

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



UNIVERSITE SAAD DAHLAB-BLIDA
FACULTE DES SCIENCES AGRO-VETERINAIRES
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES



MEMOIRE DE MASTER

En vue de l'obtention du diplôme de Master professionnelle(LMD)

En Sciences de la nature et de la vie.

Option : *technologie céréalière*

THÈME

CONTRIBUTION A L'ETUDE QUALITATIVE ET QUANTITATIVE DES SEMOULES ISSUES DES DIFFERENTS PASSAGES DES SASSEURS

Présenté par : **ZEKKARI AMINE**

Membre de jury :

President :	Mme KEBOUR DJ	Maitre assistante A (USDB)
Examineur :	Mme FERNANE S	Maitre assistante A (USDB)
	Mme ABDELLAOUI Z	Maitre assistante B (USDB)
Promoteur :	Mme MESSAID H	Maitre assistante A (UMBB)
Co- promoteur :	Mr SAFI M	Chef d'unité à groupe SIM

Année universitaire : 2012-2013

REMERCIEMENTS

Je remercie **ALLAH** le tout puissant de m'avoir donné le courage, la volonté et patience durant toutes mes années d'étude pour arriver à ce stade de formation et d'achever ce modeste travail.

A mes chers parents, pour tous ce qu'il fait pour moi et surtout pour mes études, ainsi qu'il trouvent ce modeste travail le fruit de ces longues années de leurs sacrifices.

Mes remerciements les plus profonds et toute ma reconnaissance ma promotrice **M^{me} MESSAID HABIBA**, qui m'a fait l'honneur d'encadrer mon travail, pour son sérieux, sa disponibilité, ses précieux conseils et ses efforts exceptionnels.

Je remercie les membres de jury, **M^{me} KEBOUR DJ, M^{me} ABDELLAOUI Z** et **M^{me} FARNANE S.** Pour avoir accepté d'examiner et de juger ce travail.

A tous les enseignants qui ont contribué a ma formation, qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude.

A Monsieur **TAGIDA M**, le chef laboratoire de groupe SIM qui m'a proposé ce sujet de fin d'étude. Et toute l'équipe de groupe SIM, pour leur disponibilité et leur bienveillance.

Mes remerciements les plus profonds et toute ma reconnaissance s'adressent à **Mr HADJ SADOUK**, qui m'encourager tout le long de ce travail. Qu'il trouve ici, l'expression de mon profond respect.

A mes amis : **MERAGA H, MOULOU D A, BOURDJA R.** pour leur aide précieuse dans la rédaction de ce mémoire, Merci pour tous les bons moments passés ensembles.

On tien aussi à remercier le personnel de la bibliothèque de notre faculté, pour leur aide et leur compréhension, Merci.

A tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail que je n'ai pas pu les citer. Merci infiniment.

RESUME

Notre étude porte essentiellement sur semoule de blé dur, en cours de les passages de la mouture, au niveau d'unité de Sidi Brahim de groupe SIM de Mouzaia, Blida. Les buts poursuivis sont nombreux. Il s'agit essentiellement d'analyser la qualité et la quantité de chaque passage de semoule au niveau de sasseur, selon Les résultats obtenue de ces analyses nous avons mélangé et orienté les différentes types des semoules vers la fabrication des pâtes alimentaires et couscous. En vu de déterminer les critères de la qualité de semoules on à eu recours à tests suivant : taux de cendre, l'humidité, taux d'extraction de la semoule, dosage du gluten, acidité grasse, la teneur en protéine, et la granulation.

Mots clés : blé dur, semoule, les passages, sasseur, pâte alimentaire, couscous, mouture

المخلص

اعتمدنا في دراستنا هذه على سميد القمح القاسي المستخرج على مستوى وحدة الطحن سيدي ابراهيم بالمطحنة الصناعية لمجموعة سيم بموزاية , البليدة . وقد كانت هذه الدراسة أهداف كثيرة نذكر أساسا منها : التحليل الكمي والنوعي للسميد المتحصل عليه من مختلف ممرات جهاز التنقية وبعد التحليلات الفيزيائية والكيميائية لعشرين ممر قمنا بجمع وترتيب مختلف الانواع على حسب معايير المطلوبة وقد كانت النتائج المستخرجة تحديدا 3 من أنواع السميد وارسالها الى صناعة العجائن الغذائية الصغيرة والطويلة والكسكس . وكانت معايير التحديد المستعملة كالأتي :نسبة الرماد، والرطوبة، ومحتوى البروتين، ، نسبة الغلوتين ، نسبة الدهون ، و التحبيب.

كلمات البحث : القمح القاسي , السميد, جهاز التنقية , العجائن الغذائية ,الكسكس, ممرات , طحن

Abstract

Our study focuses on durum wheat during the passages of grinding unit at Sidi Brahim SIM group Mouzaïa, Blida. The goals are many. This is mainly to analyze the quality and quantity of each passing meal at sasseur according results obtained from these analyzes we mixed and directed the different kinds of meal to make pasta and couscous. In light of the criteria for determining the quality of meal we had to use the following tests: ash content, moisture, and protein content, extraction rate of semolina, mix gluten, fat acidity, and granulation.

Keywords: durum wheat semolina, passages, sasseur, pasta, couscous, milling

Liste des abréviations

AFNOR : Association Française de Normalisation

BCPL: *Bouillon lactose* au pourpre de Bromocrésol

°C: Degré Celsius.

Ca²⁺: Calcium.

Cm: Centimetre.

CO₂: dioxyde de carbone.

D : désagrégateur

DM : Dilution mère

Fe²⁺ : Fer.

g: Gramme.

G: Gonflement de la pate

GH: Gluten humide

GS: Gluten sec.

H:Humidité

Hf: Humidité finale

Hi: Humidité initiale

HL : Hectolitre

ISO: International Organisation for Standarization

JORA: Journal Officiel de la République Algérienne

Kg: Kilogramme.

MS: Matière sèche

Na: Norme algérienne

Nf: Norme française

mg: Milligramme.

Mg²⁺: Magnesium.

min : Minute.

ml: Millilitre.

mm: millimètre.

MS: Matière sèche.

NaCl: Chlorure de sodium.

OGA: Oxytétracycline gélose agar

PHL: Poids à l'hectolitre

PMG: Poids de mille grains

PS: Poids spécifique

R : réducteur

S : sasseur

SM : Solution mère

SSSE: Semoule super sassée extra

SSSF : Semoule sasse super fines

SIM : semoulerie industrielle de Mitidja

SGM : Semoule grosse moyenne

SG : Semoule grosse

(NH₄)₂SO₄:Sulfate d'ammonium.

(NH₃) : Ammoniac.

(PHL): Poids hectolitre.

PL : plansichter

PMG: Poids de mille grains..

SDS: Sodium-dodécyl sulfate.

VF : Viande foie

Vit: Vitamine.

Zn²⁺: Zinc.

Abréviations spécifiques à la recherche :

SB₂ : Sasseur broyeur 2

SR₁ : Sasseur réducteur 2

S₁ : Sasseur 1

SD₁G_A : Sasseur désagrégateur 1 grosse A

SD₁G_B : Sasseur désagrégateur 1 grosse B

SD₁F : Sasseur désagrégateur 1 fine

SB₄ : Sasseur broyeur 4

SD₂G : Sasseur désagrégateur 2 grosse

SB₅ : Sasseur broyeur 5

SD₃G : Sasseur désagrégateur 3 grosse

S₃ : Sasseur 3

S₂ : Sasseur 2

S₄ : Sasseur 4

SD₂F : Sasseur désagrégateur 2 fine

SD₃F : Sasseur désagrégateur 3 fine

SD₄ : Sasseur désagrégateur 4

S₆ : Sasseur 6

SB₆ : Sasseur broyeur 6

S₅ : Sasseur 5

Sommaire

Remerciement

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction générale.....1

Chapitre I Généralités sur le grain de blé dur.....3

I. Généralité sur le grain de blé dur3

I.1. Définition de blé dur3

I.2. Données économiques3

I.3. Classification du grain du blé dur4

I.3.1. Classification botanique4

I.3.2. Classification technologique des blés durs4

I.4. Morphologie du grain de blé dur4

I.5. Structure de blé dur5

I.5.1. les enveloppes5

I.5.2. L'albumen5

I.5.3. Le germe6

I.6. Composition chimique et biochimique du grain de blé dur7

I.6.1. L'amidon7

I.6.2. Glucides8

I.6.3. Lipides8

I.6.4. Les protéines8

1.6.4.1. Le gluten9

1.6.4.1.1. Les gliadines10

1.6.4.1.2. Les gluténines10

I.6.5. Matières minérales ou cendres11

I.6.6. Les vitamines11

I.6.7. Les enzymes12

I.6.8. L'eau12

I.6.9. Les pigments12

I.7. Qualité des blés durs13

I.7.1. Qualité agronomique13

I.7.2. Qualité réglementaire	13
I.7.3. Qualité alimentaire	13
I.7.3.1. Qualité organoleptique (sensorielle)	13
I.7.3.2. Qualité nutritionnelle	14
I.7.3.3. Qualité hygiénique ou sanitaire	14
I.7.4. Qualité technologique	15
I.8. Stockage du blé dur	16
Chapitre II Technologie de la transformation du blé dur en semoule	17
II.1. Réception de la matière première	17
II.2. Le pré-nettoyage	17
II.3. Le nettoyage	17
II.3.1. Les équipements de nettoyage	18
II.3.1.1. Les nettoyeurs séparateurs aspirateur (SNA)	18
II.3.1.2. Les trieurs	19
II.3.1.3. le trieur hélicoïdal (Toboggans)	19
II.3.1.4. Les triages colorimétrique	19
II.3.1.5. La table densimétrique	19
II.3.1.6. L'épierreur	20
II.3.1.7. Les époinçuses	20
II.3.1.8. Séparateur magnétique ou aimant	20
II.3.1.9. Le tarare	20
II.3.1.10. Trieuse de couleur de grain (bleu 5)	21
II.4. Le conditionnement (temps de repos)	21
II.5. Le 2 ^{ème} nettoyage avant broyage	22
II.6. La mouture	22
II.6.1. Le broyage	22
II.6.2. La réduction «Le traitement des grosses semoules»	23
II.6.3. Le blutage «Tamisage»	23
II.6.3.1. Plansichter	23
II.6.3.2. La division «Classement des semoules»	23
II.6.4. le sassage	24
II.6.4.1. Appareil de Sasseur	24
II.6.4.1.1. Utilisation	24
II.6.5. Le désagrègation «Le traitement des semoules vêtues»	24
II.6.6. Le convertissage «le passage d'épuisement»	25

II.7.le stockage et l'ensachage.....	25
Chapitre III	
La semoule	26
III .1.Définition de la semoule de blé dur	26
III.1.1.définition de la semoule selon la réglementation algérienne	26
III.2. Classification.....	27
III.3. Composition chimique et biochimique de la semoule.....	27
III.3.1.Constituant biochimique	27
III.3.2. Les enzymes	28
III.3.3.Les vitamines.....	28
III.4.Caractéristiques organoleptique de la semoule	28
III.4.1. La couleur.....	28
III.4.2. L'odeur	28
III.4.3. La saveur	29
III.4.4. Granulation.....	29
III.4.5. La pureté des semoules	29
III.4.5.1. L'aspect	29
III.5.Le rendement en semoule.....	30
III.6. les conditions de Conservation de la semoule.....	31
Chapitre IV	
Matériel et méthodes	32
L'objectif du travail.....	34
Présentation de l'entreprise de groupe SIM: « lieu de stage »	34
IV. Materiel et methodes	38
IV.1.1. Echantillonnage.....	38
IV.1.2.1. Détermination des impuretés	38
IV.1.2.2 Détermination de la masse à l'hectolitre.....	39
IV.1.2.3 Détermination du taux de mitadinage	39
IV.1.2.4 Détermination du poids de mille grains (P.M.G).....	39
IV.1.2.5 Dosage de la teneur en eau.....	39
IV.1.2.6 Dosage des cendres	40
IV.1.2.7 Dosage des protéines.....	40
IV.1.2.8 Indice de sédimentation (test de ZELENY).....	40
IV.2. Les analyses qualitatives effectuées des semoules prélevées au niveau des passages des sasseurs.....	40
IV.2.1. Dosage de la teneur en eau.....	40
IV.2.2 Détermination des cendres	40

IV.2.3. Détermination de l'acidité grasse.....	41
IV.2.4 Détermination du taux d'affleurement ou granulométrie.....	41
IV.2.5 Détermination du gluten.....	41
IV.2.6.Dosage des protéines.....	41
IV.2.7. Indice de coloration.....	42
IV.3 Les analyses microbiologiques	42
IV.3.1.Recherche et dénombrement des levures et moisissures	42
IV.3.2.Recherche et dénombrement des Clostridium Sulfito-Réducteur.....	42
Chapitre V	
Résultats et discussions.....	43
V. Résultats et discussions	43
V.1. Résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur les blés durs	43
V.1.1 Interprétation	44
V.1.1.1.Recherche des impuretés	44
V.1.1.2.Poids spécifique.....	44
V.1.1.3. Poids de mille grains	44
V.1.1.4.Taux de mitadinage	45
V.1.1.5. Teneur en eau	46
V.1.1.6.Teneur en cendres.....	46
V.1.1.7. Teneur en protéines	47
V.1.1.9.Test de sédimentation ZELENY	47
V.2. Résultats des analyses physico-chimiques effectuées des semoules prélevées au niveau des passages de sasseurs.....	48
V.2.1.Teneur en eau de différent passage de sasseur	49
V.2.2. Teneur en cendres.....	50
IV.2.3.Taux d'extractions.....	50
V.2.4. Interprétation	53
V.3. Résultats des analyses physico-chimiques et organoleptiques effectuées des différents types des semoules (SGM, SE, 3SE).....	54
V.3.1. Interprétation	54
IV.4.Résultats et interprétation des analyses microbiologiques.....	62
Conclusion	63
Références bibliographiques	
Annexes	

Introduction

Les céréales, de part leur importance nutritionnelle constituent l'aliment de base d'une grande partie de la population mondiale. Le blé, l'une des plantes les plus cultivées, unique parmi les céréales dans son aptitude à former une pâte avec des propriétés viscoélastiques appropriées pour la production du pain, des biscuits, des pâtes et des produits céréaliers.

En Algérie, la consommation céréalière, occupe une place fondamentale dans la ration alimentaire quotidienne, elle fournit, respectivement plus de 60% et de 75 à 80 % d'apport calorique et protéique, soit une consommation annuelle de l'ordre de 200 kg /habitant. La demande intérieure en blé est estimée à 6.4millions de tonnes, réparties en 3,7 millions de tonnes pour le blé tendre et 2,7 millions de tonnes pour le blé dur (**Anonyme, 2009**). Cette demande n'est en moyenne couverte qu'à la hauteur de 70 à 75% par la production nationale qui est de 5,2 millions de tonnes (**Anonyme, 2009**).

La première transformation des blés a pour objectif d'isoler l'albumen amylicé sans contamination par les parties périphériques du grain. La structure anatomique du grain de blé, à la différence d'autres céréales, présente la particularité que l'ensemble des couches histologiques se replie à l'intérieur du grain pour constituer le sillon. La présence de ce sillon a conduit au développement d'un procédé original de 1^{ière} transformation du blé que l'on appelle procédé de mouture (**Godon et Willem, 1998**).

Le blé dur est la matière de base après deuxième transformation à fabriquer les pâtes alimentaires et le couscous, il présente une importance nutritionnelle élevée (vitrosité de l'albumen, teneur élevée en protéines, ténacité du gluten après traitement), le mitadinage, provoque des effets néfastes notamment sur le rendement en semoule et sur la qualité des pâtes alimentaires.

Au cours des opérations de mouture, il conviendrait de rechercher à obtenir une production maximum de semoules aussi pures que possible avec un minimum de farine. Les semoules doivent, en outre, posséder des caractéristiques physicochimiques et organoleptiques qui répondent aux besoins de leurs utilisateurs (**Godon et Willem, 1998**).

La semoule, matière première des pâtes alimentaires et couscous doit répondre aux besoins des producteurs, si beaucoup de ses caractéristiques dépendent de celles des blés mis en œuvre, d'autres en revanche ne seront déterminées qu'au cours des différentes opérations de mouture.

Introduction

C'est pourquoi les meuniers doivent prendre en charge toutes les exigences relatives à la qualité de chaque type de produit fini, afin d'orienter les semoules produites au niveau des sasseurs vers les lignes de fabriques correspondants en fonction de la quantité et des caractéristiques physico-chimiques préconisées.

L'objectif principal de cette étude serait ainsi de déterminer la qualité des semoules de chaque passage de sassage, lesquelles sont ensuite sélectionnées, rassemblées puis dirigées vers une deuxième transformation à savoir la production des pâtes et couscous. car ces derniers ont des particularités représentatives notamment sur l'aspect granulométrie et le taux de protéine.

I - Généralité sur le grain de blé dur

I.1. Définition de blé dur

Le blé dur est une céréale qui fait partie de la famille des Graminées est qui constitue le fruit de la plante appelée caryopse (**Feillet, 2000**).

Le blé dur *Triticum Durum* se distingue du blé tendre par des caractéristiques génétiques, morphologiques et physiologiques, sur le plan technologique la structure vitreuse de son amande lui confère l'aptitude particulière à être transformé en semoule (**Abecassis, 1996**).

Le blé dur est caractérisé par une forme allongée avec une extrémité pointue, sans poils et d'une coloration jaune ambrée (**Godon Et William, 1998**).

I.2. Données économiques

A. Dans le monde

Environ 70% des surfaces ensemencées sont consacrées à la culture de céréales. Le blé est l'une des céréales parmi les plus consommés dans le monde (**Bourdeau et Menard, 1992**).

Les statistiques mondiales sont calculées par le conseil international des céréales, pour la campagne 2009-2010 – de juillet à juin – la production mondiale est de 636 millions de tonnes de blé, c'est-à-dire près de 100 kg par habitant. Pour l'ensemble de la population mondiale, la production globale de céréales au début des années 1990 montre bien la nature des changements intervenus, la chine vient au premier rang avec 19% de la production de blé ou plus pour 2007, l'union européenne à 27% est le premier producteur mondiale avec 143 million de tonnes en 2010 (**Anonyme, 2010**).

B. En. Algérie

Le régime alimentaire Algérien, comme celui des autres pays du Maghreb, est basé sur les céréales, principalement le blé dur, qui fournissent l'essentiel des apports énergétiques et protéiques (**Anonyme, 2006**).

Les importations Algériennes de blé tendre ont augmenté de 11,5% durant les quatre premiers mois de 2013, malgré une baisse de blé dur 7,3% des quantités importées, a-t-on appris auprès des Douanes.

Pour le blé dur, l'Algérie a importé durant les quatre premiers mois 2013 pour 3.5million tonnes, contre de 4.30 million tonnes la même période de 2012. (**Anonyme, 2013**).

I.3. Classification du grain du blé dur

I.3.1. Classification botanique

Tous les blés appartiennent au genre *Triticum* et la famille des graminées. Au point de vue botanique, les blés se classent en trois grands groupes, d'après leur nombre de chromosomes.

Les informations génétiques qui conditionnent les dimensions, la forme et la fonction de la cellule, chaque espèce vivante diffère des autres par les types et par le nombre de ses chromosomes, on appelle:

- blé diploïdes ceux qui possèdent deux séries de chromosomes (soit 14 au totale).
- blé tétraploïdes possède quatre série de 7 chromosomes (soit 28 au totale).
- Blé hexaploïdes en 6 série de 7 chromosomes (soit 42 au totale) (**Anonyme, 1976**).

I.3.2. Classification technologique des blés durs

On a établi avec le temps une variété de classification pour les blés, d'après leurs caractères agronomiques, physiques et leur destination finale. Ces classification sont devenues d'usage courant dans l'industrie céréalière et en voici les principales avec les critères qui leur ont servi de base :

- Dureté du grain : dur
- Vitrosité du grain : vitreux (dur et corné).
- Couleur de son : ambre.
- Epoque de semis : printemps ou hiver.
- Propriétés physiques : dépend de la quantité et la qualité du gluten
- Variété (**Anonyme, 1976**).

I.4. Morphologie du grain de blé dur

Le grain de blé est de forme ovoïde, plus ou moins allongée ; son examen révèle :

- Une face dorsale plus ou moins bombée
- Une face ventrale comportant un sillon profond
- A sa partie supérieure, de courts poils qui forment la brosse
- A sa partie inférieure, visible sur la face dorsale, le germe
- La couleur des blés varie du roux au blanc.

I.5. Structure de blé dur

L'examen histologique du grain de blé dur montre qu'il est constitué de trois parties qui sont de l'extérieur vers l'intérieur :

I.5.1. les enveloppes

Comprennent des couches superposées :

a)- Péricarpe : enveloppe de fruit et comprend lui-même trois couches :

- L'épicarpe.
- Mésocarpe.
- Endocarpe.

b)- Tégument séminal et la bande hyaline constitué l'enveloppe de la graine.

c) L'assise protéique est la première couche de la cellule de l'endosperme

(Calvel, 1984).

Les parties constituantes sont riches en matières minérales possèdent également une teneur en acide phythiques **(Boudreau, 1992).**

Les enveloppes contiennent enfin les pigments, qui donnent la couleur propre des graines et une partie importante des vitamines B1 et B2 **(Calvel, 1984).**

I.5.2. L'albumen

L'albumen vitreux chez le blé dur (ou amande farineuse) entouré par la couche à aleurone. Il est formé de granules d'amidon enchâssés dans le réseau d'un corps azoté le gluten **(Aykroyd et Doughty, 1970).**

Cet albumen renferme 3% de pentosanes avec un pourcentage élevé d'amidon environ 80%. Il est pauvre en minéraux et en vitamines hydrosolubles **(Adrian et al., 1995).**

I.6. Composition chimique et biochimique du grain de blé dur

I.6.1.L'amidon

Il se trouve dans l'endosperme sous forme de granules et servira au développement de l'embryon. L'amidon est constitué d'amylose et d'amylopectine (polymères de glucose liés en α 1,4 et en α 1,6).

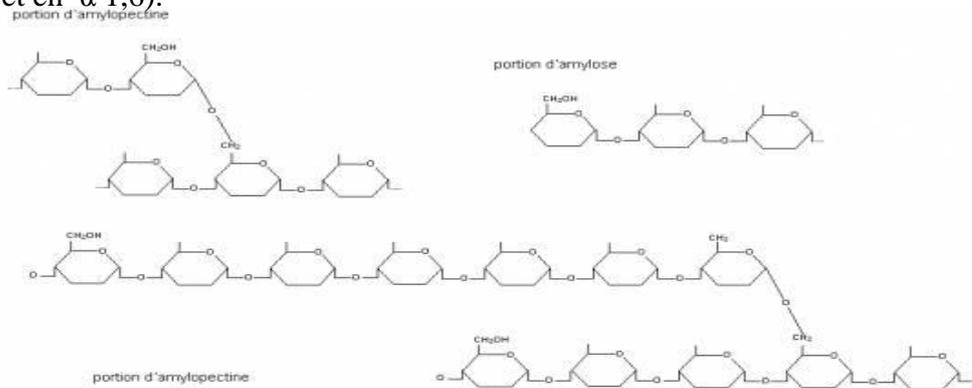


Figure I. 2 Structure de l'amylose et de l'amylopectine (calvel, 1984).

➤ **Propriétés de l'amidon**

- L'amidon est insoluble à froid.
- Il est possible de récupérer l'amylose et l'amylopectine en chauffant les granules d'amidon dans l'eau.
- Ces dernières éclatent et libèrent les polymères.

Tableau I. 1 Distribution histologique des principaux constituants du grain de blé.

	Grain	Péricarpe		Aleurone		Albumen		Germe	
	% G	%T	%G	%T	%G	%T	%G	%T	%G
Protéines	13.7	10	4.4	30	15.3	12.0	73.5	31	6.8
Lipides	2.7	0	0	9	23.6	2	62.9	12	13.5
Amidon	68.9	0	0	0	0	82	100	0	0
Sucres réducteurs	2.4	0	0	0	0	1.8	62.7	30	37.3
Pentosanes	7.4	43	35.1	46	43.8	1.6	18.3	7	2.9
Cellulose	2.8	40	87.1	3	7.6	0.1	3.1	2	2.2
Minéraux	1.9	7	22.6	12	43.6	0.5	22.6	6	9.7

%G= % du constituant dans le grain. %T=% du constituant dans le tissu. (Feillet, 2000)

I.6.2.Glucides

Les glucides sont les constituants les plus importants quantitativement puisqu'ils représentent environ 85% de la matière (**Calvel ,1984**).

Ils sont composés de sucres simples (mono, di et tri saccharides qui jouent un rôle dans levée de la pâte) et de sucres complexes (amidon, cellulose pentosanes).

I.6.3.Lipides

Famille de substance composant les matières grasses, dans lesquelles des acides gras et le glycérol sont les éléments prédominants (triglycérides) (**Adrian ,1995**).

Ils sont caractérisés par leur solubilité dans solvant organique, éther chloroforme ils laissent une tache translucide sur le papier (**Tremolier, 1984**).

Les lipides ou matières grasse sont présentent dans les grains de blé dur, en possèdent 2 environ, ces lipides sont riches en acides gras insaturés comme montre le tableau n°= I.2.

Tableau I. 2 Composition en acides gras des lipides de blé :(exprimé en pourcentage).

Espèces	Acide palmitique C 16 (saturé)	Acide oléique C18 : (insaturé 01 de doubles liaisons)	Acide linoléique C18 :: (insaturé à double liaison)	Acides linoléique :: (Insaturé à 3 doubles liaisons)
Blé	18	15	63	4

(**Godon, 1991**)

Les 2/3 de ces lipides sont extractibles par l'éther : on les appelle des lipides libres par opposition aux lipides liés aux autres constituants protéiques ou glucidiques. (**Godon, 1991**).

I.6.4.Les protéines

Chaîne constituée d'acides aminés de nature différente liée entre eux de façon linéaire par les liaisons peptidique et placés dans une séquence parfaitement définie par le code génétique (**Adrian et al ,1995**).

Dans les grains de céréales les protides sont représentés essentiellement par les protéines. Le grain de blé contient (14. 5±1%) de protéine (**Godon et al ,1991**).

Tableau I. 3 Composition des protéines des grains de blé : exprimés en pourcentage de matières sèches.

espaces	albumines	Globulines	prolamines	glutelines
blé	5 -10	5-10	40-50 (gliadine)	30-40 gluténine)

(Godon, Willam, 1990)

L'endosperme contient 11 à 12% de protéines. 85 % de ces protéines sont du gluten.

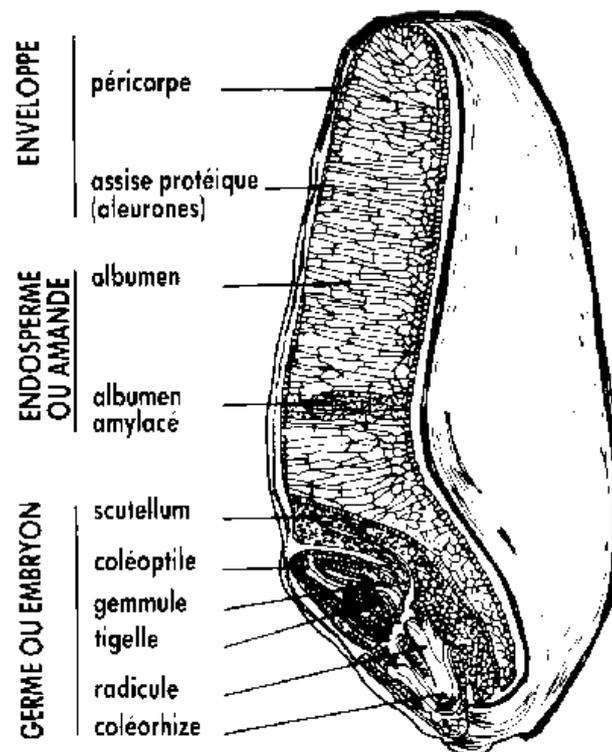


Figure I.3 Schéma de coupe longitudinale d'un grain de blé dur. (**Bure, 1979**).

1.6.4.1. Le gluten

Le gluten est un réseau viscoélastique obtenu par lixiviation sous eau salée de la mouture du blé tendre ou de blé dur hydraté et malaxée. Il est principalement constitué de protéine (75 à 85 %MS selon les conditions de fabrication), (**feillet, 2000**)

Les constituants protéiques majeurs du gluten sont les gliadines et les glutenines a part a peu pré égales. De faibles proportions d'albumines et de globulines sont aussi présentes.

Les divers constituants sont liés entre eux pour donner un réseau très tenace. Mais doué d'une grande élasticité (**Godon.1991**)

L'élasticité est due à la structure en réseau très des protéines spécifique de la farine ou semoule de blé qui au cours du pétrissage. Donnent des ponts dis sulfures S-S intermoléculaire.

Les propriétés rhéologiques et viscoélastiques du gluten sont dues à deux groupes de facteurs ;

- ✓ La qualité et la quantité des composés protéiques du complexe glutenique (solubilité, compositions en acides aminés, structure ...).
- ✓ Les interactions (pont disulfures et hydrogène, interactions électrostatiques et hydrophobes) entre les fractions présentes dans le complexe du gluten.

1.6.4.1.1. Les gliadines

- ✓ Représente 45 % du gluten.
- ✓ Insoluble dans l'eau et les solutions salines.
- ✓ Soluble en milieu légèrement acide ou alcalin.
- ✓ Soluble en solution alcool 50 – 70 %.

1.6.4.1.2. Les gluténines

- ✓ Poids moléculaire élevé.
- ✓ Insoluble dans l'eau.
- ✓ Soluble en milieu légèrement alcalin,
- ✓ Présence de ponts disulfures.

I.6.5. Matières minérales ou cendres

Le grain du blé peut être plus en moins riche en matières minérales selon le sol ou il a poussé, sa fumure et même les conditions climatiques, la récolte et l'année

En Outre, les diverses variétés de blé ont des richesses minérales variables selon leur propre nature. (Kiger, 1967).

- Elles sont représentées à raison de 2à3% de la substance humide du grain (Godon et al 1984).

Tableau I. 4 Répartition des sels minéraux dans le grain du blé.

Partie du grain de blé	Pourcentage des cendres %
Grain entier	1,5
Germe	16
Couche à aleurone	5
Téguments	3

(Cheftal et al ,1985)

I.6.6. Les vitamines

Substance biochimique indispensable aux mécanismes vitaux de l'organisme et que celui-ci ne peut synthétiser.

Diverses vitamines surtout du groupe B (B1, B2, B6) sont présentes dans les grains mais à des concentrations beaucoup plus faible que dans les organes végétatifs ou les

Fruits .le germe présente une richesse plus élevée surtout en vitamines E et B. (Godon et al ,1984).

Tableau I. 5 Teneur en vitamines dans le blé en (mg/100gr) : exprimés en pourcentage de matière sèche.

espèces	Thiamine vitamineB1	Vitamine B ₂ riboflavine	Vitamine pp niacine	Acido- pantothénique	Pyridoxine	Vitamine E tocophérol
Blé	0.52	0.12	6.00	0.35	0.50	2.0

(Godon, 1998)

I.6.7. Les enzymes

Se sont des catalyseurs biologiques de nature protéiques qui permettent aux réactions chimiques nécessaires à la vie et à la multiplication cellulaire de s'effectuer à des vitesses élevées. Ils agissent en faible quantité et ne peuvent catalyser un seul type de réaction avec un seul type de substrat. Il existe des endo ou exo enzymes.

Dans le grain on trouve la beta amylase et l'alpha amylase on retrouve aussi :

- Des protéases
- Des lipases
- Des lipoxydases

I.6.8. L'eau

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.

I.6.9. 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**).

I.7. Qualité des blés durs

Selon les normes internationale ISO8402 (la qualité comprend l'ensemble des propriétés caractéristiques d'un service ou un produit qui lui confère l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés ou implicites).

Dans le cas des blés la notion de qualité est assez variée et peut recouvrir plusieurs aspects : agronomiques, réglementaire, alimentaire technologiques...etc.

Ces aspects sont fonction de l'étape concernée (production, stockage, transformation. **(Rousset et Autran, 1979)**).

I.7.1. Qualité agronomique

La qualité de la récolte est un élément primordial de la rentabilité qui joue sur la facilité de l'écoulement et le prix réellement payé. il est indispensable, pour l'agriculteur, d'obtenir un bon rendement avec une qualité acceptable de façon à rentabiliser sa culture d'où son choix des variétés à cultiver, est donc essentiel :

Ces cultivars doivent être performants, adaptés aux conditions du milieu, de qualité technologique conforme aux besoins de l'industrie **(Gringnare, 1979)**.

I.7.2. Qualité réglementaire

Elle est définie 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 animal. **(Feillet, 2000)**.

I.7.3. Qualité alimentaire

Elle a trois aspects distincts relatifs : Ces cultivars doivent être performants, adaptés aux conditions du milieu, de qualité technologique conforme aux besoins de l'industrie **(Gringnare, 1979)**.

I.7.3.1. Qualité organoleptique (sensorielle)

La composante organoleptique de la qualité est très importante, mais subjective dans le temps, dans l'espace et selon les individus.

A l'échelle industrielle, cette qualité est bonne quand elle satisfait la plupart des consommateurs à un moment donné, dans les industries de cuisson, les techniques de

l'analyse sensorielle sont également utilisées par les boulangers pour la caractérisation des pâtes aux cours des procédés d'élaboration.

I.7.3.2. Qualité nutritionnelle

C'est l'aptitude du produit à bien nourrir (l'homme ou l'animal), elle est avant tout fonction de la composition en nutriments, on peut y distinguer deux aspects :

- **Un aspect quantitatif** : c'est l'énergie stockée sous forme chimique apportée par l'aliment à l'organisme.
- **Un aspect qualitatif** : c'est la recherche de l'équilibre nutritionnel de l'aliment au regard des besoins du consommateur.

L'évaluation de la valeur nutritionnelle peut être effectuée par deux méthodes :

- Le dosage biochimique des éléments nutritifs.
- Les tests biologiques : ils se basent sur le contrôle de la croissance des animaux durant une période donnée dans des conditions bien déterminées (**Fourar, 1994**).

I.7.3.3. Qualité hygiénique ou sanitaire

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

- L'état sanitaire général d'un lot de grain 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, PHL ou poids de 1000 grain, température, propriétés (grain cassés, graines étrangères).
- Masse volumique ; cela correspond assez bien aux propriétés retenues pour le classement des grains dits « sains, loyaux et marchands » tel qu'on le pratique dans différents pays (agréage).
- L'état biochimique : niveau d'activité enzymatique, amylasique en particulier.
- En fin la qualité du grain. (**Multon, 1982**).

I.7.4. Qualité technologique

Appelée encore qualité industrielle, elle rend compte de la valeur d'utilisation réelle des produits, Elle intéresse en particulier les sélectionneurs, les utilisateurs (semouliers, pastière) et les consommateurs.

Les utilisateurs de blé dur désirent obtenir, un rendement élevé en semoule, des pâtes alimentaires résistantes aux chocs, fermes après la cuisson, à gout 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, et puisque notre pays est connu par le plat traditionnel qui est « le couscous », on va définir la valeur couscoussière. **(Gringnac, 1976)**

- **Valeur semoulière**

Elle correspond à l'aptitude d'un lot de blé dur à donner un rendement élevé en semoules de pureté déterminée.

La valeur semoulière dépend de trois groupes de facteurs sont :

- Les conditions de culture et de récolte.
- La nature des variétés.
- La richesse en matière minérales.

- **Valeur pastière**

La valeur pastière regroupe deux notions d'une part l'aptitude des semoules à être transformées en pâtes alimentaires (facilité de malaxage, de tréfilage et de séchage) et d'autre part la qualité des produits finis, le premier aspect ne doit pas être mésestimé.

- **Valeur couscoussière**

On peut définir une bonne valeur couscoussière comme la possibilité pour une semoule de donner un couscous de granulométrie régulière et homogène.

A l'état sec, il doit être de couleur jaune ambré, possédant une capacité d'absorption d'eau suffisante et après cuisson, ces granules doivent rester bien individualiser sans se déliter ni coller entre eux.

Le simple énoncé de cette définition donne déjà une idée sur la multiplicité et la complexité des facteurs qui interviennent dans la qualité couscoussière.

I.8. Stockage du blé dur

Le stockage du blé dans un silo, qui est un système écologique constitué d'organismes vivants (grain de blé et microflore ainsi que, éventuellement, des insectes, des rongeurs), Placés dans un environnement physicochimique caractérisé par sa température, son humidité et sa teneur en oxygène. C'est un biotope artificiellement créé par l'homme dont l'équilibre instable peut être rapidement détruit par des agressions d'ordre abiotique (facteur du milieu) et biotique (facteur biologique).

II.1. Réception de la matière première

L'approvisionnement en matière première (blé dur) dans une semoulerie se fait généralement au moyen de camions, qui dès leur arrivée 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.

II.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 ou l'on peut examiner le passage des quantités livrées.
- 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**).

II.3. Le nettoyage

Le nettoyage constitue une opération primordiale en semoulerie qui doit être réalisée avec efficacité, et donc nécessite la mise en œuvre d'un nombre de machines.

Rappelons quels sont les principaux objectifs du nettoyage :

- Enlever toutes les pierres de manière à éviter la présence de débris minéraux dans la semoule.

- Eliminer les grains toxiques nuisibles.
- Enlever les insectes et les fragments d'insectes.
- Réduire le nombre de contaminants microbiens.
- Eliminer, enfin, tout produit autre que les grains .pour atteindre ces objectifs et éliminer les impuretés.
- Différences existant entre le grain de blé dur (taille, forme, densité) et les impuretés (**Godon ,1998**).

Tableau II. 1 Etapes de séparation utilisées pour 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	Propriétés aérodynamique	Poussière
03	Epierrage	Épierreur	Densité	Pierre
04	Triage	Trieur	longueur	Graine longue, ronde ou hélicoïdal
05	calibrage	Table densimétrique	Densité	Impuretés légères et lourdes
06	Séparation de l'ergot	Toboggan	Vitesse, Surface et forme	Blés cassés et nielle

(Abecassis, 1991).

II.3.1. Les équipements de nettoyage

Classent les produits en fonction de leur taille et de leur forme ; ils sont à tôles perforées, à cylindres ou à disques alvéolés et procèdent par élimination des impuretés ou extraction des bons grains.

