

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de Blida 1



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département Agro-alimentaire

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention de diplôme de Master en :

Spécialité : Agro-Alimentaire et Contrôle de Qualité

Filière : Sciences Alimentaires

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

**L'étude d'effets d'incorporation des fines sèches sur la qualité de
couscous industriel**

Présenté par :

KHENICHE Amira

LAHOUEL Amina

LAKHDARI Fatma Zohra

Devant le jury :

Pr. MEGATLI	Professeur	USDB	Président
Dr. RAMDANE	MCB	USDB	Examineur
Dr. BENLEMANE	MCB	USDB	Promotrice

Année Universitaire : 2021/2022

Remerciements

Au terme de ce travail, nous remercions d'abord Dieu le tout puissant qui nous a donné volonté, patience, santé et surtout persévérance durant nos années d'études.

Au terme de reconnaissance, on tient à remercier tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce modeste travail, en particulier :

*Notre promotrice **Dr BENLEMMANE** pour ses orientations, ses conseils, sa disponibilité.*

*Nous tenons à adresser nos vifs remerciements à **Pr MEGATLI** et **Dr TLEMSANI** pour l'honneur d'examiner ce travail.*

Nos remerciements s'adressent également à tous les enseignants du département d'agro-alimentaire de l'université de Blida, car ce travail n'aurait pu se concrétiser sans les moyens qu'ils ont mis à notre disposition.

Dédicace

*Avant tous je tiens à remercier **Allah** tout puissant de m'avoir donné force, santé, volonté et courage pour réaliser cette mémoire.*

Je dédie cet humble travail aux deux personnes qui m'ont le plus soutenu dans ma vie, Mon cher père et chère mère, sans eux je n'aurais pas atteint cette étape de ma vie et je les remercie pour leurs aides, leurs conseils, leurs éternels soutien moral et financier pour m'avoir toujours montré le meilleur d'existence, je leurs souhaite une longue vie.

Et aussi à mes chères frères et sœurs Aya, Yanis, Kafia, Faouzi.

***** Kheniche Amira *****

Dédicace

Je dédie ce travail :

À mes très chers parents

*Ma mère et Mon père Grâce à eau, que je suis là, vous reste toujours dans
mon cœur.*

A mes sœur « Ikram », « Yasmine », « Douaa », « Ihcene »

À toute ma famille je leur souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.

*A tous mes amis, Et à toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation
de ce travail.*

***** Lahouel Amina *****

SOMMAIRE

Titre	Page
Remerciements	
Dédicace	
Liste des tableaux	
Listes des figures	
Liste des abréviations	
Résumé	
Introduction	1
1 ère Partie : Partie bibliographique	
Chapitre 1 : Le blé dur et le procédé de transformation	
1. Généralités sur le grain de blé dur	5
1.1. Classification botanique de blé dur	5
1.2. Utilisations du blé dur	5
1.3. Structure du grain de blé dur	5
1.3.1. L'albumen ou endosperme	6
1.3.2. Les enveloppes	6
1.3.3. Le germe	6
1.4. Composition biochimique du grain de blé dur	7
1.4.1. L'eau	8
1.4.2. Les glucides	8
1.4.3 Les protéines	8
1.4.4. Les lipides	8
1.4.5. Les matières minérales	8
1.4.6. Les vitamines	9
1.4.7. Les fibres Alimentaires Végétales (FAV)	9
1.4.8. Les enzymes	9
1.4.9. Les pigments	9
1.5. Situation économique du blé dur	10
1.5.1. Production de blé dur	10
1.5.2. Importance du blé dur en Algérie	10
2. Technologie de transformation du blé	11
2.1. Définition de semoule	11
2.2. Composition chimique de la semoule	11
2.3. Procédé de transformation du blé dur en semoules	14
2.3.1. Nettoyage	14
2.3.2. Préparation des blés à la mouture et conditionnement	15
2.3.3. Mouture de blé	15
2.4. Classification de la semoule	19
2.5. Critères de qualité de la semoule	20
2.6. La valeur semoulière du blé dur	20
Chapitre 2 : Généralités sur le couscous	
1-L'historique de couscous	23
2-Définition de Couscous	24
3-Etymologie de mot couscous	24
4-Composition de couscous	24
5.Procédé de fabrication de couscous industrielle	25
5 .1 Hydratation et malaxage	25
5.2. Roulage des particules de semoules	25

SOMMAIRE

5.3. Cuisson	26
5.4. Le séchage	26
5.5. Calibrage	26
6. Qualité de couscous	28
6.1. Qualité nutritionnelle	28
6.2. Qualité hygiénique	28
6.3. Qualité Organoleptique	28
7. Qualité Culinaire	29
7.1. Temps de cuisson	29
7.2. Gonflement du couscous	29
2 eme Partie : Partie expérimentale	
Chapitre 3 : Matériel et Méthodes	
1. Objectif de l'expérimentation	32
2. Matière première	32
3. Processus de production du couscous à l'unité SOPI	34
4. Méthodes d'analyses	41
4.1. Échantillonnage et lieu de prélèvement	41
5. Analyses effectuées	42
5.1. Analyses physico-chimiques	43
5.1.1. Détermination du taux d'humidité	43
5.1.2. Le taux de cendre	44
5.1.3. Dosage des protéines	45
5.2. Analyses technologiques	45
5.2.1. La granulométrie	45
5.2.2. La teneur en gluten	45
6. Les analyses sur le couscous	47
6.1. Analyses physico-chimiques	47
6.2. Analyses technologiques	49
7. Analyses Microbiologiques	50
7.1. Préparation des suspensions mères :	50
7.2. Préparation des dilutions (Décimales) :	50
7.3. Recherche et dénombrement des moisissures :	51
7.4. Recherche des spores de Clostridium Sulfito-Réducteur : Selon la norme (ISO 66 49)	52
Chapitre 4: Résultats et discussion	
1. Résultats des analyses physico-chimiques des semoules :	56
1.1. Teneur en eau	56
1.2. Taux de cendre	56
1.3. La granulométrie	57
1.4. Dosage de protéines	57
II. Résultats des analyses Technologiques	58
2.1. Gluten	58
I.2. Analyse du couscous	60
2.1. La teneur en eau	60
2.2. Le taux de cendre	61
2.3. La teneur en Protéines	61
2.4. Granulométrie	62
2.5. Indice de couleur	64

SOMMAIRE

Analyse technologiques	65
1.Gonflement	65
2.Test de Cuisson	66
Résultats des analyses microbiologiques effectuées sur le couscous :	67
Conclusion	69
Références bibliographiques	70
Annexe	74

Liste des tableaux

Titre	page
Tableau 1 : Teneur pour 100g de partie comestible du grain de blé dur (Brink et BELAY)	10
Tableau2 : Composition de la semoule en vitamines. (Virling.2003)	13
Tableau 3 : Composition moyenne en minéraux de la semoule (en mg /matières sèche) (Massaadi et Samai ,2016)	13
Tableau4 : les différentes machines de nettoyage (Feillet,2000).	15
Tableau5 : Principales opération effectuées dans un moulin (Feillet,2000)	16
Tableau 6 : Composition biochimique de couscous (Djender et al.,2004)	25
Tableau 7 : Réalisation des mélange « semoule + fines sèches »	32
Tableau 8 : Paramètre de la ligne de couscous	40
Tableau 9: la teneur en eau des mélanges « semoule + fines sèches » (%).	56
Tableau 10 : teneur en cendre des mélanges « semoule + fines sèches » (%/MS)	56
Tableau 11: Contrôle de granulométrie des mélanges (semoule + fines sèches).	57
Tableau 12 : Dosage de protéines des mélanges (semoule + fines sèches)	58
Tableau 13 : le taux de gluten humide des mélanges (semoule+ fines sèches).	59
Tableau 14 : le taux de gluten sec des mélanges (semoule+ fines sèches).	59
Tableau 15 : Capacité d'hydratation des mélanges (semoule+ fines sèches)	59
Tableau 16 : Teneur en eau du couscous	60
Tableau 17 : taux de cendre du couscous	61
Tableau 18 : teneur en protéine du couscous industriel avec différents taux des fines sèches.	62
Tableau 19 : Granulométrie de couscous industriel avec différents taux des fines sèches.	63
Tableau 20 : indice de clarté des mélanges couscous et fines sèches.	64
Tableau 21: indice de jaune des mélanges couscous et fines sèches.	64
Tableau 22 : indice de brun des mélanges couscous et fines sèches.	65
Tableau 23 : indice de gonflement de couscous avec différents taux des fines sèches.	66
Tableau 24 : Le teste de cuisson de couscous avec différents taux des fines sèches	67
Tableau 25 : Résultats des analyses microbiologiques des différents échantillons de couscous +fines sèches	68

Liste des figures

Titre	Page
Figure 01 : Coupe illustrant la composition histologique d'un grain de blé.	07
Figure 2 : Diagramme du procédé de la transformation de blé dur en semoule (à l'unité SOPI).	18
Figure 3 : Diagramme de la chaîne de fabrication du couscous industriel selon l'unité « SOPI » 24	27
Figure 4 : Les sources des fines sèches au cours de processus de fabrication de couscous industriel.	33
Figure 5 : Diagramme de la chaîne de fabrication du couscous industriel selon l'unité « SOPI »	34
Figure 6 : Groupe de fabrication (doseur semoule, mélangeuse, rouleuse et cyclone des fines sèches).	35
Figure 7: Cuiseur	37
Figure 8: Rotante (Séchoir)	38
Figure 9: Refroidisseur 34	38
Figure 10: Planchister et Broyeur	39
Figure 11: Silos produits finis	40
Figure 12: échantillon de semoule	41
Figure 13 : échantillon de fine sèches	42
Figure 14: échantillon de couscous	42
Figure 15 : recherche de dénombrement des moisissures	52
Figure 16 : recherche et dénombrement des spores de clostridium sulfite-réducteur	54
Figure 17 : Granulométrie de semoule avec différents taux des fines sèches	57
Figure 18 : indice de gluten des mélanges (semoule + fines sèches)	59
Figure 19 : teneur en eau de couscous en fonction des différents taux des fines sèches	60
Figure 20 : taux de cendre de couscous en fonction des différents taux des fines sèches	61
Figure 21 : teneur en protéine dans le couscous en fonction des différents taux des fines sèches.	62
Figure 22 : Granulométrie de couscous + fines sèches en fonction des ouvertures des mailles.	64
Figure 23 : indice de couleur du couscous selon le taux des fines sèches.	65
Figure 24 : indice de gonflement de couscous en fonction des différents taux des fines sèches.	66

Liste des abréviations

b : Indice de jaune

CH: capacité d'hydratation

g : gramme

GH: Gluten humide

GS: Gluten sec

H : humidité

H : heure

IG : indice de gonflement

IB : Indice de brun : 100-L

KJ: kilo joules

Kcal: kilos calories

L : clarté

ML : millilitre

mn : minute

Ms : matière sèches

NA : norme algérienne

Ne : norme d'entreprise

T : temps de cuisson

TC : taux de cendre

µm : micromètres

Résumé :

Ce présent travail a pour but d'étudier l'influence de l'incorporation des fines sèches sur la qualité du couscous industriel, au niveau de l'usine (SOPI) BOUFARIK-BLIDA.

Les buts poursuivis sont nombreux. Il s'agit essentiellement d'analyser la qualité des mélanges des fines sèches et de semoule de 0% jusqu'à 22% des fines sèches et du couscous issu de ces mélanges pour la recherche de taux des fines sèches permettant d'obtenir une qualité non déminons pas son appréciation.

Selon Les résultats obtenus. En vue de déterminer l'évolution de la qualité de couscous selon les paramètres utilisés : taux de cendre, l'humidité, gluten, la teneur en protéine, la granulation, test de cuisson, le gonflement et l'indice de couleur.

D'après les résultats on permet de confirmé: une granulométrie homogène est plus importante entre les tamis de 1400 μ m à 1000 μ m (plus de 80%), un taux de cendre (0.95%/MS) et de protéine (13.8%/MS) ne réduisant pas la qualité recherchée.

L'absorption d'eau pour l'indice de gonflement on a obtiens une valeur de (2.71 %MS) pour le 22%.

