed. Lavoisier. Paris p 187-452.

**JOSELEAU (J.-P). 1980** Les hémicelluloses. En «Les polymères végétaux ». MONTIES B, Paris. BORDAS.

**KAREL K., JOSEF G. et PONTE Jr., 2000** : Handbook of cereal science and technology. 2<sup>ème</sup> édition Marcel Dekker Inc., New York, p 655.

**KASSAMBA., 1997** : Synthèse des techniques connues d'extraction et de conditionnement de beurre de Karité au Burkina-Faso. Rapport final. Projet filière Karité. pp 3-9.

**KHELASSI H. et MEKMOUCHE F., 2009.** Comportement biochimique, technologique et physico-chimique de semences de Blé ionisées sur plusieurs générations. Mémoire d'ingénieur. École Nationale Supérieure Agronomique d'El Harrache, p 16.

**KHERRIF A. 1996:** Effet de la variation protéique sur l'expression de la qualité technologique du Couscous de Blé dur : Thèse Ing- I.N.A. p84.

**KOUIDRI A., 1999** : Fibres alimentaires en pratique médicale courante : Effet du son d'orge du seigle sur les troubles fonctionnels intestinaux et sur le métabolisme glucido-lipidique, Mémoire de Magister, I.N.A, El Harrach, Alger.

**LAURO M., RING S., BULL V.J., POUTANEU K. 1997** : Gelatinisation of waxy barley starch hydrolysates. Canadian Journal of Cereal Sci. Vol 26.n°3. pp347-560.

**LEVREUX G., 1999** : les céréales de cuisines naturelles et saines. 5-25p.

**LIU C. Y., Shepherd W., RATHJERN A.J. 1996:** Improvement of durum wheat pastmaking and breadmaking qualities. Cereal chem.. Vol26. N°3. Pp 347-560

**MAHAUT B., (1996)** : Comment évalue-t-on la qualité d'un blé dur ?, Colloque « Perspectives du Blé dur ».Ed. ONIC. ITFC. France, p31.

**MARICHE, 2000** : L'effet de fertilisation azotée sur la qualité technologique de deux variétés de Blé dur (*Triticum durum*), thèse d'ingénieur d'agronomie Blida.

**MIAG, 1970:** Le manuel du meunier

**MOLINACANO, J-L, SOPENA, A., POLO, J.P, BERGARECHE, C., MORALEJO, M.A., SWANSTON, J.S. and GLIDEWET, S.M. (2002)** Relationship between barley hordeins and malting quality in a mutant of cv. Triumph. 11. Genetic and environmental effects on water uptake. journal of cereal science. 36, 39-50.

**MOROT-GAUDRY J.F., 1997.** Assimilation de l'azote chez les plantes : aspects physiologique, biochimique et moléculaire. Ed INRA. Paris, p377 ;

**MULTON, 1982** : Conservation et Stockage des grains et des produits divers des céréales oléagineux, aliments pour animaux.

**NERON S., 2000** : les lipides de l'amidon : quand une minorité s'en mêle. Industrie des Céréales. N°119. Pp5-18.

**NOUAIGUI S., FTOUHI R., OTHMANNE J.T., 1990** : Etude physico-chimique et microbiologique de deux types de Couscous (Artisanal et Industriel). Annales I.N.A Tunisie. p 8, 2, 166-177.

**OCRIM SPA** est une société déterminée à améliorer ses activités de recherche, ingénierie, fabrication et réalisation d'installation de broyage, des meuneries, des systèmes de manutention des céréales <http://www.ocrim.com/institusinal/start/>

**OKANDZA Y., 2000** : Caractérisation technologique et biochimique de quelques variétés de blés durs Algériens. Thèses Magistère. I.N.A. Alger.

**RAVEN P. H. ; Evert R.F., EICHHORON S.E. et BOUHARMONT J., 2003.** Biologie végétale. 1<sup>er</sup> édition, Deboeck, Paris France, P.563.