II.3.1.1. Les nettoyeurs séparateurs aspirateur (SNA)

Le lot de blé passe sur des grilles (ou tôles perforées) dont les ouvertures retiennent les plus volumineux des produits étrangers (brins de paille, grains de maïs) et laissent passer blés et petites impuretés ; ces dernières (graines de colza) sont éliminées lors d'un deuxième passage sur des grilles dont les ouvertures retiennent les blés bien venus et les autres produits de dimension et de forme identiques.

II.3.1.2. Les trieurs

Les produits sont séparés sur la base de leur plus grande dimension on utilise à cet effet des appareils à alvéoles ; cylindre rotatif intérieurement au sein duquel transitent les produits.

Disque alvéolé sur ses deux faces et tournant à l'intérieur de la masse de grain (trieur carter). Les produits de plus grandes dimensions que les alvéoles retombent dans la masse de grains lorsque les alvéoles se trouvent en position supérieure et avancent vers l'extrémité de la machine. On sépare ainsi les blés des grains longs (avoine) ou rondes (vesce) (**Feillet, 2000**).

II.3.1.3.le trieur hélicoïdal (Toboggans)

Assurent la séparation des produits en fonction de leur masse, le lot à nettoyer descend par gravité une rampe hélicoïdale : ces composants sont soumises à la force centrifugée, les produits les plus lourds sont entraînés vers la périphérie, on sépare ainsi les blés cassés et nielle (**Feillet, 2000**).

II.3.1.4.Les triages colorimétrique

Couteux n'est utilisé que dans des cas très particuliers, il permet de : Séparer les blés sains des blés brûlés ou ergotés et des graines étrangères qui présentent une coloration foncée (**Feillet, 2000**).

II.3.1.5. La table densimétrique

Les grains sont soumis à une aspiration d'air tout en étant entraînés par un mouvement de va et vient le long d'une table vibratoire et inclinée.

Les produits se répartissent en plusieurs couches :

- les plus légers se rassemblent dans la couche supérieure.
- les plus lourdes (pierre par exemple) restent au contact avec la couche inférieure et remontent par un effet dit de chasse.
- les blés les plus propres sont récupérés à l'une des extrémités de la table (**feillet, 2000**).

II.3.1.6. L'épierreur

Qui élimine les pierres par densités (louis, 1998).

II.3.1.7. Les époinçuses

Qui projettent les grains contre des grilles métalliques, assurant l'élimination des impuretés adhérent à la surface des blés et partiellement, de celles enfouies à l'intérieur du sillon. Peut être éliminée au cours de ces traitements par effet de choc (grains contre grains, grain contre parti métallique ou abrasives).

Ces machines contribuent par ailleurs efficacement à la diminution de la flore bactérienne contaminants (feillet, 2000).

II.3.1.8. Séparateur magnétique ou aimant

L'aimant a pour but d'enlever les particules métalliques existants dans un lot de blé, généralement l'aimant est placé à la sortie du séparateur nettoyeur aspirateur, le blé passe directement au niveau d'un appareil qu'on appelle aimant qui permet de débarrasser le blé de toutes les particules métalliques. Il existe deux types d'aimant :

L'un fixe et l'autre électro-aimant, mais au niveau du moulin en utilisant toujours l'aimant permanent. Celui-ci est placé sous l'alimentation du blé et cet aimant ne peut être débarrassé des particules métalliques retenues que lorsque la section de nettoyage est à l'arrêt. Mais on peut toujours utiliser une brosse qui permet de racler en permanence l'aimant des particules qui y sont retenues pour les évacuer vers un petit boîtier situé à l'extérieur de l'aimant (feillet, 2000).

II.3.1.9. Le tarare

La séparation entre les impuretés très légères qui seront entraînées par l'air d'aspiration et les impuretés plus ou moins lourdes par une décantation.

Le blé sort du séparateur, tombe dans la caisse (cuve) d'alimentation du tarare où il est accumulé, ce qui empêche l'entrée par deux ressorts d'alimentation. Quand l'air traverse le produit, il soulève les particules les plus légères vers la sortie.

Les déchets légers sont emportés par l'air dans la conduite d'aspiration vers l'extérieur, tandis que les déchets lourds tombent dans la chambre de décantation.

II.3.1.10. Trieuse de couleur de grain (bleu 5)

C'est un équipement moderne Dans le domaine de nettoyage du blé, Et est d'une grande importance et Elle contribue à élever la qualité de la semoule de produits, Et faciliter le travail des autres dispositifs de nettoyage, En cas de panne dans un équipement de nettoyage du blé, Peut faire le travail seul.

Cet équipement élimine tous les grains colorés (mouchetés, mitadinés, échaudés, colorés du germe.....) mais dans l'unité semoulerie de Sidi Brahim cet appareil réglé nettoies les grains colorés noires sitôt pour buts économiques et développement la qualité du produit.

II.4. Le conditionnement (temps de repos)

Son objectif est de modifier l'état physique des grains de manière à permette la meilleure séparation possible à la cour de la mouture entre l'albumen amylicé d'une part et les enveloppes la couche à aleurone et le germe d'autre part.

Le procédé de la mouture repose sur le principe de l'existence de différences d'élasticité, de friabilité entre les parties périphériques du grain et l'amande, cette opération comprend deux étapes :

- 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 (**Godon, 1998**).
- La mouture des grains sera bien ou mal conduit selon le degré d'humidité du blé à la mouture du grain et selon la répartition de l'eau de cette humidité entre les différentes parties du grain. si le blé est trop sec l'amande résistera à la mouture alors que l'enveloppe aura tendance à se briser facilement.

Dans ce cas les appareils cylindres consomment beaucoup d'énergie, et la semoule sera contaminée par de nombreuses piqures de son, à l'opposé si le grain est trop humide, la séparation des enveloppes sera difficile (enveloppe collantes) et les différents produit des passages de mouture seront humide et collants, rendant le blutage plus délicat. La meilleure mouture s'obtiendra donc avec une humidité de blé au B₁ égale à 16.5% (**Feillet ,2000**).

La durée de repos varie en fonction de :

- la variété du blé
- la vitrosité
- le degré de siccité
- l'humidité finale désirée pour la semoule

II.5. Le 2^{ème} nettoyage avant broyage

Avant conditionnement le (B₁) subir un 2^{ème} nettoyage pour éliminer les chutes (les enveloppes) qui reste dans le 1^{er} nettoyage (**Buhler ,2000**).

II.6. La mouture

La première transformation de blé dur par le procédé de mouture nous donnera la semoule comme un produit fini. La semoule obtenue pour répondre aux besoins des utilisateurs ultérieurs, doit posséder tout un ensemble des propriétés physico-chimiques. Si beaucoup de ces caractéristiques dépendent de celles des blés min en œuvre, d'autre en revanche ne seront déterminées qu'au cours des différentes opérations de la mouture.

C'est notamment le cas de la granulométrie qui de ce fait va exercer une grande influence à la fois sur la définition du diagramme de la mouture et le réglage des appareils. Si bien que selon qu'il s'agira de produit des grosses semoules (pour la vente en état) ou bien des semoules moyennes (pour le couscous) et fines (destiner à la fabrication des pâtes alimentaires) des diagrammes de mouture et des réglages sensiblement différents devront être utilisés. (**Godon Et Willm, 1998**).

Donc il existe plusieurs diagrammes de la mouture variantes, dont la mouture comprend dans l'ordre les étapes suivantes :

II.6.1. Le broyage

Le broyage constitue une étape déterminante de la mouture de blé dur. Il a pour fonction de séparer des enveloppes. Il est réalisé par des paires de cylindres cannelés, l'espacement entre eux est d'une extrême précision et dont chaque passage est désigné par un numéro l'identifiant (B₁, B₂, B₃, etc.....), Le nombre de passage doit être augmenté d'une ou deux unités, en pratique il n'est jamais inférieur à 6, toujours pour limiter au minimum la production de produits fins et produire le maximum de semoule (**Godon et Willm, 1998**).

II.6.2. La réduction «Le traitement des grosses semoules»

Les grosses semoules « >500 μ » provenant de la tête de broyage. Représente une quantité très importante, égale à environ 50% de la masse de blé de départ, le traitement à faire subir à ces produits, varie en fonction des caractéristiques que devront posséder les produits finis, trois cas sont à envisager :

- La production des semoules en l'état d'extraire la totalité de semoules pures produites au cours de broyage
- La production exclusive de semoules pour les pâtes alimentaires ; la réduction de ces semoules va être effectuée par des appareils à cylindres finement cannelés, appelés réducteurs (R) qui auront pour fonction de faire passer le produit juste au travers d'un tamis de 500 μ d'ouverture de mailles (**Godon et Willm, 1998**).

II.6.3. Le blutage «Tamisage»

Le blutage consiste à classer les produits de mouture (grosses semoules, moyennes semoules, fines semoules). Ce classement est réalisé par une série de machines appelés plansichters de séries de tamis renfermés dans des compartiments, chaque compartiment relié individuellement et directement à chaque opération réalisée par chacun des appareils à cylindres. Chaque plansichter est identifié par une appellation telle que (Pl₁B₂, Pl₁B₃, Pl₁C₁, Pl₁D₁, etc.....) (**Godon Et Willm, 1998**).

II.6.3.1. Plansichter

Pour le tamisage des produits de broyage, ainsi que pour le classement des différents produits granuleux. Le plansichter est composé de 8 compartiments avec 22 à 30 tamis par compartiment avec une performance de tamisage élevée grâce aux tamis Nova avec cadres métalliques interchangeables et nettoyage combinés.

(**Belhasnat, 2001**)

II.6.3.2. La division «Classement des semoules»

La majorité des grosses semoules (celle qui n'ont été extraites) rejoignent après réduction les moyennes et les fines semoules de broyage. Ces semoules vont être classées en fonction de leur taille dans les plansichters. Cette opération de blutage que l'on appelle division a pour fonction de subdiviser le mélange de semoules en des classes de granulométrie homogène avant qu'elles ne soient traitées par les sasseurs. Ces derniers, en effet, ne peuvent fonctionner convenablement que s'ils sont alimentés par des produits de granulométrie aussi voisine que possible.

D'une manière générale, on peut diviser les semoules moyennes «250-500 μ » en deux ou trois classes et les semoules fines «125-250 μ » en deux classes.

Quel que soit le nombre de division, il est très important de s'assurer que le blutage complet des produits soit atteint (**Godon et Willm, 1998**).

II.6.4. le sassage

Le sassage assure également la séparation des produits de moutures : les produits sont maintenus en suspension par un courant d'air ascendant au dessus du tamis dont la largeur de maille diminue au fur a mesure de la progression des produits, celle-ci étant assurée par l'inclinaison et le mouvement de va et vient des tamis. La ségrégation des produits repose sur leurs différences de densité et de propriété aérodynamiques.

Les particules d'albums amylicés, plus denses que celles d'enveloppe, retombent plus rapidement sur les tamis et sont extraites en premier (**Feillet ,2000**).

Les semoules les plus pures sont les plus lourde et passent les première, celles que moyennent vêtues sont moins lourdes, elles passent ensuite, les plus vêtues enfin n'arrivent pas à traverser et sont refusées par le tamis de sasseurs (**Feillet ,2000**).

II.6.4.1. Appareil de Sasseur

II.6.4.1.1. Utilisation

Pour le nettoyage et le triage des semoules et des finots dans les moulins à blé dur. Débit élevé avec trois étages de tamis, possibilité de retendre les tamis métallique avec nettoyage à brosses, également disponible en machine compacte à deux étages. (**Belhasnat, 2001**).

II.6.5. Le désagrèage «Le traitement des semoules vêtues»

Les produits sont classés en fonction de leur densité et de leur forme au cours du sassage afin d'extraire les particules d'amande pure. Les semoules qui ne sont pas acceptées comme produits fini en raison de leur pureté insuffisante sont appelées «semoules vêtues» ou «refus». Ces produits sont constitués à la fois d'une partie d'amande et d'une autre d'enveloppe. Si la quantité d'amande prédomine on parle de semoule vêtue, si c'est l'inverse il s'agira de refus. Dans tous les cas ils devront subir l'action des désagrèeurs avant d'être tamisés et sassés à nouveau pour fournir à leur tour des semoules pures.

Les désagrégeurs sont des appareils à cylindres munis de très fines cannelures «8 à 12 cannelures /cm» qui ont pour but, en rebroyant les semoules vêtues, d'enlever le fragment de son restant adhérent à l'amande (**Godon et Willm, 1998**).

Il convient pour désagréger le produit sans l'abimer, ainsi que les plaquettes de produits moulus qui se forment dans les passages de convertissage à cause de la pression des cylindres (**Belhasnat, 2001**).

II.6.6. Le convertissage «le passage d'épuisement»

Le convertissage (comme la réduction de sons) est une opération secondaire en semoulerie. Elle a pour fonction de récupérer des farines basses à partir des produits résiduels contenant encore des traces d'amande mais qui ne peuvent plus donner de semoules. Ce sont les seuls appareils qui en semoulerie peuvent être munis de cylindres lisses. En générale deux passages suffisent pour cette opération. (**Godon et Willm, 1998**).

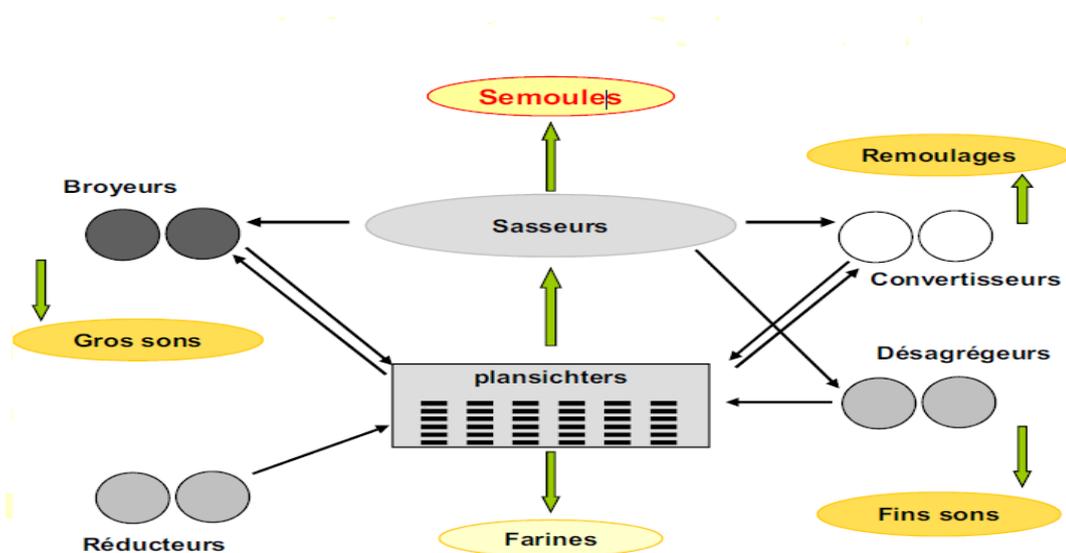


Figure II. 1 Principe de la mouture de blé dur. (**Feillet, 2000**).

II.7. le 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 scellés, et ils doivent préserver les qualités hygiéniques, nutritionnelles, technologiques et organoleptiques du produit (**Boudreau et Menard, 1992**).

III - La semoule

III.1. Définition de la semoule de blé dur

La semoule au latin « SIMILA » est un produit alimentaire plus au moins granuleux de couleur jaune ambré, extrait exclusivement des blés durs par une mouture industrielle spéciale dite de "semoulerie" suivant qu'elle provient du centre ou de la périphérie de l'amande, les semoules ont des différences de composition chimique (matières azotées, cendres), la semoule résulte de la fragmentation de l'amande.

- En fait il n'existe pas un seul mais de nombreux types de semoules qui sont définis en plusieurs catégories selon différents paramètres, tel que le taux de cendre, le taux d'humidité, la granulométrie des semoules. (Godon, 1998).

- La DLUO (durée limite d'utilisation optimale) des semoules est de six mois à partir de la date de fabrication

III.1.1. définition de la semoule selon la réglementation algérienne

La semoule de blé dur est le produit obtenu à partir de blé dur nettoyé et industriellement pur (Anonyme, 2007).

- Les semoules de blé dur mises à la consommation sont classées comme suit :
 - Semoule courante de blé dur.
 - Semoule extra de blé dur.

Outre les caractéristiques fixées ci-dessous, la semoule de blé dur doit présenter les caractéristiques spécifique de blé dur « *triticum durum* ».

Tableau III. 1 La spécification technique des semoules de blé dur mises à la consommation.

destination des produite	taux de cendres rapportes à la matière sèche	taux d'acidité exprimés en acide sulfurique	Taux d'humidité maximum	Les ouvertures de maille
Semoule courante	<1,3 %	<0,08 MS	14,5%	905 µm- 450 µm
Semoule extra	<1%	<0,065 MS	14,5%	1220 µm - 450µm

Fait à Alger le 16 Dhou El Hidja 1428 correspondant ou 25-12-2007

III.2. Classification

Les semoules sont classées selon leur granulation et leur pureté en deux types :

- **Semoule grosses** : (SG) 900µm à 1100µm destinées à des usages domestiques.
- **Semoules moyennes** :(SGM) 500 µm à 900 µm destinées à la fabrication de couscous.
- **Semoule sassées super extra** : (SSSE) 190µm à 550 µm destinées à la fabrication des pâtes alimentaires.
- **Semoule sasse super fines** :(SSSF) de 140µm à 190µm ces semoules proviennent des couches périphérique du grain, la législation des années précédents permettait leur incorporation à 10% dans la farine panifiable, mais à partir de janvier 1993, cet incorporation est interdite (**Boukhemia, 2003**).

III.3. Composition chimique et biochimique de la semoule

III.3.1. Constituant biochimique

La composition des semoules varie avec la nature du blé traité est suivant la qualité physico-chimique des semoules.

Tableau III. 2 Composition chimique et biochimique de la semoule.

Constituant biochimique	Pourcentage (%)
Eau	14.5
Amidon	75
Lipides	1 – 1.5
Protéine	11 – 13
Sucres simples	1 – 2
Matières minérales	0.8 - 1.1
Cellulose	0.20 – 4.5
Teneur en pigments caroténoïdes	4 -8

(Anonyme, 2005)

III.3.2. Les enzymes

Les enzymes, on distingue les lipoxygénases, responsables de la destruction des pigments par oxydation au cours de la pastification les peroxydases et les polyphénoloxydases, responsables du brunissement des pâtes au cours du malaxage, et les amylases, responsables de la synthèse de sucre réduits (maltose) susceptibles de développer, sous certaines conditions une couleur rouge et un goût caramélisé par suite de réactions de maillard (**Céline Bossu, 2005**).

III.3.3. Les vitamines

Dans la semoule, les vitamines sont en quantité relativement faibles. La seule vitamine liposoluble présente est la vitamine E (tocophérol) qui se localise dans le germe, les autres sont éliminées au cours de la mouture (**Mariche, 2000**).

Tableau III. 3. Composition de la semoule en vitamine (mg/100g) de MS.

Vitamine	Teneur (mg/100g ms)
Thiamine (B1)	0.15
Riboflavine (B2)	0.05
Nicotinamide (pp)	1.5

(**Boukhadache, 1991**)

III.4. Caractéristiques organoleptique de la semoule

III.4.1. La couleur

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

III.4.2. L'odeur

L'odeur doit être fraîche et se rapproche de celle du blé récolé, mais parfois les semoules présentent une odeur acide et un goût de rance, suite à l'altération

et L'oxydation des lipides due à une conservation dans des mauvaises conditions (mauvaise conservation) (**Godon, 1998**).

III.4.3. La saveur

La saveur est agréable et identique, à celle du pain de couleur et sain, elle peut être modifiée altérée toujours par une mauvaise conservation (**Godon, 1991**).

III.4.4. Granulation

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 artisanal (**Godon et William 1998**).

III.4.5. La pureté des semoules

III.4.5.1. L'aspect

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

➤ Les 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 ergotés (ce qui très rare) ou des grains étrangères fortement colorées (**Feillet ,2000**).

➤ Les piqures blanches

On les trouve dans des semoules provenant de blé dur mitadiné (amande farineuse).

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

➤ Le nettoyage du blé.

- Le conditionnement et la mouture.
- Le 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 lipoxygénases 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).

III.5. Le rendement en semoule

D'après Soltner (1990), le rendement en semoule dépend de la variété, des conditions de culture (fumure surtout) et de maturation. Plusieurs dommages peuvent l'amoinrir;

- a- **Le mitadinage** ; est la présence, dans la masse cornée de l'albumen, de taches plus ou moins étendues d'amidon farineux. Ces zones farineuses sont visibles soit de l'extérieur, soit à la coupe du gain. Le mitadinage diminue le rendement en semoule et provoque des points blanchâtres sur les pâtes. La fumure azotée tardive, à la montaison, limite cet accident.
- b- **La moucheture** ; est une tache brune des enveloppes, au niveau du germe ou du sillon, causée par des champignons (*Fusarium*, *Alternaria*...). Ces derniers se développent surtout sur les épis versés ou par certains parasites (Thrips). Les grains mouchetés donnent aux semoules une teinte grise.
- c- **La germination sur pied** ; diminue le rendement en semoule et nuit la conservation. Très rare sur les variétés de blé tendre, cet accident est fréquent chez le blé dur.
- d- **L'échaudage** ; diminue le rendement en semoule.
- e- **La cassure des grains** ; plus fréquente chez le blé dur que chez le blé tendre, en exposant l'intérieur du grain à la poussière, provoque des points noirs dans les semoules.

III.6. les conditions de Conservation de la semoule

Une mauvaise condition du milieu peut modifier la qualité technologique de la semoule qui ne doit être conservé dans des sacs ou bien dans des cellules.

- Les facteurs principaux de la détérioration des semoules sont :

- ✓ L'humidité.
- ✓ La température

L'élévation de cette dernière peut être la principale cause d'altération des semoules suite à leur attaque par les moisissures et le développement des micro-organismes et des parasites, d'autre part l'élévation de l'humidité provoque l'augmentation de l'acidité par l'hydrolyse des lipides suite à une libération d'acide gras et développement d'une odeur rance, et gout amer (**Godon, 1998**).

Tous les produits de moutures nécessitent des précautions importante, l'air d'entreposage doit être sec (présence de ventilateurs), le produit ne doit pas être en contact avec le sol, mais déposé sur des palettes ou rangé sur des étagères propres, les produits doivent être placés à moins de 45 cm des murs pour permettre leur inspection, il faut appliquer de bonnes méthodes de contrôle afin de protéger les produits contre les insectes, les rongeurs et les oiseaux.

Ainsi qu'il faut éviter de stocker des produits odorants (essence, désinfectant) avec la semoule. (**Boudreau, 1992**).

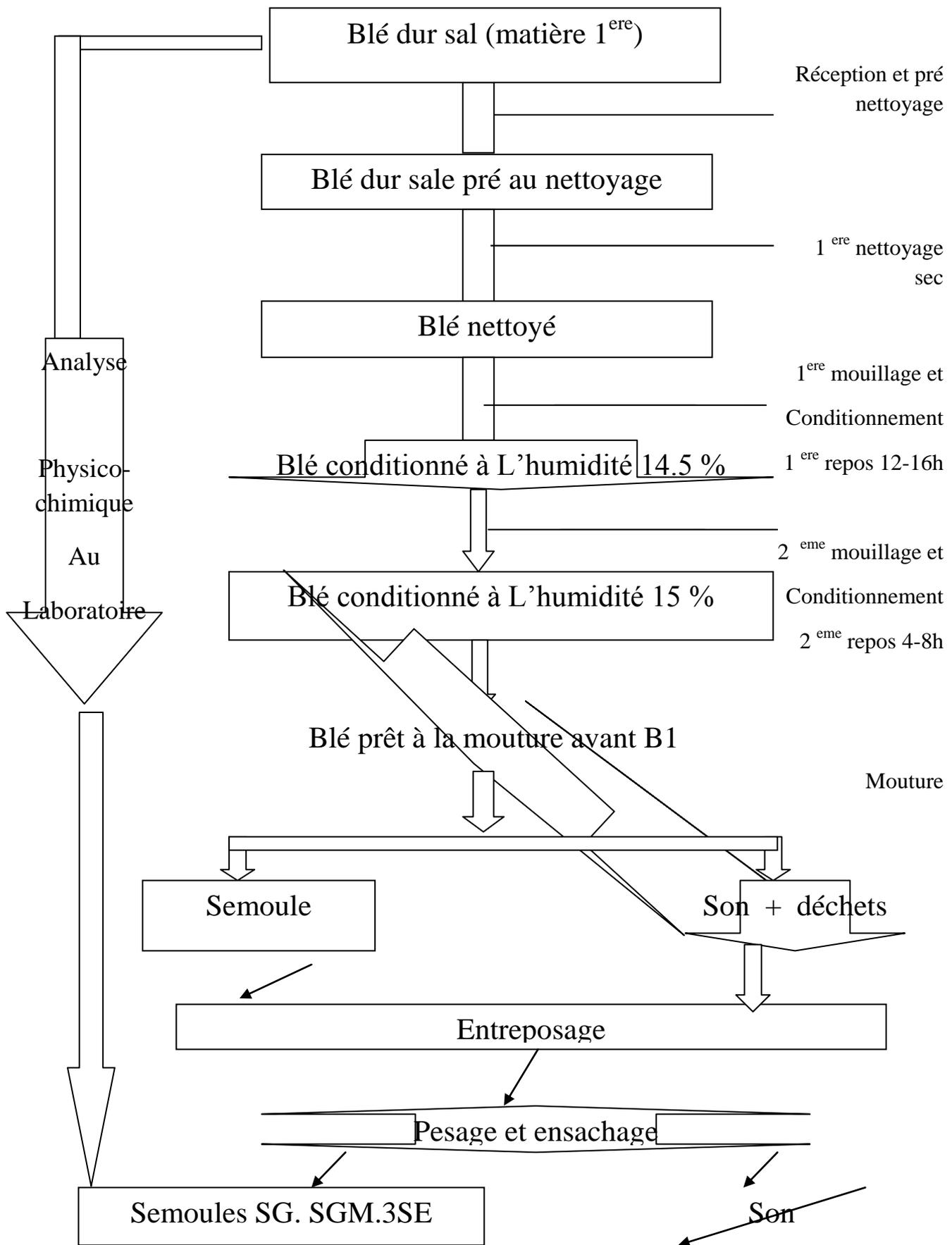


Figure IV. 1: cycle de production de la semoulerie « SIM »

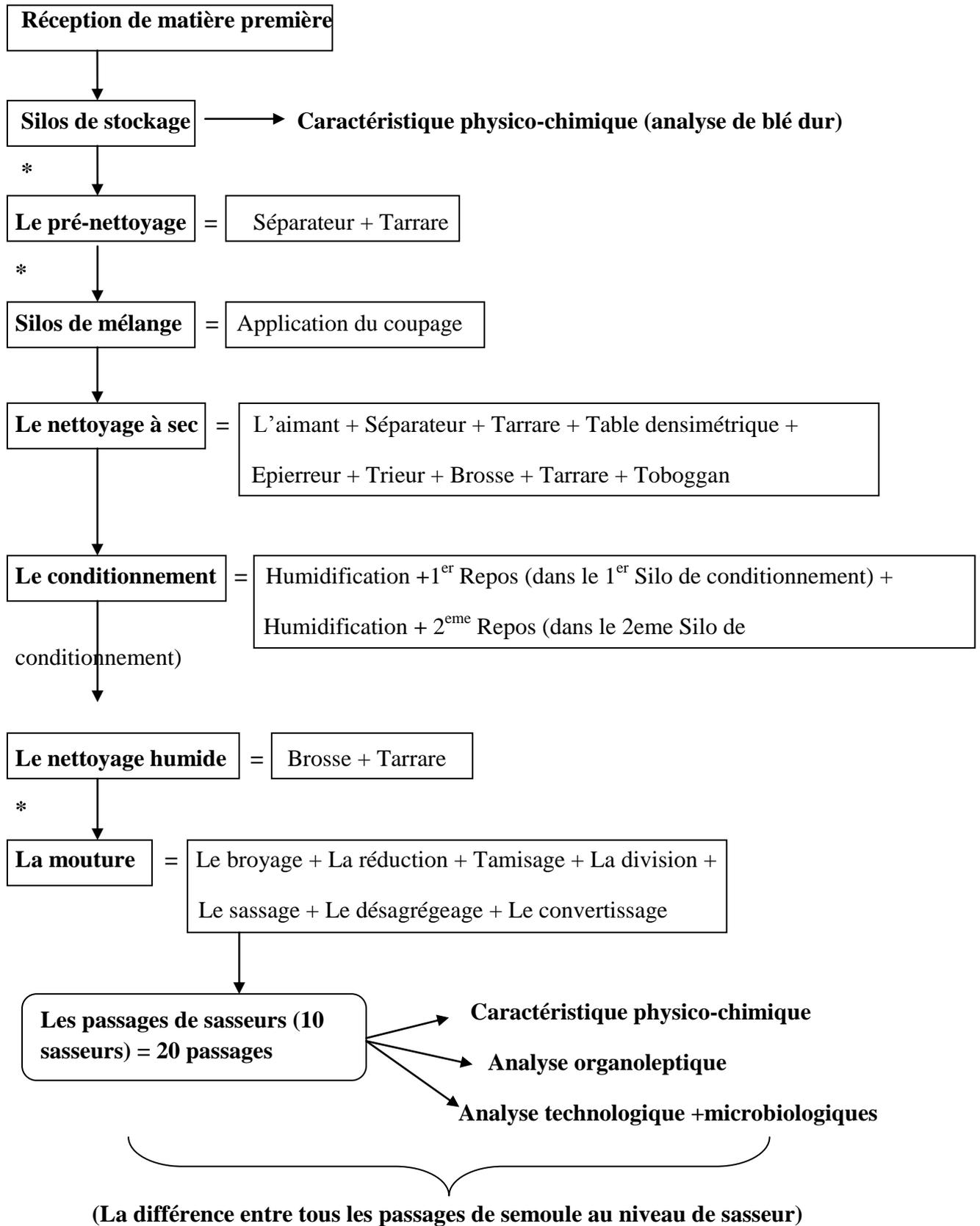


Figure IV. 2 Diagramme de nettoyage et de mouture

L'objectif du travail

Notre étude a été réalisée au niveau d'unité de sidi Ibrahim de groupe SIM et laboratoire de :

- Laboratoire physico-chimique au niveau de groupe SIM, semoulerie industrielle de la Mitidja, Ain-romana- Mouzia, Blida.
- laboratoire microbiologique au niveau de groupe SIM, Mouzaia, Blida.
- laboratoire physico-chimique d'INSFP (L'institut national spécialisé de la formation professionnelle), Bougera, Blida.
- Laboratoire physico-chimique au niveau de l'unité Sarl Sopi. Route de Boufarik, Blida
- Durant une période de 04 mois allant du 15/02/2013 au 10/06/ 2013.

- L'objectif de ce travail est d'étudier les caractéristiques quantitatives et qualitatives - propriétés physiques, chimiques - de chaque passage de la mouture de semoule au niveau deasseur, pour classer les types de semoule et orienter ces types vers les lignes des pâtes alimentaires et couscous selon des paramètres spéciaux.

Présentation de l'entreprise de groupe SIM: « lieu de stage »

La SIM, semoulerie industrielle de Mitidja, située au piémont de l'atlas blidéen dans la zone de Ain-Romana , a été fondé dans les années 90 comme une petit entreprise familiale activant dans le domaine de la transformation du blé, ou elle fait office de pionnier en sa qualité de première société privé dans cette filière d'activité en Algérie, SI est entrée en exploitation en 1994, par la production de semoule et de ses dérivés, avec une semoule d'une capacité de 150 tonnes/jours et une effectif de 40 employés.

Après plus d'une décennie d'existence, la société SIM a réussi à occuper une place de leader in contesté du marché algérien avec une part qui avoisine les 18% dans le domaine de produits céréaliers.

D'une dimension familiale extrêmement modeste à son démarrage, la société SIM s'est érigée en un groupe industriel et financier largement diversifié dans ses activités.

Par ailleurs, SIM s'est ouvert d'un partenariat étranger en créant une société mixte Algéro-italienne en 1997. Dans le domaine de la maintenance et l'approvisionnement de pièce de rechange pour les unités de production meunerie, d'autre part, la SIM est partie prenante dans une société nationale dans le domaine des énergies renouvelable "NEAL" en 2002.

Pour l'ensemble du groupe, l'investissement existant est évolué à 57.000.000 d'Euros, tandis que les investissements cours d'engagement sont de 16.700.000 Euros.

En fin de 1990 à 2003, le capital social entièrement versé est passé de 128.000 Euros à 34.1170647 Euros.

Tableau IV. 1 L'activité de l'entreprise et l'évolution des ressources humaines.

Périodes	Activités	Effectif
1994	Semoule Alimentation de bétail	63
1995	Semoule + farine Alimentation de bétail	154
2000	Semoule + farine Pâtes alimentaires Alimentation de bétail	296
2001 A ce jour	Semoule + farine Pâtes alimentaires Couscous Alimentation de bétail	683

➤ Evaluation de la production

Concernant l'évaluation de la production, elle a connu une croissance sur deux plans, la quantité produite qui passé de 150 tonnes/jours en 1994 à 2000 tonnes/jour.

Actuellement et diversité de la gamme des produits.

Tableau IV. 2 Tableaux ci-dessous illustrent cette évolution.

Année	Unité de production	Capacité de production
1994	Une semoulerie	150T/J
1998	Une minoterie	400T/J
1999	Une semoulerie	300T/J
2000	Une ligne pâtes courtes	1500Kg/h
	Une ligne pâtes longues	1700Kg/h
	Une ligne de couscous (n°1).	1200kg/h
2001	Une ligne de couscous (n°2) complexe SIM.	1200kg/h
	Une semoulerie Ain Defla.	100T/J
	Une minoterie Ain Defla	100T/J
2002	Une ligne de couscous (n°3).	1200kg/h
2004	Une ligne de couscous (n°4).	1200kg/h
	Une semoulerie	200T/J
	Une minoterie	200T/J
2005	Une ligne pâtes longues	1700Kg/h
	Une ligne de couscous	2400kg/h

Présentation l'unité de sidi brahim – groupe sim -

Le diagramme de l'unité Sidi Brahim section B :

- 07 passages de broyage : (B₁, B₂, B₃, B₄, B₅, B₆, B₇)
- 07 passages de désagréage : (D₁G, D₂G, D₃G, D₁F, D₂F, D₃F, D₄)
- 01 passage de convertissage : (C₁)
- 01 passage de réduction : R₁
- 19 passages de sassage : SB₂, SR₁, S₁, S₃, S₂, S₄, SD₂F, SD₃F, SD₄, S₆, SB₆, S₅.SD₁G_A, SD₁G_B, SD₁F, SB₄, SD₂G, SB₅, SD₃G.

➤ 02 plansichters de 8 compartiments.

- débit de moulin = 151.2T/Jour

Les silos :

- 2 silos de stockage de blé sale : capacité 1700T.
- 02 Silos de mélange =75T
- 2 silos de 1^{ère} repos = 62T
- 2 silos de 2^{ème} repos = 49T
- 10 silos de produit fini : 75-80 T
 - 8 pour la semoule
 - 2 silos pour 3SF
 - 03 silos pour le son

Tableau IV. 3 Paramètre technologiques de conditionnement.

Paramètre technologique	Essai
Humidité initiale de blé dur (Hi%)	8.95
% d'eau ajoutée au 1 ^{er} mouillage	3.5 – 4%
Temps du 1 ^{er} repos (H)	06h
% d'eau ajoutée au 2 ^{ème} mouillage	2.5-3 %
Temps du 2 ^{ème} repos (H)	3
Humidité finale de blé dur avant B ₁ (HF%)	15.50

IV.1 MATERIEL ET METHODES

➤ Matériels biologiques

- **blé dur (réceptionné) : blé local**

« *triticum durum* » qui est dirigé vers la mouture pour l'extraction de la semoule.

- **la semoule :**

En considérée comme un produit fini si elle est destinée vers la consommation.

Comme on peut la considérer comme matière première si elle est destinée vers la fabrication des pâtes alimentaires ou couscous.

➤ Matériel non biologique

Le matériel non biologique est représenté par les verreries, les appareillages, les réactifs.

➤ Lieu de prélèvement

- **Blé dur**

Les échantillons de blé dur ont été prélevés au niveau de la section réception du moulin.

- **Les semoules**

Les semoules ont été prélevées au niveau des passages des sasseurs (19 passages) de la section mouture.

IV.1.1. Echantillonnage

L'échantillonnage est l'ensemble des opérations qui consistent à passer d'un lot initial à un échantillon à analyser au laboratoire.

➤ Méthode d'analyses

L'échantillonnage des grains est effectué sur la base de méthode normalisée NA 1.123.85 (Voir annexe 01)

IV.1.2. Les analyses qualitatives physico-chimiques effectuées sur le blé dur

IV.1.2.1. Détermination des impuretés

Le terme impuretés correspond à l'ensemble des éléments d'un échantillon qui ne sont pas des grains de blé de qualité irréprochable.

➤ **Méthode utilisée**

La détermination des impuretés est effectuée sur la base d'une méthode normalisée qui porte la référence NA.1.1.78.1990 (**Voir annexe 02**).

IV.1.2.2 Détermination de la masse à l'hectolitre

La masse à l'hectolitre dite masse volumique et appelée encore poids spécifique (P.S) ou l'on mesurait la quantité de grains au Kg.

➤ **Méthode utilisée**

La masse volumique est effectuée à partir d'une méthode normalisée en Algérie portant la référence NA 1.1.61.1986 (**Voir annexe 03**)

IV.1.2.3 Détermination du taux de mitadinage

On entend par grains mitadinés de froment dur, les grains dont l'amande ne peut être considérée comme pleinement vitreuse.

➤ **Méthode utilisée**

La détermination des grains métadinés est effectuée à partir de la méthode pratique NA 1.1.36.1985 (**Voir annexe 04**)

IV.1.2.4 Détermination du poids de mille grains (P.M.G)

Le poids de mille grains ou la masse de mille grains est le comptage automatique ou manuel du nombre de grains entiers contenus dans une prise d'essai de masse connue.

➤ **Méthode utilisée**

La détermination de la masse de mille grains est effectuée à partir d'une méthode normalisée NA. 7.31.1989 (**Voir annexe 05**)

IV.1.2.5 Dosage de la teneur en eau

La teneur en eau est la perte de masse, exprimée en pourcentage, subie par le produit dans les conditions dans la présente méthode utilisé.

➤ **Méthode utilisée**

La détermination de la teneur en eau est effectuée à partir d'une méthode normalisée portant la référence NA 1.1.32.1990 (**Voir annexe 06**)

IV.1.2.6 Dosage des cendres

Substance résultante de l'incinération de la matière sèche du produit déterminé selon la présence méthode et exprimé en pourcentage en masse.