Pour la cuisson le poids final après la deuxième évaporation et de 296 g pour 22%, caractérisé par des particules uniforme non collantes présentant un bon gonflement.

L'indice de couleur déterminé sur le plan commercial, indique que le meilleur taux d'incorporation des fines sèches est de 22% avec une valeur de 73.45 pour la clarté ; 47,02 pour indice de jaune et de 26,55 pour l'indice de brun.

Les mots clés : semoule, fines sèches, couscous, cuisson, qualité commerciale.

Introduction :

Les blés sont les céréales les plus cultivées à l'échelle mondiale. Ils contribuent pour plus de 20 % de calories et de protéine dans l'alimentation humaine et sont utilisés par plus de 35% de la population du monde répartie dans plus de 40 pays (**Curtis et al., 2002**).

La plus grande consommation de blé dur en Afrique du Nord est sous forme de couscous.

Cependant, il paraît que l'évaluation de la qualité du blé dur destiné à la fabrication de ce type de produit est très faible. Le message habituellement donné aux producteurs c'est que la qualité de blé dur est la même aussi bien pour la fabrication des pâtes alimentaires que pour le couscous (**Abecassis et al., 2001**).

Le couscous n'est pas seulement le "plat national" mais il fait partie de la vie quotidienne de la famille algérienne; la semaine ne saurait se terminer sans le bol du couscous du vendredi.

Au cours du mois de ramadan le couscous est préparé sous forme de mesfouf est, chez beaucoup de familles algériennes, servi pour le "shour". Il accompagne tous les grands événements de la vie (**Boucheham, 2009**).

Le couscous est un aliment constitué exclusivement de semoule de blé dur et présente les caractéristiques spécifiques du blé dur *Triticum durum*. La fabrication du couscous est passée de l'échelle artisanale à l'échelle semi-industrielle ou industrielle dans de nombreux pays de l'Afrique du Nord (Tunisie, Algérie et Maroc) (**Kaup et Walker, 1986**).

Les processus de fabrication du couscous Algérien, Tunisien et Marocain se ressemblent beaucoup.

Les principales étapes de fabrication dans ces pays se résument en un mélange de grosse et de fine semoules avec une solution d'eau salée. Les agglomérats formés sont roulés puis mis en forme par des tamis, cuits à la vapeur et séchés à température ambiante. Le produit final est séparé en couscous gros, moyen et fin (**Kaup and Walker, 1986; Galiba et al., 1987; Yousfi, 2002; Bahchachi, 2002; Derouiche, 2003**)

Les fines sèches qui représentent un co-produit non valorisé récupèrent au niveau de la chaîne de production du couscous industriel dont une partie de l'amidon a subi une gélatinisation.

INTRODUCTION

Quelle sera l'impact de l'incorporation de ce co-produit à différents taux avec la semoule comme une matière première sur la qualité physico-chimique, technologique et microbiologique de couscous ?

L'objectif principal de cette étude serait ainsi de déterminer l'influence de l'incorporation des fines sèches sur la qualité du couscous obtenue industriellement. Pour cela, nous proposons :

- ❖ D'évaluer les caractéristiques physico-chimiques, technologiques des semoules et du couscous ainsi que leur qualité culinaire.
- ❖ De rechercher le taux idéal de l'incorporation des fines Sèches permettant d'améliorer et de maintenir une bonne qualité de produit fini (couscous).

1 ère Partie :

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 1 :

Le blé dur et le procédé de transformation

Chapitre I : Le blé dur et le procédé de transformation :

1. Généralités sur le grain de blé dur :

1.1. Classification botanique de blé dur :

Le blé dur <<*Triticum durum*>> est une monocotylédone qui appartient à la famille des Gramineae. C'est une céréale annuelle dont le fruit sec indéhiscant, appelé caryopse ou akène, est constitué d'une graine unique, intimement soudée à son péricarpe (**Bouillard, 1997**).

Le grain de blé est une monocotylédone qui appartient au genre tritium de la famille des graminées «c'est une céréale dont le grain est un fruit sec indéhiscant appelé caryopse. Les deux espèces cultivées sont le blé tendre (*Triticum aestivum*) et le blé dur (*Triticum durum*) ce dernier se distingue du blé tendre par son aspect vitreux, sa forme plus ou moins allongée, sa dureté qui lui confère son aptitude à être transformé en semoule (**Feillet,2000**).

1.2. Utilisations du blé dur :

Dans le monde, le blé dur sert surtout à produire des semoules dont on fait toutes sortes de pâtes et des pains traditionnels (peu levés). En Afrique tropicale, les usages du blé dur ont été adaptés aux usages culinaires locaux. En Ethiopie, il sert principalement à confectionner la « Kita » (pain non levé), « l'injera » (grande crêpe utilisée comme du pain) ainsi que des boissons alcoolisées ou non faites à la maison. Le blé dur est aussi le blé favori pour la fabrication du « Kinchie » (une préparation à base de grains de blé écrasés, cuits au lait ou à l'eau et mélangés à du beurre épicié), que l'on sert souvent au petit déjeuner. Les grains sont mangés comme amuse-gueule, et lors des fêtes, ils peuvent prendre plusieurs formes : le « nifro » (grains entiers cuits à l'eau et souvent mélangés à des légumes secs), le « kollo » (grains grillés) et le « dabo-kollo » (une pâte de grains broyés assaisonnée, façonnée et frite). La paille du blé dur sert aussi bien à l'alimentation du bétail qu'à sa litière ; on l'emploie aussi pour couvrir les toits (**Brink et Belay, 2006**).

Les produits dérivés du blé dur jouent un rôle important dans l'alimentation de peuple Algérien.

Les plus importants produits à base du blé dur fabriqués en Algérie sont : le pain (Kesra et Khobz eddar), les pâtes alimentaires, le couscous et le frik. Il est également utilisé pour la production de plusieurs types de gâteaux traditionnels (**Kezih ,2014**).

1.3. Structure du grain de blé dur :

Le blé dur (*triticum durum*) se présente généralement sous la forme d'un gros grain, avec une forme plus étirée que le blé tendre (*triticum aestivum*) dont le grain est plus petit et de forme ovale (Ron, 2001). Le grain de blé est enveloppé dans une enveloppe dure, le péricarpe, qui le protège, il est dépourvu de poils et est parcouru en surface par un sillon longitudinal dont le repli atteint parfois le quartier médian du grain (**Boudreau, 1992**). La composition histologique d'un grain de blé est représentée dans la figure 01.

Ce caryopse comprend trois parties :

1.3.1. L'albumen ou endosperme :

Il représente 80% du poids du grain et sa partie inférieure est délimitée par le germe.

Il possède une texture dure et rigide, constituée par un ensemble de granules d'amidon (70% de l'amidon total) entouré par un réseau de gluten (nature protéique) mais il est pauvre en minéraux (**Mallet, 2004**).

1.3.2. Les enveloppes :

De la graine formée de six tissus différents ; épiderme de nucelle, tégument séminal ou testa (enveloppe de la graine), cellules tubulaires, cellules croisées, mésocarpe et épicarpe (16– 17 %) (**Feillet, 2000**)

1.3.3. Le germe :

Il constitue 2,5 à 3 % du poids du grain selon la taille du grain de blé entier. Les deux parties majeures constituant le germe de blé sont l'embryon qui est facilement séparable du germe lors de la transformation et le scutellum avec une teneur élevée en lipides et protéines ce qui rend la séparation de l'endosperme et du son difficile (**Karel, 2000**).

L'embryon est composé de la coléoptile, de la gemmule, de la radicule, du coléorhize et de la coiffe (**Feillet, 2000**).

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.

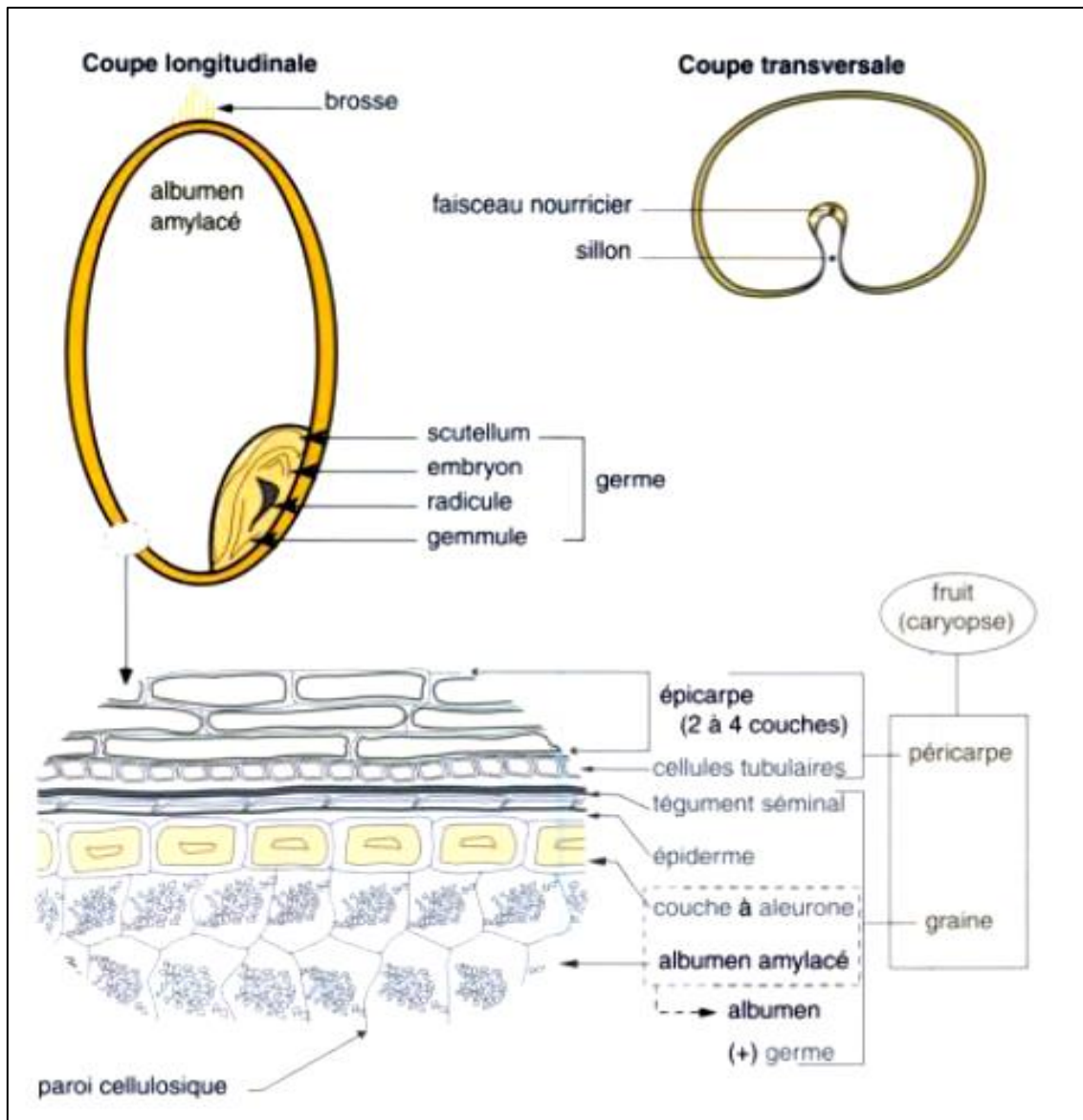


Figure 01 : Coupe illustrant la composition histologique d'un grain de blé (Feillet,2000)

1.4. Composition biochimique du grain de blé dur :

La composition biochimique du grain de blé (tableau 1) joue un rôle déterminant dans la qualité des produits qui en dérivent. Cette composition est sous la dépendance d'un certain nombre de facteurs tels que la variété, le climat, la nature du sol et les techniques culturales (Boudreau et Menard, 1992).

Selon Bonjean , (1990), le grain de blé est principalement constitué d'amidon, de protéines et de pentosanes ; les lipides, la cellulose, les sucres libres, les minéraux et les vitamines sont en faible proportion.