**PANIFILI G. FRATIANNI A. IRANO M. (2003 July)** normal phase high- performance liquid chromatography method for the determination of tocopherols and tocotrienols in cereals. J Agric Food Chem

**PICKERING R. , JOHNSON P.A. (2005).** Recent progress in barley improvement using wild species of hordeum. Cytogenet genome. Rec 9:344-349

**REMESY et LEENHARDT, 2001** : Voies d'amélioration de la qualité nutritionnelle du pain bio INRA : Clerfont-Ferrand/ Theix. Unité de nutrition

**ROMAIN J., THOMAS C., PIENNE S., GERARD B., 2006** : Sciences des aliments : Biochimie, Microbiologie procédés et produits. Volume 2 : Technologie des produits alimentaires. Technique et Documentation pp 139-197.

**ROUAU M.. THIBAUT M., 1987** : Les fibres alimentaires .ed-A.P.R.I.A. 355 p.

**ROUSSET ET AUTRAN, 1970** : Amélioration de Blé pour sa valeur d'utilisation

**SAMSON M.F. et DESCLAUX D.2006** : Amélioration de la valeur technologique et commercial du Blé dur : vers une réduction des taux de mouchetures et de mitadins. Ed. Tec ; & Doc. Lavoisier. Paris.

**SCOTTI G., et MONT J.M.,(1997)** : Analyses physiques des grains : Blé tendre et Blé dur, in : « Guide pratique d'analyses dans les industries des céréales. Ed. Tec & Doc Lavoisier. Parisp 188.

**SIMON H., CODACCIONI P., LECOEUR X., 1989** : « Produire des céréales à paille », Tec & doc. Lavoisier, Paris , 333 p.

**SIRET C., 2004** Structure des aliments Techniques de l'ingénieur traité Agroalimentaire. pp 9-10.

**TARA A., 2005** : Modification chimique de l'amidon par extrusion réactive. Thèse de Doctorat, Université de Reims Champagne-Ardenne, France,p4.

**THOMAS W.T.B (2003).** Prospect for molecular breeding of barley. Annals of applied biology 142: 1-12.

**TRENTESEAUX E ., 1996** : Blé dur. ENSMIG, Toulouse, France, p 20.

**TRUSWELL AS.2001:** Cereal grains and coronary heart disease. Eur J Clin Nutr 2002; 56-114.

**VIERLING E., 2008** : Aliments et boissons : Filières et produits. Biosciences et techniques, pp 163,183-186.

**WILLM C., 1991** : Elaboration de nouveaux procédés et de nouveaux produits de meunerie. Industrie des céréales n°78. Paris. France, p 5-10.

**WILLIAMS P., HARMEIN F., NAKKOUL H. et RIHAWI S., (1988)**. Crop quality evaluation Methods and guidelines. ICARDA, Alippo, Syria, Second edition, p. 88.

**YETTOU N., 1998** : Les méthodes instrumentales d'appréciation de la qualité culinaire du Couscous de Blé dur. Mémoire Magister. I.N.A. El Harrach. Alger.

**ZAGHOUANE F., MERABITI A., ZAGHOUANE O., BOUABDELLI F., 2003** : Le blé dur : qualité, importance et utilisation dans la région des hauts plateaux, ITGC, Alger, p43.

**ZAIRI M.1998**: Étude de la variabilité physico-chimique et électrophorétique de quelques variétés de Blés durs cultivées en Algérie : Mémoire de Magister. I.N.A. Boumerdes.

Selon le dictionnaire de l'agriculture 2010 la définition du Codex Alimentarius est la suivante :

**Codes Alimentarius** : est un programme commun de la FAO et de l'O.M.S. consistant en un recueil de normes, codes d'usages, directives et autres recommandations relatifs à la production et à la transformation agro-alimentaire qui ont pour objet la sécurité sanitaire des aliments.