➤ **Méthode utilisée**

La méthode utilisée est celle portant la référence NA.733.1991 (**Voir annexe 07**)

IV.1.2.7 Dosage des protéines

La teneur en protéines est un critère important d'appréciation de la qualité aussi bien pour l'alimentaire d'un produit que pour l'alimentation humaine.

➤ **Méthode utilisée**

La détermination de la teneur en protéines est définie par la norme NA.1.1.85.1990

(Voir annexe 08)

IV.1.2.8 Indice de sédimentation (test de ZELENY)

L'indice de sédimentation il donne une indication globale sur la quantité et la qualité du gluten. Ce test permet de faire une mesure rapide de la qualité car la détermination n'exige pas d'extraction préalable, ni de dosage chimique.

➤ **Méthode utilisée**

La méthode utilisée est celle portant la référence (NA 1.1.84.1994) (**Voir annexe 09**)

IV.2. Les analyses qualitatives effectuées des semoules prélevées au niveau des passages des sasseurs

IV.2.1. Dosage de la teneur en eau

➤ **Méthode utilisée**

La détermination de la teneur en eau est effectuée à partir d'une méthode normalisée portant la référence NA 1.1.32.1990 (**Voir annexe 06**)

IV.2.2 Détermination des cendres

➤ **Méthode utilisée**

La détermination des cendres est réalisée selon la norme NA.733.1991. (**Voir annexe 07**)

IV.2.3. Détermination de l'acidité grasse

L'acidité grasse est l'expression conventionnelle des acides, essentiellement des acides gras libres, extrait dans les conditions qui suivent. Elle est exprimée en grammes d'acide sulfurique pour 100g de matière sèche.

➤ **Méthode utilisée**

La méthode est définie par la norme portant la référence NA.1.1.82.1990

(Voir annexe 11)

IV.2.4 Détermination du taux d'affleurement ou granulométrie

La granulométrie des semoules est une sorte de classement dimensionnel des particules selon leur taille en utilisant un plansichter avec les tamis mobiles dont les ouvertures des mailles sont respectivement les suivants (du haut en bas) 1120 μ m, 710 μ m, 500 μ m, 355 μ m, 250 μ m, 180 μ m, 140 μ m.

➤ **Méthode utilisée**

Détermination du taux d'affleurement est réalisée selon la norme NFV.03.71 juin 1994**(Voir annexe 09)**.

IV.2.5 Détermination du gluten

Le gluten humide d'une semoule de blé est une substance plasto-élastique compose principalement de gliadine et de gluténine, il constitue l'armature de la pate et lui communique ses propriétés rhéologiques.

➤ **Méthode utilisée**

La détermination du gluten est réalisée selon la norme NF.1.1.24. ISO 5531.

(Voir annexe12)

IV.2.6.Dosage des protéines

La teneur en protéines est un critère important d'appréciation de la qualité aussi bien pour l'alimentaire d'un produit que pour l'alimentation humaine.

➤ **Méthode utilisée**

La détermination de la teneur en protéines est définie par la norme NA.1.1.85.1990

(Voir annexe 08)

IV.2.7. Indice de coloration

La couleur joue un rôle très important comme indicateur technologique, parce qu'elle affecte l'aspect des pâtes alimentaires produites, elle est généralement jaune ambré, due à la présence des pigments caroténoïdes et xanthophylles dans la semoule ou le blé.

➤ **Méthode utilisée**

Ont été réalisées conformément à la méthode d'entreprise (SIM) (c'est une norme spéciale utilisée par le laboratoire de groupe SIM. **(Voir annexe13)**)

IV.3 Les analyses microbiologiques **(Voir annexe14)**

Le but du contrôle microbiologique vise à détecter les germes présents dans les semoules. De plus le contrôle permettra de minimiser les pertes (améliorer la rentabilité de

la production) dues aux mauvaises conditions de fabrication et donc minimiser les produits non conformes **(Multon, 1994)**.

On effectue l'analyse microbiologique au sein du laboratoire d'hygiène, à fin d'évaluer la qualité hygiénique des semoules.

Le contrôle microbiologique est nécessaire dans ce cas, donc l'unité SIM, procède au laboratoire de microbiologie bien équipé pour s'assurer de la qualité hygiénique et marchande de ses produits.

IV.3.1. Recherche et dénombrement des levures et moisissures

➤ **Méthode utilisée**

Détermination la recherche et dénombrement des levures et moisissures réalisée selon la norme (NA.758/1990)

IV.3.2. Recherche et dénombrement des *Clostridium Sulfito-Réducteur*

➤ **Méthode utilisée**

Détermination la recherche et dénombrement des *Clostridium Sulfito-Réducteur* réalisée selon la Norme AFNOR V08-019.

V. Résultats et discussions

V.1. Résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur les blés durs sont indiqués dans suivant

Tableau V. 1 Résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur les blés durs.

Nature des analyses	Détermination des analyses	Résultats des analyses			
		Essai 1	Essai 2	Moyenne	Normes (*)
Analyses physiques	Poids spécifique (kg/hl)	87.4	86.2	86.8	≥ 78kg/hl
	Poids mille grains (g)	46.35	46.85	46.6	40 à 50
	Taux de mitadinage (%)	18.5	17.73	18.11	≤ 20
Analyses chimiques	Teneur en eau (%)	8.80	9.1	8.95	≤12.5
	Teneur en protéine (%)	13	12.96	12.98	≥11
	Teneur en cendre (% Ms)	1.85	1.79	1.82	1.7à 2
	Indice de zeleny (ml)	47.3	45	46.15	≥18
Recherche des impuretés	Grains sains	89.12	89.45	88.78	-
	l'orge	1.48	1.60	1.54	-
	Grains maigres	0.81	0.83	0.82	-
	Grains mouchetés	0.08	0.16	0.12	≤ 5
	Grains coloré de germe	1.30	1.08	1.19	-
	Grains avaries	0.00	0.00	0.00	0.05
	Grains dégermes	1.8	1.6	1.7	-
	Grains de blé tendre	0.61	0.43	0.52	≤ 2
	Matière inertes	0.28	0.5	0.39	-
	Grain nuisible	1.02	1.3	1.16	-
	Grain cassé + petit grain	1.20	1.00	1.1	≤ 6
	Grain punaisés	00.00	00.00	00.00	-
	Grain caries	00.00	00.00	00.00	-
	Grain étrangère	1.10	1.08	1.09	-
	Pierre, et particule métallique	0.2	0.2	0.2	<2%
	Ergot	00.00	00.00	00.00	< 0.05%
	Somme total des impuretés	9.88	09.78	9.83	
Masse totale	98.92	99.23	98.61	-	

(*) : Norme Algérienne

V.1.1 Interprétation

V.1.1.1. Recherche des impuretés

D'après le tableau N° V.1 nous avons observé le taux de mitadinage un peu élevé , et un faible de grain cassé, mouchetés et coloré de germe, come nous avons noté qu'il ya une absence totale des grains avaries, punaisés , caries et ergotés .

Le taux des impuretés influe sur le rendement des lots de blé examinés (qualité technologique des lots de blé) et l'aspect du produit fini, certaines impuretés sont toxiques pour le consommateur (nielles, ergots), d'autre peuvent endommager les quantitatif de mouture (débris métalliques ; pierres...).

La présence des grains cassés et mitadinés diminue le rendement qualitatif semoulier, ainsi que la présence des grains mouchetés et coloré influé sur la qualité des semoules et du produit fini (apparition des piqures noir).

V.1.1.2. Poids spécifique

Le poids à l'hectolitre (PHL) se définit comme le poids de grains remplissant un volume donné, résultant de la densité du grain et de l'efficacité de conditionnement (**Ghadrei et al, 1971**).

Le PHL est utilisé depuis des décennies comme critère de qualité et reste employé dans nombre de pays pour déterminer le prix. Cependant, les études sur le PHL sont controversées et l'utilité de ce caractère est de plus en plus mise en cause. (**Roberts, 1910; Shuey, 1960**).

Comparant à la norme algérienne, Nous avons obtenue la valeur de poids spécifique de l'échantillon de blé dur est élevé (86.8kg/hl) ce qui donne un rendement qualitatif très appréciable en semoulerie.

Cette valeur est presque comparable à celle donnée par **Slimane (2007)** et **Benziane (2012)**, et (**Bel et al 2005**), et **Sakat (1991)** qui sont respectivement de 80 et 77.60 et 83.00 et 80.3 kg/hl.

V.1.1.3. Poids de mille grains

C'est un critère d'un grand intérêt dans les expérimentations agronomique. Il permet de caractériser une variété, de mettre en évidence les anomalies comme

L'échaudage, d'étudier l'influence des traitements en végétation ou des conditions climatiques, qui tous modifient la masse de 1000 grains (**Godon et Loisel, 1984**).

Les résultats obtenus montrent que la masse de mille grains est appréciable (46.6 g) par rapport à la norme algérienne (40 à 50 g), ce qui explique un rendement semoulier appréciable et des conditions de culture favorable et qui est en relation directe avec le PHL.

Cette valeur obtenue est comparable à celle trouvée par **Slimane (2007)** et **Soltani (2010)** et **Younsi et al (2009)** qui sont respectivement est de 45.60 g 46.28g 45.44g. Et légèrement élevé à celle trouvée par **Benziane (2012)** et **Belhasnat (2001)** qui sont respectivement est de 42.80 g et 42.51g.

V.1.1.4. Taux de mitadinage

Le mitadinage est un accident physiologique courant chez le blé dur, il est directement lié à la teneur en protéine se trouvant en quantité insuffisant.

Selon le règlement communautaire algérien N° 824/2000 du 19 avril 2000, un grain mitadiné est un grain dont l'amande ne peut être considérée comme pleinement vitreuse. Le mitadinage est directement lié à la quantité de protéines contenues dans le grain, et dépend des conditions de cultures et de récolte : il déprécie la qualité des semoules et des produits dérivés.

D'après les résultats de figurés dans le tableau N° V.1, le taux de mitadinage est élevé (18.11%) à la limite supérieur, ce qui augmenté la présence de SSSF dans la semoule et donne une mauvaise qualité technologique des pâtes fabriquées.

Cette valeur (18.11%) est très élevée comparable à celle donnée par **Slimane (2007)** que est de 7.21%, et **Soltani (2010)**, ayant travaillé sur 03 variétés algériennes et pour lesquelles ils ont trouvé des valeurs 4.50% et 03.10% et 05.45%.et **Benziane (2012)** trouvent taux de mitadinage acceptable 6,83% pour blé française et 40,55% pour blé local ce dernier résultat très élevé et non acceptable.

De son coté, **Bel et Lakherba (2005)** trouvent taux de mitadinage acceptable varié entre (7.96 %– 15.48%) pour plusieurs variétés Algérienne (la belle, baghlia, corso)

V.1.1.5. Teneur en eau

La mesure de l'humidité de blé est une opération capitale dans une semoulerie car elle permet de déterminer la quantité d'eau à ajouter lors du conditionnement mais aussi de savoir si nos blés peuvent être stockés sans risque d'altération par les moisissures.

La teneur en eau du blé dur étudiée est de 8.95% (MS) cette valeur est conforme à la norme en figure, ce qui conforme que notre produit plaiderait à une très bonne conservation et une longue durée de stockage et une bonne rentabilité pour l'unité.

Cette valeur obtenue est comparable à celle donnée par **Soltani (2010)** donnent des teneurs de 9.79% (MS) et 09.80%(MS) et 09.81%(MS) pour 03 variétés algériennes. et cette valeur un peu élevée par rapport à celle donné par **Benziane (2012)** donnent une teneur en eau 7.39% (MS) et faible à elle donné par **Slimane (2007)** et **Younsi et al (2009)** qui sont respectivement 10.20%(MS) ,11.78%(MS) , Cette faible teneur en eau permet une bonne conservation du produit pendant une longue durée si les conditions de stockage sont favorables.

V.1.1.6. Teneur en cendres

Le taux de cendres intervient dans l'appréciation de la qualité physico-chimique des grains de blé, il varie d'un grain à l'autre et dépend essentiellement du nettoyage et du compartiment de la mouture.

D'après les résultats du tableau N° V.1, il ressort que notre échantillon présentent une teneur normal en cendres 1.82 % (MS) par rapport à la norme algérienne décrite 1.7 à 2 %(MS).

Selon (**Feillet, 2000**) le taux de cendres des grains de blé varie entre (1.6 et 2.1%), Bien que les cendres constituent un élément nutritionnel essentiel, la législation favorise le blé peu minéralisé, car le blé fortement minéralisé sera pénalisé même si sa couleur et sa valeur pastière les classent parmi les meilleurs blés.

Notre résultat est proche de ceux rapportés par **Slimane (2007)** qui signalent des teneurs de cendre 1.89% (MS) pour blé local.

Bel et Lakherba (2005) trouvent taux en cendres acceptable varié entre (0.84 %– 0.92%) pour plusieurs variétés Algérienne (la belle, baghlia, corso). De son coté, **Benziane (2012)** trouvent des teneurs en cendre 1.29% (MS) pour le blé local et 1.24%(MS) pour le blé français.

V.1.1.7. Teneur en protéines

C'est l'un des critères intéressants à prendre en compte dans le classement des lots à la réception.

Les résultats montrent que notre échantillon est riche en protéines 12.98 % (MS) ce qui permet de donner une semoule de bonne qualité nutritionnelle et technologique.

Cette valeur obtenue est comparable à celle trouvée par **Slimane (2007)** qui situe le taux de protéine de blé dur à 13% (MS).

Selon (**Godon, 1998**), le taux de protéines des grains de blé varie entre (10 et 12.5%) bien qu'une teneur de protéines faible donnerait des pâtes alimentaires non résistantes et n'a pas à une bonne tenue de cuisson.

V.1.1.9. Test de sédimentation ZELENY

L'indice de sédimentation de ZELENY donne un aperçu ou indice sur la qualité des protéines de la semoule ou farine. Ce test est basé sur les propriétés de gonflement des protéines en milieu acide. Plus les protéines sont de bonne qualité, plus elles absorbent de l'eau, plus le volume de sédimentation est élevé. (**Sinnaeve, 2007**).

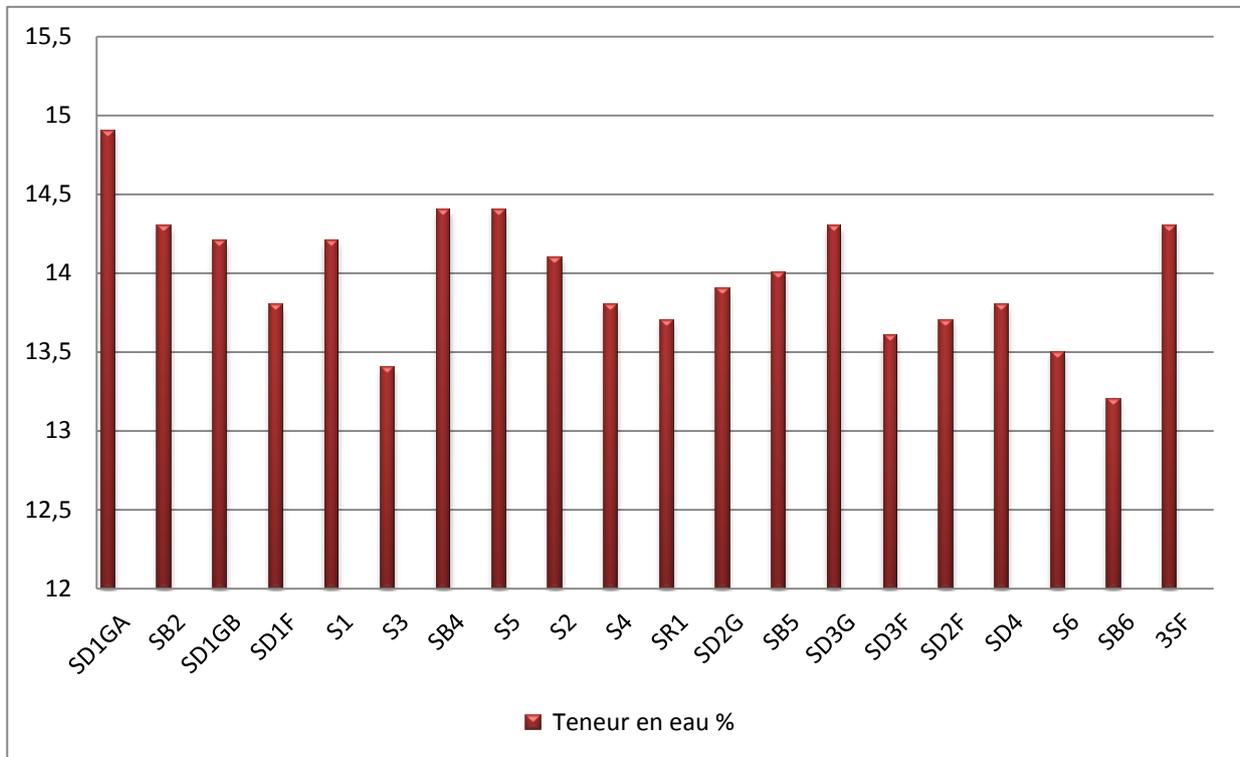
Nous observons que les valeurs de notre blé dur indiqué dans le tableau N° V.1 sont de 46.15ml. Cette valeur est conforme à la norme algérienne.

V.2. Résultats des analyses physico-chimiques effectuées des semoules prélevées au niveau des passages de sasseurs

Tableau V. 2 Bulletin (01) des analyses physico-chimiques de semoules prélevées au niveau des passages de sasseur.

Les sasseurs	Les passages	Quantité de produit en kg/30s	Quantité en kg/h	Quantité en qx/24h	Teneur en eau %	Taux de cendre % (MS)	Taux d'extraction %
01	SD ₁ G _A	0.811	97.32	23.35	14.9	0.63	2.16
	SB ₂	2.046	245.52	58.92	14.3	0.68	5.456
02	SD ₁ G _B	4.004	480.48	115.31	14.2	0.69	10.68
	SD ₁ F	1.268	152.16	36.51	13.8	0.75	3.38
03	S ₁	1.575	189	45.36	14.2	0.76	4.2
04	S ₃	0.414	49.68	11.92	13.4	1.08	1.104
	SB ₄	1.884	226.08	54.25	14.4	0.81	5.024
05	S ₅	3.097	371.64	89.19	14.4	0.90	8.258
	S ₂	1.207	144.84	34.76	14.1	0.94	3.218
06	S ₄	2.172	260.64	62.55	13.8	0.85	5.792
	SR ₁	1.562	187.44	44.98	13.7	0.75	4.165
07	SD ₂ G	0.255	30.6	7.34	13.9	0.71	0.68
	SB ₅	2.282	273.84	65.72	14	0.88	6.085
08	SD ₃ G	1.363	163.56	39.25	14.3	0.81	3.634
	SD ₃ F	1.521	182.52	43.80	13.6	1.11	4.056
09	SD ₂ F	1.522	182.64	43.83	13.7	0.81	4.058
	SD ₄	1.111	133.32	31.99	13.8	1.15	2.96
10	S ₆	0.660	79.2	19.00	13.5	1.09	1.76
	SB ₆	0.190	22.8	5.47	13.2	1.15	0.506
Passage de 3SF		1.850	222	53.28	14.3	1.35	8.93
Totale							77.11

V.2.1.Teneur en eau de différent passage de sasseur



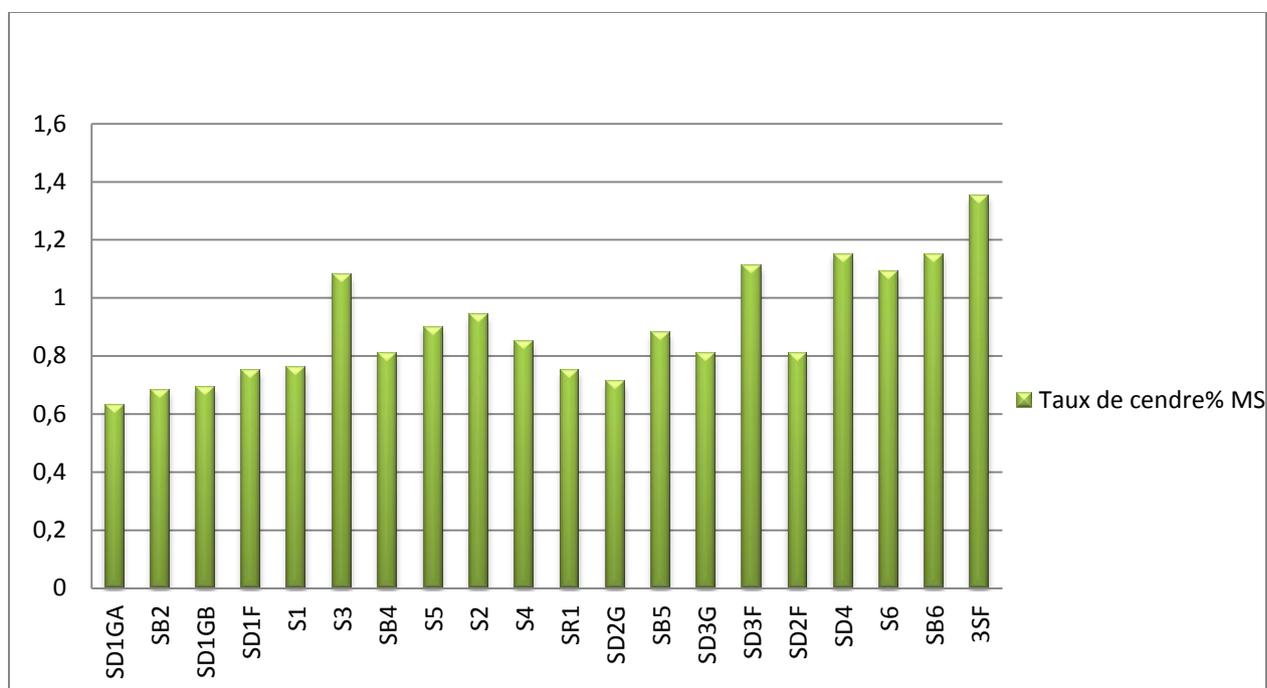
Graph N° V.1 Teneur en eau de différent passage de sasseur

D'après les résultats indiqués dans le tableau N°V.2, la quantité d'eau varie entre (13.6-14.9%MS).ces valeurs conforme à la norme algérienne 14.5%max, sauf le premier passage (SD₁G_A) la teneur en eau est élevée mais si logique parce que le H % de blé avant B1 est 15.5%.

On remarque aussi la teneur en eau des derniers passages (SD₃F, SD₂F, SD₄, S₆, SB₆) est diminué, cela est dû le frottement de blé avec les cylindres des broyages et aussi le transport pneumatique, ce dernier séché la semoule transporté entre les différentes étapes de la mouture.

- L'humidité c'pas un critère de classification mais pour donné une meilleure conservation et stockage de la semoule.

V.2.2. Teneur en cendres

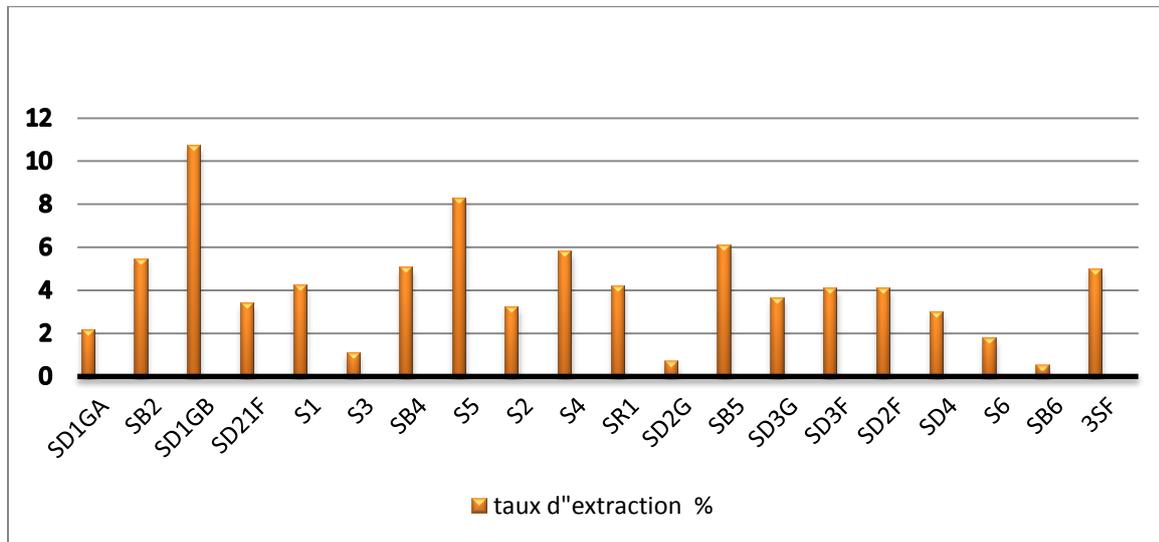


Graphe N° V.2 Taux de cendre de différent passage de sasseur

D'après les résultats illustrés dans le tableau N°V.2.on remarque le teneur en cendre monte progressivement, sont comprise dans l'intervalle (0.63- 1.35%MS).les 8 sasseurs premier le taux cendre conforme à la norme algérienne Mais les derniers passages SB₆, S₆, SD₄, SD_{3F} le taux de cendre élevée.

IV.2.3.Taux d'extractions

Le rendement détermine le résultat financier de l'opération de mouture, c'est-à-dire l'interrelation du cout entre la matière première et le produit finis. Le meunier doit ainsi prendre en compte des exigences de bases : la sélection et la manipulation de bonnes variétés de blé. Le nettoyage efficace du blé, les techniques améliorées de mouture.



Graphe N° V.3 : Résultats de taux d’extractions de produit par chaque passage deasseur en %

La mouture d’un blé est définie par taux d’extraction « E », celui-ci déterminé le rendement d’une semoule qui est exprime par le rapport :

$$E\% = \frac{\text{Poids de semoule extrait}}{\text{Poids blé mise en œuvre}} \times 100$$

- **Taux extraction: 77.11 %**
- **Taux d’extraction de son : 13.96%**
- **Taux d’extraction de 3SF : 8.93%**
-

La quantité de chaque passage est différente, les résultats obtenus des semoules des d’efférents passages étudiés varient entre 0.50% pour SB₆ et 10.68 % pour SD₁GB.

Tableau V.3 Bulletin (2) les analyses physico-chimiques des semoules prélevées au niveau des passages de sasseur.

Les sasseurs	Les analyses / les passages	Acidité grasse %MS	Dosage du gluten		Taux hydratation (%)	Dosage de protéine %MS	Ouverture de maille du passage (µm)
			G.H	G.S			
01	SD₁G_A	0.036	32.80	11.30	65.54	12.5	800 – 850
	SB₂	0.035	34.14	11.50	66.31	12.7	950 – 1180
02	SD₁G_B	0.034	32.08	10.40	67.58	11.1	670 – 800
	SD₁F	0.037	35.16	12.8	63.59	11.5	530 – 600
03	S₁	0.033	33.49	11.10	66.85	12.0	670 – 800
04	S₃	0.037	33.12	11.40	65.57	12.1	363 – 400
	SB₄	0.037	31.49	10.10	67.49	11.6	670 – 800
05	S₅	0.035	31.50	10.02	68.19	11.1	355 – 450
	S₂	0.036	31.66	10.22	67.71	11	425 – 475
06	S₄	0.035	33.3	11.01	69.93	11.7	400 – 500
	SR₁	0.031	32.10	10.05	68.69	11.5	710 – 850
07	SD₂G	0.037	33.5	11.12	66.80	11.4	530 – 560
	SB₅	0.035	34.64	11.98	65.41	12.1	500 – 530
08	SD₃G	0.037	32.46	10.45	67.80	11.1	500 – 530
	SD₃F	0.036	33.96	11.08	67.37	11.3	390 – 400
09	SD₂F	0.036	32.45	10.95	66.25	11.2	425 – 450
	SD₄	0.037	31.58	10.35	67.22	11.1	363 – 425
10	S₆	0.035	33.15	10.08	69.59	11.2	355 – 360
	SB₆	0.033	30.44	9.48	68.85	10.2	390 – 450
Norme(*)	SD1GA- SB6	≤0.055	/	11-15	50 -70	≥ 11	355-1180

(*) Norme Algérienne

V.2.4. Interprétation

D'après les résultats obtenus dans le bulletin 1 et bulletin 2 nous classons les passages des semoules en fonction la granulométrie selon réglementation de l'entreprise du groupe SIM. (Unité de Sidi Ibrahim section B).

- ✓ Semoule grosse moyenne (SGM) : 1120 μm – 710 μm .
- ✓ semoule extra (SE): 710 μm - 450 μm .
- ✓ semoule sassées super extra (3SE): 450 μm - 150 μm .
 - donc le classement en provenance des passages est comme suit :
- ✓ Semoule grosse moyenne (SGM) :SB₂, SR₁, S₁, SD₁G_A
- ✓ SE (semoule extra) : SD₁G_B, SD₁F, SB₄, SD₂G, SB₅, SD₃G.
- ✓ 3SE (semoule sassées super extra) :S₃, S₂, S₄, SD₂F, SD₃F, SD₄, S₆, SB₆, S₅.

Tableau V. 4 Contrôle de granulométrie des différents types des semoules des blés dur.

Les types des semoules	N° des tamis	Refus de tamis %	Norme (*)
SGM (SB ₂ , SR ₁ , S ₁)	1120 μm	33.78	Tolérance
	710 μm	62.23	
	EXT	03.68	
S. extra (SD ₁ G _B , SD ₁ F, SB ₄ , SD ₂ G, SB ₅ , SD ₃ G)	710 μm	06.75	d'extraction
	525 μm	47.00	
	450 μm	40.16	
	EXT	5.84	
SSSE (S ₃ , S ₂ , S ₄ , SD ₂ F, SD ₃ F, SD ₄ , S ₆ , SB ₆ , S ₅).	525 μm	0.05	10%
	450 μm	0.60	
	350 μm	24.05	
	250 μm	39.72	
	150 μm	25.78	
	EXT	9.63	

(*) : Norme d'entreprise de groupe SIM

V.3. Résultats des analyses physico-chimiques et organoleptiques effectuées des différents types des semoules (SGM, SE, 3SE)

Tableau V. 5 les analyses physico-chimiques et organoleptiques effectuées des différents types des semoules (SGM, SE, 3SE)

Les analyses effectuées		Semoule grosse (SGM)	Semoule (S.extra)	Semoule fine (3SE)	Normes (*)
Teneur en eau %		14	14.18	13.7	< 14.5
Teneur en cendre en (%)		0.73	0.75	1.02	≤ 1 – 1.3%
Teneur en protéine en (%)		12.17	11.46	11.05	> 11%
Dosage Du Gluten (%)	GH	35.24	33.32	31.83	< 100
	GS	11.88	11.55	10.72	11-13
Taux hydratation (%)		66.84	66.44	67.85	50-70
Acidité grasse en ms. (%)		0.033	0.036	0.035	≤ 0.055
Indice de jaune		26.54	26.42	22..3	20- 33.5
Indice de brun		-2.33	-2.61	-1.59	-
Analyses organoleptiques	Aspect	homogène	homogène	homogène	-
	Odeur	fraîche	fraîche	fraîche	-
	Couleur	Jaune ambré	Jaune ambré	Jaune pâle	-
	Touchet	Granuleuse	Moyennement granuleuse	Fine au toucher	-

(*) Norme algérienne

V.3.1. Interprétation

- **Taux d'affleurement (granulation)**

SGM :

Les résultats obtenus de granulation de SGM sont tous acceptables vus que le taux d'extraction sont inférieur à 10%.la somme de refus des tamis de granulation comprise entre 1220µm et 710µm étant très supérieur à 70%.nous pouvons déduire ainsi que les semoules SGM analysées sont relativement homogènes, et répondent à la granulométrie exigée pour le couscous.

SE :

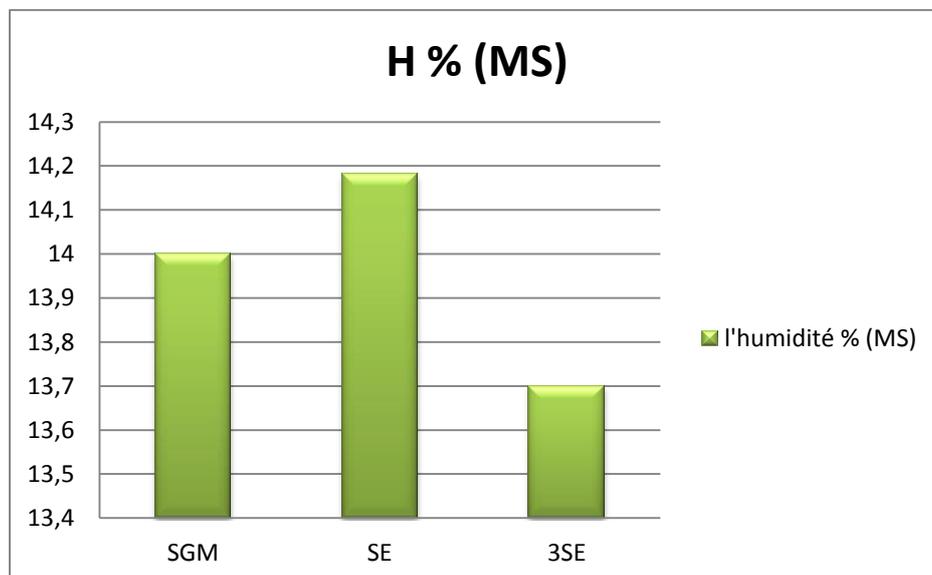
Les tests de granulométrie effectués sont tous acceptables vu que le taux d'extraction est inférieur à 10% du total. La somme de refus des tamis de granulation comprise entre 710 μ m et 450 μ m étant supérieurs à 70%, nous pouvons déduire ainsi que les semoules extra (SE) analysées sont relativement homogènes, et répondent à la granulométrie exigée pour la pastification.(pâte longue).

3SE :

Les résultats de granulation obtenus sont acceptable est le refus des tamis de granulation comprise entre 150 μ m et 450 μ m étant supérieur à 70%du total. Et on peut conclure que cette granulation est favorable pour la pastification (pâte courte), une granulation plus fine aurait une nette influence sur la valeur de la semoule mais elle n'avait qu'une influence peu importante sur les caractéristiques organoleptiques des patés alimentaire.

En effet, le taux d'extraction est non seulement fonction des caractéristiques physiques des grains, mais également, il dépend des conditions de la mouture.

- **Teneur en eau :**



Graphe N° V.4 : Teneur en eau des différents types des semoules (%)

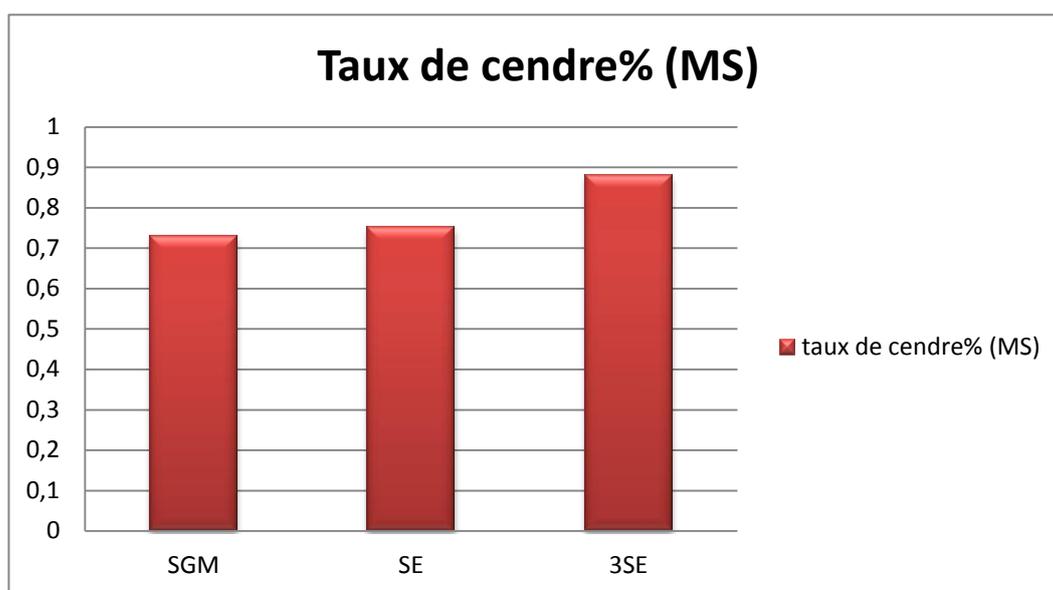
D'après les résultats illustrés dans le tableau N° V.5, on remarque que la teneur en eau des échantillons (SGM, SE, 3SE) sont respectivement de 14%(MS) ,14.18%(MS) ,13.7%(MS), sont conforme à la norme algérienne qui est 14.5% max,

Ces valeurs obtenues sont légèrement inférieure à celle donnée par **Soltani (2010)** qui signalent la teneur en eau de (SGM) est 14.23% (MS) et (SE) est 14.31% (MS) et (3SE) est 13.95%(MS).et inférieur aussi à celle trouvée par **Rebahi et Ayache (2006)** ce qui est 14.8% (MS) pour (SGM) et 14.30%(MS) pour (3SE)

De son coté, **Younsi et al (2009)** qui situe la teneur en eau de semoule (3SE) est 14.20% (MS), et 14.5% (MS) pour semoule (SGM).

Donc, cette faible teneur en eau obtenu permet une bonne conservation du produit pendant une longue durée si les conditions de stockage sont favorables.

- **Taux de cendre :**



Graphe N°V.5 : Taux de cendre des différents types des semoules (%)

Le taux de cendres représente la quantité totale des matières minérales présentées dans un échantillon et la pureté des semoules est appréciée indirectement par le taux de cendres (détermination par la norme algérienne et exprimé en pourcentage par rapport la matière sèche).

D'après les résultats indiqués dans le tableau N°V.5, on remarque que le taux de cendre de la SGM est de 0.73%. (MS) et 0.75% (MS) pour SE et 1.02%. (MS) pour 3SE ces résultats sont conforme à la norme algérienne fixée à $\leq 1.3\%$ max (**Jora, 2007**).

En effet la teneur en cendres de SGM étudiée de trouve dans la gamme (0.64 à 0.97 %MS) donné par **Soltani (2010), Rebahi et Ayache (2006),Belhasnat (2001)**.

Le taux de cendre de 3SE donné par **Belhasnat (2001) et Rebahi et Ayache (2006)** et, ont trouvé une valeur élevé qui signalent une teneur 1.24% (MS) ,0.93% (MS) respectivement.