1.4.1. L'eau :

Le grain de blé est un caryopse c'est-à-dire un fruit sec indéhiscant. Il est constitué en moyenne de 13,5% d'eau. Cette faible teneur lui permet d'être stocké pendant une longue période sans développement de microorganismes, en particulier des moisissures (**Feillet, 2000**).

1.4.2. Les glucides :

L'amidon représente la principale substance glucidique de réserve des végétaux supérieurs qui le stockent pour croître et se reproduire. Le grain de blé contient environ 70% d'amidon alors que l'albumen en contient 78 à 82 %, à l'opposé des enveloppes et du germe qui en sont peu riches. L'amidon est un polymère dont les deux principaux composés constitutifs sont l'amylose et l'amylopectine (**Sindic, 2009**).

Le grain de blé contient également mais en faible proportion (1 - 2 %) du glucose, du fructose, du saccharose et du raffinose qui sont localisés dans le germe et l'assise protéique du grain (**Fredot, 2005**).

1.4.3 Les protéines :

Ce sont des enchainements d'acides aminés dont les principales fonctions alimentaires sont :

- Des fonctions nutritionnelles : par l'apport d'acides aminés essentiels et de peptides à activité biologique.
- Des fonctions organoleptiques : par leur contribution à la couleur des aliments, la texture (capacité de rétention d'eau) et à la saveur (**Jeantet, 2006**).

Dans le grain de blé, il existe deux types de protéines : les protéines solubles (albumines et globulines) et les protéines insolubles (prolamines ou gliadines et gluténines).

Les gluténines et les gliadines constituent 80 à 90% des protéines totales de blé et forment le gluten qui est responsable de l'élasticité de la pâte.

1.4.4. Les lipides :

Les lipides jouent un rôle important dans l'alimentation et dans l'agroalimentaire, ils ont :

- Un rôle organoleptique par la contribution à la texture des aliments en tant que précurseurs de molécules aromatiques (**Jeantet, 2006**).

Ils sont présents dans le grain de blé en faible quantité, essentiellement localisés dans le germe et l'assise protéique. Lors du pétrissage de la pâte, ces lipides vont se lier aux protéines et glucides et permettent la rétention d'eau, l'extensibilité et l'élasticité de la pâte (**Fredot, 2005**).

1.4.5. Les matières minérales:

Les matières minérales présentes dans le grain de blé, n'ont pas une influence sur le rendement semoulier. Par contre, elles ont un rôle important en nutrition.

Selon **Fredot (2005)**, les éléments minéraux présents dans le grain de blé sont les suivants

:

¾ Le calcium et le phosphore : le grain de blé contient 35 mg / 100 g de calcium et 400 mg / 100 g de phosphore.

En effet, dans le blé et les céréales en général, une grande partie du phosphore (75%) se trouve sous forme d'acide phytique.

¾ Le magnésium : 140 mg / 100 g

Il est sous forme de Mg^{2+} et donc interagit avec l'acide phytique entraînant sa mauvaise absorption. ¾ Autres minéraux Le sodium, le fer, le zinc et le cuivre.

1.4.6. Les vitamines :

Les vitamines sont de petites molécules indispensables à l'homme pour de nombreuses activités métaboliques fondamentales et dont la carence conduit à des syndromes spécifiques (Jeantet et al., 2006).

- Vitamines hydrosolubles : diverses vitamines surtout du groupe B (B1, B2, B6) sont présentes dans le grain de blé mais à des concentrations faibles (Godon et Willm, 1998).

1.4.7. Les fibres Alimentaires Végétales (FAV) :

Ce sont des cellules végétales, encore appelés « indigestible glucidique », résistant à l'hydrolyse par les enzymes alimentaires de l'homme (Moll et Moll, 2008).

Les enveloppes sont riches en fibres insolubles : lignine, cellulose et hémicellulose d'où l'intérêt diététique des pains complets, du son et des pains au son dans la régulation du transit intestinal (Fredot, 2005)

1.4.8. Les enzymes :

Les enzymes localisés dans le grain de blé sont la carboxylase, la lipase, la lipoxygénase, l'alpha-amylase, la bêta-amylase et les protéases. L'activité la plus importante sur le plan technologique est celle qui affecte l'amidon, les lipides et les protéines (Moll et Moll, 2008).

1.4.9. Les pigments :

Présents dans le grain de blé, ce sont principalement des caroténoïdes. Ce sont des pigments liposolubles qui se répartissent entre le son, l'albumen et le germe. Ils sont responsables de la couleur jaune recherchée dans les semoules et les pâtes alimentaires (Franconie, 2010).

Tableau 1 : Teneur pour 100g de partie comestible du grain de blé dur (**Brink et BELAY**)

Composants	Teneur par 100 g de partie comestible
Eau	10.9 g
Energie	1418 kj (339kcal)
Protéine	13.7 g
Lipides	2.5 g
Glucides	71.1g
Calcium	34 g
Magnesium	144g
Phosphor	508mg
Fer	3.5mg
Zn	4.2mg

1.5. Situation économique du blé dur :

1.5.1. Production de blé dur :

La production mondiale de blé dur a atteint 40 millions de tonnes en 2009, en 2010 elle a connu une baisse avec une production de 34,4 Mt. L'Europe hors communautés des états indépendants (CEI), a produit en moyenne au cours des 10 dernières années 26% de la production mondiale. Viennent ensuite l'Amérique du Nord et centrale (24%), le Moyen-Orient (avec en particulier la Turquie et la Syrie) (18%), puis la CEI (12%) et l'Afrique du Nord (11%).

En 2010, la consommation mondiale a atteint 36 millions de tonnes (Mt) selon international des céréales (CIC). La zone méditerranéenne dans son ensemble consomme 62% du blé dur mondial c'est la principale zone importatrice de la planète.

1.5.2. Importance du blé dur en Algérie :

Le blé dur, très riche en gluten : dans le monde entier il sert à produire de la semoule dont on fait toutes sortes de pâtes (macaronis, spaghettis), des pains et des plats traditionnels. Il est considéré comme une principale source en protéines. Dans les pays du Maghreb, c'est le blé dur qui a la préférence pour la fabrication du couscous. En Algérie, il joue un rôle très important dans le régime alimentaire de la population. La galette et le couscous sont les principaux plats quotidiens confectionnés à partir de sa semoule. D'autres plats sont préparés à partir du grain de blé dur : frik , pâtes , certains produits de pâtisserie traditionnelle comme Rfis , zlabia , tamina , braje et makroud (**Kezih et al, 2014**).

Le blé dur et tendre fournissent, selon **Dever et Hales (2013)**, approximativement 75 % des calories consommées par jour en Algérie. L'Algérie est l'un des plus grands consommateurs du blé dans le monde avec 220Kg / habitant / an (**Benbelkacem et Zaghouane , 2012**) .

2. Technologie de transformation du blé dur en semoule :

2.1. Définition de semoule :

La semoule est définie par le **Codex Alimentaires (2007)** comme étant : « le produit obtenu à partir des grains de blé dur (*Triticum durum*) par un procédé de mouture au cours duquel le son et le germe sont essentiellement éliminés et le reste est broyé à un degré de finesse adéquat.

Elle est reconnue comme substrat principal pour la fabrication des pâtes alimentaires en raison de sa teneur en gluten qui confère aux pâtes (couscous, pâtes alimentaires, ...) des propriétés technologiques et rhéologiques spécifiques, de sa dureté, sa couleur unique, sa saveur et sa qualité de cuisson (**Petitot, 2009**).

2.2. Composition chimique de la semoule :

2.2.1. Glucides :

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

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

- Elle constitue la source d'aliments hydrocarbonés nécessaires à la levure, au cours de la fermentation.
- Elle intervient, par sa réaction avec les protides, dans la formation de la couleur, de l'odeur, de la saveur des produits cuits ; c'est l'un des éléments de la réaction de Maillard
- .- Elle joue un rôle non négligeable dans les caractéristiques mécaniques et la texture des produits cuits.

2.2.2. Protéines :

Du point de vue quantitatif, les protéines sont le deuxième élément en importance dans la semoule de blé. Leur teneur varie de 8% à 16% selon l'espèce et le degré de maturité du grain. On peut classer les protéines de blé selon leurs caractères de solubilité. D'une part, les albumines et les globulines (15 à 20% des protéines totales) solubles dans les solutions salines diluées et d'autre part, les protéines du gluten (gliadines et gluténines) 80 à 85% restent insolubles (**Boudreau , 1992**)

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

D'après (**Jeantet , 2007**) et (**Wrigley, 2006**) ce sont les protéines unilatérales associées à chacune des liaisons hydrogène qui permettent l'apport de la propriété gluten viscosité qui donne la propriété d'étirement de la pâte.

2.2.3. Les lipides :

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

Les lipides jouent un rôle important dans la technologie des produits céréaliers, que se sont lors de leur fabrication en intervenant sur les caractéristiques rhéologiques, emulsification et production de composés volatiles des pâtes, et par conséquent sur la qualité du produit fini, ou au cours du stockage, en raison des altérations consécutive de leurs acides gras libres (polyinsaturés) facilement oxydables et l'hydrolyse les lipides liés aux protéines du gluten rend. Celui-ci plus cassant, plus élastique et conduit à une perte des propriétés de rétention gazeuse au cours de la fermentation des pâtes (**Jeantet ,2007**).

2.2.4. Les pentosane :

Les pentosanes représentent Beaucoup moins abondants que l'amidon (**Boudreau ,1992**), Les pentosanes sont présents avec un pourcentage de 1.5 à 3% : ce sont des arabinoxylanes (polymères de xylose) possédant une propriété de gélification exceptionnelle et des oxydases jouant un rôle important dans la couleur jaune des pâtes alimentaires. (**Barkoutla, 2012**).

2.2.5. Les enzymes :

Les enzymes sont présentes en petite quantité dans la farine et la semoule. Les plus courantes sont les protéases, les lipases, les lipoxygénases et les amylases quoique la documentation rapporte aussi la présence de phytases (une phosphatase), de peroxydases et de catalases (**Boudreau,1992**).

2.2.6. Les vitamines :

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

Tableau2 : Composition de la semoule en vitamines. (**Virling,2003**)

vitamines	E	B1	B2	B3	B6	B9	C
Quantité mg/100g	14	0.48	0.20	5.1	0.5	50	/

2.2.7. Minéraux :

La semoule contient 20% de matière minérale total du blé à savoir : potassium, le phosphore, le calcium, le magnésium et le soufre ; ce dernier est d'une certaine importance parce qu'il entre dans la composition de certains acides aminés comme la méthionine et la cystéine (Doumandji,2003).

Tableau 3 : Composition moyenne en minéraux de la semoule (en mg /matières sèche) (**Massaadi et Samai ,2016**)

	Potassium	Phosphore	Fer	Calcium	Magnésium

Semoule	193	143	01	20	40
---------	-----	-----	----	----	----

2.3. Procédé de transformation du blé dur en semoules :

L'art de la mouture est d'isoler l'albumen amylicé du grain exempt des parties périphériques (enveloppes et couche à aleurone) et du germe avec le meilleur rendement possible et à moindre coût, tout en maîtrisant les propriétés des produits obtenus.

Selon (**Feillet,2000**), la transformation du blé dur en semoule il passé par 3 étapes principal :

1/- Nettoyage

2/- Conditionnement.

3/-Mouture proprement dite.

2.3.1. Nettoyage :

C'est une étape très importante en semoulerie qui doit être réalisée avec efficacité (**Abecassis, 1987**). Les grains de blé doivent être débarrassés de toutes leurs impuretés avant d'être envoyés sur le premier broyeur (B1) (**Feillet, 2000**).

Selon **Godon, (1998)** et (**Feillet ,2000**) le principaux de nettoyage c'est :

- Enlever les corps étrangers (pierres, paille...).
- Enlever les autres céréales (avoine, maïs...)
- Elimination des graines toxiques, les insectes et leurs fragments.
- La décontamination microbiologique est un autre objectif parfois recherché.