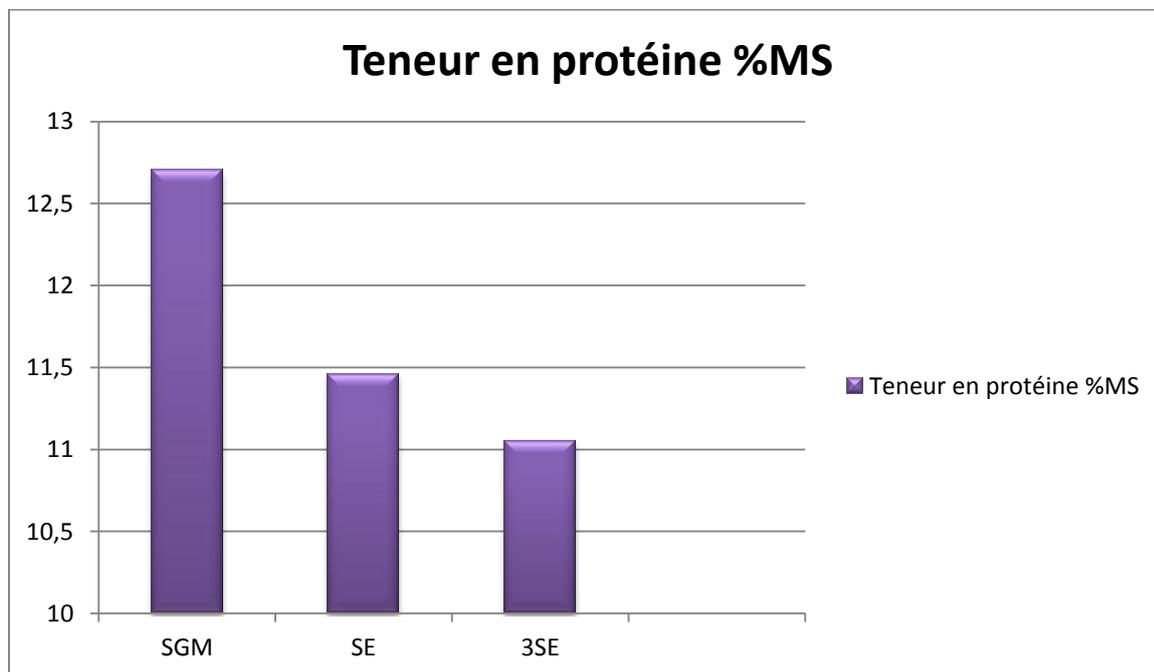
Bel et Lakherba (2005) trouvent le taux en cendres de 3SE 1.10% (MS) et 1.01% (MS) de SGM.

La valeur obtenue pour la SE est comparable à celle trouvé par **Soltani (2010)** qui situe le taux de cendre de semoule extra 0.83% (MS).

Le taux de cendre pour les semoules varie souvent en fonction du l'efficacité du nettoyage et conditionnement et de la mouture (taux l'extraction) donc :

Un meilleur conditionnement (mouillage + repos), pour la semoulerie, de ces lots de blé dur, et une meilleure trituration donne un produit pur.

- **Teneur en protéines :**



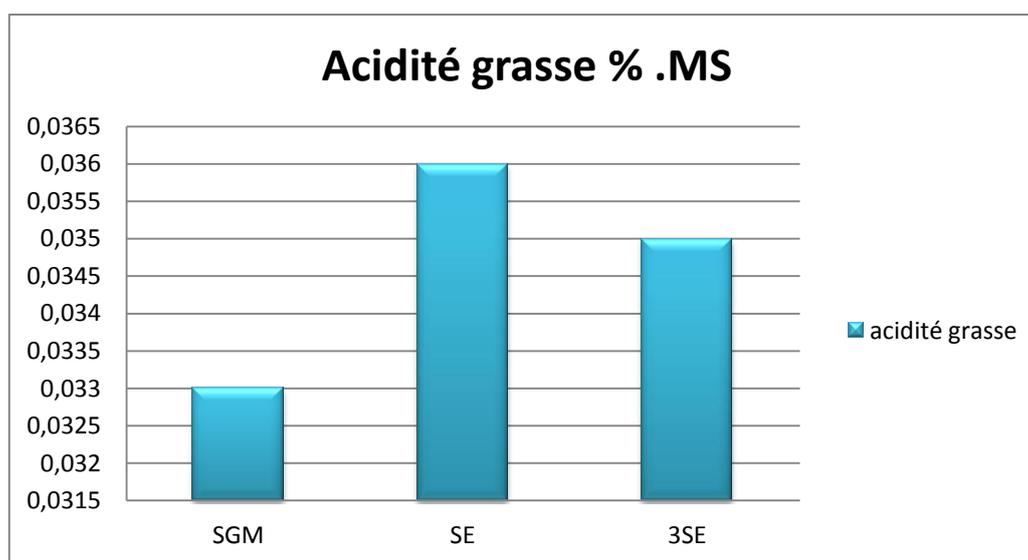
Graphe N°V.6 : Teneur en protéine des différents types des semoules(%).

D'après les résultats illustrés dans le tableau N°V.5, on remarque que la teneur en protéine de l'échantillon (SGM) est 12.17 et celui (SE) est 11.46 % et l'échantillon (3SE) est 11.05%, ce qui conforme à la norme algérienne (>11%). ce qui conforme à la norme algérienne (>11%).

Ces valeurs est comparable à celle donnée par **Bel et Lakherba (2005)** trouvent taux en protéine varie entre (11.08 %MS – 15.41%MS) pour différentes variétés de semoule.

Ces valeurs obtenu peuvent influencer et donné une bonne qualité plastique des pâtes alimentaires.

- **Acidité grasse :**

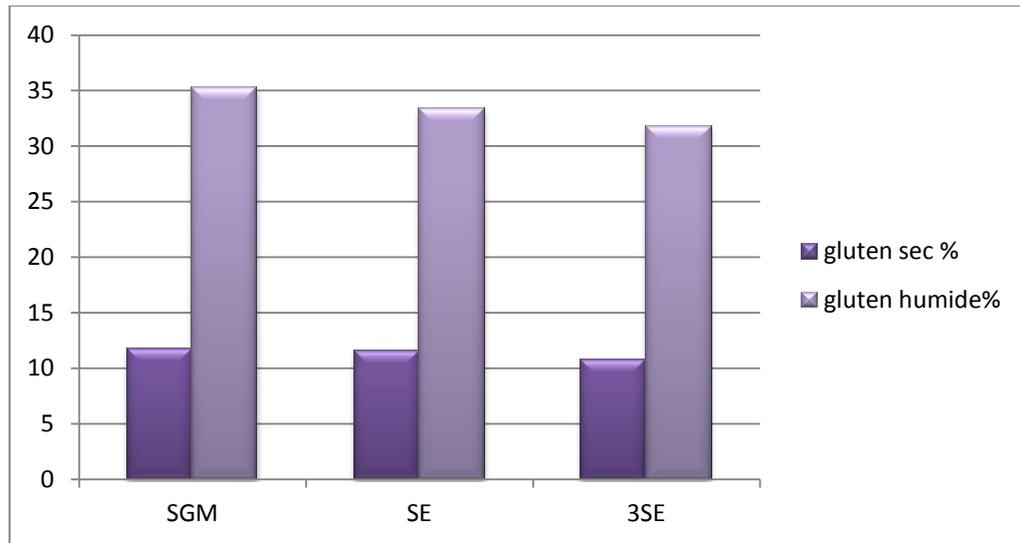


Graphe N° V.7 : Acidité grasse des différents types des semoules (%)

Les résultats obtenu dans le tableau N°V.5 sont conformes aux normes, l'acidité grasse des semoules (SGM, SE, 3SE) est inférieur à 0.055gH₂O SO₄/100g MS.

L'acidité grasse est un indicateur de l'état de bonne conservation de la semoule. En effet au cours de la conservation, les lipides ont tendances à se dégrader en se transformant en acides gras libres.

- **Le taux de gluten**



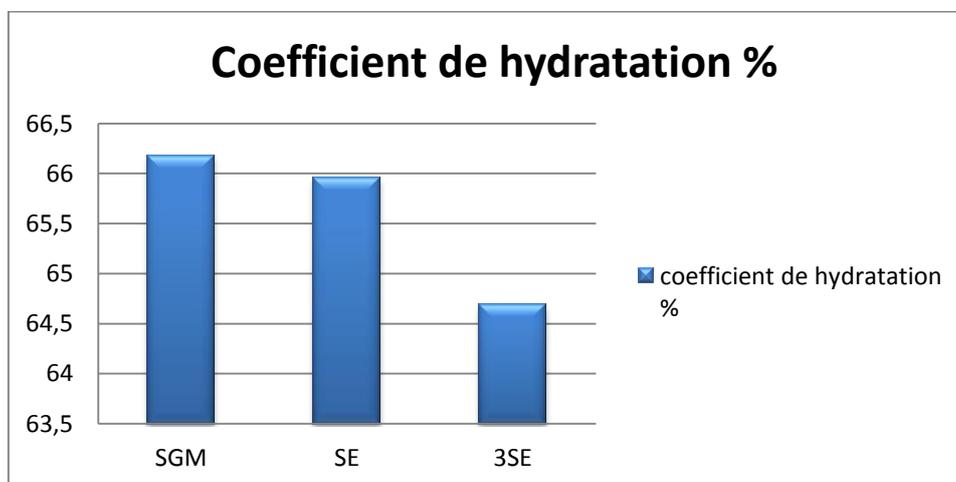
Graph N° V.8 : Taux de gluten sec et humide des différents types des semoules (%)

Egidio et al. (1997), précisent que les semoules ayant des teneurs entre 11-13% de gluten sec, et un coefficient d’hydratation entre 50-70%, peuvent fournir un produit fini de bonne qualité.

D’après les résultats obtenus sur le gluten sec des différents types des semoules sont comprise dans l’intervalle de (11 à 13%). Sauf pour la 3SE on obtient 10.72%, Et le gluten humide entre (30 à60 %) pour les trois types des semoules.

Notre résultat est proche de ceux rapportés par **Bel et Lakherba (2005)** qui signalent des teneurs de gluten pour 3 types des semoules varié entre (9.63%- 13.63%) pour différente variété de blé local.et (28.97% - 39.21%) pour gluten humide.

- **Coefficient d’hydratation :**



Graph N° V.9 : Taux d’hydratation des différents types des semoules (%)

Le gluten des semoules de mauvaise qualité s'hydrate facilement mais se révèle plus visqueux et moins élastique que celui extrait d'une semoule de bonne qualité, celle-ci s'hydrate bien et conserve ses qualités plastiques, donc la capacité d'hydratation constitue un critère important en industrie de pastification. (feillet, 2000).

- **Les analyses organoleptiques :**

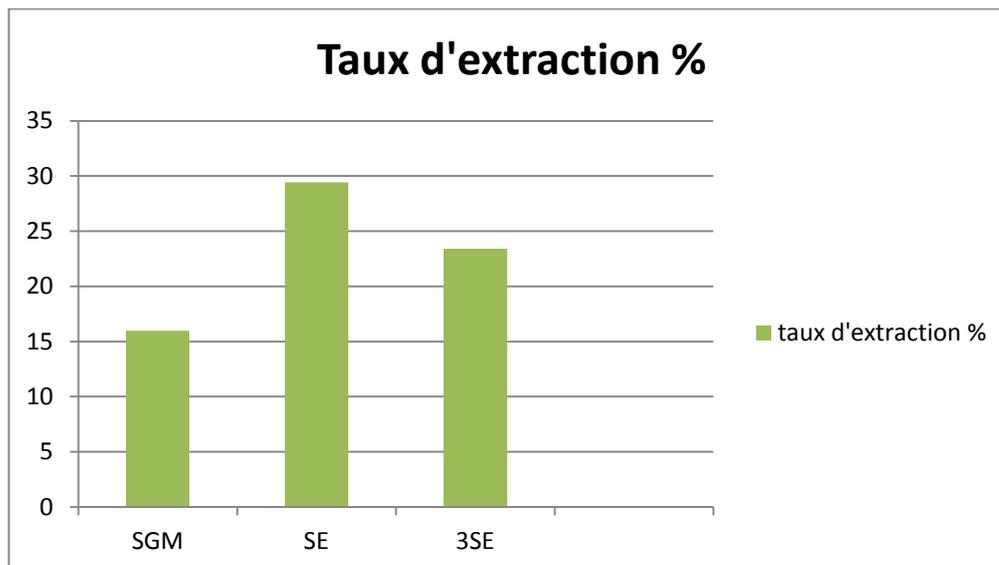
La qualité organoleptique joue un rôle très important dans la valeur commerciale de la semoule. Pour les trois échantillons des qualités organoleptiques satisfaisantes.

Et la valeur obtenue de l'indice de jaune et indice de brun sont acceptables selon les normes de l'entreprise de laboratoire du groupe SIM.

- **Taux d'extraction :**

Tableau V. 6 Le taux d'extraction des différents types de semoules (SGM, SE, 3SE).

Les semoules	SGM	SE	3SE	Total
Taux d'extraction %	15.97	29.47	31.67	77.11



Graphe N° V.10 : Taux d'extraction des différents types des semoules (%)

Taux d'extraction d'un blé c'est le pourcentage de semoule ou farine obtenu suite à une mouture, d'une quantité de ce blé débarrassé de ses impuretés et après conditionnement, la semoule provient essentiellement de l'albumen du grain et représente à peu près 70% du poids du grain. C'est pourquoi on parle d'un taux d'extraction industriel normalisé aux environs de 70% (Calvel, 1980).

D'après les résultats obtenus à partir de tableau N° V.6 on remarque que le taux d'extraction des produits fini (SGM, SE, 3SE) est différent. On obtient 15.97% pour SGM.

Le taux d'extraction pour l'ensemble de moulin c'est 77.11 % un peu élevé pas que poids spécifique de blé dur étudié est élevé.

Tableau V.7 Résultats final d'orientation des différents types de semoules (SGM, SE ,3SE).

Les semoules Les analyses	Taux de gluten		Granulométrie	Taux de cendre	Orientation
	GH	GS			
SGM	35.24	11.8	710-1120µm	0.73	Couscous
SE	33.32	11.5	450-710µm	0.75	Pâte longue
3SE	31.83	10.72	150 -450µm	0.88	Pâte court

En basant sur ces trois paramètres, on peut orienter les semoules vers les lignes des pâtes alimentaires et couscous .pour donné meilleur qualité de produit fini.

IV.4.Résultats et interprétation des analyses microbiologiques**Tableau V. 8** Les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur la semoule.

Les matières analysées	Moisissures	Clostridium Sulfito-Réducteur
SGM	8	absence
SE	10	absence
3SE	17	absence
Norme Algériennes	≤100 germe/ml	≤100 germe/ml

Les résultats montrent l'absence totale de C.S.R dans les trois types de semoule (SGM, SE, 3SE). Et indiquent la présence de quelque colonie de moisissures avec une quantité négligeable. Ces résultats implique que le SGM, SE ,3SE présentent une qualité microbiologique acceptable et conforme à la disposition réglementaire en vigueur.



Broyeur



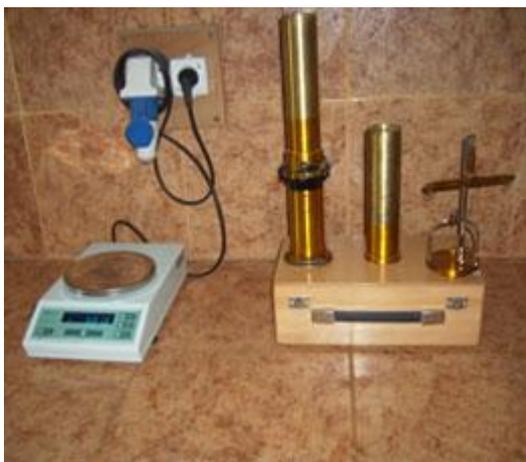
InfraTec



Dessiccateur



Four à moufle



Balance et Nislemètre



Tamiseur



Appareil glutomatic



Balance analytique



Glutork



Etuve Chopin



Distillateur Kjeldahl

Conclusion générale

L'objectif de notre travail est d'étudier les caractéristiques qualitatives et quantitatives de chaque passage des sasseurs, durant le processus de mouture afin de classer les différents types de semoules et de les diriger vers les lignes des pâtes alimentaires et couscous selon des paramètres spécifiques.

Pour cela nous avons commencé d'abord par analyser la matière première qui est le blé dur. Ce travail nous a permis de tirer les conclusions suivantes :

✚ blé dur :

❖ Un taux d'impuretés du blé à 9.83% dont la valeur est acceptable et conforme à la norme Algérienne qui le fixe à un taux de 10% max. Donc le blé est sain, marchant et loyal.

❖ Un PHL dont la valeur est assez élevée (86.8kg/hl) ceci est bénéfique pour l'unité car il procure un rendement qualitatif très appréciable en semoulerie donnant un taux d'extraction non négligeable estimé à 77,11%.

❖ Un poids de mille grains (PMG) de (46.6g) cette valeur est appréciable ce qui explique le rendement semoulier très important, donc PHL et PMG sont corrélés ensemble.

❖ Un taux de mitadinage est élevée 18.11% , Ce dernier influe sur la qualité du produit fini (semoule, pâte alimentaire) , bien que cela soit de gravité moindre est susceptible d'être corrigé par un diagramme de mouture approprié ou par un coupage avec des blés fortement vitreux.

❖ Les caractéristiques de ce blé étudié montrent qu'elles renferment une faible teneur en eau (9.8%) qui lui permet une bonne conservation et une longue durée de stockage, Quant au taux de cendre, les protéines et l'indice de zeleny qui sont de (1.82%MS) et (12.98%MS) et (46.15 ml) respectivement ces trois derniers sont en bonne adéquation avec les normes réglementées

➤ Le but est d'étudier chaque passage de sassage pour discerner les caractéristiques qualitatifs et quantitatifs de chaque d'eux et selon la granulométrie on a classé et assembler les semoules des passages.

✚ Produit fini (semoule):

- D'après les résultats des tests réalisés et dans les limites de nos conditions expérimentales, nous avons classé les semoules selon la granulométrie.

On obtient :

Conclusion générale

❖ Semoule grosse moyenne (SGM) : ces semoules sont un amalgame des passages SB₂, SR₁, SD₁G_A, S₁

❖ Semoule extra (SE) ; ces semoules proviennent des passages SD₁G, SD₁G_B, SD₁F, SB₄, SD₂G, SB₅, SD₃G.

❖ Semoule super sassée extra (3SE) : se sont des passages réunis entre S₃, S₂, S₄, SD₂F, SD₃F, SD₄, S₆, SB₆, S₅.

Les semoules produites au niveau d'unité Sidi Brahim de groupe SIM conforme à la norme algérienne, le taux d'humidité des toutes les semoules (SGM, SE, 3SE) sont conformes à la norme algérienne 14.5% max. et la granulométrie homogène et une acidité grasse acceptable appropriée aux normes, ce qui donne une bonne conservation du produit.

❖ Les résultats de la teneur en protéine des semoules (SGM, SE) sont respectivement 12.1%MS, 11.65%MS valeur satisfaisante quant à la (3SE) elle est faible 11.05%MS.

❖ Le dosage de gluten est acceptable il donne une bonne qualité au produit fini.

❖ Les analyses organoleptiques sont valables mais la 3SE présente une couleur jaune pâle à cause de la présence de la 3SF en conséquence ceci affecte la qualité des pâtes alimentaires.

❖ Taux d'extraction de (SGM) est 15.97%, cette valeur est faible par rapport aux autres type de semoule (SE) 29.47% et (3SE) 31.67%,

❖ Concernant les analyses microbiologiques, les échantillons sont concernés par deux analyses, qui sont la recherche des spores de *Clostridium Sulfito Réducteur* et la recherche des moisissures, nous avons noté une absence totale des spores et une présence de quelques colonies de moisissures insignifiantes.

A la base de tous les résultats obtenus nous avons orienté la (SGM) vers les lignes du couscous la (SE) vers les lignes des pâtes longues et (3SE) vers les lignes des pâtes courtes.

LISTE DES FIGURES

Chapitre I

- Figure N° 1** : coupe longitudinale du grain de blé.....6
- Figure N°2** : Structure de l'amylose et l'amylopectine7
- Figure N°3** : Schéma de coupe longitudinale d'un grain de blé dur.....9

Chapitre II

- Figure N°1** : Principe de la mouture de blé dur.25

Chapitre IV

- Figure N°2** : Cycle de production de la semoulerie "SIM"32
- Figure N°3** : Diagramme de nettoyage et de mouture.....33

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre I

Tableau N° 1 : Distribution histologique des principaux constituants du grain de blé.....	7
Tableau N° 2 : Composition en acide gras des lipides de blé : exprimés en pourcentage.....	8
Tableau N° 3 : Composition des protéines des grains de blé : exprimés en pourcentage de matières sèches	9
Tableau N° 4 : Répartition des sels minéraux dans le grain du blé.....	11
Tableau N° 5 : Teneur en vitamines dans le blé en (mg/100gr) : exprimés en pourcentage de matière sèche.....	11

Chapitre II

Tableau N° 1 : Etapes de séparation utilisées pour nettoyage du blé dur	18
--	----

Chapitre III

Tableau N°2 : La spécification technique des semoules de blé dur mises à la consommation	26
Tableau N° 3 : Composition chimique et biochimique de la semoule.....	27
Tableau N°4 : Composition de la semoule en vitamine (mg/100gdeM.....	28

Chapitre IV

Tableau N° 1 : L'activité de l'entreprise et l'évolution des ressources humaines.....	35
Tableau N° 2 : Tableaux ci-dessous illustre cette évolution.....	36
Tableau N°3 : Paramètre technologiques de conditionnement.....	37

Chapitre V

Tableau N°1 : Résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur les blés durs.....	43
Tableau N°2 : Bulletin (01) des analyses physico-chimiques de semoules prélevées au niveau des passages deasseur.....	48
Tableau N°3: Bulletin (2) les analyses physico-chimiques des semoules prélevées au niveau des passages deasseur.....	52
Tableau N°4 : Contrôle de granulométrie des différents types des semoules des blés durs.....	53

Tableau N° 5 : les analyses physico-chimiques et organoleptiques effectuées des différents types des semoules (SGM, SE, 3SE).....	54
Tableau N° 6 : Le taux d'extraction des différents types de semoules (SGM, SE ,3SE).....	66
Tableau N° 7 : Résultats final d'orientation des différents types de semoules (SGM, SE ,3SE).....	60
Tableau N° 8 : Les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur la semoule.....	62

LISTE DES GRAPHES

Chapitre V

Graphe N° 1 : Teneur en eau de différent passage de sasseur.....	49
Graphe N° 2 : Taux de cendre de différent passage de sasseur.....	50
Graphe N° 3 Résultats de taux d'extractions de produit par chaque passage de sasseur.....	51
Graphe N° 4 : Teneur en eau des différents types des semoules (%)	55
Graphe N°5 : Taux de cendre des différents types des semoules (%).....	56
Graphe N°6 : Teneur en protéine des différents types des semoules(%).....	57
Graphe N° 7 : Acidité grasse des différents types des semoules (%).....	58
Graphe N° 8 : Taux de gluten sec et humide des différents types des semoules (%).....	59
Graphe N° 9 : Taux d'hydratation des différents types des semoules (%).....	59
Graphe N°10: Taux d'extraction des différents types des semoules (%).....	60

Annexe N°01 : Echantillonnage

➤ **Objet :**

Le but de cette opération est le prélèvement d'un échantillon représentatif du lot examiné, condition pour l'obtention de résultats permettant une interprétation justifier.

➤ **Principe :**

Réduction progressive et correct d'un échantillon pour laboratoire de masse assez important jusqu'à l'obtention d'un échantillon de laboratoire représentatif de lot examiné.

➤ **Matériel :**

- sonde.
- sachet en papier.

➤ **Mode opératoire**

L'échantillon à lieux dans des wagons ou camion chargés, les prélèvements élémentaires doivent être effectués dans toute la hauteur de la couche à l'aide d'une soude et aux endroits suivants :

- camion contenant jusqu'à 15 tonnes : 5 points de prélèvements au centre et environ 50 cm des parois.
- camion contenant jusqu'à 15 à 30 t : 8 point de prélèvement.
- camion contenant plus de 30 t et moins de 50 t : 11 point de prélèvement.

➤ **Echantillon pour laboratoire**

L'échantillon pour laboratoire est une quantité représentative du lot nécessaire pour l'analyser au laboratoire obtenu de l'échantillon global.

Annexe N°02 : Détermination du taux des impuretés

1- Recherche différentes impuretés : (Méthode Pratique)

- **Généralités** : les impuretés sont l'ensemble des résultats considérés conventionnellement comme indésirables dans l'échantillon.

Elles sont constituées de graines de l'espèce. Cassés, altérés ou attaqués par des déprédateurs, des graines étrangères à l'espèce analysée, d'éléments d'origine organique et non organique.

Annexes

➤ **But**

Le but de cette analyse est la détermination du taux et de la nature des impuretés contenues dans un lot de blé destiné à la semoulerie.

➤ **Principe** séparation, classement et pesées des impuretés des différentes catégories contenues dans l'échantillon pour l'essai et définies chacune.

➤ **Appareillage**

- Balance précise à 0.01g près.
- Tamis de contrôle à trous comprenant les tamis 2mm et 1.9mm = (blé dur) 2mm et 1mm (blé tendre)
- Coupelle et scalpel
- Récipient plat, d'environ deux litres de capacité
- Diviseur des échantillons
- Pinceau
- Pince
- Loupe binoculaire

➤ **Mode opératoire**

- Mélanger l'échantillon pour le rendre homogène.
- Peser 100g de blé sale dans la balance.
- Rechercher les différentes catégories d'impuretés en plaçant dans les coupelles (blé mitadiné, blé tendre, les grains mouchetés et chauffés, les grains boulés et piqués, cassé, maigre, coloré de germe, orge, avoine, déchets)
- A la fin de l'opération peser chaque fraction à 0.01 g près, chaque catégorie présentée en pourcentage (%).

➤ **Expression des résultats**

Le pourcentage d'une catégorie d'impureté A est :

$$A = \frac{M_1 \times 100}{M_0}$$

Ou :

M_0 : la prise d'essai

M1 : masse de la catégorie d'impuretés.

➤ **Répétabilité**

La différence entre deux déterminations effectuées l'une après l'autre par le même analyse ne doit pas dépasser 10 g d'impuretés total pour 100 g d'échantillon.

2- Définition des impuretés recherchées dans les lots de grains de blé dur

➤ **Grains mitadinés**

Un grain mitadiné présente à la coupe une plusieurs plages farineuses et a tendance, lors de la mouture, à se désagréger en farine et non à éclater en semoule, provoquant une diminution du rendement semoulier. C'est une impureté spécifique de blé dur.

➤ **Grain cassé ou brisés**

On considère seulement comme grains cassés les morceaux de grain plus petit que les trois quarts du grain entier avant cassure.

➤ **Grains mouchetés**

Sont considérés comme grains mouchetés. Les grains présentant .à d'autres endroits que le germe même, des colorations situées entre le brun et le noir brunâtre.

➤ **Coloré de germés**

Les grains germes sont ceux dont on voit nettement à l'œil nu, la radicule ou la plumule.

➤ **Grains échaudés ou maigres**

Sont considérés comme grains échaudés les grains qui passent à travers un tamis à fentes de 1.9 mm. Ce sont des grains desséchés avant maturation à la suite d'un défaut d'alimentation en eau.

➤ **Grains avariés**

Sont des grains devenus inutilisables pour l'alimentation humaine et en ce qui concerne les céréales fourragères, pour l'alimentation du bétail, par putréfaction, par attaque de moisissures ou de bactéries ou par suite d'autres influences.

➤ **Grains punaisés**

Les grains présentent une plage blanchâtre, généralement de faible dimension et déprimée, avec au centre un point noir plus ou moins visible, représentant la cicatrice de la pique de la punaise. Cette altération se remarque plus facilement sur le blé dur vitreux.

La qualité d'un lot de blé est fortement dépréciée des que le taux de grains puna. Ses est de 1 % et devient panifiable quand il atteint 4 à 5 %.

Annexes

➤ **Grain cariés**

Renferment une poussière d'odeur fétide et de coloration brun noirâtre. Composée par les spores de champignons. La carie (*Tilletia carier*).

Ce sont des grains plus globuleux. Plus légers et plus petits que les grains sains, que l'on appelle grains boutés.

➤ **Grain boutés**

Sont reconnaissables à l'œil nu. Par une coloration noirâtre des poils de la brosse au sommet du grain. Ils ne peuvent être éliminés mécaniquement lors du nettoyage et donnent une farine sale lors de la mouture. Ils ne sont cependant pas comptabilisés comme impurétés.

➤ **Grains fusarié**

Les grains sont contaminés par le mycélium d'un champignon du genre *Fusarium*. Sur les céréales, il existe plusieurs types de *Fusarium* qui provoquent des dégâts comparables sur le grain : échaudage, surface blanchâtre ou rosâtre suivant le type de *Fusarium*.

➤ **Grains d'autres céréales**

Ce sont les grains et fragments de graines et les fragments de graines de n'appartenant pas à l'espèce du lot examiné, ainsi que les graines et les fragments de graines de protéagineux et d'oléagineux.

➤ **Matière inertes**

Cette catégorie comprend les débris végétaux sèches (glumes, Pailles ...) les éléments minéraux (terre, sable, pierres, éléments métalliques ...), Les insectes et les acariens morts et les débris d'animaux nuisibles aux céréales (débris, d'insectes, soies, déjections animales, poils de rongeurs, coquillages...).

➤ **Ergot**

C'est un sclérote, c'est-à-dire un mycélium condensé, constituant l'organe de vie latente d'un champignon parasite des graminées (*Claviceps purpurea*). On trouve l'ergot sur le blé dur, le blé tendre, le seigle et le triticale. L'ergot contient des alcaloïdes qui lui donnent une odeur nauséabonde qui se communique aux produits. Cuits. Il contient aussi des alcaloïdes dont l'ergotine, auxquels il doit sa toxicité.

➤ **Exemple de grains d'autres céréales et plantes cultivées.**

Annexe N°03 : Détermination du poids hectolitre (PHL) (Norme Algérienne 1613.1990)

La masse à l'hectolitre correspond à la masse de blé contenu dans un hectolitre rempli de grains, d'impuretés et d'air interstitiel.

➤ **Objet**

La masse à l'hectolitre (PHL) est appelée communément poids spécifique (PS) et appelée encore masse volumique, elle est exprimée en kg/hl, elle a pour objet la mesure de la masse de blé contenue dans un volume constant qui est hectolitre.

Cette opération permet de déceler certains blés anormaux et peut donner une idée sur le rendement de blé en semoule.

Elle présente un intérêt commerciale, elle est généralement prise en compte dans les contrats et transactions commerciales bien que son intérêt technique soit très limité.

➤ **Principe**

Ecoulement libre d'un échantillon au moyen d'une trémie dans un récipient de un litre.

➤ **Appareillage**

Niléma- litre est constitué de:

- cylindre mesureur
- Balance Romaine (maximum 1 Kg).
- couteau arroseur.

➤ **Mode opératoire**

- Remplir la trémie avec du blé
- Fixer le cylindre mesureur sur son socle, celui-ci doit être posé sur un plan horizontale stable.
- Placer le couteau arroseur dans le cylindre mesureur pour limiter les grains au volume de un litre sans tassement.
- Retirer la trémie contenant le blé.
- Peser exactement le litre rempli de grain.

➤ **Expression des résultats**

La masse à l'hectolitre est exprimée en kilogramme par hectolitre. Exprimer le résultat avec deux décimales. Les résultats sont ramenés à l'hectolitre à l'aide d'une table de correspondance.

Annexes

Annexe N°04 Détermination du taux de mitadinage (Norme NA.1183 / 1990).

a- Principe :

Le principe consiste en l'élimination des impuretés, y compris les grains de blé rendre, par tamisage et triage à la main, puis séparation des grains de blé visiblement mitadinés et vérification de l'état vitreux des autres grains en les coupant au scalpel.

b- Expression des résultats :

Le taux de mitadinage est exprimé selon la formule suivante :

$$T_m \% = (m_1) \times 100 / (m_1 + m_2)$$

D'où :

T_m : est le taux de mitadinage en pourcentage

m_1 : est la masse en gramme du blé mitadiné

m_2 : est la masse en grammes des grains de blé vitreux

Annexe N°05 : Poids de milles grains (Norme Algérienne.730.1991.E, ISO 520)

La détermination du poids de 1000 grains peut fournir une évaluation du degré d'échaudage d'une variété connue. Ce critère est fonction de la variété et des conditions de culture.

➤ Principe

Pesée d'une quantité de l'échantillon, séparation des grains entiers et pesée du reste, suivies du comptage des grains entiers. Division de la masse des grains entiers par leur nombre, et expression du résultat rapporté à 1000 grains.

➤ Appareillage

- Appareil approprié pour le comptage des grains (NUMIGRAL).
- Balance précise à 0.01 gramme.
- Pince métallique.

➤ Mode opératoire

Prélever au hasard une quantité approximativement égale à la masse de 500 grains de l'échantillon tel quel et la peser à 0.01 gramme près. Sélectionner les grains entiers peser le reste à

Annexes

0.01 gramme près et en déduire par différence la masse des grains entiers. Puis compter ces derniers à l'aide du compteur de grains. Effectuer deux essais sur le même échantillon.

Déterminer sur un échantillon séparé la teneur en eau selon la méthode ISO 712.

➤ Expression des résultats

La masse, MH en gramme de 1000 grains entier tel quels, est donné par la formule :

$$MH = \frac{m0 \times 100}{N}$$

Où

m0 = masse, en gramme, des grains entiers.

N = le nombre de grains entiers contenus dans la masse m0.

La masse ms en gramme de 1000 grains sur sec est donnée par la formule :

$$mS = \frac{MH \times (100 - H)}{100}$$

H : teneur en eau des grains.

P : masse en g de 1000 grains entiers.

Annexe N°06 : Détermination de l'humidité des grains (norme Algérienne 1132.1990, ISO 712)

La détermination de l'humidité des grains est une opération capitale qui permet une humidification des grains de blé et qui est indispensable avant la mise en mouture pour faciliter la séparation du son et de l'amande.

La teneur en eau des grains doit atteindre 16.5% pour cela, le calcul de l'humidité sur grain est nécessaire, ensuite le volume d'eau distillée à rajouter est calculé avec la formule suivante :

$\text{Volume d'eau distillée à rajouter} = (16.5 - H \%) \times (1.2 \times 10)$

➤ Mode opératoire

Deux déterminations sur le même échantillon pour essai doivent être faite.

- Peser 5g de grains broyés avec un broyeur Buhler et les verser dans la capsule métallique.
- Introduire la capsule ouverte contenant la prise d'essai, et le couvercle dans l'étuve pendant 2h a une température comprise entre 130 et 133°C.
- En opérant rapidement retirer la capsule de l'étuve, la couvrir et la placer dans le dessiccateur.
- Laisser refroidir la capsule durant 30min, la peser à 1mg près dans une balance analytique.

Annexes

➤ Expression des résultats

La teneur en eau, en pourcentage en masse du produit tel quel est donnée par la formule :

$$H\% = (M1 - M2)/(M1 - M0) \times 100$$

Où :

M0 : masse en gramme de la capsule et de son couvercle vide.

M1 : masse en gramme de la capsule et de son couvercle avec la prise d'essai avant séchage.

M2 : masse en gramme de la capsule et de son couvercle avec la prise d'essai après séchage.

Prendre comme résultats la moyenne arithmétique des valeurs obtenues pour les deux déterminations.

Annexe N°07 : Détermination des cendres, méthodes par incinération à 900°C (Norme Algérienne. 733. 1991.E, ISO 2171)

La détermination du taux de matière minérale, principalement répartie dans l'enveloppe et le germe, permet de donner une indication sur le taux d'extraction en meunerie.

➤ Principe

Incinération d'une prise d'essai dans une atmosphère oxydante, à une température de 900 °C ± 25°C, jusqu'à combustion complète de la matière organique, et pesée du résidu obtenu.

➤ Réactifs et produits

- Ethanol, solution à 95 %.
- Echantillon témoin, de même nature et de taux de cendres aussi proche que possible du produit ou des produits à analyser.

➤ Appareillage

- Broyeur.
- Nacelles à incinération, en matériaux non attaquable dans les conditions de l'essai, d'au moins 20 ml de capacité.
- Four électrique, la température d'incinération est réglable à la température de 900 ± 25° C.
- Appareil de refroidissement ne permettant pas de reprise d'humidité, par exemple dessiccateur garni d'un agent déshydratant efficace.
- Plaque unie thermorésistante (amiante).
- Balance analytique.

➤ Échantillonnage

Peser rapidement une quantité de substance d'environ 2 g dans la capsule tarée, couvercle compris à 1 mg près.

➤ Mode opératoire

Préparation des nacelles a incinération :

Chauffé durant 10 mn les nacelles dans le four réglé à $900 \pm 25^\circ \text{C}$.

✓ Détermination de la teneur en cendre :

Effectuer immédiatement la teneur en eau conformément à la norme ISO 712.

• Préparation pour incinération

Afin d'obtenir une incinération uniforme, humecter la prise d'essai dans la nacelle, au moyen de 1 à 2 ml d'éthanol.

• Prés incinération

La porte du four étant ouverte, placer la nacelle et son contenu à l'entrée du four préalablement chauffé à $900^\circ \text{C} \pm 25^\circ \text{C}$, jusqu'à ce que la matière s'enflamme.

• Incinération

Aussitôt que la flamme est éteinte, placer avec précaution la nacelle à incinération dans le four. En général le temps d'incinération est de l'ordre de 1 h à 1 h 30 mn. Une fois l'incinération terminée retirer les nacelles du four, et les mettre à refroidir sur la plaque unie thermorésistante pendant une minute, puis dans le dessiccateur jusqu'à la température ambiante, la peser alors rapidement à 0.1 mg près.

• Nombre de déterminations

Effectuer au moins deux déterminations sur le même échantillon pour essai.

➤ Expression des résultats

Le taux de cendres, exprimé en pourcentage en masse rapporté à la matière sèche, est égal à :

$$m1 \times \frac{100}{m0} \times \frac{100}{100 - H}$$

Où :

- m_0 est la masse en gramme, de la prise d'essai.

Annexes

- m1 est la masse en gramme, du résidu.
- H est la teneur en eau, exprimée en pourcentage en masse, de l'échantillon pour essai.

Prendre comme résultats la moyenne arithmétique des deux déterminations.

Exprimer le résultat à 0.01 % près.

Annexe N°08: Dosage d'azote total avec minéralisation selon la méthode Kjeldhal (Norme Algérienne.1158.1990, ISO 1871)

La teneur en protéines est calculée à partir de la teneur en azote multipliée par le coefficient 5.7 et rapporté à la matière sèche.

La teneur en protéine, par son intérêt technologique et nutritionnel est un élément de la valeur d'utilisation du blé.

➤ **Principe**

Le principe consiste en la minéralisation ou la pyrolyse de la matière organique contenue dans le produit. L'azote organique est transformé en azote minérale sous forme ammoniacal sous l'action oxydative de l'acide sulfurique bouillant sur la matière organique et en présence d'un catalyseur. L'azote se trouve à l'état de sulfate d'ammonium $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, un excès de lessive de soude neutralise l'acide sulfurique et libère l'ammoniac (NH_3) qui est entraîné par la vapeur au cours de la distillation et il peut être titré en présence d'un indicateur coloré.

➤ **Appareillage**

- Balance De Précision A 0.01g Prés.
- Broyeur
- Burette De Précision
- Matras Kjeldahl De 500ml
- Erlenmeyers De 150 MI Et 250 MI
- Appareil de distillation.
- Dispositif De Chauffage Permettant L'inclinaison Du Matras Durant L'opération (Bloc Chauffant).
- Dispositif d'aspiration Pour les vapeurs d'acides libérés pendant l'attaque.

➤ **Réactifs :**

- catalyseur (100 g de sulfate de potassium (K_2SO_4) + 10 g de sulfate de cuivre (Cu SO_4) +De sélénium).

Annexes

- Acide sulfurique (H_2SO_4) concentré $d = 1.84$ à 20 c°
- Hydroxyde de sodium (NaOH) à 33 % , $d=1.33$ à 20 c° (dissoudre 330 g de soude dans un litre d'eau).
- Eau distillée.
- Indicateur coloré : 0.125g de rouge de méthyle + 0.1875 g de vert de bromocrésol + 20g d'acide borique (H_3BO_3) + 250ml d'éthanol à 95 %.

➤ Mode opératoire

1. Minéralisation

Opérer sur une prise d'essai de 1g de substance (selon l'importance de l'azote dans l'échantillon) l'introduire dans un matras de 250ml tout en évitant que les particules n'adhèrent à la paroi, ajouter 2g de catalyseur et 20ml d'acide sulfurique concentré à 95%. Porter le matras sur le support d'attaque de type Buchi et poursuivre le chauffage jusqu'à décoloration du liquide ou l'obtention d'une coloration verte stable limpide pendant environ 2 heures. Laisser refroidir durant 30 min puis ajouter peu à peu ; avec précaution 100ml d'eau distillée en agitant et en refroidissant sous un courant d'eau pour dissoudre complètement les sulfates.

2. Distillation

Transvaser 20ml du contenu dans le matras de l'appareil distillateur de type Buchi, recueillir le distillat dans un bécher contenant 20ml de l'indicateur coloré. Verser lentement dans le matras de l'appareil distillateur, 20ml de lessive de soude ($d=1.33$), mettre l'appareil en position de marche, laisser l'attaque se faire jusqu' à l'obtention d'un volume de distillat de 100ml au moins, titrer en retour par l'acide sulfurique N/20 jusqu'à l'obtention de la couleur initiale de l'indicateur coloré.

➤ Expression des résultats

La teneur en matière azotée totale exprimée en pourcentage de matière sèche est donnée par la formule suivante :

$$N = (14 \times 0.5 \times V) / 50 \times 100 / (100 - H) \times 5.7$$

Où :

N : l'azote.

50 : la prise de minéralisât.

5.7 : facteur de conversion.

H : teneur en eau, exprimée en % en masse de l'échantillon pour essai.

V : volume en ml, de la solution d'acide, versé dans la burette lors du titrage.

Annexe N°09 : Détermination du taux d'affleurement (norme française NF V 03-712 juin 1994)

➤ **Définition**

Le taux d'affleurement est la quantité de semoule extraite ou refusée par un tamis dont la garniture à une ouverture de maille qui est choisie en fonction de la finesse et de la granulométrie désirées.

➤ **Principe** (classement selon la taille)

Le calibrage des particules de semoule est très important en veut obtenir une bonne hydratation car les capacités d'hydratation est en fonction de la surface de contact des particules avec l'eau et e l'homogénéité des particules de même que les particules fines absorbent plus rapidement que les grosses, donc il est nécessaire de procéder à la mesure de la composition granulométrique de semoule avant sa transformation en pate alimentaire

➤ **Appareillage**

- balance de précision à 0.01g près.

- plansichister de laboratoire.

Tamis 525um, 450um, 350um, 250um, 150um

- pinceau

➤ **Mode opératoire**

Peser 100g de semoule à laide de la balance précise à 0.01gprès, puis à l'aide d'un planhister de laboratoire verser l'échantillon dans la premier tamis qui doit avoir une extraction total au tamis (ouverture d maille 525um), ensuite fermer bien le couvert et lancer l'opération durant 5 mn , ensuite peser les refus de chaque tamis et constater l'extraction du tamis 150 um qui est la SSSF.

➤ **Répétabilité**

La différence maximale entre les deux déterminations effectuées par le même échantillon l'une après l'autre ne doit pas excéder 2% de la valeur moyenne.

Annexe N°10 : Indice de sédimentation (test de ZELENY) (Norme Algérienne NA 1184.1994)

Il donne une indication globale sur la quantité et la qualité du gluten. Ce test permet de faire une mesure rapide de la qualité car la détermination n'exige pas d'extraction préalable, ni de dosage chimique.

La farine ou semoule est mise en suspension dans un mélange d'eau d'acide lactique et de bleu de bromophénol. On mesure la hauteur du sédiment par des temps d'agitation et de repos.

On effectue une lecture directe de l'indice de sédimentation variant de 0 à 70 unités :

- 0 à 18 : Insuffisant.
- 18 à 28 : Bonne valeur.
- 28 à 38 : très bonne valeur.
- 38 à 70 : Blé de force.

➤ **Réactifs**

- Eau distillée.
- Propanol - 2 à 99 - 100 %.
- Acide lactique, solution concentrée 85 %.
- Acide lactique, solution de normalité comprise entre 2,7 et 2,8 N.

➤ **Appareillage**

- Moulin d'essai type Brabender- Sédimat.
- Tamis de 150 µm d'ouverture de maille.
- Eprouvettes de 100 ml à fond plat avec bouchon.
- Agitateur de cylindre muni d'une munierie, permettant une fréquence de 40 agitations par minute.
- Pipettes.
- Balance.

➤ **Mode opératoire**

Effectuer le broyage des grains préalablement nettoyé.

Après tamisage de la mouture, bien homogénéiser la totalité de la farine expérimentale, dont la masse doit être de 10 % au minimum de la masse de l'échantillon prélevée pour mouture.

- **Prise d'essai** : Peser à 0.05 après 3.2 g de produit de mouture.

Annexes

Introduire la prise d'essai dans une éprouvette graduée. Ensuite ajouter 50 ml de la solution de bleu de bromophénol, boucher l'éprouvette, puis agiter vigoureusement durant 5 secondes.

Placer l'éprouvette dans le cadre de l'agitateur, et déclencher le chronomètre et mettre en marche l'agitateur.

- Après 5 minutes, retirer l'éprouvette et ajouter son contenu 25ml de sédimentation.
- Replacer l'éprouvette et agiter à nouveau.
- Après 5 minutes d'agitation, retirer l'éprouvette et la mettre e position verticale.
- Laisser reposer pendant exactement 5 minutes, puis noter le volume de dépôt à 0.5 ml près.
- Effectuer au moins deux déterminations de sédimentations sur le même échantillon pour essai.

➤ Expressions des résultats

Le volume du dépôt, exprimé en millilitre représente l'indice de sédimentation.

Prendre comme résultats la moyenne arithmétique des résultats obtenus lors de l'essai.

Annexe N°11 : Détermination de l'acidité grasse (NA.1.1.82.1990)

La présente norme décrit une méthode de détermination de l'acidité de grasse dans les farine et semoule de blé.

➤ Principe

Mise en solution des acides dans l'éthanol à 95 % (v/v) à la température du laboratoire, centrifugation et titrage d'une partie aliquote de la solution surnageant par l'hydroxyde de sodium.

➤ Réactifs

Tous les réactifs doivent être de la qualité analytique et l'eau utilisée doit être l'eau distillée.

- éthanol (alcool éthylique) à 95% (v/v).

- hydroxyde de sodium (NAOH) solution titrée à 0.05N dans l'eau distillé dont on aura éliminée le dioxyde de carbone par ébullitions .cette solution doit être exempte de carbonates et doit être conservée dans un flacon en verre inactinique.

Le titre de la solution doit être vérifié immédiatement avant chaque série de détermination de l'acidité.

- Phénophtaléine : solution à 1g pour 100 ml dans l'éthanol à 95 % (v/v).

➤ Appareillage

- balance précise à 0.01g

-pipette précise de 10 et 20ml

-micro burette graduée en 0.01ml

-agitateur rotatif mécanique 30-60tours/mn.

-fioles coniques ou erlenmeyer de 250ml.

-tubes de 50 ml en verre ou en plastique neutres bouches hermétiquement.

Tubes de centrifugeuse de 45 ml en verre ou en plastique neutres bouchés hermétiquement.

- centrifugeuse à 5000-6000 tours/ min.

- tamis en toile métallique de 01 mm d'ouverture de maille pour les farines et de 160 µm et de 500 µm d'ouverture de maille.

Annexes

Broyeurs permettant un broyage rapide et uniforme, sans provoquer d'échauffement sensible du produit et en évitant au maximum le contact avec l'aire extérieur (car des semoules et des pâtes alimentaires).

➤ **Condition de conservation**

Les échantillons ne doivent pas être conservés à température du laboratoire plus d'une journée, l'acidité augmente pendant le stockage. Les conserver en flacons étanches à 4C° environ. Avant chaque prélèvement pour analysé, laisser cet échantillon revenir à la température du laboratoire dans le flacon étanche.

➤ **Mode opératoire**

- Nombre de détermination : Faire deux déterminations sur le même échantillon pour essai.
- Préparation de l'échantillon pour essai : broyer environ 50g de produit à l'aide de broyeur de telle manière que la totalité du broyat passe au travers du tamis de 500 µm d'ouverture de maille et qu'au moins 80% passe au travers du tamis de 160 µm 'ouverture de la maille

• **Déterminations de la teneur en eau**

Effectuer immédiatement la détermination de la teneur en eau selon la méthode d'analyse.

- **Prise d'essai** : Peser à 0.01g près envion 5g de l'échantillon pour essai, après l'avoir bien homogénéisé.

• **Détermination**

- **extraction** : introduire la prise d'essai dans le tube de centrifugeuse, y ajouter à la pipette 30 ml d'éthanol et fermer le tube hermétiquement.

Agiter pendant une heure à l'aide de l'agitateur rotatif mécanique en opérant à une température de 20 C° + 5C°. Centrifuger ensuite à deux reprises et successivement pendant 02mn.

Ces deux centrifugations sont plus efficaces qu'une seule de plus longue durée car elles permettent d'éliminer les particules restant en suspension.

* **note** : si les tubes de centrifugeuse préconisée par cette norme ne s'adaptent pas à l'agitateur rotatif mécanique, il y a lieu d'utiliser les tubes de 50 ml pour l'extraction et d'effectuer ensuite un transvasement pour la centrifugation.

• **Titrage** :

Prélever à la pipette 20 ml du liquide surnageant parfaitement limpide et les verser dans une fiole conique. ajouter 05 gouttes de phénophtaléine.

Titrer à l'aide de la micro- burette avec la solution d'hydroxyde de sodium 0.05N jusqu'au virage au rose pale pétrissant quelques secondes.

Annexes

- Essai à blanc : titrer l'acidité apportée par l'alcool, en opérant sur 20 ml d'éthanol .

➤ Expression des résultats

- **Calcul et formules**

- acidité exprimée en grammes d'acide sulfurique pour 100g de matière telle quelle :

$$\frac{7.35 \times (v_1 - v_2) \times T}{M}$$

- acidité exprimée en grammes d'acide sulfurique pour 100g de matière sèche :

$$: \quad \frac{7.35 \times (v_1 - v_2) \times T}{M} \quad \times \quad \frac{100}{100 - H}$$

Ou :

V_1 : le volume en ml de la solution d'hydroxyde de sodium utilisée pour la détermination.

V_2 : le volume en ml de la solution d'hydroxyde de sodium utilisée pour l'essai à blanc.

M : la masse en grammes de la prise d'essai.

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

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

- **Résultats :**

- Faire le calcul avec 04 décimales.

- prendre comme résultat la moyenne arithmétique des deux déterminations si les conditions de répétabilité sont remplies. Dans le cas contraire refaire l'essai en double. Exprimer le résultat à 0.01 % (m/m) près.

- **Répétabilité**

La différence entre les résultats des deux déterminations effectuées simultanément ou rapidement l'une après l'autre par la même analyse ne doit pas dépasser 0.002 g d'acide sulfurique pour 100g de matière sèche.

- **la norme dite**

Pour semoules, farines et pâtes alimentaires : 0.040 - 0.055g H₂SO₄/ 100g de matière sèche.

Annexe N°12 : Dosage du gluten norme français NF.1.1.24. ISO 5531

➤ Intérêt

Cette analyse nous renseigne sur la quantité du gluten que renferme le produit donc sur le complexe protéique insoluble dans l'eau salée, et il est constitué essentiellement de gliadine et de gluténine, il constitue l'armature de la pâte et lui communique ses propriétés rhéologiques.

➤ Principe

Préparation d'une pâte au moyen d'un échantillon de semoule et d'une solution salée (NaCl à 2%), isolement du gluten humide par lixiviation de cette pâte, puis essorage du produit obtenu suivi d'un séchage de gluten humide (GH) en vue d'obtenir le gluten sec (GS).

➤ Appareillage

- Balance de précision à 0.01g près.
- Burette graduée de 10 ml.
- Glutomatic.
- Centrifugeuse.
- Plaque chauffant (appareil de séchage).
- Dessiccateur.
- Tamis de soie de cuivre.
- Spatule, mortier.

➤ Mode opératoire

- peser 10g de la semoule à 0.01g près sur chaque un des deux extracteurs mécaniques du gluten et la mouiller avec quelques gouttes de la solution de chlorure de sodium.
- laver la pâte dans la machine durant 10 mn au moyen de la solution de chlorure de sodium.
- placer les deux boules dans la presse à gluten pendant 20 secondes.
- placer les boules essorées obtenues, on obtient la masse de gluten humide.

➤ Expression des résultats

Le gluten humide s'exprime en masse du produit tel que $= m \times 10$

M : la masse en gramme de gluten humide

➤ Répétabilité

La différence entre les résultats de deux déterminations effectuées simultanément ou rapidement l'une après l'autre par le même appareillage, ne doit pas dépasser 0.5g de gluten humide pour 100 d'échantillon.

Détermination du gluten sec

➤ Principe

Le principe repose sur le séchage du gluten humide durant 4 mn.

Annexes

➤ **Mode opératoire**

Séchage le gluten humide dans la plaque chauffante durant 4 mn, puis les poser directement dans le dessiccateur qui va absorber la vapeur dégagée pendant 15 mn et les peser, on obtient donc le gluten sec.

➤ **Expression des résultats**

- Le gluten sec s'exprime en masse du produit tel quel = $m_0 \times 10$

M0 = la masse en gramme de gluten sec.

Calculs :

$$\text{Taux d'hydratation} = \frac{\text{GH} - \text{GS}}{\text{GH}} \times 100$$

Annexe N°13 : indice de coloration

La coloration de la semoule de blé dur est un facteur déterminant dans la qualité organoleptique des semoules et des pâtes alimentaires. C'est l'une des caractéristiques à la quelle le consommateur semble attacher beaucoup d'importance.

Les indices de brun et de jaune sont déterminés à l'aide d'un colorimètre « MINOLTA ». Les résultats sont exprimés en fonction du système d'unité de mesure CIE (la Commission Internationale de l'Eclairage) (L^*a^*b). L'échantillon est placé sous une source lumineuse, Dix mesures successives sont effectuées en tournant l'échantillon d'un quart de tour avant Chaque lecture de manière à limiter les effets dus à l'hétérogénéité de la réflexion sur une surface non homogène.

Annexe N°14 : Les analyses microbiologiques

➤ **Principe de l'analyse microbiologique**

La recherche des germes consiste à placer les micro-organismes au contact d'un milieu nutritif approprié, dans des conditions optimales de température et d'humidité, puis à tes dénombrer.

Avant tout contrôle microbiologique, il est impératif de réunir toutes les conditions d'hygiène et d'asepsie.

Dans nos conditions expérimentales nous avons procédé au nettoyage et à la désinfection des paillasses à l'eau de javel et des outils d'analyses à l'autoclave.

- **La préparation de la solution mère :** Elle est réalisée comme suite :

Annexes

- ✓ Introduire aseptiquement 25g de produits à analyser dans un flacon préalablement taré. Contenant 225ml d'eau physiologique (T.S.E).
- ✓ Homogénéiser.

Remarque

- Chaque fois qu'il est nécessaire il faut procéder à une homogénéisation des produits
- Cette suspension constitue alors la dilution mère (DM) qui correspond donc à la dilution 1/10 (10^{-1}).
- **La préparation de la solution mère :** Cette étape doit être effectuée avec un maximum de précision. Il est à noter que la préparation des dilutions décimales est réalisée comme suite : Introduire aseptiquement à l'aide d'une pipette en verre graduée et stérile, 1ml de la DM dans un tube à vis contenant au préalable 9ml de la même dilution : cette dilution est alors au 1/100 (10^{-2})... ainsi de suite jusqu'à l'obtention de la dilution recherchée.

Remarque

- Les dilutions sont toujours effectuées dans des conditions aseptiques.
- Le but de cette dilution est pour faciliter la lecture en diminuant la charge microbienne dans une boîte contenant un milieu de culture.
- Entre le moment de la préparation de la suspension, ses dilutions et leur mise en culture, il ne doit pas s'écouler plus de 45minutes.
- L'eau étant liquide, il constitue la solution mère (SM).
- entre chaque dilution décimale, il est impérativement recommandé de changer les pipettes graduées.
- contrairement à cela, lors de l'ensemencement il est recommandé de commencer par la plus haute dilution à savoir 10^{-3} dans le but justement de ne pas changer de pipettes.
- **Analyses des produits finis (Semoule)**

.1- Recherche et dénombrement des levures et moisissures : (NA.758/1990)

➤ Principe

Le principe repose sur l'emploi d'un milieu de culture solide « O.G.A » rendu sélectif par acidification et par addition d'un antibiotique qui est l'oxytétracycline.

➤ Mode opératoire : voir figure N°02

Annexes

- **Préparation du milieu** : Fonder préalablement un flacon de gélose O.G.A, puis le refroidir à 45°C ;
 - ✓ Ajouter 15ml de la solution d'oxytétracycline ;
 - ✓ Mélanger oignement puis couler le flacon d'O.G.A ainsi préparé en boite de pétri ;
 - ✓ Laisser refroidir les boites sur paillasse puis sécher à l'étuve avant leur utilisation.
- **Ensemencement** : A partir dilutions décimales préparées, 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} porter aseptiquement 4 gouttes par dilution sur une boite de pétri contenant le milieu O.G.A (gélose glucosée à l'oxytétracycline) préalablement solidifié, puis les étaler à l'aide d'un râteau stérile en commençant par la plus haute dilution.
 - Faire de la même façon une boite témoin du milieu incubé tel quel.
- **Incubation** : L'incubation de ces boites se fait à 20 jusqu'à 25°C donc à température ambiante, couvercle en haut, pendant 5 à 8 jours.
- **Lecture** : La première lecture doit se faire à partir de la 48^{ème} h d'incubation. Elle consiste d'abord en la lecture de la boite témoin, car si elle présente des moisissures, l'analyse est à refaire.
 - Il est noté que les colonies de moisissures sont épisses, pigmentées ou non.
 - Le comptage se fait sur les boites contenant entre 15 et 300 colonies.
 - Le nombre trouvé est multiplié par l'inverse de la dilution.

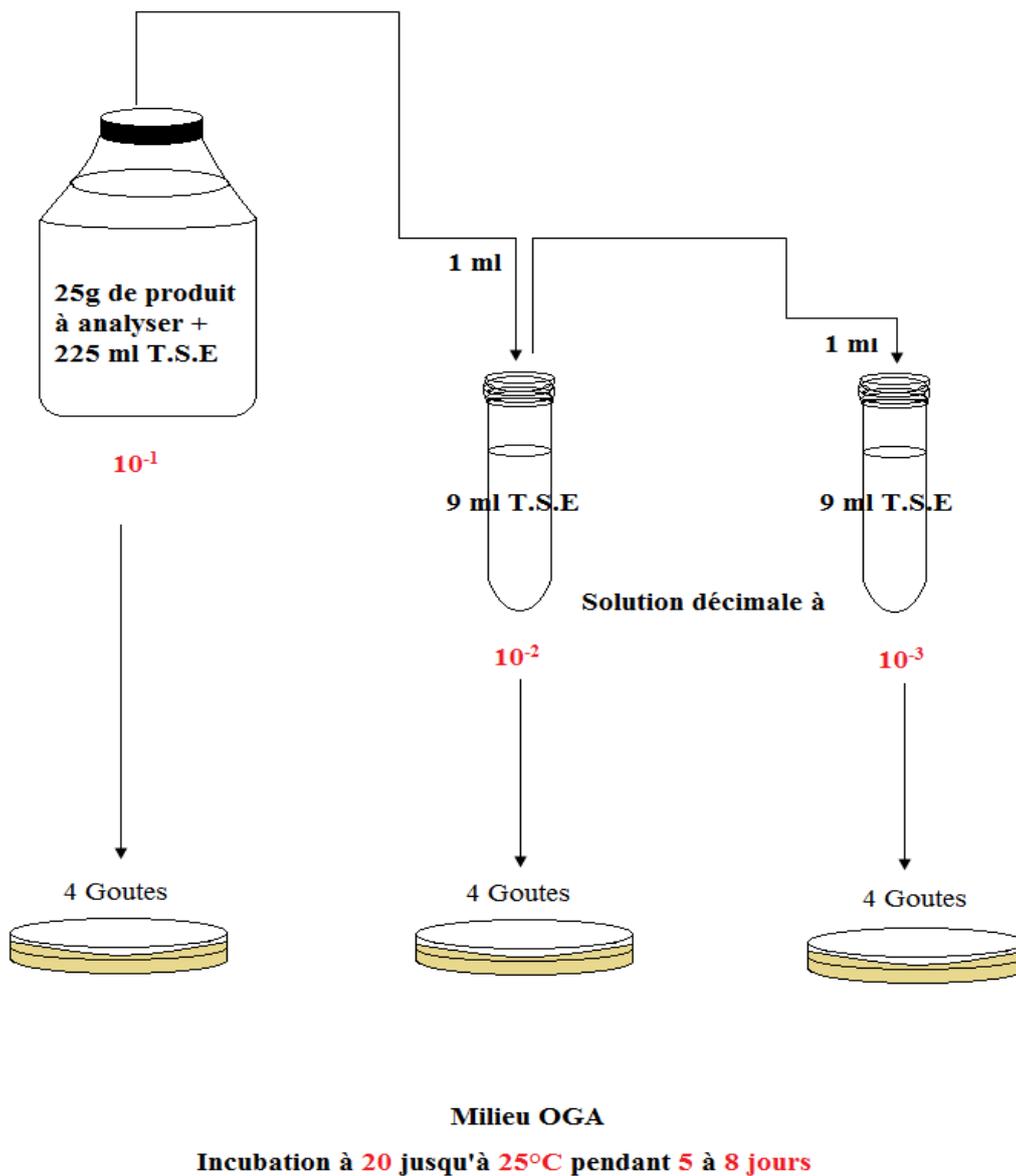


Figure N°02 : Recherche et dénombrement des moisissures

2-Recherche et dénombrement des Clostridium Sulfito-Réducteur : (Norme AFNOR V08-019)

➤ Principe :

Le Clostridium sulfito-réducteur est mis en évidence en utilisant la gélose VF (viande de foie) à la quelle on ajoute le sulfite de sodium et l'alun de fer qui permettent la formation d'un complexe noir entre le fer et le sulfure par les Clostridium.

Annexes

- **Mode opératoire** : voir figure N°03
- **Préparation du milieu** : Au moment de l'emploi faire fondre un flacon de gélose VF, le refroidir dans un bain d'eau à 45°C. Puis ajouter une ampoule d'alun de fer et une ampoule de sulfite de sodium,
 - ✓ Mélanger soigneusement et aseptiquement. Cependant 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°C pendant 8 à 10 minutes ;
 - ✓ puis à un refroidissement immédiat et brutal sous l'eau de robinet ;
 - ✓ A partir de ces dilutions, porter aseptiquement 1 ml de chaque dilution en double, dans deux tubes à vis stérile, puis ajouter environ 15 ml de gélose viande foie prête à l'emploi, dans chaque tube ;
 - ✓ Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes.
- **Incubation:**

Les tubes seront ainsi incubés à 37°C. Pendant 16, 24 ou au plus tard 48 heures.

- **Lecture** : La première lecture doit se faire immédiatement à 16 heures, car :
 - ✓ d'une part, les colonies de *Clostridium* sulfito-réducteur sont envahissantes et on se trouve en face d'un tube complètement noir ce qui rend l'interprétation impossible et l'analyse à refaire ;
 - ✓ D'autre part, il faut absolument repérer toute colonie noire ayant poussé en masse et d'un diamètre supérieur à 0,5 mm ;
 - ✓ Dans le cas où il n'y a pas de colonies caractéristiques, réincorporer les tubes et effectuer une deuxième lecture au bout de 24h voire 48h.

Annexes

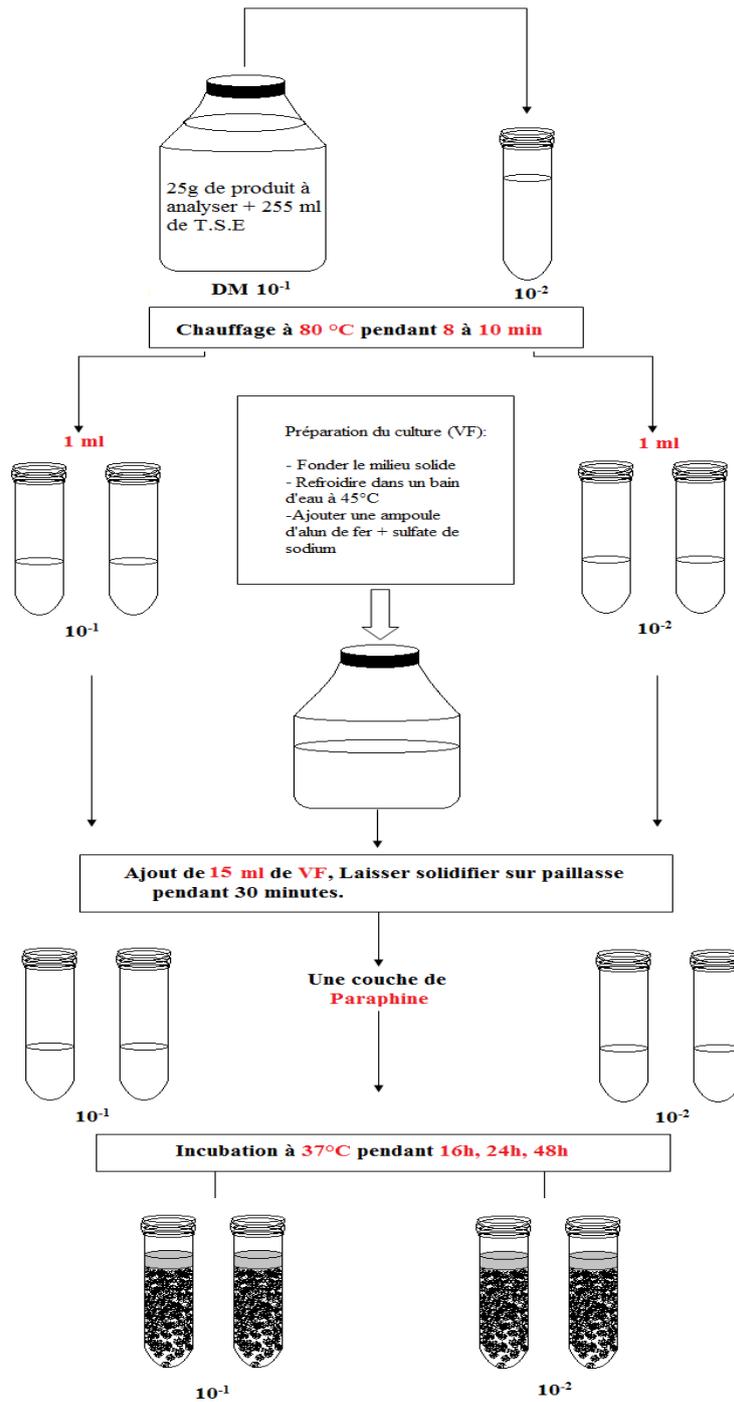
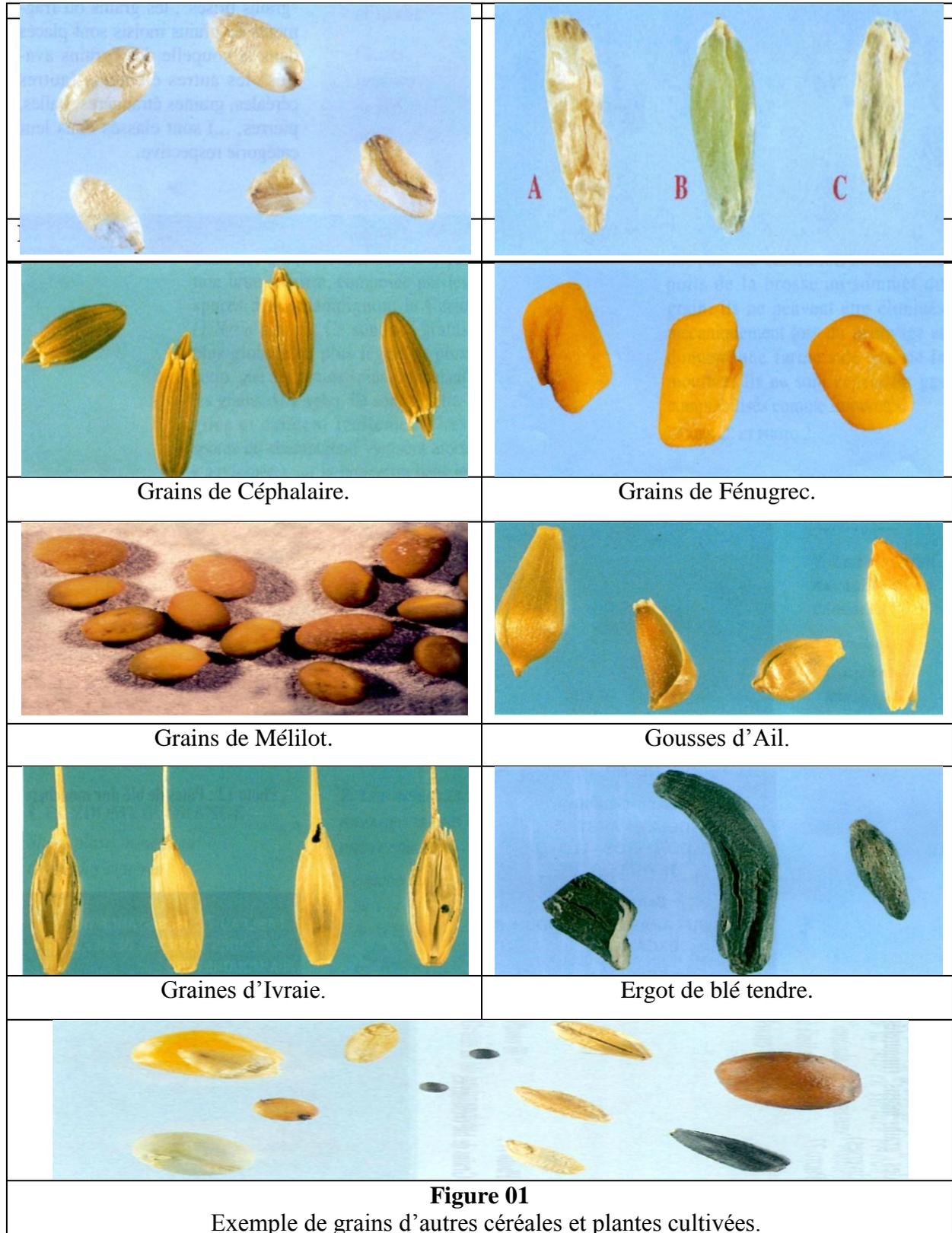
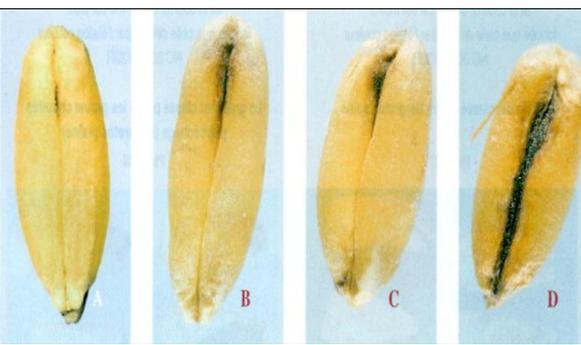
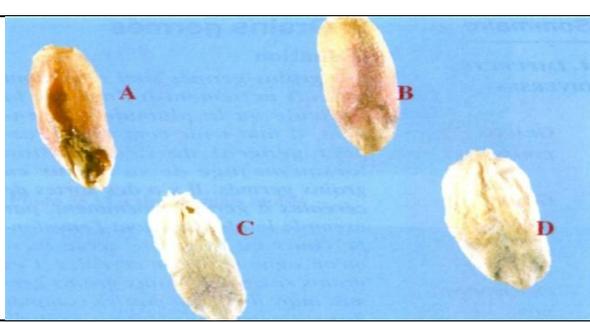
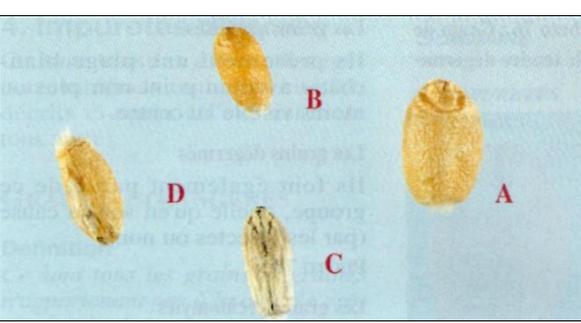


Figure N°03 Recherche et dénombrement des spores de Clostridium sulfito-réducteur.

Annexes



Annexes

Grains de blé tendre brisés	Grains de blé dur échaudés et verts.
	
Grains de blé dur punaisés.	Grains de blé dur mouchetés.
	
Grains de blé dur coloré du germe.	Moucheture du sillon.
	
Grains de blé dur fusariés blancs et roses.	Petits grains de blé tendre.

I - Généralité sur le grain de blé dur

I.1. Définition de blé dur

Le blé dur est une céréale qui fait partie de la famille des Graminées est qui constitue le fruit de la plante appelée caryopse (**Feillet, 2000**).

Le blé dur *Triticum Durum* se distingue du blé tendre par des caractéristiques génétiques, morphologiques et physiologiques, sur le plan technologique la structure vitreuse de son amande lui confère l'aptitude particulière à être transformé en semoule (**Abecassis, 1996**).

Le blé dur est caractérisé par une forme allongée avec une extrémité pointue, sans poils et d'une coloration jaune ambrée (**Godon Et William, 1998**).

I.2. Données économiques

A. Dans le monde

Environ 70% des surfacesensemencées sont consacrées à la culture de céréales. Le blé est l'une des céréales parmi les plus consommés dans le monde (**Bourdeau et Menard, 1992**)

Les statistiques mondiales sont calculées par le conseil international des céréales, pour la campagne 2009-2010 – de juillet à juin – la production mondiale est de 636 millions de tonnes de blé, c'est-à-dire près de 100 kg par habitant. Pour l'ensemble de la population mondiale, la production globale de céréales au début des années 1990 montre bien la nature des changements intervenus, la chine vient au premier rang avec 19% de la production de blé ou plus pour 2007, l'union européenne à 27% est le premier producteur mondiale avec 143 million de tonnes en 2010 (**Anonyme, 2010**).

B. En. Algérie

Le régime alimentaire Algérien, comme celui des autres pays du Maghreb, est basé sur les céréales, principalement le blé dur, qui fournissent l'essentiel des apports énergétiques et protéiques (**Anonyme, 2006**).

Les importations Algériennes de blé tendre ont augmenté de 11,5% durant les quatre premiers mois de 2013, malgré une baisse de blé dur 7,3% des quantités importées, a-t-on appris auprès des Douanes.

Pour le blé dur, l'Algérie a importé durant les quatre premiers mois 2013 pour 3.5million tonnes, contre de 4.30 million tonnes la même période de 2012. (**Anonyme, 2013**).

I.3. Classification du grain du blé dur

I.3.1. Classification botanique

Tous les blés appartiennent au genre *Triticum* et la famille des graminées. Au point de vue botanique, les blés se classent en trois grands groupes, d'après leur nombre de chromosomes.

Les informations génétiques qui conditionnent les dimensions, la forme et la fonction de la cellule, chaque espèce vivante diffère des autres par les types et par le nombre de ses chromosomes, on appelé:

- blé diploïdes ceux qui possèdent deux séries de chromosomes (soi 14 au totale).
- blé tétraploïdes possède quatre série de 7 chromosomes (soit 28 au totale).
- Blé hexaploïdes en 6 série de 7 chromosomes (soit 42 au totale) (**Anonyme, 1976**).

I .3.2. Classification technologique des blés durs

On a établi avec le temps une variété de classification pour les blés, d'après leurs caractères agronomiques, physiques et leur destination finale. Ces classification sont devenues d'usage courant dans l'industrie céréalière et en voici les principales avec les critères qui leur ont servi de base :

- Dureté du grain : dur
- Vitrosité du grain : vitreux (dur et corné).
- Couleur de son : ambre.
- Epoque de semis : printemps ou hiver.
- Propriétés physiques : dépend de la quantité et la qualité du gluten
- Variété (**Anonyme, 1976**).