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

Type de machine	Principe physique	Impuretés éliminées
Aimant	Champs magnétique	Métaux
Aspirateur	Densité et résistance à l'aire	Paille, glume...etc.
Nettoyeur aspirateur	Forme et dimension	Grosses et petite impuretés
Epierreur	densité	pierre
Brosse-épointeuses lavage	Nettoyage en surface	Poussières adhérente
Table densimétrique	densité	Pierre, ergots ...etc.
Toboggan	Force centrifuge	Petite graines
Trieur de couleur	Couler	Graines avaries

Tableau4 : les différentes machines de nettoyage (Feillet,2000).

2.3.2. Préparation des blés à la mouture et conditionnement :

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

La fabrication de semoules à partir de blé dur nécessite de conserver une certaine dureté à l'amande. Les temps de repos ne doivent pas dépasser 48 heures. Les meuniers utilisent quelques règles simples pour optimiser ce traitement : éliminer les grains cassés avant mouillage, ne pas ajouter plus de 4 à 5 % d'eau en une seule fois (Feillet 2000).

2.3.3. Mouture de blé :

Les principales opérations effectuées dans un moulin énumérées dans le tableau suivant :

Tableau 5 : Principales opérations effectuées dans un moulin (Feillet,2000)

Blutage	Séparation des produits de mouture , semoule , farine, sons sur la base de leurs dimension (granulométrie)
Broyage	Dissociation progressive de l'albumen et des parties périphériques (enveloppe et couche a aleurone) des grains par écrasement et cisaillement des produits entre des cylindres cannelés
Sassage	Séparation des produits de mouture sur la base de leur forme , de leur forme ,de leur taille et de leur densité
Désagrégage	Re-broyer les semoules vêtues , et éliminer les fragments de son qui adhèrent à l' amande .

Selon (Feillet,2000) La mouture, opération centrale de la transformation des blés en farines et en semoules, repose sur la mise en œuvre de deux opérations unitaires :

- Une opération de fragmentation – dissociation des grains
- Une opération de séparation des constituants.

2.3.3.1. Le broyage :

C'est la première étape de mouture, au cours de laquelle l'enveloppe est séparée du l'amande, réduire le dimension grâce des cylindres cannelés. (Feillet,2000)

2.3.3.2 Le blutage :

C'est une opération basée sur la séparation des produits selon leurs dimensions. Elle s'effectue après chaque passage dans un appareil à cylindre. Ce processus permet de classer le produit en différentes tailles en utilisant de plansichter (machine constituée de tamis

superposés. Le passage des éléments à travers le tamis constitue l'extraction, par contre ce qui reste sur le tamis c'est le refus (**Doumandji ,2003**), (**Feillet, 2000**).

2.3.3.3. Le sassage :

C'est une opération intermédiaire entre les broyages (**Doumandji ,2003**), séparation des produits de mouture sur la base de leur forme, de leur taille et de leur densité(**Feillet,2000**).

2.3.3.4. Désagrégage :

C'est une opération qui consiste à fractionner les semoules vêtues (**Feillet, 2000**)

En éliminant les fragments de son qui adhèrent à l'amande (les semoules refusées au niveau du sasseur sont appelées semoules Vêtues) (**Doumandji,2003**)

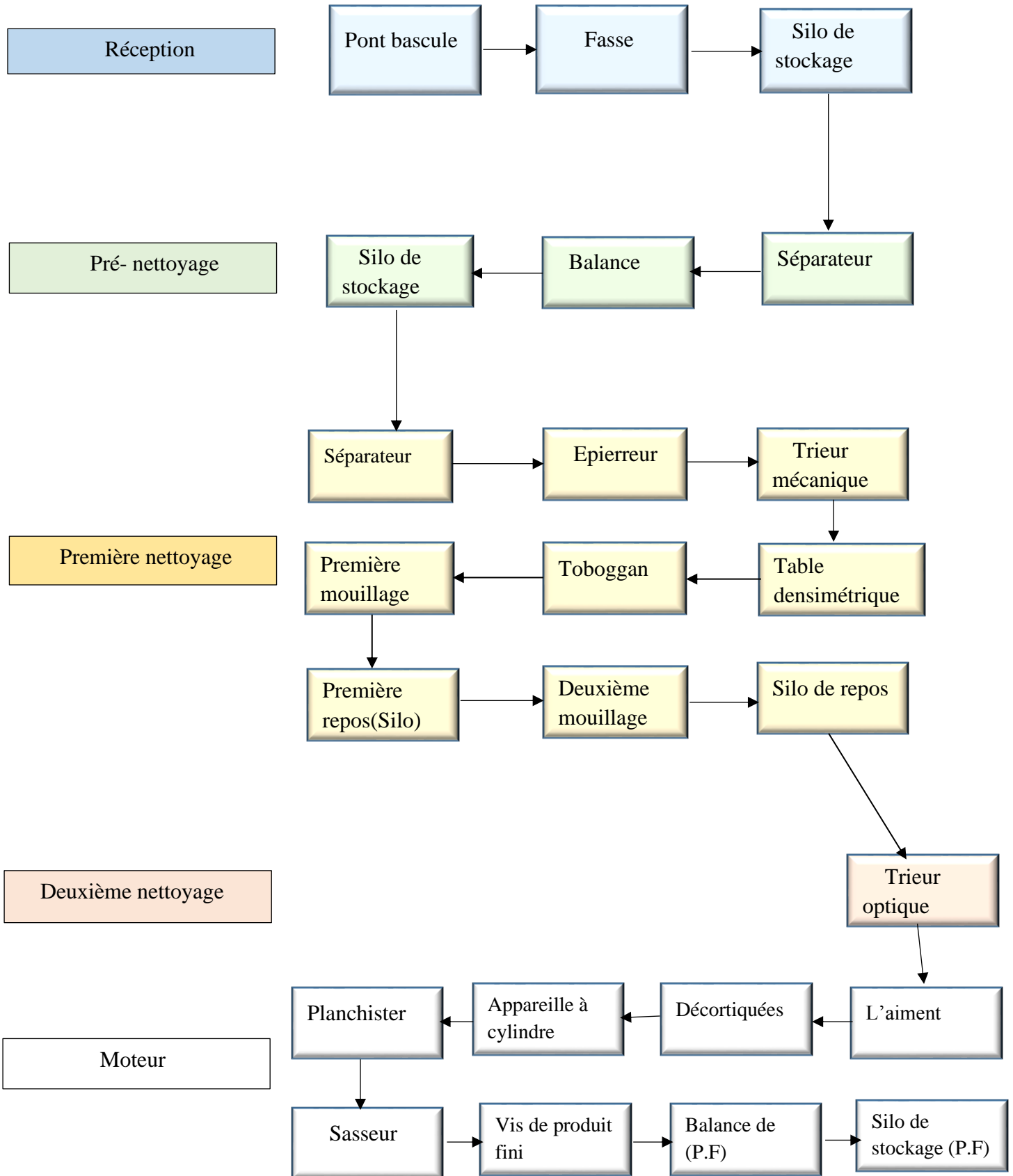


Figure 2 : Diagramme du procédé de la transformation de blé dur en semoule (à l'unité SOPI).

2.4. Classification de la semoule :

2.4.1. Pureté :

Selon APFELBAUM et al (1981), on distingue deux types de semoules :

- ❖ Semoule supérieure : Elle provient de la partie centrale de l'amande du grain de blé dur et contient un faible taux de matières minérales. Elle sert à fabriquer les pâtes alimentaires dites supérieures.
- ❖ Semoule courante : Elle contient plus de parties périphériques et ayant un plus fort taux de matières minérales, sert à faire les pâtes dites courantes.

2.4.2. Granulation :

On distingue, selon la granulométrie, différentes catégories de semoule dont chacune est obtenue par une succession de plusieurs broyages (**Feillet, 2000**)

- ❖ **Semoules grosses (SG)** : la dimension des particules de cette catégorie est comprise entre 900 à 1100 μm , destinées aux usages domestiques (**Madani, 2009**) Cette semoule est destinée essentiellement à la fabrication du couscous de type gros (**Feillet, 2000**).
- ❖ **Semoules grosses moyennes (SGM)** : la dimension des particules de cette catégorie est comprise entre 550 à 900 μm , elles sont vendues en l'état. (**Feillet, 2000**). Elles sont destinées à la fabrication de la galette, le couscous (**Madani, 2009**).
- ❖ **Semoule sassées super extra (SSSE)** : elles proviennent de la partie centrale de l'amande de grain de blé dur et elles ont un faible taux de matières minérales. La dimension des particules de cette catégorie est comprise entre 180 à 500 μm , elles sont destinées à la fabrication des pâtes alimentaires de qualité supérieure (**Feillet, 2000**).
- ❖ **Semoules sassées super fines (SSSF)** : la dimension des particules de cette catégorie est comprise entre 140 à 250 μm , elles servent à la fabrication des pâtes dites courantes (**Feillet, 2000**). Elles proviennent des couches périphériques du grain, comparée à la semoule 3SE, la semoule 3SF contient plus de parties périphériques et elle à un taux de cendres plus élevé (**Madani, 2009**).

2.5. Critères de qualité de la semoule :

Les qualités de la semoule peuvent être divisées en deux catégories : celles qui se révèlent sur la semoule même, comme, surtout, sa coloration et celles qui nécessitent sa transformation en pâte compacte, crue ou cuite, pour pouvoir être appréciées (**Ait Slimane, 2008**).

Selon **Kellou (2008)** toutes les entreprises transformatrices du blé en Algérie déclarent que :

2.5.1. L'indice de coloration jaune :

Est le premier critère de choix et a une grande importance pour les utilisateurs (consommateurs) ; ils ont justifié ça par l'expérience et le savoir-faire des consommateurs ; plus la semoule est jaune et dorée plus sa qualité gustative et la couleur des produits finaux seront meilleures (**Benbelkacem , 1995**).

2.5.2. Le taux de gluten :

Est le 2ème critère en termes d'importance lors de l'achat des semoules. En effet, plus la semoule a une forte teneur en gluten plus la qualité des produits finaux sera meilleur notamment dans la fabrication des pains traditionnels algériens (**Kellou, 2008**).

La teneur en protéines s'est donc révélée un facteur déterminant des propriétés rhéologique et culinaires des semoule (**paul.c, 2007**).

2.5.3 La teneur en cendre :

C'est le 3^{ème} critère (**Kellou, 2008**). Qui est un indicateur de la qualité semoulière, c'est-à-dire le poids de semoule rapportés au poids du blé mis en œuvre (**MADANI.M 2009**).

La teneur en matières minérales varie dans le même sens que le taux d'extraction des semoules. La teneur en cendres de l'amande est d'environ 10 fois plus faible que celle des enveloppes, donc la teneur en cendres d'une semoule ne peut réellement servir de critère de sa pureté que dans la mesure où elle peut être ramenée à celle du grain entier par la détermination du rapport R (teneur en cendres des semoules / teneur en cendres des blés) et qui doit être inférieur à 0,5 (**Ait Slimane, 2008**).

2.6. La valeur semoulière du blé dur :

D'après ABECASSIS (1991), la valeur semoulière peut être définie comme étant l'aptitude d'un blé dur à donner un rendement élevé en semoule d'une pureté déterminée, c'est-à-dire le poids de semoule fabriquées rapportée au poids de blés mis en œuvre. Celle-ci dépend de trois groupes de facteurs :

2.6.1 Facteurs extrinsèques :

Indépendant de la variété, ils sont très liés aux conditions de culture et de récolte. Leur influence sur la valeur semoulière est évidente et il en est d'ailleurs régulièrement tenu compte dans les transactions commerciales. On trouve dans cette catégorie : La teneur en eau de grain (que l'on souhaite la plus faible possible), Le taux d'impureté qui représente la somme des produits étrangers inutilisables, nuisibles ou inertes, Le taux et la grosseur des grains cassés, qu'il est parfois difficile de séparer les autres impuretés au cours de nettoyage.