I .4. Morphologie du grain de blé dur

Le grain de blé est de forme ovoïde, plus ou moins allongée ; son examen révèle :

- Une face dorsale plus ou moins bombée
- Une face ventrale comportant un sillon profond
- A sa partie supérieure, de courts poils qui forment la brosse
- A sa partie inférieure, visible sur la face dorsale, le germe
- La couleur des blés varie du roux au blanc.

I.5. Structure de blé dur

L'examen histologique du grain de blé dur montre qu'il est constitué de trois parties qui sont de l'extérieur vers l'intérieur :

I.5.1. les enveloppes

Comprennent des couches superposées :

a)- Péricarpe : enveloppe de fruit et comprend lui-même trois couches :

- L'épicarpe.
- Mésocarpe.
- Endocarpe.

b)- Tégument séminal et la bande hyaline constitué l'enveloppe de la graine.

c) L'assise protéique est la première couche de la cellule de l'endosperme
(Calvel, 1984).

Les parties constituantes sont riches en matières minérales possèdent également une teneur en acide phytiques (Boudreau, 1992).

Les enveloppes contiennent enfin les pigments, qui donnent la couleur propre des graines et une partie importante des vitamines B1 et B2 (Calvel, 1984).

I.5.2. L'albumen

L'albumen vitreux chez le blé dur (ou amande farineuse) entouré par la couche à aleurone. Il est formé de granules d'amidon enchâssés dans le réseau d'un corps azoté le gluten (Aykroyd et Doughty, 1970).

Cet albumen renferme 3% de pentosanes avec un pourcentage élevé d'amidon environ 80%. Il est pauvre en minéraux et en vitamines hydrosolubles (Adrian et al., 1995).

Dans le blé dur, le taux de xanthophylle est deux fois plus élevé que dans le blé tendre (Calvel, 1984).

I.5.3. Le germe

L'embryon ou germe représente 2.5 à 3 % du poids total du grain (Calvel, 1984). Il comporte le cotylédon ou scutellum et la plantule, constituée de la radicule et de la gemmule. Il est riche en protéines (40%), en lipides (12%) et représente avec le scutellum environ 3% du poids du grain (Godon, 1991) la composition chimique varie selon les différentes parties du grain de blé.

- Il constitue la future plante et assure l'identité génétique de la variété. (Boudreau, 1992.)

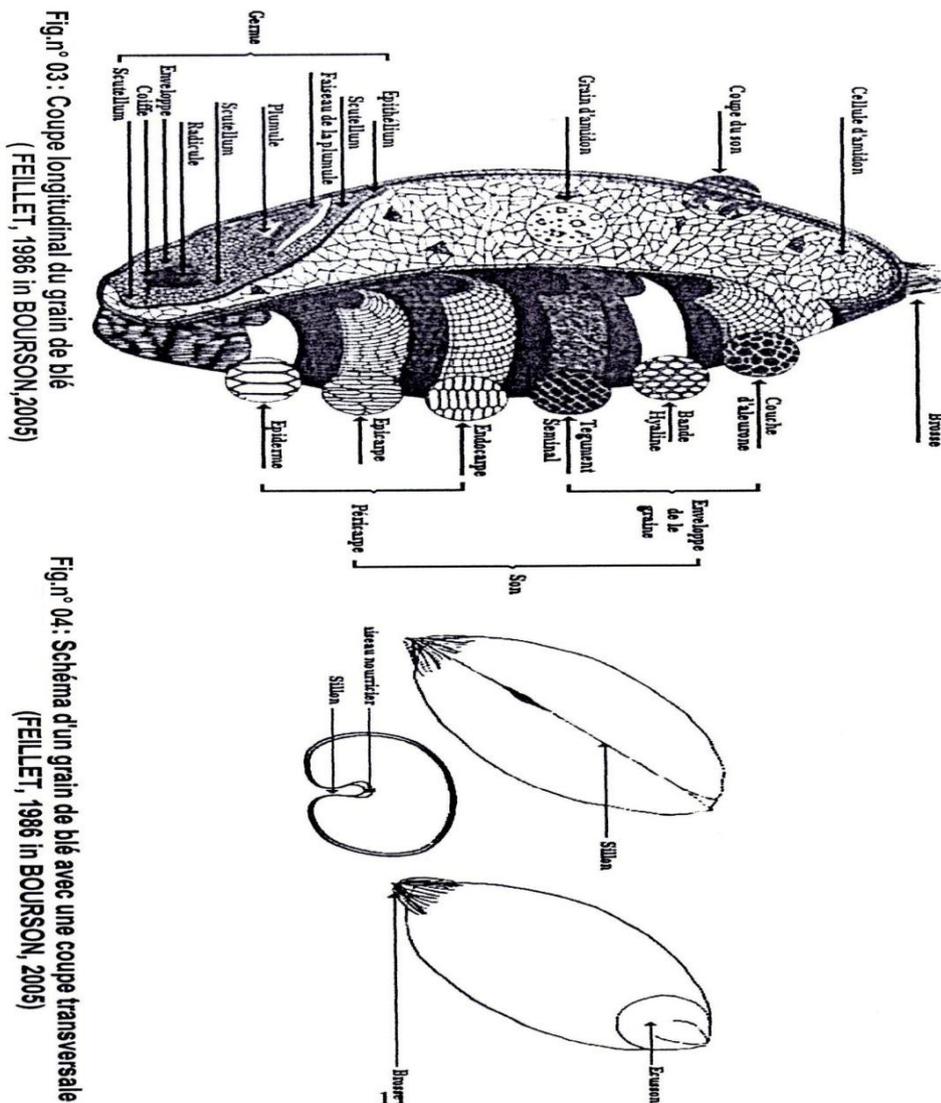


Figure I. 1 Coupe longitudinale du grain de blé.

I.6. Composition chimique et biochimique du grain de blé dur

I.6.1.L'amidon

Il se trouve dans l'endosperme sous forme de granules et servira au développement de l'embryon. L'amidon est constitué d'amylose et d'amylopectine (polymères de glucose liés en α 1,4 et en α 1,6).

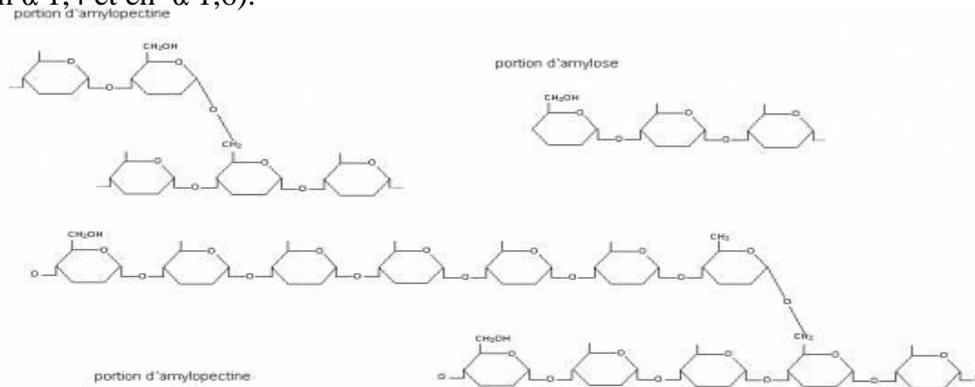


Figure I. 2 Structure de l'amylose et de l'amylopectine (calvel, 1984).

➤ Propriétés de l'amidon

- L'amidon est insoluble à froid.
- Il est possible de récupérer l'amylose et l'amylopectine en chauffant les granules d'amidon dans l'eau.
- Ces dernières éclatent et libèrent les polymères.

Tableau I. 1 Distribution histologique des principaux constituants du grain de blé.

	Grain		Péricarpe		Aleurone		Albumen		Germe	
	% G	%T	%G	%T	%G	%T	%G	%T	%G	
Protéines	13.7	10	4.4	30	15.3	12.0	73.5	31	6.8	
Lipides	2.7	0	0	9	23.6	2	62.9	12	13.5	
Amidon	68.9	0	0	0	0	82	100	0	0	
Sucres réducteurs	2.4	0	0	0	0	1.8	62.7	30	37.3	
Pentosanes	7.4	43	35.1	46	43.8	1.6	18.3	7	2.9	
Cellulose	2.8	40	87.1	3	7.6	0.1	3.1	2	2.2	
Minéraux	1.9	7	22.6	12	43.6	0.5	22.6	6	9.7	

%G= % du constituant dans le grain. %T=% du constituant dans le tissu. (Feillet, 2000)

I.6.2.Glucides

Les glucides sont les constituants les plus importants quantitativement puisqu'ils représentent environ 85% de la matière (**Calvel ,1984**).

Ils sont composés de sucres simples (mono, di et tri saccharides qui jouent un rôle dans levée de la pâte) et de sucres complexes (amidon, cellulose pentosanes).

I.6.3.Lipides

Famille de substance composant les matières grasses, dans lesquelles des acides gras et le glycérol sont les éléments prédominants (triglycérides) (**Adrian ,1995**).

Ils sont caractérisés par leur solubilité dans solvant organique, éther chloroforme ils laissent une tache translucide sur le papier (**Tremolier, 1984**).

Les lipides ou matières grasse sont présentent dans les grains de blé dur, en possèdent 2 environ, ces lipides sont riches en acides gras insaturés comme montre le tableau n°= I.2.

Tableau I. 2 Composition en acides gras des lipides de blé :(exprimé en pourcentage).

Espèces	Acide palmitique C 16 (saturé)	Acide oléique C18 : (insaturé 01 de doubles liaisons)	Acide linoléique C18 :: (insaturé à double liaison)	Acides linoléique ::: (Insaturé à 3 doubles liaisons)
Blé	18	15	63	4

(**Godon, 1991**)

Les 2/3 de ces lipides sont extractibles par l'éther : on les appelle des lipides libres par opposition aux lipides liés aux autres constituants protéiques ou glucidiques. (**Godon, 1991**).

I.6.4.Les protéines

Chaîne constituée d'acides aminés de nature différente liée entre eux de façon linéaire par les liaisons peptidique et placés dans une séquence parfaitement définie par le code génétique (**Adrian et al ,1995**).

Dans les grains de céréales les protides sont représentés essentiellement par les protéines.

Le grain de blé contient (14. 5±1%) de protéine (**Godon et al ,1991**).

Tableau I. 3 Composition des protéines des grains de blé : exprimés en pourcentage de matières sèches.

espaces	albumines	Globulines	prolamines	glutelines
blé	5 -10	5-10	40-50 (gliadine)	30-40 gluténine)

(Godon, Willam, 1990)

L'endosperme contient 11 à 12% de protéines. 85 % de ces protéines sont du gluten.

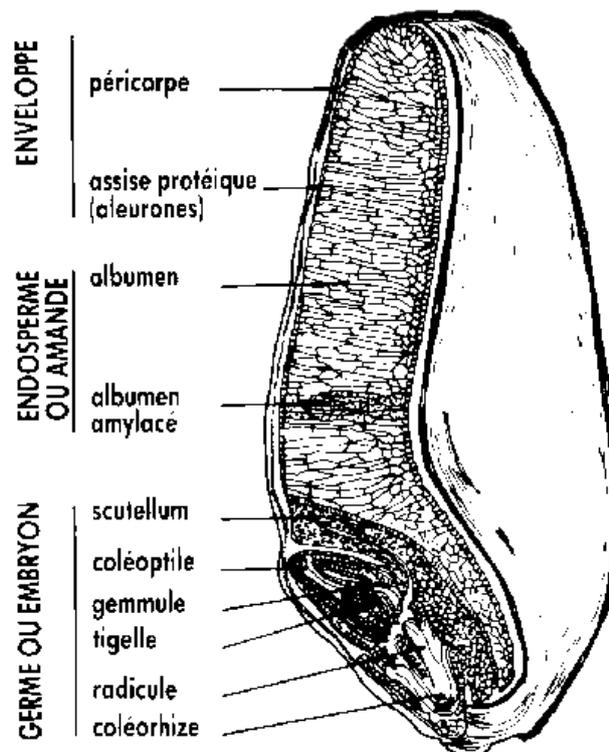


Figure I.3 Schéma de coupe longitudinale d'un grain de blé dur. (**Bure, 1979**).

1.6.4.1. Le gluten

Le gluten est un réseau viscoélastique obtenu par lixiviation sous eau salée de la mouture du blé tendre ou de blé dur hydraté et malaxée. Il est principalement constitué de protéine (75 à 85 %MS selon les conditions de fabrication), (**feillet, 2000**)

Les constituants protéiques majeurs du gluten sont les gliadines et les glutenines a part a peu pré égales. De faibles proportions d'albumines et de globulines sont aussi présentes.

Les divers constituants sont liés entre eux pour donner un réseau très tenace. Mais doué d'une grande élasticité (**Godon.1991**)

L'élasticité est due à la structure en réseau très des protéines spécifique de la farine ou semoule de blé qui au cours du pétrissage. Donnent des ponts dis sulfures S-S intermoléculaire.

Les propriétés rhéologiques et viscoélastiques du gluten sont dues à deux groupes de facteurs ;

- ✓ La qualité et la quantité des composés protéiques du complexe glutenique (solubilité, compositions en acides aminés, structure ...).
- ✓ Les interactions (pont disulfures et hydrogène, interactions électrostatiques et hydrophobes) entre les fractions présentes dans le complexe du gluten.

1.6.4.1.1. Les gliadines

- ✓ Représente 45 % du gluten.
- ✓ Insoluble dans l'eau et les solutions salines.
- ✓ Soluble en milieu légèrement acide ou alcalin.
- ✓ Soluble en solution alcool 50 – 70 %.

1.6.4.1.2. Les gluténines

- ✓ Poids moléculaire élevé.
- ✓ Insoluble dans l'eau.
- ✓ Soluble en milieu légèrement alcalin,
- ✓ Présence de ponts disulfures.

I.6.5. Matières minérales ou cendres

Le grain du blé peut être plus en moins riche en matières minérales selon le sol ou il a poussé, sa fumure et même les conditions climatiques, la récolte et l'année

En Outre, les diverses variétés de blé ont des richesses minérales variables selon leur propre nature. (**Kiger, 1967**).

- Elles sont représentées à raison de 2à3% de la substance humide du grain (**Godon et al 1984**).

Tableau I. 4 Répartition des sels minéraux dans le grain du blé.

Partie du grain de blé	Pourcentage des cendres %
Grain entier	1,5
Germe	16
Couche à aleurone	5
Téguments	3

(**Cheftal et al ,1985**)

I.6.6. Les vitamines

Substance biochimique indispensable aux mécanismes vitaux de l'organisme et que celui-ci ne peut synthétiser.

Diverses vitamines surtout du groupe B (B1, B2, B6) sont présentes dans les grains mais à des concentrations beaucoup plus faible que dans les organes végétatifs ou les Fruits .le germe présente une richesse plus élevée surtout en vitamines E et B. (**Godon et al ,1984**).

Tableau I. 5 Teneur en vitamines dans le blé en (mg/100gr) : exprimés en pourcentage de matière sèche.

espèces	Thiamine vitamine B1	Vitamine B ₂ riboflavine	Vitamine pp niacine	Acido- pantothénique	Pyridoxine	Vitamine E tocophérol
Blé	0.52	0.12	6.00	0.35	0.50	2.0

(Godon, 1998)

I.6.7. Les enzymes

Se sont des catalyseurs biologiques de nature protéiques qui permettent aux réactions chimiques nécessaires à la vie et à la multiplication cellulaire de s'effectuer à des vitesses élevées. Ils agissent en faible quantité et ne peuvent catalyser un seul type de réaction avec un seul type de substrat. Il existe des endo ou exo enzymes.

Dans le grain on trouve la beta amylase et l'alpha amylase on retrouve aussi :

- Des protéases
- Des lipases
- Des lipoxydases

I.6.8. L'eau

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.

I.6.9. 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**).

I.7. Qualité des blés durs

Selon les normes internationale ISO8402 (la qualité comprend l'ensemble des propriétés caractéristiques d'un service ou un produit qui lui confère l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés ou implicites).

Dans le cas des blés la notion de qualité est assez variée et peut recouvrir plusieurs aspects : agronomiques, réglementaire, alimentaire technologiques... etc.

Ces aspects sont fonction de l'étape concernée (production, stockage, transformation. **(Rousset et Autran, 1979)**).

I.7.1. Qualité agronomique

La qualité de la récolte est un élément primordial de la rentabilité qui joue sur la facilité de l'écoulement et le prix réellement payé. il est indispensable, pour l'agriculteur, d'obtenir un bon rendement avec une qualité acceptable de façon à rentabiliser sa culture d'où son choix des variétés à cultiver, est donc essentiel :

Ces cultivars doivent être performants, adaptés aux conditions du milieu, de qualité technologique conforme aux besoins de l'industrie **(Gringnare, 1979)**.

I .7.2. Qualité réglementaire

Elle est définie 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 animal. **(Feillet, 2000)**.

I .7.3. Qualité alimentaire

Elle a trois aspects distincts relatifs : Ces cultivars doivent être performants, adaptés aux conditions du milieu, de qualité technologique conforme aux besoins de l'industrie **(Gringnare, 1979)**.

I .7.3.1. Qualité organoleptique (sensorielle)

La composante organoleptique de la qualité est très importante, mais subjective dans le temps, dans l'espace et selon les individus.

A l'échelle industrielle, cette qualité est bonne quand elle satisfait la plupart des consommateurs à un moment donné, dans les industries de cuisson, les techniques de

L'analyse sensorielle sont également utilisées par les boulangers pour la caractérisation des pâtes aux cours des procédés d'élaboration.

I.7.3.2. Qualité nutritionnelle

C'est l'aptitude du produit à bien nourrir (l'homme ou l'animal), elle est avant tout fonction de la composition en nutriments, on peut y distinguer deux aspects :

- **Un aspect quantitatif** : c'est l'énergie stockée sous forme chimique apportée par l'aliment à l'organisme.
- **Un aspect qualitatif** : c'est la recherche de l'équilibre nutritionnel de l'aliment au regard des besoins du consommateur.

L'évaluation de la valeur nutritionnelle peut être effectuée par deux méthodes :

- Le dosage biochimique des éléments nutritifs.
- Les tests biologiques : ils se basent sur le contrôle de la croissance des animaux durant une période donnée dans des conditions bien déterminées (**Fourar, 1994**).

I.7.3.3. Qualité hygiénique ou sanitaire

La qualité hygiénique est une exigence de sécurité en principe absolue, elle garanti l'absence de micro organisme pathogène dans les grains et dérivés (microorganismes, toxines, souillures animales, résidus de traitements des récoltes métaux lourds... etc.).

- L'état sanitaire général d'un lot de grain 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, PHL ou poids de 1000 grain, température, propriétés (grain cassés, graines étrangères).
- Masse volumique ; cela correspond assez bien aux propriétés retenues pour le classement des grains dits « sains, loyaux et marchands » tel qu'on le pratique dans différents pays (agréage).
- L'état biochimique : niveau d'activité enzymatique, amylasique en particulier.
- En fin la qualité du grain. (**Multon, 1982**).

I.7.4. Qualité technologique

Appelée encore qualité industrielle, elle rend compte de la valeur d'utilisation réelle des produits, Elle intéresse en particulier les sélectionneurs, les utilisateurs (semouliers, pastière) et les consommateurs.

Les utilisateurs de blé dur désirent obtenir, un rendement élevé en semoule, des pâtes alimentaires résistantes aux chocs, fermes après la cuisson, à gout 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, et puisque notre pays est connu par le plat traditionnel qui est « le couscous », on va définir la valeur couscoussière. (**Gringnac, 1976**)

- **Valeur semoulière**

Elle correspond à l'aptitude d'un lot de blé dur à donner un rendement élevé en semoules de pureté déterminée.

La valeur semoulière dépend de trois groupes de facteurs sont :

- Les conditions de culture et de récolte.
- La nature des variétés.
- La richesse en matière minérales.

- **Valeur pastière**

La valeur pastière regroupe deux notions d'une part l'aptitude des semoules à être transformées en pâtes alimentaires (facilité de malaxage, de tréfilage et de séchage) et d'autre part la qualité des produits finis, le premier aspect ne doit pas être mésestimé.

- **Valeur couscoussière**

On peut définir une bonne valeur couscoussière comme la possibilité pour une semoule de donner un couscous de granulométrie régulière et homogène.

A l'état sec, il doit être de couleur jaune ambré, possédant une capacité d'absorption d'eau suffisante et après cuisson, ces granules doivent rester bien individualiser sans se déliter ni coller entre eux.

Le simple énoncé de cette définition donne déjà une idée sur la multiplicité et la complexité des facteurs qui interviennent dans la qualité couscoussière.

I .8.Stockage du blé dur

Le stockage du blé dans un silo, qui est un système écologique constitué d'organismes vivants (grain de blé et microflore ainsi que, éventuellement, des insectes, des rongeurs), Placés dans un environnement physicochimique caractérisé par sa température, son humidité et sa teneur en oxygène. C'est un biotope artificiellement créé par l'homme dont l'équilibre instable peut être rapidement détruit par des agressions d'ordre abiotique (facteur du milieu) et biotique (facteur biologique).

II.1. Réception de la matière première

L'approvisionnement en matière première (blé dur) dans une semoulerie se fait généralement au moyen de camions, qui dès leur arrivée 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.

II.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 ou l'on peut examiner le passage des quantités livrées.
- 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**).

II.3. Le nettoyage

Le nettoyage constitue une opération primordiale en semoulerie qui doit être réalisée avec efficacité, et donc nécessite la mise en œuvre d'un nombre de machines.

Rappelons quels sont les principaux objectifs du nettoyage :

- Enlever toutes les pierres de manière à éviter la présence de débris minéraux dans la semoule.

- Eliminer les grains toxiques nuisibles.
- Enlever les insectes et les fragments d'insectes.
- Réduire le nombre de contaminants microbiens.
- Eliminer, enfin, tout produit autre que les grains .pour atteindre ces objectifs et éliminer les impuretés.
- Différences existant entre le grain de blé dur (taille, forme, densité) et les impuretés (**Godon ,1998**).

Tableau II. 1 Etapes de séparation utilisées pour 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	Propriétés aérodynamique	Poussière
03	Epierrage	Épierreur	Densité	Pierre
04	Triage	Trieur	longueur	Graine longue, ronde ou hélicoïdal
05	calibrage	Table densimétrique	Densité	Impuretés légères et lourdes
06	Séparation de l'ergot	Toboggan	Vitesse, Surface et forme	Blés cassés et nielle

(Abecassis, 1991).

II.3.1. Les équipements de nettoyage

Classent les produits en fonction de leur taille et de leur forme ; ils sont à tôles perforées, à cylindres ou à disques alvéolés et procèdent par élimination des impuretés ou extraction des bons grains.

II.3.1.1. Les nettoyeurs séparateurs aspirateur (SNA)

Le lot de blé passe sur des grilles (ou tôles perforées) dont les ouvertures retiennent les plus volumineux des produits étrangers (brins de paille, grains de maïs) et laissent passer blés et petites impuretés ; ces dernières (graines de colza) sont éliminées lors d'un deuxième passage sur des grilles dont les ouvertures retiennent les blés bien venus et les autres produits de dimension et de forme identiques.

II.3.1.2. Les trieurs

Les produits sont séparés sur la base de leur plus grande dimension on utilise à cet effet des appareils à alvéoles ; cylindre rotatif intérieurement au sein duquel transitent les produits.

Disque alvéolé sur ses deux faces et tournant à l'intérieur de la masse de grain (trieur carter). Les produits de plus grandes dimensions que les alvéoles retombent dans la masse de grains lorsque les alvéoles se trouvent en position supérieure et avancent vers l'extrémité de la machine. On sépare ainsi les blés des grains longs (avoine) ou ronds (vesce) (Feillet, 2000).

II.3.1.3. le trieur hélicoïdal (Toboggans)

Assurent la séparation des produits en fonction de leur masse, le lot à nettoyer descend par gravité une rampe hélicoïdale : ces composants sont soumises à la force centrifugée, les produits les plus lourds sont entraînés vers la périphérie, on sépare ainsi les blés cassés et nielle (Feillet, 2000).

II.3.1.4. Les triages colorimétrique

Couteux n'est utilisé que dans des cas très particuliers, il permet de : Séparer les blés sains des blés brûlés ou ergotés et des graines étrangères qui présentent une coloration foncée (Feillet, 2000).

II.3.1.5. La table densimétrique

Les grains sont soumis à une aspiration d'air tout en étant entraînés par un mouvement de va et vient le long d'une table vibratoire et inclinée.

Les produits se répartissent en plusieurs couches :

- les plus légers se rassemblent dans la couche supérieure.
- les plus lourdes (pierre par exemple) restent au contact avec la couche inférieure et remontent par un effet dit de chasse.
- les blés les plus propres sont récupérés à l'une des extrémités de la table (Feillet, 2000).

II.3.1.6. L'épierreur

Qui élimine les pierres par densités (louis, 1998).

II.3.1.7. Les époinçuses

Qui projettent les grains contre des grilles métalliques, assurant l'élimination des impuretés adhérent à la surface des blés et partiellement, de celles enfouies à l'intérieur du sillon. Peut être éliminée au cours de ces traitements par effet de choc (grains contre grains, grain contre parti métallique ou abrasives).

Ces machines contribuent par ailleurs efficacement à la diminution de la flore bactérienne contaminants (feillet, 2000).

II.3.1.8. Séparateur magnétique ou aimant

L'aimant à pour but d'enlevée les particules métalliques existants dans un lot de blé, généralement l'aimant est placé à la sortie du séparateur nettoyeur aspirateur, le blé passe directement au niveau d'un appareil qu'on appelle aimant qui permet de débarrassé le blé de toute les particules métallique. Il existe deux types d'aimant :

L'un fixe et l'autre électro-aimant, mais au niveau du moulin en utilisant toujours l'aimant permanent. Celui-ci est placé sous l'alimentation du blé et cette aimant ne peut être débarrassée des particules métallique retenu que lorsque la section de nettoyage est à l'arrêt. Mais on peut toujours utilisée une brosse qui permet de racler en permanence l'aimant des particules qui- y- sont retenues pour les évacué vers un petit boîtier situé a l'extérieur de l'aimant (feillet, 2000).

II.3.1.9. Le tarare

La séparation entre les impuretés très légères qui seront entraînées par l'air d'aspiration et les impuretés plus ou moins lourdes par une décantation.

Le blé sort du séparateur, tombe dans la caisse (cuve) d'alimentation du tarare ou il est accumulé, ce qui empêche l'entrés par deux ressorts d'alimentation. Quand l'air traverse le produit, il soulève les particules les plus légères vers la sortie.

Les déchets légers sont emportés par l'air dans la conduite d'aspiration vers l'extérieur, tandis que les déchets lourds tombent dans la chambre de décantation.

II.3.1.10. Trieuse de couleur de grain (bleu 5)

C'est un équipement moderne Dans le domaine de nettoyage du blé, Et est d'une grande importance et Elle contribue à élever la qualité de la semoule de produits, Et faciliter le travail des autres dispositifs de nettoyage, En cas de panne dans un équipement de nettoyage du blé, Peut faire le travail seul.

Cet équipement élimine tous les grains colorés (mouchetés, mitadinés, échaudés, colorés du germe.....) mais dans l'unité semoulerie de Sidi Brahim cet appareil réglé nettoie les grains colorés noirs sitôt pour buts économiques et développement la qualité du produit.

II.4. Le conditionnement (temps de repos)

Son objectif est de modifier l'état physique des grains de manière à permette la meilleure séparation possible à la cour de la mouture entre l'albumen amylicé d'une part et les enveloppes la couche à aleurone et le germe d'autre part.

Le procédé de la mouture repose sur le principe de l'existence de différences d'élasticité, de friabilité entre les parties périphériques du grain et l'amande, cette opération comprend deux étapes :

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 **(Godon, 1998).**

- La mouture des grains sera bien ou mal conduit selon le degré d'humidité du blé à la mouture du grain et selon la répartition de l'eau de cette humidité entre les différentes parties du grain. si le blé est trop sec l'amande résistera à la mouture alors que l'enveloppe aura tendance à se briser facilement.

Dans ce cas les appareils cylindres consomment beaucoup d'énergie, et la semoule sera contaminée par de nombreuses piqures de son, à l'opposé si le grain est trop humide, la séparation des enveloppes sera difficile (enveloppe collantes) et les différents produit des passages de mouture seront humide et collants, rendant le blutage plus délicat. La meilleure mouture s'obtiendra donc avec une humidité de blé au B₁ égale à 16.5% **(Feillet ,2000).**

La durée de repos varie en fonction de :

- la variété du blé
- la vitrosité
- le degré de siccité
- l'humidité finale désirée pour la semoule

II.5. Le 2^{ème} nettoyage avant broyage

Avant conditionnement le (B₁) subir un 2^{ème} nettoyage pour éliminer les chutes (les enveloppes) qui reste dans le 1^{er} nettoyage (**Buhler ,2000**).

II.6. La mouture

La première transformation de blé dur par le procédé de mouture nous donnera la semoule comme un produit fini. La semoule obtenue pour répondre aux besoins des utilisateurs ultérieurs, doit posséder tout un ensemble des propriétés physico-chimiques. Si beaucoup de ces caractéristiques dépendent de celles des blés min en œuvre, d'autre en revanche ne seront déterminées qu'au cours des différentes opérations de la mouture.

C'est notamment le cas de la granulométrie qui de ce fait va exercer une grande influence à la fois sur la définition du diagramme de la mouture et le réglage des appareils. Si bien que selon qu'il s'agira de produit des grosses semoules (pour la vente en état) ou bien des semoules moyennes (pour le couscous) et fines (destiner à la fabrication des pâtes alimentaires) des diagrammes de mouture et des réglages sensiblement différents devront être utilisés. (**Godon Et Willm, 1998**).

Donc il existe plusieurs diagrammes de la mouture variantes, dont la mouture comprend dans l'ordre les étapes suivantes :

II.6.1. Le broyage

Le broyage constitue une étape déterminante de la mouture de blé dur. Il a pour fonction de séparer des enveloppes. Il est réalisé par des paires de cylindres cannelés, l'espacement entre eux est d'une extrême précision et dont chaque passage est désigné par un numéro l'identifiant (B₁, B₂, B₃, etc.....), Le nombre de passage doit être augmenté d'une ou deux unités, en pratique il n'est jamais inférieur à 6, toujours pour limiter au minimum la production de produits fins et produire le maximum de semoule (**Godon et Willm, 1998**).

II.6.2. La réduction «Le traitement des grosses semoules»

Les grosses semoules « >500 μ » provenant de la tête de broyage. Représente une quantité très importante, égale à environ 50% de la masse de blé de départ, le traitement à faire subir à ces produits, varie en fonction des caractéristiques que devront posséder les produits finis, trois cas sont à envisager :

- La production des semoules en l'état d'extraire la totalité de semoules pures produites au cours de broyage
- La production exclusive de semoules pour les pâtes alimentaires ; la réduction de ces semoules va être effectuée par des appareils à cylindres finement cannelés, appelés réducteurs (R) qui auront pour fonction de faire passer le produit juste au travers d'un tamis de 500 μ d'ouverture de mailles (Godon et Willm, 1998).

II.6.3. Le blutage «Tamisage»

Le blutage consiste à classer les produits de mouture (grosses semoules, moyennes semoules, fines semoules). Ce classement est réalisé par une série de machines appelés plansichters de séries de tamis renfermés dans des compartiments, chaque compartiment relié individuellement et directement à chaque opération réalisée par chacun des appareils à cylindres. Chaque plansichter est identifié par une appellation telle que (Pl₁B₂, Pl₁B₃, Pl₁C₁, Pl₁D₁, etc.....) (Godon Et Willm, 1998).

II.6.3.1. Plansichter

Pour le tamisage des produits de broyage, ainsi que pour le classement des différents produits granuleux. Le plansichter est composé de 8 compartiments avec 22 à 30 tamis par compartiment avec une performance de tamisage élevée grâce aux tamis Nova avec cadres métalliques interchangeable et nettoyage combinés.

(Belhasnat, 2001)

II.6.3.2. La division «Classement des semoules»

La majorité des grosses semoules (celle qui n'ont été extraites) rejoignent après réduction les moyennes et les fines semoules de broyage. Ces semoules vont être classées en fonction de leur taille dans les plansichters. Cette opération de blutage que l'on appelle division a pour fonction de subdiviser le mélange de semoules en des classes de granulométrie homogène avant qu'elles ne soient traitées par les sasseurs. Ces derniers, en effet, ne peuvent fonctionner convenablement que s'ils sont alimentés par des produits de granulométrie aussi voisine que possible.

D'une manière générale, on peut diviser les semoules moyennes «250-500 μ » en deux ou trois classes et les semoules fines «125-250 μ » en deux classes.

Quel que soit le nombre de division, il est très important de s'assurer que le blutage complet des produits soit atteint (**Godon et Willm, 1998**).

II.6.4. le sassage

Le sassage assure également la séparation des produits de moutures : les produits sont maintenus en suspension par un courant d'air ascendant au dessus du tamis dont la largeur de maille diminue au fur a mesure de la progression des produits, celle-ci étant assurée par l'inclinaison et le mouvement de va et vient des tamis. La ségrégation des produits repose sur leurs différences de densité et de propriété aérodynamiques.

Les particules d'albums amylicés, plus denses que celles d'enveloppe, retombent plus rapidement sur les tamis et sont extraites en premier (**Feillet ,2000**).

Les semoules les plus pures sont les plus lourde et passent les première, celles que moyennent vêtues sont moins lourdes, elles passent ensuite, les plus vêtues enfin n'arrivent pas à traverser et sont refusées par le tamis de sasseurs (**Feillet ,2000**).

II.6.4.1. Appareil de Sasseur

II.6.4.1.1. Utilisation

Pour le nettoyage et le triage des semoules et des finots dans les moulins à blé dur. Débit élevé avec trois étages de tamis, possibilité de retendre les tamis métallique avec nettoyage à brosses, également disponible en machine compacte à deux étages. (**Belhasnat, 2001**).

II.6.5. Le désagrègeage «Le traitement des semoules vêtues»

Les produits sont classés en fonction de leur densité et de leur forme au cours du sassage afin d'extraire les particules d'amande pure. Les semoules qui ne sont pas acceptées comme produits fini en raison de leur pureté insuffisante sont appelées «semoules vêtues» ou «refus». Ces produits sont constitués à la fois d'une partie d'amande et d'une autre d'enveloppe. Si la quantité d'amande prédomine on parle de semoule vêtue, si c'est l'inverse il s'agira de refus. Dans tous les cas ils devront subir l'action des désagrègeurs avant d'être tamisés et sassés à nouveau pour fournir à leur tour des semoules pures.

Les désagrégateurs sont des appareils à cylindres munis de très fines cannelures «8 à 12 cannelures /cm» qui ont pour but, en rebroyant les semoules vêtues, d'enlever le fragment de son restant adhérent à l'amande (Godon et Willm, 1998).

Il convient pour désagréger le produit sans l'abimer, ainsi que les plaquettes de produits moulus qui se forment dans les passages de convertissage à cause de la pression des cylindres (Belhasnat, 2001).

II.6.6. Le convertissage «le passage d'épuisement»

Le convertissage (comme la réduction de sons) est une opération secondaire en semoulerie. Elle a pour fonction de récupérer des farines basses à partir des produits résiduels contenant encore des traces d'amande mais qui ne peuvent plus donner de semoules. Ce sont les seuls appareils qui en semoulerie peuvent être munis de cylindres lisses. En générale deux passages suffisent pour cette opération. (Godon et Willm, 1998).

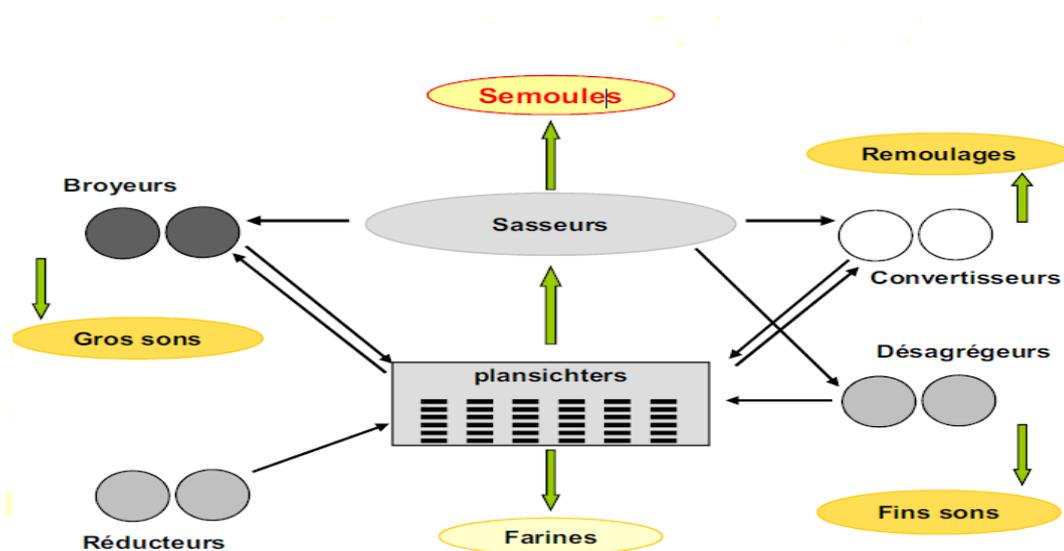


Figure II. 1 Principe de la mouture de blé dur.(Feillet, 2000).

II.7.le 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 scellés, et ils doivent préserver les qualités hygiéniques, nutritionnelles, technologiques et organoleptiques du produit (Boudreau et Menard, 1992).

III - La semoule

III .1.Définition de la semoule de blé dur

La semoule au latin « SIMILA » est un produit alimentaire plus au moins granuleux de couleur jaune ambré, extrait exclusivement des blés durs par une mouture industrielle spéciale dite de "semoulerie" suivant qu'elle provient du centre ou de la périphérie de l'amande, les semoules ont des différences de composition chimique (matières azotées, cendres), la semoule résulte de la fragmentation de l'amande.

- En fait il n'existe pas un seul mais de nombreux types de semoules qui sont définis en plusieurs catégories selon différents paramètres, tel que le taux de cendre, le taux d'humidité, la granulométrie des semoules. (Godon, 1998).

- La DLUO (durée limite d'utilisation optimale) des semoules est de six mois à partir de la date de fabrication

III.1.1.définition de la semoule selon la réglementation algérienne

La semoule de blé dur est le produit obtenu à partir de blé dur nettoyé et industriellement pur (Anonyme, 2007).

- Les semoules de blé dur mises à la consommation sont classées comme suit :
 - Semoule courante de blé dur.
 - Semoule extra de blé dur.