2.6.2 Facteurs intrinsèques :

Ils englobent plusieurs caractéristiques qui dépendent exclusivement de la nature des variétés de blé mis en œuvre. Dans cette optique, la valeur semoulière dépend : du rapport albumen/enveloppes, que l'on souhaite aussi élevé que possible, il est fonction de l'épaisseur des enveloppes, de la forme de grain et de son degré d'échaudage ; de la friabilité ou la dureté de l'albumen qui détermine le rendement relatif en semoule et farine ; de la facilité de séparer l'albumen et les enveloppes qui traduit la difficulté rencontrée par le semoulier pour épuiser convenablement les sons. Une liaison très intime entre l'albumen et les couches périphériques du grain aura pour effet de diminuer le rendement semoulier ou d'augmenter la présence de piqûres dans les semoules.

2.6.3. Facteurs réglementaires :

Ce dernier concerne la richesse en matières minérales. Compte tenu du fait que l'albumen amylicé soit beaucoup moins minéralisé que les enveloppes et la couche à aleurone, il est admis que plus l'extraction sera poussée, plus le taux de cendre sera élevé et moins la semoule sera considérée comme pure de point de vue réglementaire.

Chapitre 2 :
Le Couscous

Chapitre II : Généralités sur le couscous

1-L'historique de couscous :

Les traces de couscoussiers en terre datant du IX^e et Xe siècle, indispensable pour la préparation du couscous, nous autorise à penser qu'il existait bien avant l'arrivée des arabes, puisqu'il est directement lié à la civilisation berbère.

L'on sait qu'au VIII siècle, le repas d'un Imam Rustumide de Tahert se composait de galettes réchauffées mises miettes et arrosées de miel fondu « fatit ou fêtât », qu'il soit dit en passant, le fêtât se prépare et se mange encore de nos jours, lors des naissances ou des décès de cette délicieuse manière.

De plus, le traitement de la semoule par dessiccation, sans exclure les autres procédés de conservation, est un procédé qui caractérise l'Afrique et plus particulièrement l'Afrique du nord, mais qui ne dépasse pas la Tripolitaine à l'est.

Cette préparation permettait aux nomades d'emporter des sacs de grains de blé dur précuits. Le principe de cette cuisson à la vapeur, fondamental, semble bien remonter à l'antiquité puisque, des couscoussiers ont été trouvés dans des sépultures de l'époque de Massinissa.

En Espagne, selon Lucie Bolens dans son livre la cuisine andalouse, un art de vivre, la plus ancienne actuellement connue sur le couscous a été écrite par Ibn Razin al Tudjibi al-Andalousie dans son livre les Reliefs de la table (fadâlat Al - Khiwân) « On prend un agneau gras dont on enlève la peau. On lui ouvre le ventre pour en retire les entrailles. On nettoie à l'intérieur et on l'induit de graisse mélangée avec les mêmes épices que pour faire des boulettes.

Quand le couscous est prêt, on le travaille avec du beurre, du nard, de la cannelle et un peu de macis ; on farcit l'agneau que l'on recoud ensuite, y compris le cou. On saupoudre le tous avec de la cannelle et du nard et on mange ». Ainsi, la tradition du couscous va s'ajouter à celle de la panade dont il semble avoir été une variante pour les andalous.

L'expansion du couscous s'effectua grâce aux conquêtes arabo-musulmanes à partir du XI^{ème}, au développement commercial que connut cette région, cette expansion fut accélérée par le développement des cultures de blé dans cette région. C'est ainsi que le couscous fut amené et répandu en Afrique sub-saharienne, en Andalousie et dans le pourtour méditerranéen en général, François Rabelais, écrivain français du XVI^{ème} siècle déclara avoir goûté en Provence un « Coscoton à la Moresque ». L'Amérique du Sud fit

connaissance avec le couscous par l'intermédiaire d'une colonie portugaise venant du Maroc.

L'expansion du couscous s'est poursuivie et a connu une importante poussée durant le XX^{ème} siècle grâce aux vagues successives d'immigration depuis l'Afrique du Nord vers de nombreux pays européens et en particulier en France où ce plat est devenu au fil des années très populaire à tel point que différents sondages ont révélé que le couscous occupe la seconde place parmi les plats préférés des français !. (BOUKLI ,2002).

2-Définition de Couscous :

C'est le produit composé de semoule de blé dur (*Triticum durum*) dont les éléments sont agglomérés en ajoutant de l'eau potable et qui a été soumis à des traitements physiques tels que la cuisson et le séchage (**Codex Alimentarius 202-1995**)

Le couscous, originaire d'Afrique du Nord, est un aliment dont la consommation a largement franchi le continent africain. C'est une semoule étuvée et agglomérée en granules de 1 à 2 millimètres de diamètre. Il est fabriqué à base de semoule de blé dur par un procédé industriel ou artisanal (**Boudreau et Ménard, 1992**)

Aucun additif alimentaire ou aucun autre ingrédient n'entre dans la composition de ce produit sauf le sel éventuellement présent dans l'eau d'hydratation utilisée pour l'agglomération de la semoule (**AFNOR ,1991**).

3-Etymologie de mot couscous :

L'origine du mot couscous est moins sûre. Il vient de l'arabe kouskous et du berbère k'seksu, il pourrait aussi être issu également d'un terme arabe kaskasa, qui signifie piler ou d'un autre qui désigne la béquie de l'oiseau à ses petits (Anonyme, 2001). Également, l'appellation de ce produit diffère selon les régions et la matière première utilisée, il est appelé maftoul moghrabiyyeh dans les pays de l'Est de la méditerranée et suksukaniyyah au Soudan

(**Dagher, 1991**).

4-Composition de couscous :

Le Codex Alimentarius (**norme de Codex 202-1995**) indique que la teneur en humidité du couscous ne doit pas dépasser 13,5 %, avec une teneur en cendres au maximum de 1,1 %. La

composition biochimique du couscous industriel est semblable à celle de la semoule de blé dur qui est utilisée comme matière première.

Le tableau 6 rapporte quelques valeurs de la composition biochimique de couscous :

Composant	Composition moyenne
Glucides	65-70 %
Protéines	8-12 %
Lipides	0.6-2 %
Eau	12-13 %
Calories	1400 kJ
Vitamines (mg/100g)	1.04
Minéraux (mg/100g ms)	87.20

Tableau 6 : Composition biochimique de couscous (Djender et al.,2004)

5.Procédé de fabrication de couscous industrielle :

La fabrication industrielle du couscous, presque exclusive dans les pays occidentaux et dont la généralisation en Afrique du nord a permis d'assurer l'approvisionnement des milieux urbains. Le couscous industriel est préparé à partir d'un mélange d'un tiers de grosses semoules (630 à 800 micromètres) et deux tiers de fines semoules (250 à 630 micromètres).

5.1 Hydratation et malaxage : L'étape d'hydratation correspond au mouillage et l'étape de malaxage a pour fonction d'uniformiser la répartition de l'eau entre les particules et au sein de chaque particule par un mouvement d'agitation (brassage des particules). Les particules commencent à s'agglomérer dès le début du malaxage (Franconie et al, 2010).

5.2. Roulage des particules de semoules : Pour les agglomérer en grains de dimension variable, habituellement comprise entre 500 et 800 μm , parfois plus. Cette opération est réalisée dans des cylindres alvéolés rotatifs ou de simple planchisters. Les agglomérats les plus gros sont renvoyés sur la mélangeuse

5.3. Cuisson : A la vapeur pendant une dizaine de minutes

5.4. Le séchage : s'effectue en deux stades, le premier à 65°C pendant 120 minutes et le second à 55 °c pendant 270 minutes. Le séchage joue un rôle important sur les caractéristiques organoleptiques du produit fini, suivi d'un refroidissement

5.5. Calibrage : sur des tamis à l'aide d'un planchister.; Recyclage des grains trop fins ou trop gros

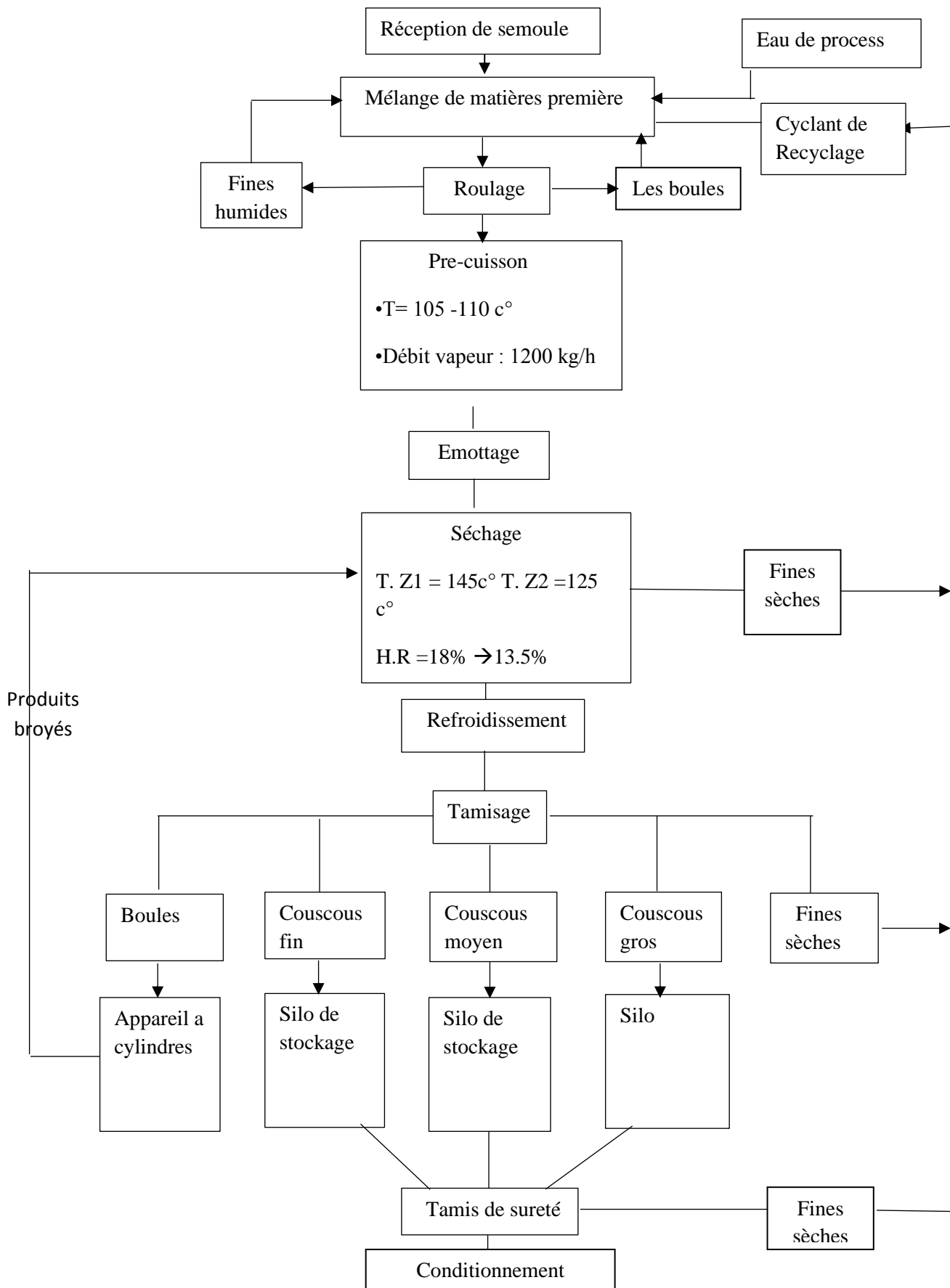


Figure 3 : Diagramme de la chaîne de fabrication du couscous industriel selon l'unité « SOPI »

6. Qualité de couscous :

6.1. Qualité nutritionnelle :

La qualité nutritionnelle d'un aliment dépend de ses caractéristiques propres, c'est-à-dire de sa composition mais également des conditions dans lesquelles il est préparé et consommé (**Derouiche, 2003**). Par ailleurs, le couscous fournit une part importante de l'apport énergétique de la ration (350 kcal / 100g de ms) vue sa richesse en glucides (75g/100g) (**Dagher, 1991**).

6.2. Qualité hygiénique :

Selon le codex alimentarius (norme de codex 202-1995), le couscous doit être exempt de microorganismes susceptibles de se développer dans le produit dans des conditions normales d'entreposage et ne doit contenir aucune substance provenant de micro-organismes en quantités pouvant présenter un risque pour la santé.

6.3. Qualité Organoleptique :

Selon (**Guezlane ,1993**), le couscous de "bonne qualité" est un produit jaune ambré, d'une capacité d'absorption d'eau élevée, ses grains restent individualisés et fermes une fois hydratés.

Qualité organoleptique du couscous regroupe la qualité commerciale qui concerne l'aspect du couscous (couleur, granulométrie, forme des particules, etc.) et la qualité culinaire qui représente le comportement des grains du couscous au cours de la cuisson (Gonflement, prise en masse, délitescence, fermeté, etc.).

6.3.1. La granulométrie de la semoule : mise en œuvre, ainsi que sa couleur

La Qualité de semoule requise pour le couscous : doit être d'une couleur jaune dorée vive avec le strict minimum de taches avec une absence des particules de son (**Sarkar A, 2008**).

6.3.2. La granulométrie du couscous :

Le codex alimentaires (**norme de codex 202-1995**) indique que la granulométrie de couscous doit être comprise entre 630 et 2000 μm .

6.3.3. La couleur du couscous :

Selon **Guezlane (1993)**, Le couscous de "bonne qualité" est un produit dont des grains de couleur jaune ambré, d'une capacité d'absorption d'eau élevée, ses grains restent individualisés et fermes une fois hydratés.

6.3.4. Les piqures :

On distingue différents types de piqures :

6.3.4.1. Piqures blanches : elles proviennent de mauvaises conditions de malaxage, hydratation.

6.3.4.2. Piqures brunes : ce sont les particules de son non éliminées au cours de la mouture, elles sont d'autant plus nombreuses et visibles que la mouture est mal.

6.3.4.3. Piqures noir : elles peuvent provenir des blés ergotés, non éliminés au cours du nettoyage, que l'on retrouve broyés dans les semoules ; ou encore des grains mouchetés qui présentent à d'autre endroit que sur le germe des colorations situées entre le brun et le noir. **(Godon et Loisel, 1997).**

7. Qualite Culinaire :

La qualité culinaire du couscous est appréciée par sa tenue à la cuisson telle que reflétée par l'état de surface qui doit être non collant **(Boudreau et Menard, 1992)** et le gonflement.

7.1. Temps de cuisson :

La cuisson des produits céréaliers a pour but de gélatiniser l'amidon pour le rendre hydrophile, de modifier l'aspect textural des produits de manière à leur conférer les caractéristiques souhaitées et d'élever la température des produits **(Mezroua, 2011).**

Les caractéristiques de couscous sont :

- ❖ Des grains qui conservent leur intégrité au cours de leur cuisson à la vapeur et au moment de leur mélange à la sauce
- ❖ Selon **(Guezlane, 1993)** des grains à taux d'absorption en sauce et d'eau élevée, ses grains restent individualisés et fermes une fois hydratés.

7.2. Gonflement du couscous :

La capacité du gonflement à l'eau est un test souvent pratique dans les usines pour contrôler la qualité des produits finis et dont il est parfois tenu compte dans les transactions commerciales **(Guezlane ,1993).**

2^{eme} Partie :

PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre 3 :
Matériel et Méthodes

Matériel et méthode :

1. Objectif de l'expérimentation :

L'objectif principal de la partie pratique est de déterminer l'influence de l'incorporation des fines sèches avec des différents taux (0%,5%,12%,17%,22%) sur la qualité du couscous industriel produit à SARL SOPI.

Les fines sèches sont des particules de semoule non agglomérées au cours de process de fabrication du couscous dont la couleur est identique au couscous avec une granulation hétérogène, Les fines sèches ont subi en partie une gélatinisation d'amidon, et ne généralement commercialisées.

Pour déterminer la qualité du couscous on a effectué les analyses suivantes :

- ❖ Les analyses physico-chimiques : qui étant effectuées au niveau de laboratoire de l'unité. (La teneur en eau, le taux de cendre, la granulométrie, la teneur en protéines, le taux de gluten, indice de couleur).
- ❖ Les analyses technologiques : (le gonflement, test de cuisson).
- ❖ Les analyses microbiologique (Moisissures – Clostridium).

	Masse des semoules	Masse des fines sèches
Semoule avec 0% des fines sèches	1000 g	0 g
Semoule avec 7% des fines sèches	930 g	70 g
Semoule avec 12% des fines sèches	880 g	120 g
Semoule avec 17% des fines sèches	830 g	170 g
Semoule avec 22% des fines sèches	780 g	220 g

Tableau 7 : Réalisation des mélange « semoule +fines sèches »

2. Matière première :

Les matières premières utilisées pour la fabrication du couscous sont :

a) - La semoule destinée pour la fabrication du couscous doit :

- Avoir une granulométrie homogène

- Doit être d'une semoule moyenne (GM)(1/3 semoule grosse et 2/3 semoule fine) pour faciliter le malaxage GM=183/475 micron .

b) - L'eau utilisé pour la fabrication du couscous doit :

❖ être limpide, incolore, inodore, neutre et sa dureté ne doit pas dépasser 20°F, le résidu solide ne doit pas dépasser 500mg/l

- ❖ Cette eau doit contenir sans excès un certain nombre d'élément minéraux dans la présence lui confère un gout agréable et elle doit être pauvre en matière organique et en nitrates et sulfates.

C) - Les fines sèches sont récupérées à partir de 3 zones :

- ❖ Au-dessous de rotante « étape de séchage ».
- ❖ Au-dessous de planchister « étape de tamisage ».
- ❖ Au-dessous de tamis de surté.

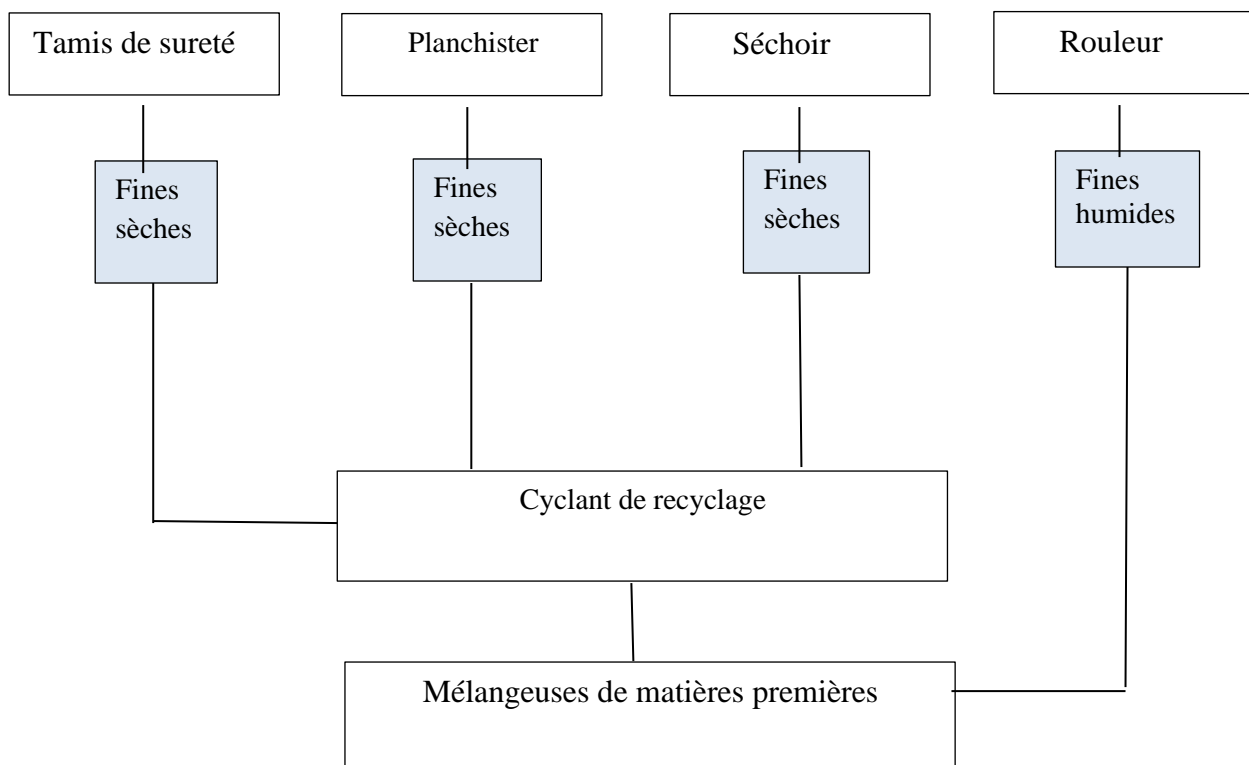


Figure 4 : Les sources des fines sèches au cours de processus de fabrication de couscous industriel.

3. Processus de production du couscous à l'unité SOPI :

Les étapes principales de fabrication du couscous sont généralement les suivantes :

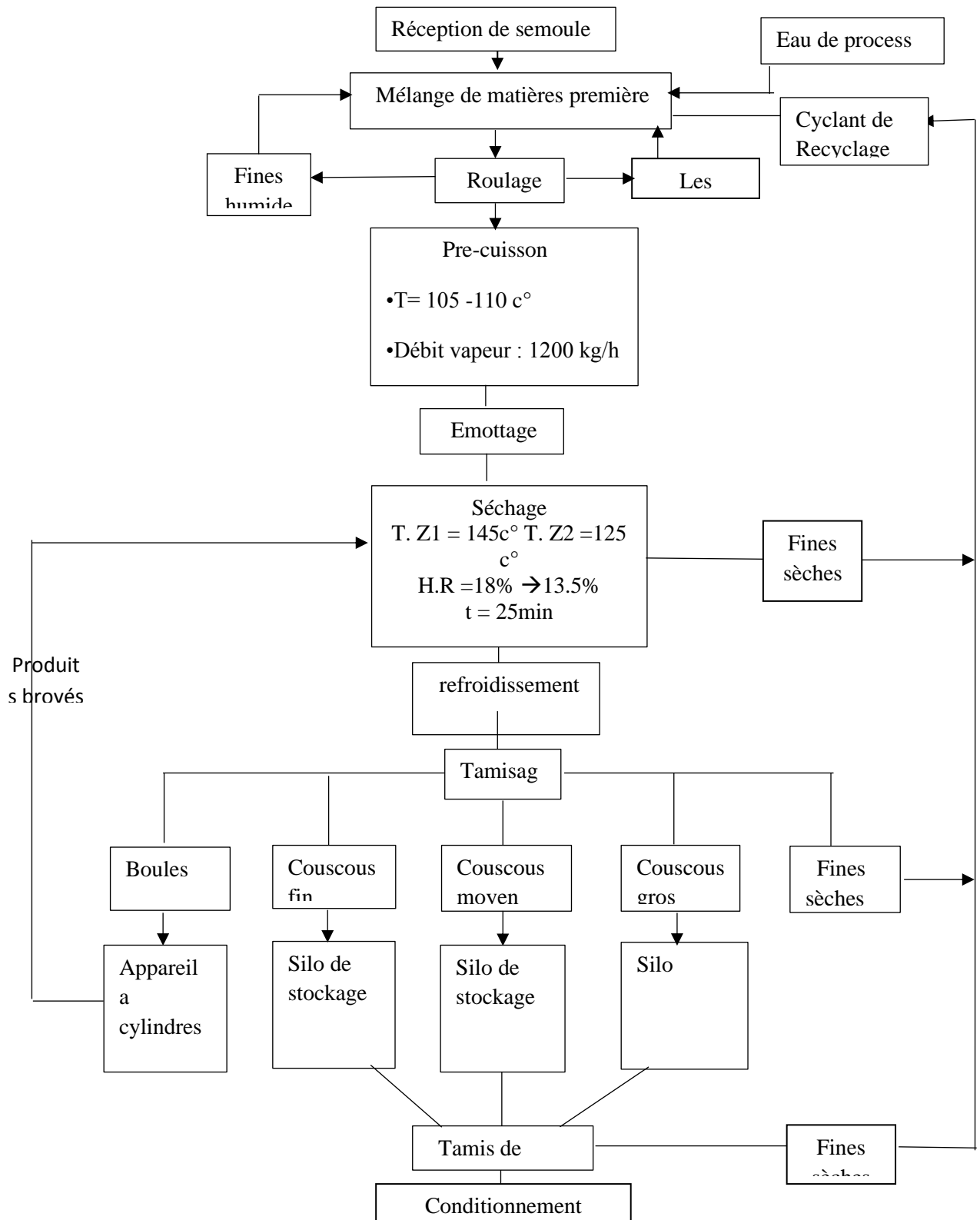


Figure 5 : Diagramme de la chaîne de fabrication du couscous industriel selon l'unité « SOPI »

3.1. Malaxage :

Pour avoir un bon malaxage (humectation au maximum de toutes les particules de semoule) il faut que le doseur semoule et le doseur d'eau donnent toujours la quantité de semoule et d'eau désiré et en continu.