Outre les caractéristiques fixées ci-dessous, la semoule de blé dur doit présenter les caractéristiques spécifique de blé dur « *triticum durum* ».

Tableau III. 1 La spécification technique des semoules de blé dur mises à la consommation.

destination des produite	taux de cendres rapportes à la matière sèche	taux d'acidité exprimés en acide sulfurique	Taux d'humidité maximum	Les ouvertures de maille
Semoule courante	<1,3 %	<0,08 MS	14,5%	905 µm- 450 µm
Semoule extra	<1%	<0,065 MS	14,5%	1220 µm - 450µm

Fait à Alger le 16 Dhou El Hidja 1428 correspondant ou 25-12-2007

III.2. Classification

Les semoules sont classées selon leur granulation et leur pureté en deux types :

- **Semoule grosses :** (SG) 900 μm à 1100 μm destinées à des usages domestiques.
- **Semoules moyennes :** (SGM) 500 μm à 900 μm destinées à la fabrication de couscous.
- **Semoule sassées super extra :** (SSSE) 190 μm à 550 μm destinées à la fabrication des pâtes alimentaires.
- **Semoule sasse super fines :** (SSSF) de 140 μm à 190 μm ces semoules proviennent des couches périphérique du grain, la législation des années précédents permettait leur incorporation à 10% dans la farine panifiable, mais à partir de janvier 1993, cet incorporation est interdite (**Boukhemia, 2003**).

III.3. Composition chimique et biochimique de la semoule

III.3.1. Constituant biochimique

La composition des semoules varie avec la nature du blé traité est suivant la qualité physico-chimique des semoules.

Tableau III. 2 Composition chimique et biochimique de la semoule.

Constituant biochimique	Pourcentage (%)
Eau	14.5
Amidon	75
Lipides	1 – 1.5
Protéine	11 – 13
Sucres simples	1 – 2
Matières minérales	0.8 - 1.1
Cellulose	0.20 – 4.5
Teneur en pigments caroténoïdes	4 -8

(Anonyme, 2005)

III.3.2. Les enzymes

Les enzymes, on distingue les lipoxygénases, responsables de la destruction des pigments par oxydation au cours de la pastification les peroxydases et les polyphénoloxydases, responsables du brunissement des pâtes au cours du malaxage, et les amylases, responsables de la synthèse de sucre réduits (maltose) susceptibles de développer, sous certaines conditions une couleur rouge et un goût caramélisé par suite de réactions de maillard (Céline Bossu, 2005).

III.3.3. Les vitamines

Dans la semoule, les vitamines sont en quantité relativement faibles. La seule vitamine liposoluble présente est la vitamine E (tocophérol) qui se localise dans le germe, les autres sont éliminées au cours de la mouture (Mariche, 2000).

Tableau III. 3. Composition de la semoule en vitamine (mg/100g) de MS.

Vitamine	Teneur (mg/100g ms)
Thiamine (B1)	0.15
Riboflavine (B2)	0.05
Nicotinamide (pp)	1.5

(Boukhadache, 1991)

III.4. Caractéristiques organoleptique de la semoule

III.4.1. La couleur

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

III.4.2. L'odeur

L'odeur doit être fraîche et se rapproche de celle du blé récolé, mais parfois les semoules présentent une odeur acide et un goût de rance, suite à l'altération

et L'oxydation des lipides due à une conservation dans des mauvaises conditions (mauvaise conservation) (Godon, 1998).

III.4.3. La saveur

La saveur est agréable et identique, à celle du pain de couleur et sain, elle peut être modifiée altérée toujours par une mauvaise conservation (Godon, 1991).

III.4.4. Granulation

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 artisanal (Godon et William 1998).

III.4.5. La pureté des semoules

III.4.5.1. L'aspect

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

➤ **Les 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 ergotés (ce qui très rare) ou des grains étrangères fortement colorées (Feillet ,2000).

➤ **Les piqures blanches**

On les trouve dans des semoules provenant de blé dur mitadiné (amande ferineuse).

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

➤ Le nettoyage du blé.

- Le conditionnement et la mouture.
- Le 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 lipoxygénases 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**).

III.5. Le rendement en semoule

D'après **Soltner (1990)**, le rendement en semoule dépend de la variété, des conditions de culture (fumure surtout) et de maturation. Plusieurs dommages peuvent l'amoinrir;

- a- Le mitadinage** ; est la présence, dans la masse cornée de l'albumen, de taches plus ou moins étendues d'amidon farineux. Ces zones farineuses sont visibles soit de l'extérieur, soit à la coupe du gain. Le mitadinage diminue le rendement en semoule et provoque des points blanchâtres sur les pâtes. La fumure azotée tardive, à la montaison, limite cet accident.
- b- La moucheture** ; est une tache brune des enveloppes, au niveau du germe ou du sillon, causée par des champignons (*Fusarium, Alternaria...*). Ces derniers se développent surtout sur les épis versés ou par certains parasites (Thrips). Les grains mouchetés donnent aux semoules une teinte grise.
- c- La germination sur pied** ; diminue le rendement en semoule et nuit la conservation. Très rare sur les variétés de blé tendre, cet accident est fréquent chez le blé dur.
- d- L'échaudage** ; diminue le rendement en semoule.
- e- La cassure des grains** ; plus fréquente chez le blé dur que chez le blé tendre, en exposant l'intérieur du grain à la poussière, provoque des points noirs dans les semoules.

III.6. les conditions de Conservation de la semoule

Une mauvaise condition du milieu peut modifier la qualité technologique de la semoule qui ne doit être conservé dans des sacs ou bien dans des cellules.

- Les facteurs principaux de la détérioration des semoules sont :

- ✓ L'humidité.
- ✓ La température

L'élévation de cette dernière peut être la principale cause d'altération des semoules suite à leur attaque par les moisissures et le développement des micro-organismes et des parasites, d'autre part l'élévation de l'humidité provoque l'augmentation de l'acidité par l'hydrolyse des lipides suite à une libération d'acide gras et développement d'une odeur rance, et gout amer (**Godon, 1998**).

Tous les produits de moutures nécessitent des précautions importante, l'air d'entreposage doit être sec (présence de ventilateurs), le produit ne doit pas être en contact avec le sol, mais déposé sur des palettes ou rangé sur des étagères propres, les produits doivent être placés à moins de 45 cm des murs pour permettre leur inspection, il faut appliquer de bonnes méthodes de contrôle afin de protéger les produits contre les insectes, les rongeurs et les oiseaux.

Ainsi qu'il faut éviter de stocker des produits odorants (essence, désinfectant) avec la semoule. (**Boudreau, 1992**).

Figure IV. 1 Cycle de production de la semoulerie "SIM".

Figure IV. 2 Diagramme de nettoyage et de mouture.

L'objectif du travail

Notre étude a été réalisée au niveau d'unité de sidi Ibrahim de groupe SIM et laboratoire de :

- Laboratoire physico-chimique au niveau de groupe SIM, semoulerie industrielle de la Mitidja, Ain-romana- Mouzia, Blida.
- laboratoire microbiologique au niveau de groupe SIM, Mouzaia, Blida.
- laboratoire physico-chimique d'INSFP (L'institut national spécialisé de la formation professionnelle), Bougera, Blida.
- Laboratoire physico-chimique au niveau de l'unité Sarl Sopi. Route de Boufarik, Blida
- Durant une période de 04 mois allant du 15/02/2013 au 10/06/ 2013.

- L'objectif de ce travail est d'étudier les caractéristiques quantitatives et qualitatives - propriétés physiques, chimiques - de chaque passage de la mouture de semoule au niveau de sasseur, pour classer les types de semoule et orienter ces types vers les lignes des pâtes alimentaires et couscous selon des paramètres spéciaux.

Présentation de l'entreprise de groupe SIM: « lieu de stage »

La SIM, semoulerie industrielle de Mitidja, située au piémont de l'atlas blidéen dans la zone de Ain-Romana , a été fondé dans les années 90 comme une petite entreprise familiale activant dans le domaine de la transformation du blé, ou elle fait office de pionnier en sa qualité de première société privée dans cette filière d'activité en Algérie, SI est entrée en exploitation en 1994, par la production de semoule et de ses dérivés, avec une semoule d'une capacité de 150 tonnes/jours et un effectif de 40 employés.

Après plus d'une décennie d'existence, la société SIM a réussi à occuper une place de leader incontesté du marché algérien avec une part qui avoisine les 18% dans le domaine de produits céréaliers.

D'une dimension familiale extrêmement modeste à son démarrage, la société SIM s'est érigée en un groupe industriel et financier largement diversifié dans ses activités.

Par ailleurs, SIM s'est ouvert d'un partenariat étranger en créant une société mixte Algéro-italienne en 1997. Dans le domaine de la maintenance et l'approvisionnement de pièce de rechange pour les unités de production meunerie, d'autre part, la SIM est partie prenante dans une société nationale dans le domaine des énergies renouvelable "NEAL" en 2002.

Pour l'ensemble du groupe, l'investissement existant est évolué à 57.000.000 d'Euros, tandis que les investissements cours d'engagement sont de 16.700.000 Euros.

En fin de 1990 à 2003, le capital social entièrement versé est passé de 128.000 Euros à 34.1170647 Euros.

Tableau IV. 1 L'activité de l'entreprise et l'évolution des ressources humaines.

Périodes	Activités	Effectif
1994	Semoule Alimentation de bétail	63
1995	Semoule + farine Alimentation de bétail	154
2000	Semoule + farine Pâtes alimentaires Alimentation de bétail	296
2001 A ce jour	Semoule + farine Pâtes alimentaires Couscous Alimentation de bétail	683

➤ Evaluation de la production

Concernant l'évaluation de la production, elle a connu une croissance sur deux plans, la quantité produite qui passé de 150 tonnes/jours en 1994 à 2000 tonnes/jour.

Actuellement et diversité de la gamme des produits.

Tableau IV. 2 Tableaux ci-dessous illustre cette évolution.

Année	Unité de production	Capacité de production
1994	Une semoulerie	150T/J
1998	Une minoterie	400T/J
1999	Une semoulerie	300T/J
2000	Une ligne pâtes courtes	1500Kg/h
	Une ligne pâtes longues	1700Kg/h
	Une ligne de couscous (n°1).	1200kg/h
2001	Une ligne de couscous (n°2) complexe SIM.	1200kg/h
	Une semoulerie Ain Defla.	100T/J
	Une minoterie Ain Defla	100T/J
2002	Une ligne de couscous (n°3).	1200kg/h
2004	Une ligne de couscous (n°4).	1200kg/h
	Une semoulerie	200T/J
	Une minoterie	200T/J
2005	Une ligne pâtes longues	1700Kg/h
	Une ligne de couscous	2400kg/h

Présentation l'unité de sidi brahim – groupe sim -

Le diagramme de l'unité Sidi Brahim section B :

- 07 passages de broyage : (B₁, B₂, B₃, B₄, B₅, B₆, B₇)
- 07 passages de désagréage : (D₁G, D₂G, D₃G, D₁F, D₂F, D₃F, D₄)
- 01 passage de convertissage : (C₁)
- 01 passage de réduction : R₁
- 19 passages de sassage : SB₂, SR₁, S₁, S₃, S₂, S₄, SD₂F, SD₃F, SD₄, S₆, SB₆, S₅, SD₁G_A, SD₁G_B, SD₁F, SB₄, SD₂G, SB₅, SD₃G.

- 02 plansichters de 8 compartiments.
- débit de moulin = 151.2T/Jour

Les silos :

- 2 silos de stockage de blé sale : capacité 1700T.
- 02 Silos de mélange =75T
- 2 silos de 1^{ère} repos = 62T
- 2 silos de 2^{ème} repos = 49T
- 10 silos de produit fini : 75-80 T
 - 8 pour la semoule
 - 2 silos pour 3SF
 - 03 silos pour le son

Tableau IV. 3 Paramètre technologiques de conditionnement.

Paramètre technologique	Essai
Humidité initiale de blé dur (Hi%)	8.95
% d'eau ajoutée au 1 ^{er} mouillage	3.5 – 4%
Temps du 1 ^{er} repos (H)	06h
% d'eau ajoutée au 2 ^{ème} mouillage	2.5-3 %
Temps du 2 ^{ème} repos (H)	3
Humidité finale de blé dur avant B ₁ (HF%)	15.50

IV.1 MATERIEL ET METHODES

➤ Matériels biologiques

- **blé dur (réceptionné) : blé local**

« *triticum durum* » qui est dirigé vers la mouture pour l'extraction de la semoule.

- **la semoule :**

En considérée comme un produit fini si elle est destinée vers la consommation.

Comme on peut la considérer comme matière première si elle est destinée vers la fabrication des pâtes alimentaires ou couscous.

➤ Matériel non biologique

Le matériel non biologique est représenté par les verreries, les appareillages, les réactifs.

➤ Lieu de prélèvement

- **Blé dur**

Les échantillons de blé dur ont été prélevés au niveau de la section réception du moulin.

- **Les semoules**

Les semoules ont été prélevées au niveau des passages des sasseurs (19 passages) de la section mouture.

IV.1.1. Echantillonnage

L'échantillonnage est l'ensemble des opérations qui consistent à passer d'un lot initial à un échantillon à analyser au laboratoire.

➤ Méthode d'analyses

L'échantillonnage des grains est effectué sur la base de méthode normalisée NA 1.123.85 (Voir annexe 01)

IV.1.2. Les analyses qualitatives physico-chimiques effectuées sur le blé dur

IV.1.2.1. Détermination des impuretés

Le terme impuretés correspond à l'ensemble des éléments d'un échantillon qui ne sont pas des grains de blé de qualité irréprochable.

➤ **Méthode utilisée**

La détermination des impuretés est effectuée sur la base d'une méthode normalisée qui porte la référence NA.1.1.78.1990 (**Voir annexe 02**).

IV.1.2.2 Détermination de la masse à l'hectolitre

La masse à l'hectolitre dite masse volumique et appelée encore poids spécifique (P.S) ou l'on mesurait la quantité de grains au kg.

➤ **Méthode utilisée**

La masse volumique est effectuée à partir d'une méthode normalisée en Algérie portant la référence NA 1.1.61.1986 (**Voir annexe 03**)

IV.1.2.3 Détermination du taux de mitadinage

On entend par grains mitadinés de froment dur, les grains dont l'amande ne peut être considérée comme pleinement vitreuse.

➤ **Méthode utilisée**

La détermination des grains métadinés est effectuées à partir de la méthode pratique NA 1.1.36.1985 (**Voir annexe 04**)

IV.1.2.4 Détermination du poids de mille grains (P.M.G)

Le poids de mille grains ou la masse de mille grains est le comptage automatique ou manuel du nombre de grains entiers contenus dans une prise d'essai de masse connue.

➤ **Méthode utilisée**

La détermination de la masse de mille grains est effectuée à partir d'une méthode normalisée NA. 7.31.1989 (**Voir annexe 05**)

IV.1.2.5 Dosage de la teneur en eau

La teneur en eau est la perte de masse, exprimée en pourcentage, subie par le produit dans les conditions dans la présente méthode utilisé.

➤ **Méthode utilisée**

La détermination de la teneur en eau est effectuée à partir d'une méthode normalisée portant la référence NA 1.1.32.1990 (**Voir annexe 06**)

IV.1.2.6 Dosage des cendres

Substance résultante de l'incinération de la matière sèche du produit déterminé selon la présence méthode et exprimé en pourcentage en masse.

➤ **Méthode utilisée**

La méthode utilisée est celle portant la référence NA.733.1991 (**Voir annexe 07**)

IV.1.2.7 Dosage des protéines

La teneur en protéines est un critère important d'appréciation de la qualité aussi bien pour l'alimentaire d'un produit que pour l'alimentation humaine.

➤ **Méthode utilisée**

La détermination de la teneur en protéines est définie par la norme NA.1.1.85.1990

(**Voir annexe 08**)

IV.1.2.8 Indice de sédimentation (test de ZELENY)

L'indice de sédimentation il donne une indication globale sur la quantité et la qualité du gluten. Ce test permet de faire une mesure rapide de la qualité car la détermination n'exige pas d'extraction préalable, ni de dosage chimique.

➤ **Méthode utilisée**

La méthode utilisée est celle portant la référence (NA 1.1.84.1994) (**Voir annexe 09**)

IV.2. Les analyses qualitatives effectuées des semoules prélevées au niveau des passages des sasseurs

IV.2.1. Dosage de la teneur en eau

➤ **Méthode utilisée**

La détermination de la teneur en eau est effectuée à partir d'une méthode normalisée portant la référence NA 1.1.32.1990 (**Voir annexe 06**)

IV.2.2 Détermination des cendres

➤ **Méthode utilisée**

La détermination des cendres est réalisée selon la norme NA.733.1991. (**Voir annexe 07**)

IV.2.3. Détermination de l'acidité grasse

L'acidité grasse est l'expression conventionnelle des acides, essentiellement des acides gras libres, extrait dans les conditions qui suivent. Elle est exprimée en grammes d'acide sulfurique pour 100g de matière sèche.

➤ **Méthode utilisée**

La méthode est définie par la norme portant la référence NA.1.1.82.1990 **(Voir annexe 11)**

IV.2.4 Détermination du taux d'affleurement ou granulométrie

La granulométrie des semoules est une sorte de classement dimensionnel des particules selon leur taille en utilisant un plansichter avec les tamis mobiles dont les ouvertures des mailles sont respectivement les suivants (du haut en bas) 1120µm, 710µm, 500µm, 355µm, 250µm, 180µm, 140µm.

➤ **Méthode utilisée**

Détermination du taux d'affleurement est réalisée selon la norme NFV.03.71 juin 1994**(Voir annexe 09)**.

IV.2.5 Détermination du gluten

Le gluten humide d'une semoule de blé est une substance plasto-élastique compose principalement de gliadine et de gluténine, il constitue l'armature de la pate et lui communique ses propriétés rhéologiques.

➤ **Méthode utilisée**

La détermination du gluten est réalisée selon la norme NF.1.1.24. ISO 5531. **(Voir annexe12)**

IV.2.6.Dosage des protéines

La teneur en protéines est un critère important d'appréciation de la qualité aussi bien pour l'alimentaire d'un produit que pour l'alimentation humaine.

➤ **Méthode utilisée**

La détermination de la teneur en protéines est définie par la norme NA.1.1.85.1990 **(Voir annexe 08)**

IV.2.7. Indice de coloration

La couleur joue un rôle très important comme indicateur technologique, parce qu'elle affecte l'aspect des pâtes alimentaires produites, elle est généralement jaune ambré, due à la présence des pigments caroténoïdes et xanthophylles dans la semoule ou le blé.

➤ **Méthode utilisée**

Ont été réalisées conformément à la méthode d'entreprise (SIM) (c'est une norme spéciale utilisée par laboratoire de groupe SIM. (Voir annexe13)

IV.3 Les analyses microbiologiques (Voir annexe14)

Le but du contrôle microbiologique vise à déceler les germes présents dans les semoules. De plus le contrôle permettra de minimiser les pertes (améliore la rentabilité de La production) dues aux les mauvaises conditions de fabrication et donc minimiser les produits non conformes (Multon, 1994).

On effectue l'analyse microbiologique au sein du laboratoire d'hygiène, à fin d'évalués la qualité hygiénique des semoules.

Le contrôle microbiologique est nécessaire dans ce cas, donc l'unité SIM, procède un laboratoire de microbiologie bien équipé pour s'assurer de la qualité hygiénique et marchande de ses produits.

IV.3.1. Recherche et dénombrement des levures et moisissures

➤ **Méthode utilisée**

Détermination la recherche et dénombrement des levures et moisissures réalisée selon la norme (NA.758/1990)

IV.3.2. Recherche et dénombrement des *Clostridium Sulfito-Réducteur*

➤ **Méthode utilisée**

Détermination la recherche et dénombrement des *Clostridium Sulfito-Réducteur* réalisée selon la Norme AFNOR V08-019.

V. Résultats et discussions

V.1. Résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur les blés durs sont indiqués dans suivant

Tableau V. 1 Résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur les blés durs.

Nature des analyses	Détermination des analyses	Résultats des analyses			
		Essai 1	Essai 2	Moyenne	Normes (*)
Analyses physiques	Poids spécifique (kg/hl)	87.4	86.2	86.8	$\geq 78\text{kg/hl}$
	Poids mille grains (g)	46.35	46.85	46.6	40 à 50
	Taux de mitadinage (%)	18.5	17.73	18.11	≤ 20
Analyses chimiques	Teneur en eau (%)	8.80	9.1	8.95	≤ 12.5
	Teneur en protéine (%)	13	12.96	12.98	≥ 11
	Teneur en cendre (% Ms)	1.85	1.79	1.82	1.7 à 2
	Indice de zeleny (ml)	47.3	45	46.15	≥ 18
Recherche des impuretés	Grains sains	89.12	89.45	88.78	-
	l'orge	1.48	1.60	1.54	-
	Grains maigres	0.81	0.83	0.82	-
	Grains mouchetés	0.08	0.16	0.12	≤ 5
	Grains coloré de germe	1.30	1.08	1.19	-
	Grains avaries	0.00	0.00	0.00	0.05
	Grains dégermes	1.8	1.6	1.7	-
	Grains de blé tendre	0.61	0.43	0.52	≤ 2
	Matière inertes	0.28	0.5	0.39	-
	Grain nuisible	1.02	1.3	1.16	-
	Grain cassé + petit grain	1.20	1.00	1.1	≤ 6
	Grain punaisés	00.00	00.00	00.00	-
	Grain caries	00.00	00.00	00.00	-
	Grain étrangère	1.10	1.08	1.09	-
	Pierre, et particule métallique	0.2	0.2	0.2	$< 2\%$
	Ergot	00.00	00.00	00.00	$< 0.05\%$
	Somme total des impuretés	9.88	09.78	9.83	
	Masse totale	98.92	99.23	98.61	-

(*) : Norme Algérienne

V.1.1 Interprétation

V.1.1.1. Recherche des impuretés

D'après le tableau N° V.1 nous avons observé le taux de mitadinage un peu élevé , et un faible de grain cassé, mouchetés et coloré de germe, come nous avons noté qu'il ya une absence totale des grains avaries, punaisés , caries et ergotés .

Le taux des impuretés influe sur le rendement des lots de blé examinés (qualité technologique des lots de blé) et l'aspect du produit fini, certaines impuretés sont toxiques pour le consommateur (nielles, ergots), d'autre peuvent endommager les quantitatif de mouture (débris métalliques ; pierres...).

La présence des grains cassés et mitadinés diminue le rendement qualitatif semoulier, ainsi que la présence des grains mouchetés et coloré influé sur la qualité des semoules et du produit fini (apparition des piqures noir).

V.1.1.2. Poids spécifique

Le poids à l'hectolitre (PHL) se définit comme le poids de grains remplissant un volume donné, résultant de la densité du grain et de l'efficacité de conditionnement (**Ghadrei et al, 1971**).

Le PHL est utilisé depuis des décennies comme critère de qualité et reste employé dans nombre de pays pour déterminer le prix. Cependant, les études sur le PHL sont controversées et l'utilité de ce caractère est de plus en plus mise en cause. (**Roberts, 1910; Shuey, 1960**).

Comparant à la norme algérienne, Nous avons obtenue la valeur de poids spécifique de l'échantillon de blé dur est élevé (86.8kg/hl) ce qui donne un rendement qualitatif très appréciable en semoulerie.

Cette valeur est presque comparable à celle donnée par **Slimane (2007)** et **Benziane (2012)**, et (**Bel et al 2005**), et **Sakat (1991)** qui sont respectivement de 80 et 77.60 et 83.00 et 80.3 kg/hl.

V.1.1.3. Poids de mille grains

C'est un critère d'un grand intérêt dans les expérimentations agronomique. Il permet de caractériser une variété, de mettre en évidence les anomalies comme

L'échaudage, d'étudier l'influence des traitements en végétation ou des conditions climatiques, qui tous modifient la masse de 1000 grains (**Godon et Loisel, 1984**).

Les résultats obtenus montrent que la masse de mille grains est appréciable (46.6 g) par rapport à la norme algérienne (40 à 50 g), ce qui explique un rendement semoulier appréciable et des conditions de culture favorable et qui est en relation directe avec le PHL.

Cette valeur obtenue est comparable à celle trouvée par **Slimane (2007)** et **Soltani (2010)** et **Younsi et al (2009)** qui sont respectivement est de 45.60 g 46.28g 45.44g. Et légèrement élevé à celle trouvée par **Benziane (2012)** et **Belhasnat (2001)** qui sont respectivement est de 42.80 g et 42.51g.

V.1.1.4. Taux de mitadinage

Le mitadinage est un accident physiologique courant chez le blé dur, il est directement lié à la teneur en protéine se trouvant en quantité insuffisante.

Selon le règlement communautaire algérien N° 824/2000 du 19 avril 2000, un grain mitadiné est un grain dont l'amande ne peut être considérée comme pleinement vitreuse. Le mitadinage est directement lié à la quantité de protéines contenues dans le grain, et dépend des conditions de cultures et de récolte : il déprécie la qualité des semoules et des produits dérivés.

D'après les résultats de figurés dans le tableau N° V.1, le taux de mitadinage est élevé (18.11%) à la limite supérieure, ce qui a augmenté la présence de SSSF dans la semoule et donne une mauvaise qualité technologique des pâtes fabriquées.

Cette valeur (18.11%) est très élevée comparable à celle donnée par **Slimane (2007)** qui est de 7.21%, et **Soltani (2010)**, ayant travaillé sur 03 variétés algériennes et pour lesquelles ils ont trouvé des valeurs 4.50% et 03.10% et 05.45%. et **Benziane (2012)** trouvent un taux de mitadinage acceptable 6,83% pour blé française et 40,55% pour blé local ce dernier résultat très élevé et non acceptable.

De son côté, **Bel et Lakherba (2005)** trouvent un taux de mitadinage acceptable varié entre (7.96 %– 15.48%) pour plusieurs variétés Algériennes (la belle, baghliya, corso)

V.1.1.5. Teneur en eau

La mesure de l'humidité de blé est une opération capitale dans une semoulerie car elle permet de déterminer la quantité d'eau à ajouter lors du conditionnement mais aussi de savoir si nos blés peuvent être stockés sans risque d'altération par les moisissures.

La teneur en eau du blé dur étudiée est de 8.95% (MS) cette valeur est conforme à la norme en figure, ce qui conforme que notre produit plaiderait à une très bonne conservation et une longue durée de stockage et une bonne rentabilité pour l'unité.

Cette valeur obtenue est comparable à celle donnée par **Soltani (2010)** donnent des teneurs de 9.79% (MS) et 09.80%(MS) et 09.81%(MS) pour 03 variétés algériennes. et cette valeur un peu élevé par rapport à celle donné par **Benziane (2012)** donnent une teneur en eau 7.39% (MS) et faible à elle donné par **Slimane (2007)** et **Younsi et al (2009)** qui sont respectivement 10.20%(MS) ,11.78%(MS) , Cette faible teneur en eau permet une bonne conservation du produit pendant une longue durée si les conditions de stockage sont favorables.

V.1.1.6. Teneur en cendres

Le taux de cendres intervient dans l'appréciation de la qualité physico-chimique des grains de blé, il varie d'un grain à l'autre et dépend essentiellement du nettoyage et du compartiment de la mouture.

D'après les résultats du tableau N° V.1, il ressort que notre échantillon présentent une teneur normal en cendres 1.82 % (MS) par rapport à la norme algérienne décrite 1.7 à 2 % (MS).

Selon (**Feillet, 2000**) le taux de cendres des grains de blé varie entre (1.6 et 2.1%), Bien que les cendres constituent un élément nutritionnel essentiel, la législation favorise le blé peu minéralisé, car le blé fortement minéralisé sera pénalisé même si sa couleur et sa valeur pastière les classent parmi les meilleurs blés.

Notre résultat est proche de ceux rapportés par **Slimane (2007)** qui signalent des teneurs de cendre 1.89% (MS) pour blé local.

Bel et Lakherba (2005) trouvent taux en cendres acceptable varié entre (0.84 %– 0.92%) pour plusieurs variétés Algérienne (la belle, baghlia, corso).

De son coté, **Benziane (2012)** trouvent des teneurs en cendre 1.29% (MS) pour le blé local et 1.24%(MS) pour le blé français.

V.1.1.7. Teneur en protéines

C'est l'un des critères intéressants à prendre en compte dans le classement des lots à la réception.

Les résultats montrent que notre échantillon est riche en protéines 12.98 %(MS) ce qui permet de donner une semoule de bonne qualité nutritionnelle et technologique.

Cette valeur obtenue est comparable à celle trouvée par **Slimane (2007)** qui situe le taux de protéine de blé dur à 13%(MS).

Selon (**Godon, 1998**), le taux de protéines des grains de blé varie entre (10 et 12.5%) bien qu'une teneur de protéines faible donnerait des pâtes alimentaires non résistantes et n'a pas à une bonne tenue de cuisson.

V.1.1.9. Test de sédimentation ZELENY

L'indice de sédimentation de ZELENY donne un aperçu ou indice sur la qualité des protéines de la semoule ou farine. Ce test est basé sur les propriétés de gonflement des protéines en milieu acide. Plus les protéines sont de bonne qualité, plus elles absorbent de l'eau, plus le volume de sédimentation est élevé. (**Sinnaeve, 2007**).

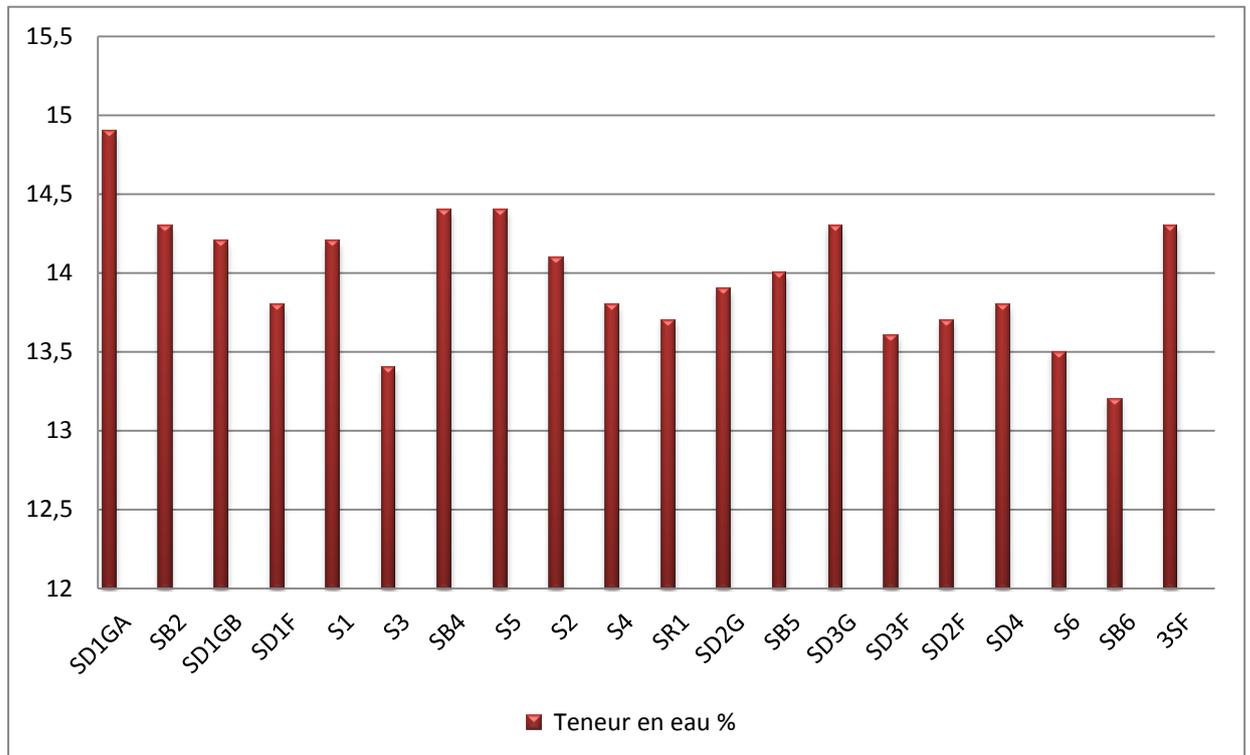
Nous observons que les valeurs de notre blé dur indiqué dans le tableau N° V.1 sont de 46.15ml. Cette valeur est conforme à la norme algérienne.

V.2. Résultats des analyses physico-chimiques effectuées des semoules prélevées au niveau des passages de sasseurs

Tableau V. 2 Bulletin (01) des analyses physico-chimiques de semoules prélevées au niveau des passages de sasseur.

Les sasseurs	Les passages	Quantité de produit en kg/30s	Quantité en kg/h	Quantité en qx/24h	Teneur en eau %	Taux de cendre % (MS)	Taux d'extraction %	
01	SD ₁ G _A	0.811	97.32	23.35	14.9	0.63	2.16	
	SB ₂	2.046	245.52	58.92	14.3	0.68	5.456	
02	SD ₁ G _B	4.004	480.48	115.31	14.2	0.69	10.68	
	SD ₁ F	1.268	152.16	36.51	13.8	0.75	3.38	
03	S ₁	1.575	189	45.36	14.2	0.76	4.2	
04	S ₃	0.414	49.68	11.92	13.4	1.08	1.104	
	SB ₄	1.884	226.08	54.25	14.4	0.81	5.024	
05	S ₅	3.097	371.64	89.19	14.4	0.90	8.258	
	S ₂	1.207	144.84	34.76	14.1	0.94	3.218	
06	S ₄	2.172	260.64	62.55	13.8	0.85	5.792	
	SR ₁	1.562	187.44	44.98	13.7	0.75	4.165	
07	SD ₂ G	0.255	30.6	7.34	13.9	0.71	0.68	
	SB ₅	2.282	273.84	65.72	14	0.88	6.085	
08	SD ₃ G	1.363	163.56	39.25	14.3	0.81	3.634	
	SD ₃ F	1.521	182.52	43.80	13.6	1.11	4.056	
09	SD ₂ F	1.522	182.64	43.83	13.7	0.81	4.058	
	SD ₄	1.111	133.32	31.99	13.8	1.15	2.96	
10	S ₆	0.660	79.2	19.00	13.5	1.09	1.76	
	SB ₆	0.190	22.8	5.47	13.2	1.15	0.506	
Passage de 3SF		1.850	222	53.28	14.3	1.35	8.93	
Taux d'extraction total							-	77.11

V.2.1. Teneur en eau de différent passage de sasseur



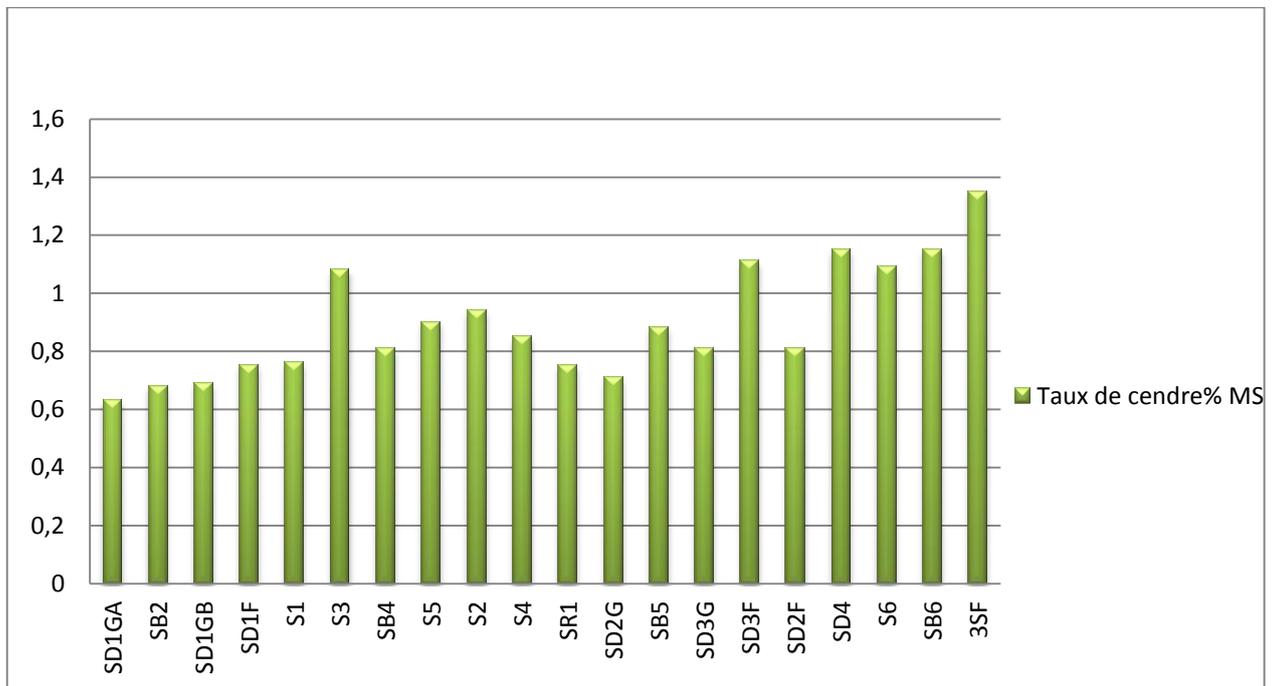
Graphe N° V.1 Teneur en eau de différent passage de sasseur

D'après les résultats indiqués dans le tableau N°V.2, la quantité d'eau varie entre (13.6-14.9%MS).ces valeurs conforme à la norme algérienne 14.5% max, sauf le premier passage (SD₁G_A) la teneur en eau est élevée mais si logique parce que le H % de blé avant B1 est 15.5%.

On remarque aussi la teneur en eau des derniers passages (SD₃F, SD₂F, SD₄, S₆, SB₆) est diminué, cela est dû le frottement de blé avec les cylindres des broyages et aussi le transport pneumatique, ce dernier séché la semoule transporté entre les différentes étapes de la mouture.

- L'humidité c'pas un critère de classification mais pour donné une meilleure conservation et stockage de la semoule.