Ce procédé se fait dans un mélangeur avec arbre a palettes en exerçant un effort mécanique pour mouiller les particules de semoule qui deviennent tendres souples et collantes afin de s'agglomérer pour créer des grumeaux.

Le processus d'agglomération est considérablement facilité si la distribution de l'eau ajoutée est effectuée de manière contrôlée sous forme de dispersion de buses d'atomisation.

Pour agglomérer la semoule deux éléments doivent être ajoutés :

3.1.1. L'eau : une quantité d'eau suffisante est nécessaire pour former des liens suffisamment stables entre les particules de semoule.

3.1.2. L'énergie mécanique : doit être apportée pour :

- ❖ Agiter la masse poudre eau.
- ❖ Homogénéiser la dispersion de l'eau.
- ❖ Promouvoir la croissance des agglomérats.

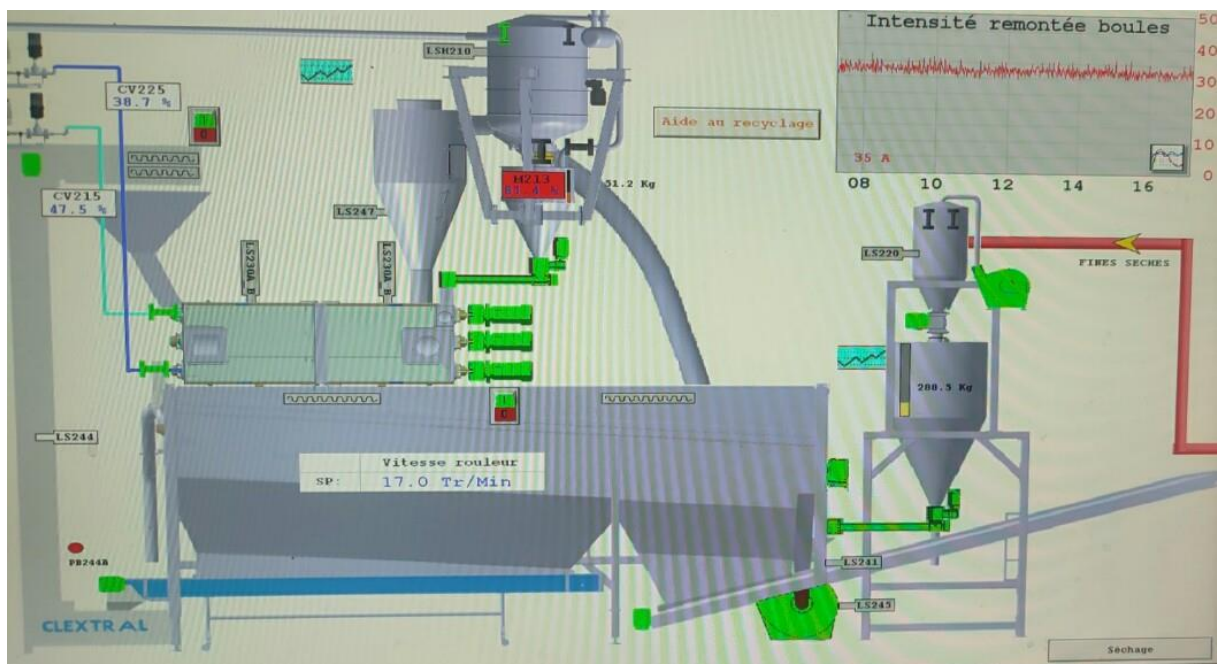


Figure 6 : Groupe de fabrication (doseur semoule, mélangeuse, rouleur et cyclone des fines sèches).

3.2. Roulage :

Après dosage et malaxage est formation des grumeaux, le produit est introduit par gravité dans le rouleur. Le roulage et tamisage sont obtenus par rotation du tambour et l'avancement du produit par son inclinaison et la rotation du rouleur est contrôlé par une motorisation à vitesse variable.

La fonction du rouleur consiste à séparer les grumeaux de la semoule non agglomérée, le bon produit est envoyé au cuiseur par un tapis de transfert tandis que la semoule non complètement mouillée et les boules déchiquetées sont renvoyées vers la mélangeuse pour être malaxer une 2ème fois.

L'accroissement du taux d'hydrations augmente le rendement en couscous et en grumeaux et diminue le rendement en semoule non agglomérés pour éviter l'encrassement des grilles des brosses montées sur la partie extérieure du tambour pour avoir un bon dégommage.

3.3. Cuisson :

La Cuisson du couscous se fait dans un équipement spécialement conçu pour cette phase que l'on appelé cuiseur qui utilise de la vapeur saturée sèche avec une température qui est comprise entre 105 à 110°C.

Le couscous est disposé sur un tapis en toile inox perforée et une cuve en inox munie d'injecteurs de vapeur diffuse celle-ci travers la couche de couscous.

Celons des expériences pour avoir une bonne cuisson de couscous il faut réunir certaines conditions :

- 800g de vapeur pour 1Kg de couscous sec
- La durée de cuisson entre 12 et 13 min
- L'épaisseur de la couche de couscous : 8 à 12cm

A la sortie du cuiseur les mottes de couscous passent à travers un d'émoteur à arbres à rotation rapide qui sépare les grains. Le produit passe ensuite dans un d'émotter qui émiette et pré calibre le couscous avant d'être sécher.

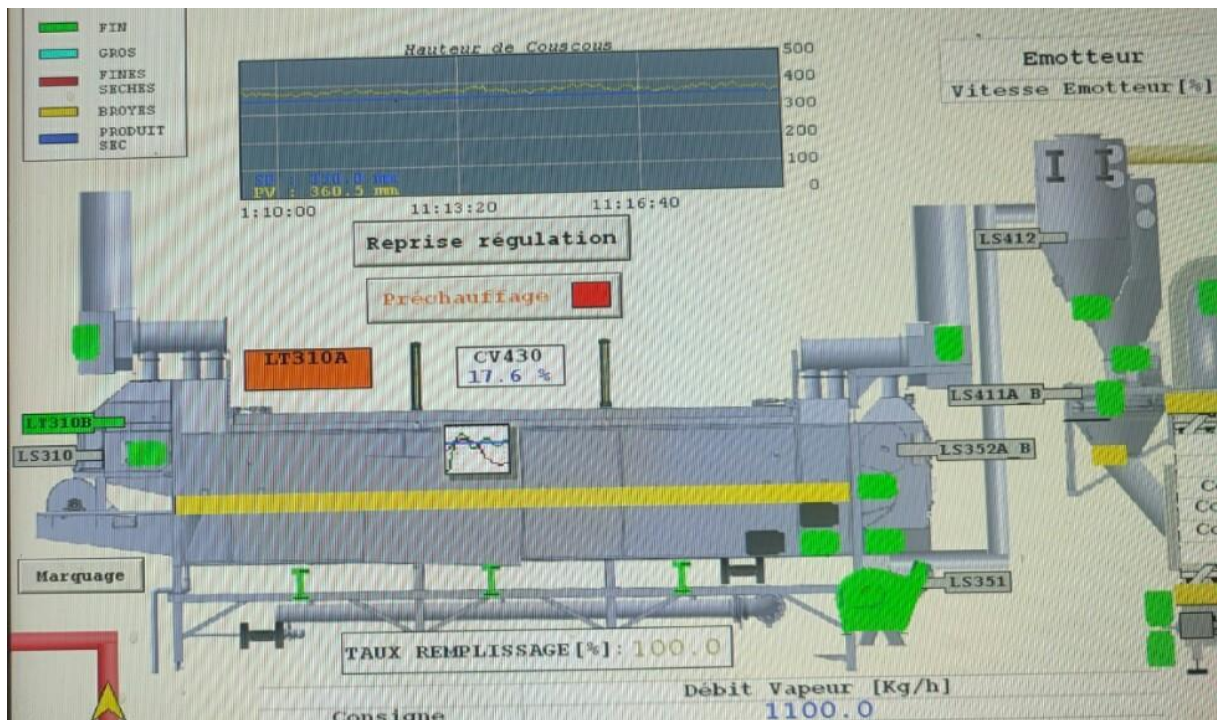


Figure 7 : Cuisneur

3.4. Séchage :

Après la sortie du cuisneur le couscous contient un taux d'humidité très élevé qui atteint 36% à 37% et il faut faire descendre ce taux entre 11.5% à 12.5 % pour avoir une bonne conservation du couscous.

Le séchage a pour but de retirer l'eau du produit par ventilation à l'air chaud et généralement le séchage du couscous se fait dans un équipement qui est appelé séchoir rotante.

Le séchage du couscous se fait dans une seule rotante avec le même système de séchage.

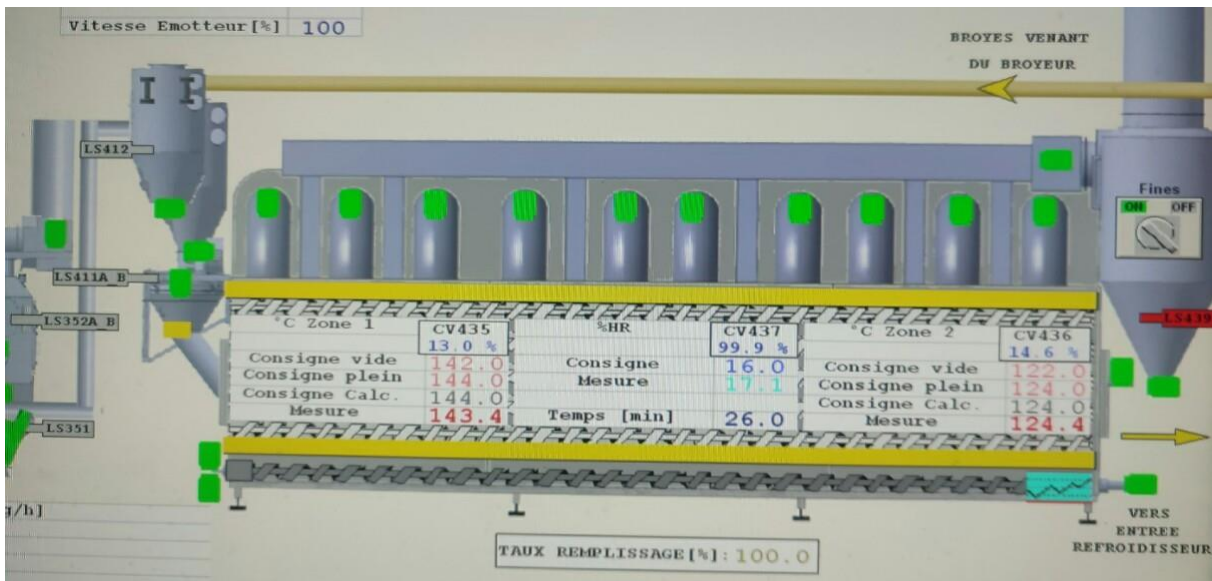


Figure 8 : Rotante (Séchoir)

3.5. Refroidissement :

Le rôle de refroidissement est de stabiliser l'humidité entre l'intérieur et l'extérieur du grain et de fixer la température du grain à une température ambiante, pour un meilleur stockage et conditionnement.