V.2.2. Teneur en cendres

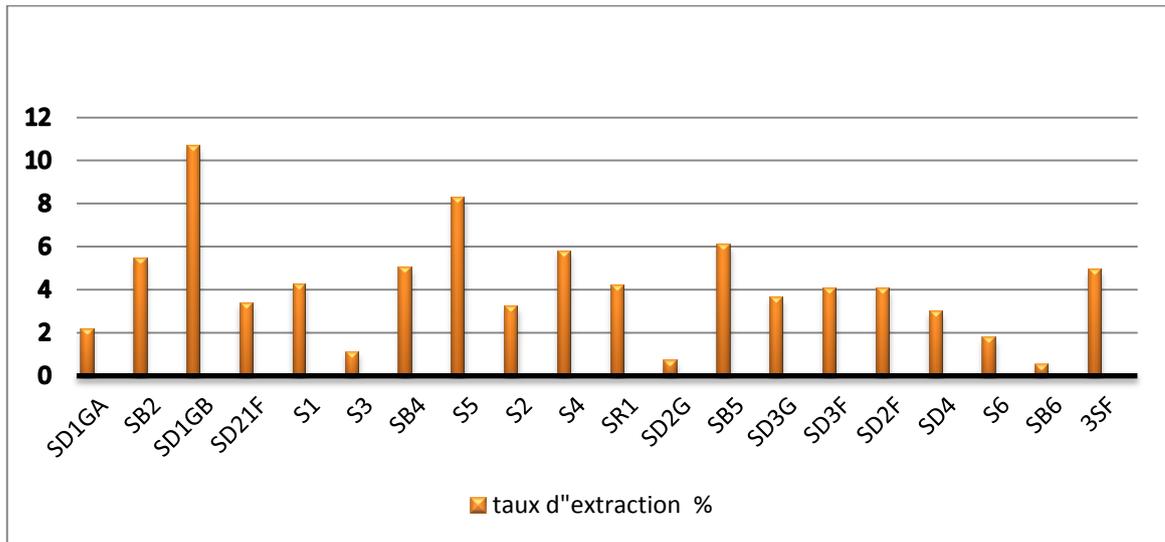


Graph N° V.2 Taux de cendre de différent passage de sasseur

D'après les résultats illustrés dans le tableau N°V.2.on remarque le teneur en cendre monte progressivement, sont comprise dans l'intervalle (0.63- 1.35%MS).les 8 sasseurs premier le taux cendre conforme à la norme algérienne Mais les derniers passages SB₆, S₆, SD₄, SD_{3F} le taux de cendre élevée.

IV.2.3.Taux d'extractions

Le rendement détermine le résultat financier de l'opération de mouture, c'est-à-dire l'interrelation du cout entre la matière première et le produit finis. Le meunier doit ainsi prendre en compte des exigences de bases : la sélection et la manipulation de bonnes variétés de blé. Le nettoyage efficace du blé, les techniques améliorées de mouture.



Graph N° V.3 : Résultats de taux d’extractions de produit par chaque passage de sasseur en %

La mouture d’un blé est définie par taux d’extraction « E », celui-ci déterminé le rendement d’une semoule qui est exprime par le rapport :

$$E\% = \frac{\text{Poids de semoule extrait}}{\text{Poids blé mise en œuvre}} \times 100$$

- **Taux extraction: 77.11 %**
- **Taux d’extraction de son : 13.96%**
- **Taux d’extraction de 3SF : 8.93%**

La quantité de chaque passage est différente, les résultats obtenus des semoules des d’efférents passages étudiés varient entre 0.50% pour SB₆ et 10.68 % pour SD₁G_B.

Tableau V.3 Bulletin (2) les analyses physico-chimiques des semoules prélevées au niveau des passages de sasseur.

Les sasseurs	Les analyses / les passages	Acidité grasse %MS	Dosage du gluten		Taux hydratation (%)	Dosage de protéine %MS	Ouverture de maille du passage (µm)
			G.H	G.S			
01	SD₁G_A	0.036	32.80	11.30	65.54	12.5	800 – 850
	SB₂	0.035	34.14	11.50	66.31	12.7	950 – 1180
02	SD₁G_B	0.034	32.08	10.40	67.58	11.1	670 – 800
	SD₁F	0.037	35.16	12.8	63.59	11.5	530 – 600
03	S₁	0.033	33.49	11.10	66.85	12.0	670 – 800
04	S₃	0.037	33.12	11.40	65.57	12.1	363 – 400
	SB₄	0.037	31.49	10.10	67.49	11.6	670 – 800
05	S₅	0.035	31.50	10.02	68.19	11.1	355 – 450
	S₂	0.036	31.66	10.22	67.71	11	425 – 475
06	S₄	0.035	33.3	11.01	69.93	11.7	400 – 500
	SR₁	0.031	32.10	10.05	68.69	11.5	710 – 850
07	SD₂G	0.037	33.5	11.12	66.80	11.4	530 – 560
	SB₅	0.035	34.64	11.98	65.41	12.1	500 – 530
08	SD₃G	0.037	32.46	10.45	67.80	11.1	500 – 530
	SD₃F	0.036	33.96	11.08	67.37	11.3	390 – 400
09	SD₂F	0.036	32.45	10.95	66.25	11.2	425 – 450
	SD₄	0.037	31.58	10.35	67.22	11.1	363 – 425
10	S₆	0.035	33.15	10.08	69.59	11.2	355 – 360
	SB₆	0.033	30.44	9.48	68.85	10.2	390 – 450
Norme(*)	SD1GA- SB6	≤0.055	/	11-15	50 -70	≥ 11	355-1180

(*) Norme Algérienne

V.2.4. Interprétation

D'après les résultats obtenus dans le bulletin 1 et bulletin 2 nous classons les passages des semoules en fonction la granulométrie selon réglementation de l'entreprise du groupe SIM. (Unité de Sidi Ibrahim section B).

- ✓ Semoule grosse moyenne (SGM) : 1120 μm – 710 μm .
- ✓ semoule extra (SE): 710 μm - 450 μm .
- ✓ semoule sasses super extra (3SE): 450 μm - 150 μm .
 - donc le classement en provenance des passages est comme suit :
- ✓ Semoule grosse moyenne (SGM) :SB₂, SR₁, S₁, SD₁G_A
- ✓ SE (semoule extra) : SD₁G_B, SD₁F, SB₄, SD₂G, SB₅, SD₃G.
- ✓ 3SE (semoule sasses super extra) :S₃, S₂, S₄, SD₂F, SD₃F, SD₄, S₆, SB₆, S₅.

Tableau V. 4 Contrôle de granulométrie des différents types des semoules des blés dur.

Les types des semoules	N° des tamis	Refus de tamis %	Norme (*)
SGM (SB ₂ , SR ₁ , S ₁)	1120 μm	33.78	Tolérance
	710 μm	62.23	
	EXT	03.68	
S. extra (SD ₁ G _B , SD ₁ F, SB ₄ , SD ₂ G, SB ₅ , SD ₃ G)	710 μm	06.75	d'extraction
	525 μm	47.00	
	450 μm	40.16	
	EXT	5.84	
SSSE (S ₃ , S ₂ , S ₄ , SD ₂ F, SD ₃ F, SD ₄ , S ₆ , SB ₆ , S ₅).	525 μm	0.05	10%
	450 μm	0.60	
	350 μm	24.05	
	250 μm	39.72	
	150 μm	25.78	
	EXT	9.63	

(*) : Norme d'entreprise de groupe SIM

V.3. Résultats des analyses physico-chimiques et organoleptiques effectuées des différents types des semoules (SGM, SE, 3SE)

Tableau V. 5 les analyses physico-chimiques et organoleptiques effectuées des différents types des semoules (SGM, SE, 3SE)

Les analyses effectuées		Semoule grosse (SGM)	Semoule (S. extra)	Semoule fine (3SE)	Normes (*)
Teneur en eau %		14	14.18	13.7	< 14.5
Teneur en cendre en (%)		0.73	0.75	1.02	≤ 1 – 1.3%
Teneur en protéine en (%)		12.17	11.46	11.05	> 11%
Dosage Du Gluten (%)	GH	35.24	33.32	31.83	< 100
	GS	11.88	11.55	10.72	11-13
Taux hydratation (%)		66.84	66.44	67.85	50-70
Acidité grasse en ms. (%)		0.033	0.036	0.035	≤ 0.055
Indice de jaune		26.54	26.42	22..3	20- 33.5
Indice de brun		-2.33	-2.61	-1.59	-
Analyses organoleptiques	Aspect	homogène	homogène	homogène	-
	Odeur	fraîche	fraîche	fraîche	-
	Couleur	Jaune ambré	Jaune ambré	Jaune pâle	-
	Touchet	Granuleuse	Moyennement granuleuse	Fine au toucher	-

(*) Norme algérienne

V.3.1. Interprétation

- **Taux d'affleurement (granulation)**

SGM :

Les résultats obtenus de granulation de SGM sont tous acceptables vus que le taux d'extraction sont inférieur à 10%.la somme de refus des tamis de granulation comprise entre 1220µm et 710µm étant très supérieur à 70%.nous pouvons déduire ainsi que les

semoules SGM analysées sont relativement homogènes, et répondent à la granulométrie exigée pour le couscous.

SE :

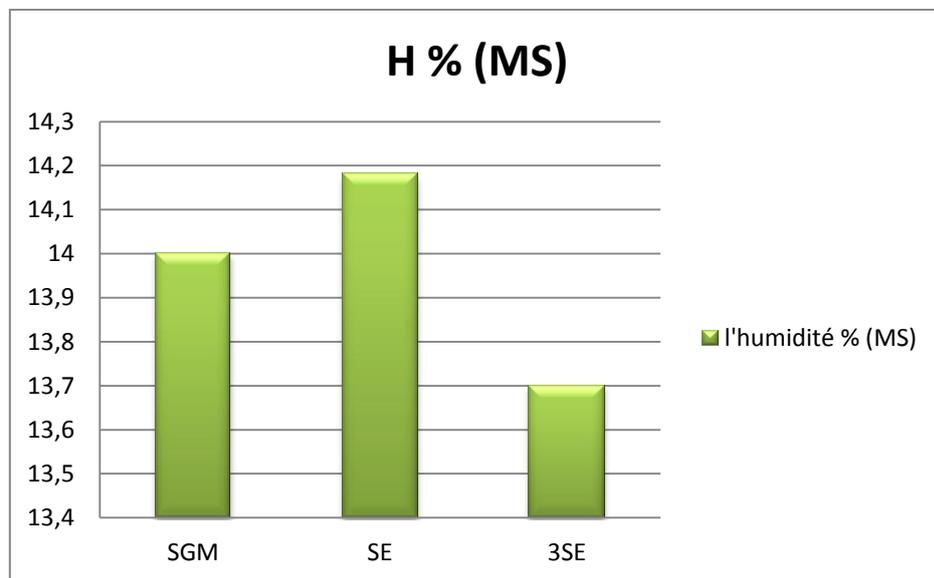
Les tests de granulométrie effectués sont tous acceptables vu que le taux d'extraction est inférieur à 10% du total. La somme de refus des tamis de granulation comprise entre 710 μ m et 450 μ m étant supérieurs à 70%, nous pouvons déduire ainsi que les semoules extra (SE) analysées sont relativement homogènes, et répondent à la granulométrie exigée pour la pastification.(pâte longue).

3SE :

Les résultats de granulation obtenus sont acceptables est le refus des tamis de granulation comprise entre 150 μ m et 450 μ m étant supérieur à 70% du total. Et on peut conclure que cette granulation est favorable pour la pastification (pâte courte), une granulation plus fine aurait une nette influence sur la valeur de la semoule mais elle n'avait qu'une influence peu importante sur les caractéristiques organoleptiques des pâtes alimentaires.

En effet, le taux d'extraction est non seulement fonction des caractéristiques physiques des grains, mais également, il dépend des conditions de la mouture.

- **Teneur en eau :**



Graphe N° V.4 : Teneur en eau des différents types des semoules (%)

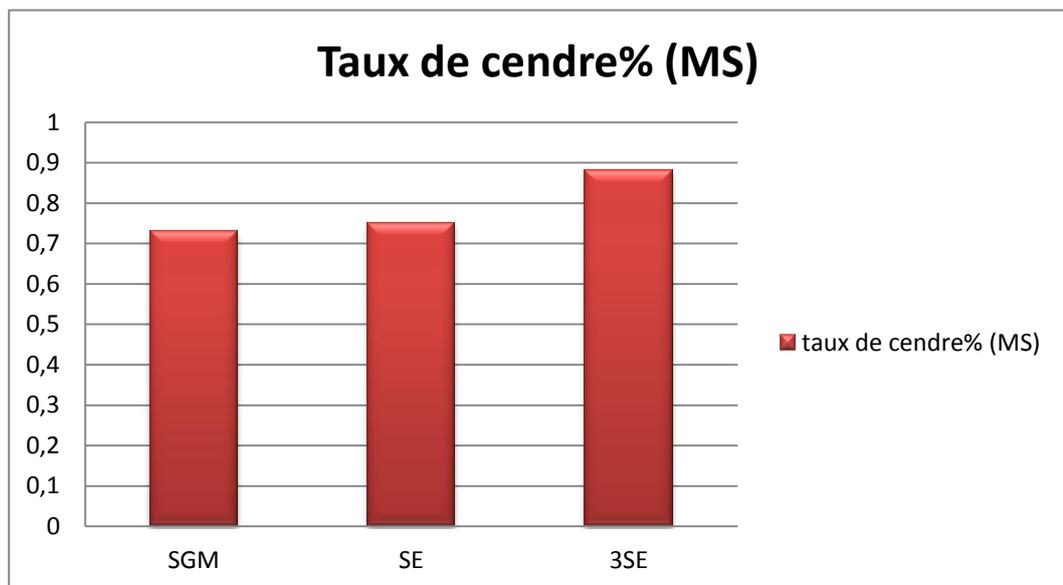
D'après les résultats illustrés dans le tableau N° V.5, on remarque que la teneur en eau des échantillons (SGM, SE, 3SE) sont respectivement de 14%(MS) ,14.18%(MS) ,13.7%(MS), sont conforme à la norme algérienne qui est 14.5% max,

Ces valeurs obtenues sont légèrement inférieure à celle donnée par **Soltani (2010)** qui signalent la teneur en eau de (SGM) est 14.23% (MS) et (SE) est 14.31% (MS) et (3SE) est 13.95%(MS).et inférieur aussi à celle trouvée par **Rebahi et Ayache (2006)** ce qui est 14.8% (MS) pour (SGM) et 14.30%(MS) pour (3SE)

De son coté, **Younsi et al (2009)** qui situe la teneur en eau de semoule (3SE) est 14.20% (MS), et 14.5% (MS) pour semoule (SGM).

Donc, cette faible teneur en eau obtenu permet une bonne conservation du produit pendant une longue durée si les conditions de stockage sont favorables.

- **Taux de cendre :**



Graphe N°V.5 : Taux de cendre des différents types des semoules (%)

Le taux de cendres représente la quantité totale des matières minérales présentées dans un échantillon et la pureté des semoules est appréciée indirectement par le taux de cendres (détermination par la norme algérienne et exprimé en pourcentage par rapport la matière sèche).

D'après les résultats indiqués dans le tableau N°V.5, on remarque que le taux de cendre de la SGM est de 0.73%. (MS) et 0.75% (MS) pour SE et 1.02%. (MS) pour 3SE ces résultats sont conforme à la norme algérienne fixée à $\leq 1.3\%$ max (**Jora, 2007**).

En effet la teneur en cendres de SGM étudiée de trouve dans la gamme (0.64 à 0.97 %.ms) donné par **Soltani (2010)**, **Rebahi et Ayache (2006)**, **Belhasnat (2001)**.

Le taux de cendre de 3SE donné par **Belhasnat (2001)** et **Rebahi et Ayache (2006)** et, ont trouvé une valeur élevé qui signalent une teneur 1.24% (MS) ,0.93% (MS) respectivement.

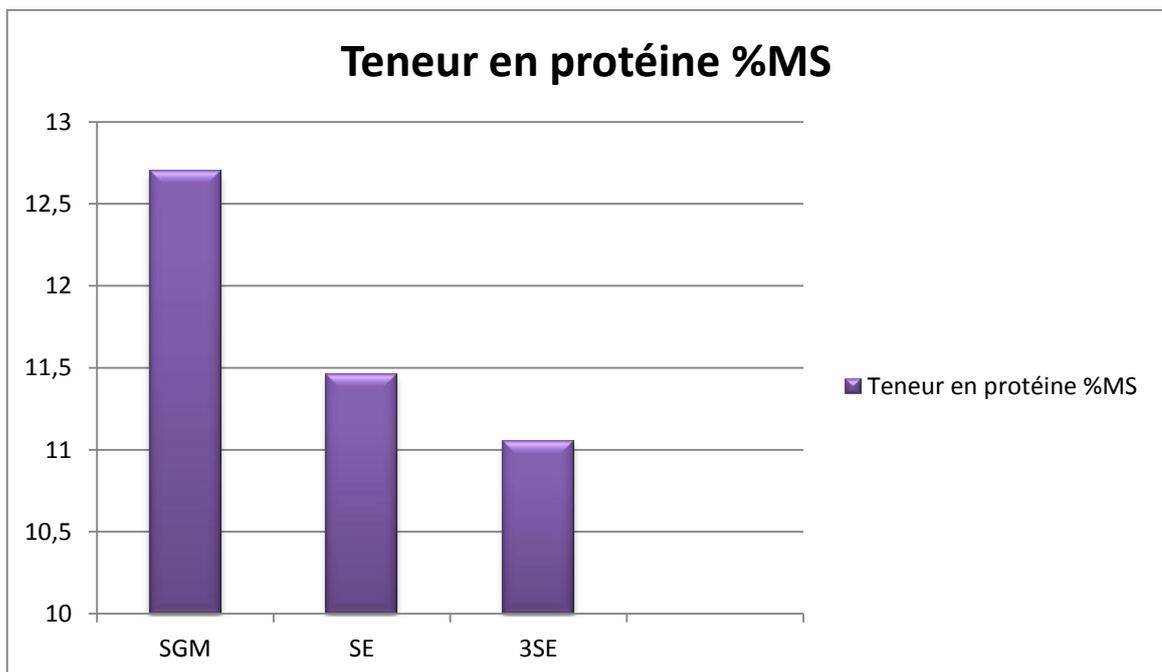
Bel et Lakherba (2005) trouvent le taux en cendres de 3SE 1.10% (MS) et 1.01% (MS) de SGM.

La valeur obtenue pour la SE est comparable à celle trouvé par **Soltani (2010)** qui situe le taux de cendre de semoule extra 0.83% (MS).

Le taux de cendre pour les semoules varie souvent en fonction du l'efficacité du nettoyage et conditionnement et de la mouture (taux l'extraction) donc :

Un meilleur conditionnement (mouillage + repos), pour la semoulerie, de ces lots de blé dur, et une meilleure trituration donne un produit pur.

- **Teneur en protéines :**



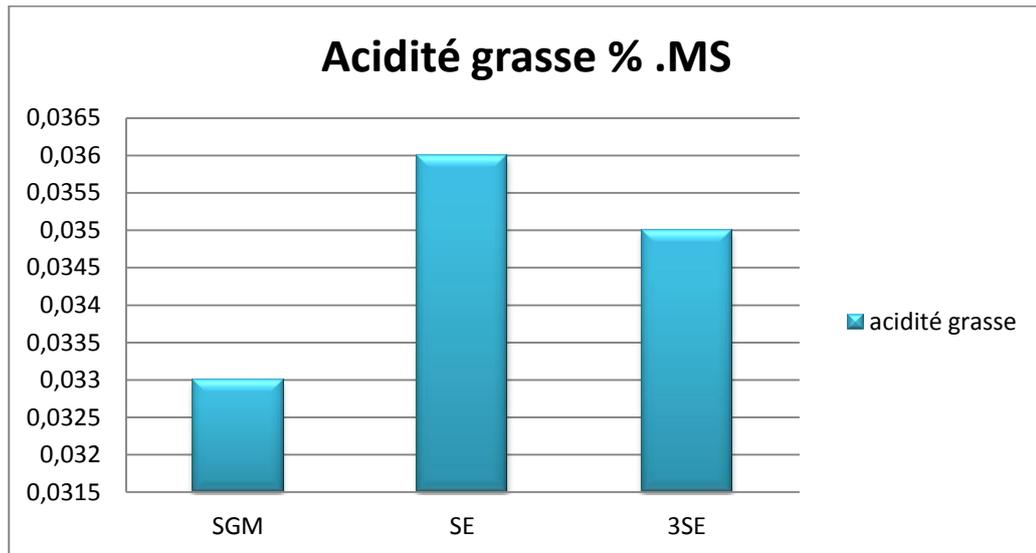
Graphe N°V.6 : Teneur en protéine des différents types des semoules(%).

D'après les résultats illustrés dans le tableau N°V.5, on remarque que la teneur en protéine de l'échantillon (SGM) est 12.17 et celui (SE) est 11.46 % et l'échantillon (3SE) est 11.05%, ce qui conforme à la norme algérienne ($>11\%$).

Ces valeurs est comparable à celle donnée à celle donnée par **Bel et Lakherba (2005)** trouvent taux en protéine varie entre (11.08 %MS – 15.41%MS) pour différentes variétés de semoule.

Ces valeurs obtenu peuvent influencer et donné une bonne qualité plastique des pâtes alimentaires.

- **Acidité grasse :**

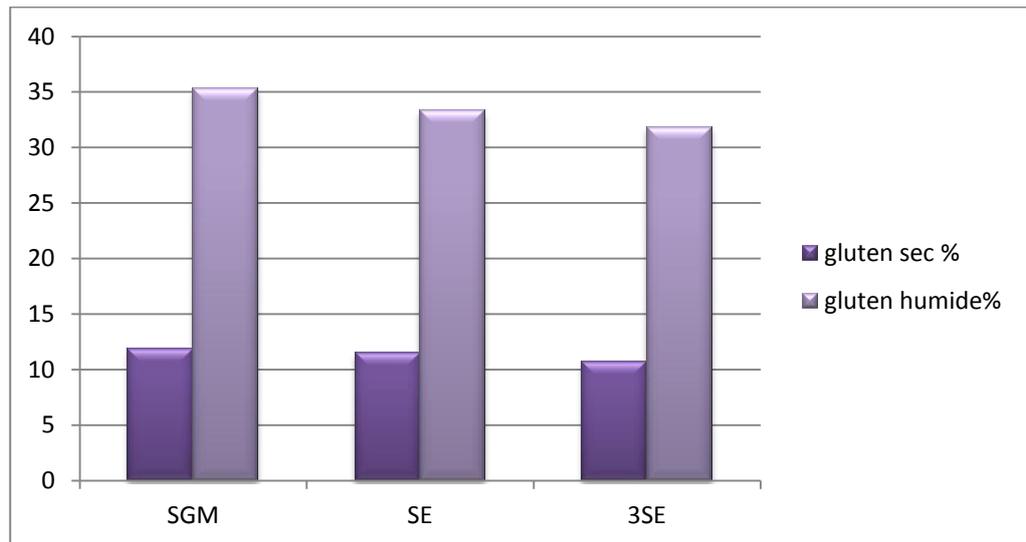


Graph N° V.7 : Acidité grasse des différents types des semoules (%)

Les résultats obtenu dans le tableau N°V.5 sont conformes aux normes, l'acidité grasse des semoules (SGM, SE, 3SE) est inférieur à 0.055gH₂O SO₄/100g MS.

L'acidité grasse est un indicateur de l'état de bonne conservation de la semoule. En effet au cours de la conservation, les lipides ont tendances à se dégrader en se transformant en acides gras libres.

- **Le taux de gluten**



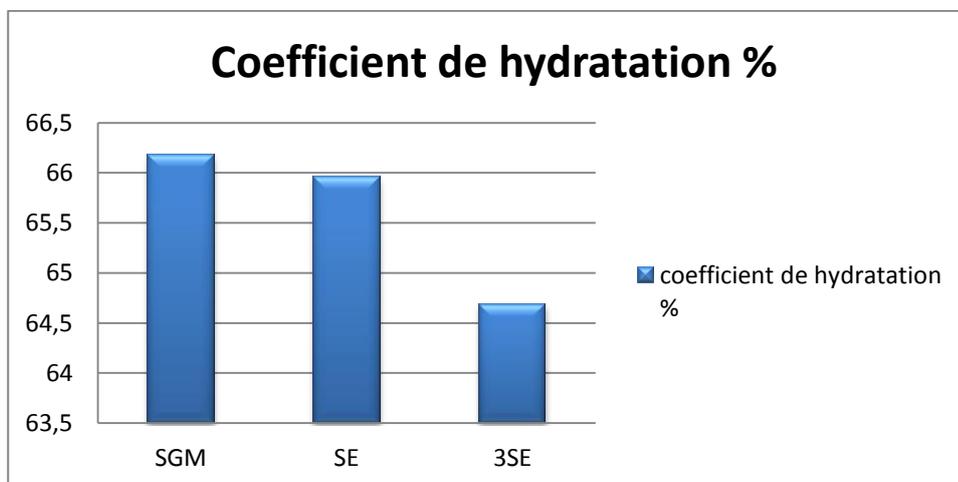
Graphe N° V.8 : Taux de gluten sec et humide des différents types des semoules (%)

Egidio et al. (1997), précisent que les semoules ayant des teneurs entre 11-13% de gluten sec, et un coefficient d'hydratation entre 50-70%, peuvent fournir un produit fini de bonne qualité.

D'après les résultats obtenus sur le gluten sec des différents types des semoules sont comprise dans l'intervalle de (11 à 13%). Sauf pour la 3SE on obtient 10.72%, Et le gluten humide entre (30 à 60 %) pour les trois types des semoules.

Notre résultat est proche de ceux rapportés par **Bel et Lakherba (2005)** qui signalent des teneurs de gluten pour 3 types des semoules varié entre (9.63%- 13.63%) pour différente variété de blé local. et (28.97% - 39.21%) pour gluten humide.

- **Coefficient d'hydratation :**



Graphe N° V.9 : Taux d'hydratation des différents types des semoules (%)

Le gluten des semoules de mauvaise qualité s'hydrate facilement mais se révèle plus visqueux et moins élastique que celui extrait d'une semoule de bonne qualité, celle-ci s'hydrate bien et conserve ses qualités plastiques, donc la capacité d'hydratation constitue un critère important en industrie de pastification. (feillet, 2000).

- **Les analyses organoleptiques :**

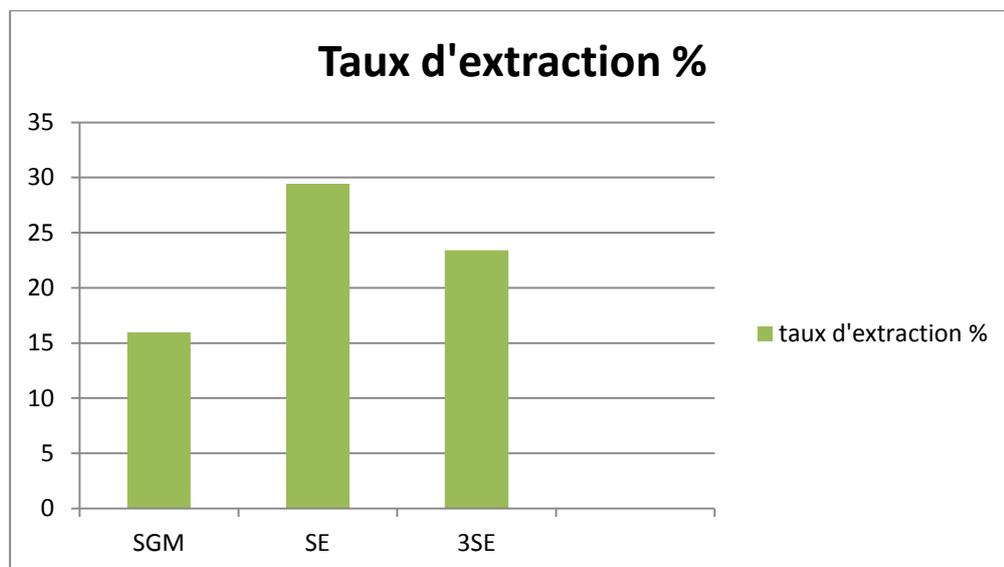
La qualité organoleptique joue un rôle très important dans la valeur commerciale de la semoule. Pour les trois échantillons des qualités organoleptiques satisfaisantes.

Et la valeur obtenue de l'indice de jaune et indice de brun sont acceptables selon les normes de l'entreprise de laboratoire du groupe SIM.

- **Taux d'extraction :**

Tableau V. 6 Le taux d'extraction des différents types de semoules (SGM, SE, 3SE).

Les semoules	SGM	SE	3SE	Total
Taux d'extraction %	15.97	29.47	31.67	77.11



Graphique N° V.10 : Taux d'extraction des différents types des semoules (%)

Taux d'extraction d'un blé c'est le pourcentage de semoule ou farine obtenu suite à une mouture, d'une quantité de ce blé débarrassé de ses impuretés et après conditionnement, la semoule provient essentiellement de l'albumen du grain et représente à peu près 70% du poids du grain. C'est pourquoi on parle d'un taux d'extraction industriel normalisé aux environs de 70% (Calvel, 1980).

D'après les résultats obtenus à partir de tableau N° V.6 on remarque que le taux d'extraction des produits fini (SGM, SE, 3SE) est différent. On obtient 15.97% pour SGM.

Le taux d'extraction pour l'ensemble de moulin c'est 77.11 % un peu élevé pas que poids spécifique de blé dur étudié est élevé.

Tableau V.7 Résultats final d'orientation des différents types de semoules (SGM, SE ,3SE).

Les semoules Les analyses	Taux de gluten		Granulométrie	Taux de cendre	Orientation
	GH	GS			
SGM	35.24	11.8	710-1120µm	0.73	Couscous
SE	33.32	11.5	450-710µm	0.75	Pâte longue
3SE	31.83	10.72	150 -450µm	0.88	Pâte court

En basant sur ces trois paramètres, on peut orienter les semoules vers les lignes des pâtes alimentaires et couscous .pour donné meilleur qualité de produit fini.

IV.4.Résultats et interprétation des analyses microbiologiques
Tableau V. 8 Les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur la semoule.

Les matières analysées	Moisissures	Clostridium Sulfito-Réducteur
SGM	8	absence
SE	10	absence
3SE	17	absence
Norme Algériennes	≤100 germe/ml	≤100 germe/ml

Les résultats montrent l'absence totale de C.S.R dans les trois types de semoule (SGM, SE, 3SE). Et indiquent la présence de quelque colonie de moisissures avec une quantité négligeable. Ces résultats implique que le SGM, SE ,3SE présentent une qualité microbiologique acceptable et conforme à la disposition réglementaire en vigueur.

Références bibliographiques

- **Abecassis J., (1996).** Comprendre la qualité : la valeur semoulière. comment s'explique telle ? Montpellier, France : céréale foods world. Vol 41 .n°4.pp205-212.
- **Abecassis J., (a). (1991).** La mouture du blé dur ; in : « Les industries de première transformation des céréales » Ed. Tec & Doc, Lavoisier. Paris, p. 405.
- **Abecassis J., (1991).** Qualité de blé dur, de la semoule et des pâtes alimentaires. Paris : Industrie céréales Vol 107.n°72. pp 7 -11.
- **Adrian J., Potus J., Frangne R.** (1995) La science alimentaire de A à Z. 2^{ème} édition. Tec et Doc. Lavoisier. Paris. 457p.
- **AFNOR., 1991** Recueil de normes - contrôle de la qualité des produits alimentaire céréales et produits céréaliers. AFNOR/DGCC RF. 3^{ème} édition. Paris. 360p.
- **Anonyme ,2006.**Céréale : viser la taille critique : hors série spéciale Algérie : djazagro, MARS-2006, p.19.
- **Anonyme, 2008.** Comment évalue-t-on la qualité d'un blé dur?, colloque «Perspectives blé dur».
- **Anonyme, 2010 .**La tribune online- de L'importation à l'exportation des céréales, 15 juin2010.pp 8-10
- **Anonyme, 2013.** Conseil international des céréales
- **Anonyme ,2007.**Importation de blé en Algérie. « BLADI. NET »
- **Anonyme, 2007.** Article du Journal Officiel Algérienne N°55 ,25-12-2007 p15.
- **Anonyme, 1976:** céréales et oléagineux manutention, commercialisation, transformation. Second édition publiés par : institut international du CANADA pour le grain.
- **Aykroyd W., et Doughty J., 1970.** Wheat in human nutrition. ED : Bernan Associates, 1971.
- **Belhasnat A., (2001).** Etude analyse du diagramme de nettoyage semoulerie et minoterie. Mémoire d'Ingéniorat, Université M'hamed Bougara, Boumerdes.
- **Bel N., et Lkherba F., 2005.**L'influence du blé mitadiné sur la qualité pastière de la semoule destinée à la pastification. Mémoire d'Ingéniorat, Université M'hamed Bougara, Boumerdes.
- **Benziane k., 2012.** L'effet coupage sur la qualité des produits céréaliers (cas des pâtes longues. Thèse de master, université de Blida

- **Boudreau A. et Menard G., (1992).** Le blé : éléments fondamentaux et transformation. Ed. Les presses de l'université de Laval. Québec. p. 131.
- **Boukhadache K., 1991.** Contribution à l'évaluation de la qualité des pâtes longues fabriquées à l'unité de Sétif, Thèse d'ingénieur en technologies alimentaire, université de Boumerdés.
- **Boukhemia A.S., 2003.** aptitude technologique de quelques variétés de blé dur locale : interaction amidon-Protéine, Thèse de magister INA. Pp17-20.345p.
- **Buhler ,2000.** Catalogue manuels d'équipement, industrie de service.
- **BURE J., 1979.**Le pain. Acte du colloque du C.N.E.R.N.A. Edition C.N.R.S. Paris. 243p.
- **Calvel R.,** La boulangerie moderne, 10 E édit. Paris 1 Eyrolles, **1984** : 459p.
- **Calvel R., 1980.** La boulangerie moderne. 9^{ème} édition, Paris, Eyrolles : pp. 11-78.
- **Céline B., 2005.** Responsable procréées AFREM, « du blé dur.....aux pâtes ».2005.
- **Feillet P., 2000.** Le grain de blé. Paris, INRA, pp.17-43.
- **Feillet P., Guinet R., Morel M.H., Rouau X.** (1994)La pâte : formation et développement. In : la panification française. GUINET R., GODON B. Tec. et Doc. Lavoisier. Paris. 226-276.
- **Ferret M., 1996.** Blé dur, objectif qualité. Ed. ITCF. 43p.
- **Franconie H., 2010.** Couscous, boulgour et polenta : Transformer et consommer les céréales dans le monde. Ed Karthala, Paris, p. 434.
- **Fourar R., 1994** Variabilité de la sensibilité variable du blé tendre à *sitophilus oryzae* L (col :curculionidae) dans le grain et de *tribolium confusum*.
- **Godon B., et William C., 1998.** Les industries de première transformation des céréales, 2^{ème} tirage Ed. Tec & Doc, Lavoisier. Paris, p. 66, 68.
- **Godon B., (1991).** Biotransformation des produits céréaliers. Ed. Tec & Doc.
- **Godon B., LOISEL W, 1984.** Guide pratique d'analyses dans les industries des céréales.
- **Godon B., WILLM C, 1991.** Les industries de 1^{ère} Transformation des céréales Paris : Tec & Doc - Lavoisier, 110, 679, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 561, 562 p.
- **Gringnac P., 1976)** ferme moderne, le blé céréale d'avenir .ED Solvilo, paris 212 p
- **Ghaderi A., Everson e. H. & Yamazaki w. T., 1971.** Test weight in relation to the physical and quality characteristics of soft winter wheat (*Triticum aestivum* L. em Thell). *Crop Sci.* 11, 515-518.
- **KIGER J.L., KIGER J.G. (1968).** Techniques modernes de la biscuiterie, pâtisserie, boulangerie industrielles et artisanales et des produits de régimes. Vol 1"matières premières", vol2"fabrication", Dunod. Paris.696p696p.

- **Louis., J 1998.** Les pâtes alimentaires de l'épi à l'assiette, Paris édition Frison-Roche. Aout 1998.
- **Mariche O., 2000.** L'effet de la fertilisation azotée sur la qualité technologique de deux variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf), Thèse d'ing d'Agro, Blida. 80p.
- **Multon, J.L. (1982).** Conservation et stockage des grains et produits dérivés : céréales, oléagineux, protéagineux, aliments pour animaux. Ed technique et documentation Lavoisier IAPRIA, Paris VOL 1. 576p.
- **Norme Algérienne na 1613.1990.** Détermination du poids à l'hectolitre.
- **Norme Algérienne na 730.1991.** Détermination de la masse de 1000 grains IDT ISO 520.
- **Norme Algérienne na 1132.1990.** Détermination de la teneur en eau.
- **Norme Algérienne na 1158.1990.** Détermination de l'azote total avec minéralisation selon la méthode kjeldhal IDT ISO 1871.
- **Norme Algérienne NA 1184.1994.** Détermination de Sédimentation ZELENY IDT ISO 5529.
- **Norme Algérienne na 733.1991.** Détermination du taux de cendre brute IDT ISO 2171.
- **Norme français nf.1.1.24. ISO 5531** Dosage du gluten.
- **Norme Algérienne na NA.1183 /1990**Détermination du taux de mitadinage.
- **Norme Française nf 712juin 1994.** Détermination du taux d'affleurement.
- **Norme Algérienne na .1.1.82.1990.** Détermination de l'acidité grasse.
- **Sakate L., 1991.** Essai d'appréciation de la conduite de mouture de blé dur au niveau du complexe de Blida. Thèse d'ing d'Agro de Boumerdes.
- **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. Paris. P, 188.
- **Shuey C., 1960.** A wheat sizing technique for predicting flour milling yield. *Cereal Sci. Today* 5, 71-72.
- **Slimane A., 2007.** Evaluation de la valeur pastifiante des semoules fines de passages produites au niveau de la SIM. Thèse de TS, INSFP. Blida.
- **Soltner D., 1990.** Phytotechnie spéciale, Les grandes productions végétales. Céréales, plantes sarclées, prairies. Sciences et Technique Agricoles éd.
- **Soltani S., 2010.** L'étude de la qualité de différentes variétés de semoules produite au niveau de l'unité de MOULA. Thèse d'ing d'Agro, M'hamed Bougara, Boumerdes.
- **Roberts H. F., 1910.** Breeding for type of kernel in wheat, and its relation to the grading and milling of the grain. *Kansas State Agricultural College Experiment Station Bulletin* 170, 98-138.

- **Rousset M et Autro N J-C., (1979).** La qualité des blés «le pain». C.N.R.S, Paris.
- **Tremolier A., (1984).** Analyse des acides gras dans de le PG, Toulouse, France.
- **Zeleny I., 1947** - A Simple Sedimentation Test for Estimating Bread Baking and Gluten Qualities of Wheat Flour, Cereal Chem., 24: 465-475. In: De Andrade,1R., Riede, C.R., Scholz, D.S. M.B., Destro, D. & Fonseca, I.C.B. (2001) Selection for Grain Yield and Quality in Segregating Generations of Wheat, Brazilian Archives of Biology and Technology, 44, 2: 173 – 178.