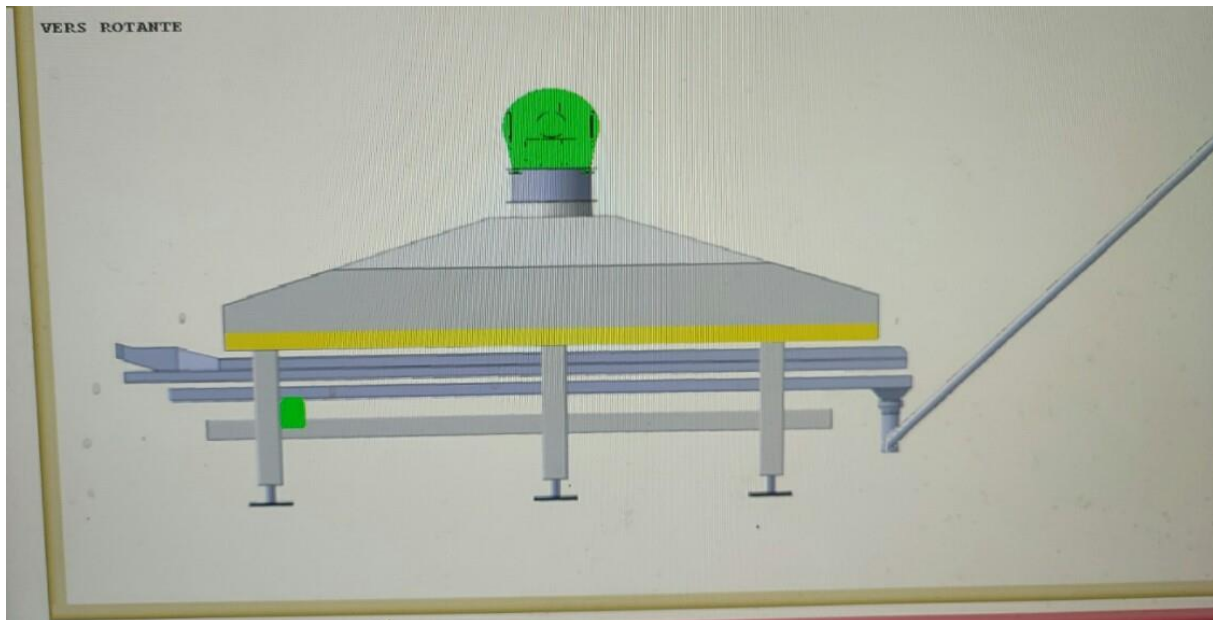


Figure 9 : Refroidisseur

3.6. Tamisage et broyage :

A la sortie du refroidisseur le couscous a une granulométrie hétérogène pour cela le couscous passe à une phase très importante qui influe sur la qualité du produit qui est le tamisage ou en peut dire calibrage final.

Cette phase se fait en général dans un plansichter qui est un ensemble des tamis superposés qui sélectionne le couscous mélangé en 05 produits par leurs tailles.

- a) -Boules qui seront broyées dans un broyeur et seront recyclés vers le séchoir pour être séché une deuxième fois.
- b) -Couscous comme produit finis ou semi-finis qui suit le chemin des boules.
- c)-Couscous moyen.
- d)-Couscous fin.
- e) -Retour des fines recyclé dans le mélangeur pour être malaxer deuxième avec un doseur qui donne la quantité désirée.

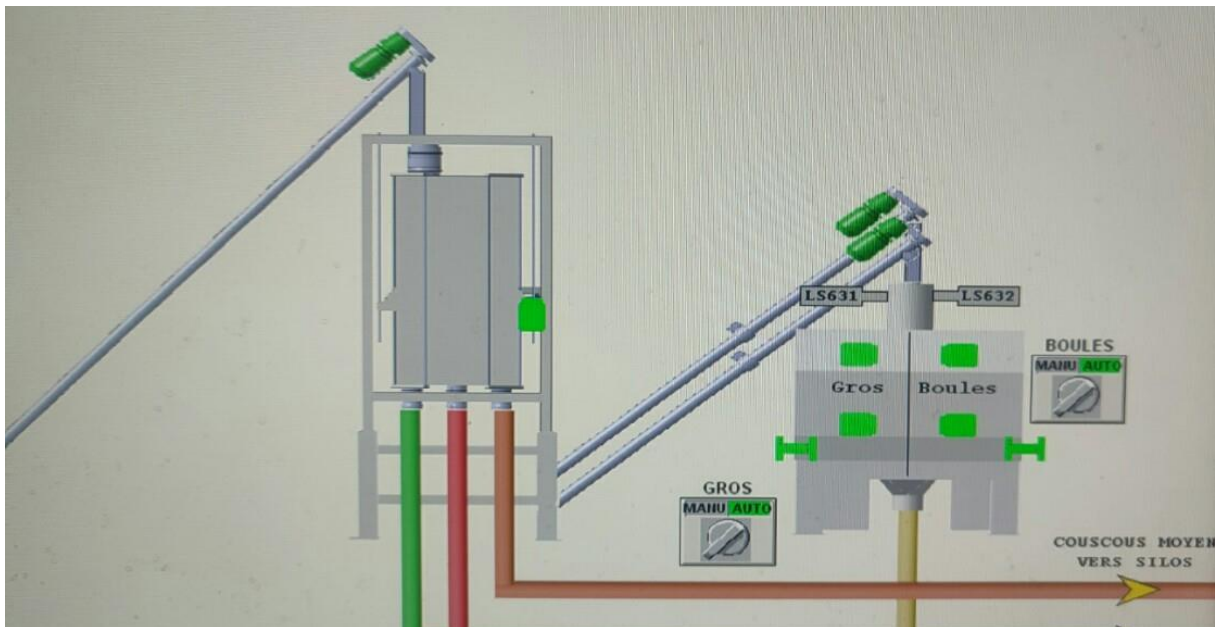


Figure 10 : Planchister et Broyeur

3.7. Stockage :

Avant le conditionnement le couscous est stocké dans des silos de stockage.

Ce stockage sert beaucoup plus comme un intermédiaire entre la fabrication et le conditionnement.

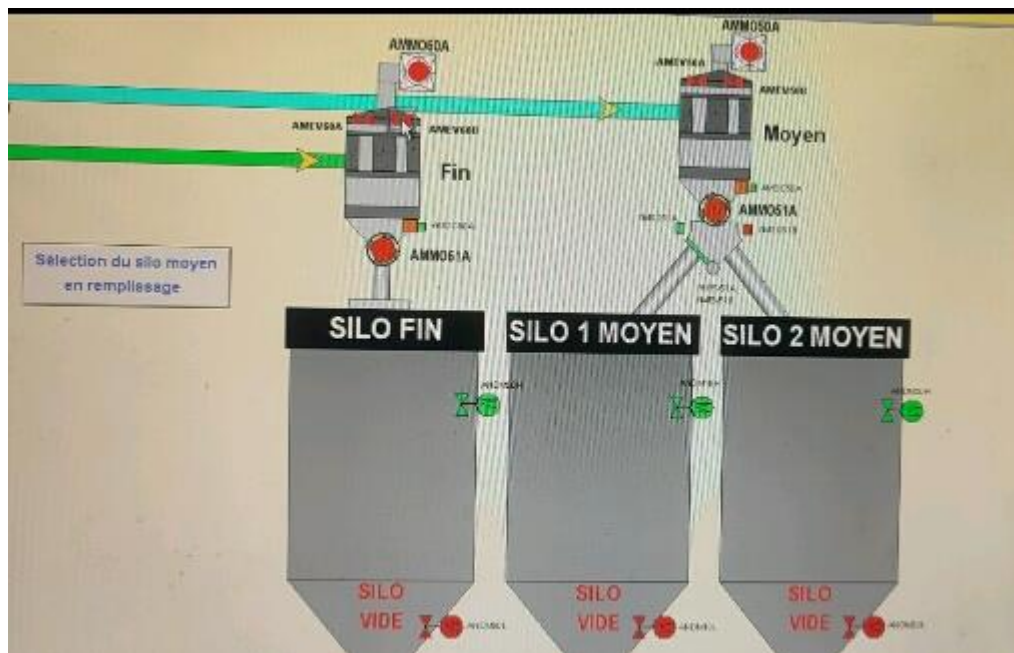


Figure 11 : Silos produits finis

Dans les industries de fabrication des pâtes alimentaires, le processus de fabrication est dirigé à l'aide des logiciels installés dans des microordinateurs, grâce à ces microordinateurs nous avons réglé les paramètres de débit des appareils en vue de disposer réalisé de l'incorporation des différentes matières premières selon le tableau suivant :

Taux des fines	0%	7%	12%	17%	22%
Débit des fines	0	123	216	306	394
Débit semoule	1800	1677	1584	1494	1404
Eau de semoule %	32.5	32.5	32	31.6	31.6
Débit eau semoule	585	545.02	514.8	475.1	443
Eau fines %	0	75	75	77	78
Débit eau fines	0	92.25	162	235	307
Débit eau total	585	637.27	676.8	710	750
Cuisson	T°=105 11-13 min	T°=106 11-13min	T°= 107 11-13min	T°=109 11-13min	T°=110 11-13 min
Séchage	T° de Z1 = 145 c° HR% = 18 % T° de Z2 = 125 c°				

Tableau 8 : Paramètre de la ligne de couscous

4. Méthodes d'analyses :

4.1. Échantillonnage et lieu de prélèvement :

4.1.1. Echantillonnage :

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

L'échantillonnage des grains est effectué sur la base de méthode normalisée (**NA 737/1990 Céréales**).

Principe :

Réduction progressive et correcte d'un échantillon représentatif du lot examinée, condition pour l'obtention de résultats permettant une interprétation justifiée.

4.1.2. Lieu de prélèvement

- Les semoules

Le prélèvement de la semoule de blé dur est effectué manuellement au niveau de cyclone de semoule qui aliment la fabrication de couscous.



Figure 12 : échantillon de semoule

- **fines sèches**

Le prélèvement de fine sèche est effectué à la sortie de cyclone de récupération des fines sèches.



Figure 13 : échantillon de fine sèches

- **couscous**

Le prélèvement du couscous moyen industriel est effectué à la sortie du planchister.



Figure 14 : échantillon de couscous

5. Analyses effectuées

Sur les semoules :

La semoule de la fabrication du couscous subir des analyses physico-chimiques et technologiques.

5.1. Analyses physico-chimiques :

5.1.1. Détermination du taux d'humidité : NA1132/1990 ; ISO 9001:2000

principe :

Séchage du produit à T=130°C à 133°C à pression atmosphérique normale, après un broyage éventuel du produit.

Appareillage

étuve isotherme à chauffage électrique réglable à 130°C et 133°C, balance analytique, broyeur à grain, thermomètre à mercure pour le contrôle de la température interne de l'étuve, dessiccateur garni d'un déshydratant, coupelles, pinces spatule.

Mode opératoire

avant l'utilisation les capsules doivent sécher à l'étuve durant 15 mn et refroidir dans le dessiccateur jusqu'à la température ambiante durant 30 à 45mn :

- vérifier la température de l'étuve avant chaque utilisation
- tous les essais sont effectués en double
- peser une capsule à 0,001 g près puis tarer couvert sous la capsule
- les pesées sont réalisées en séries
- fermer le couvercle après chaque pesée et mettre les capsules au fur et à mesure dans le dessiccateur
- peser rapidement dans la capsule à 1 mg près +/- 1g une quantité de 5g de l'échantillon
- sortir un des plateaux de l'étuve à l'aide de la spatule adaptée à cet effet introduire les capsules ouvertes dans l'étuve le couvercle mis en dessous des capsules
- mettre en marche la minuterie 2h +/- 5mn pour les grains de blé et 1h 30mn pour la farine
- retirer rapidement les capsules de l'étuve et les couvrir immédiatement les laisser refroidir dans le dessiccateur jusqu'à température ambiante
- peser les capsules à 1 mg près.

Expression des résultats

La teneur en eau est donnée par la formule suivante :

$$h = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100$$

Ou :

m0: le poids de la capsule vide (capsule +couvercle)

m1: le poids de la capsule +la prise d'essai (capsule +couvercle)

m2: le poids de la capsule + la prise d'essai après séchage (capsule+ couvercle)

Prendre comme résultat la moyenne des deux déterminations si les conditions de respectabilité sont remplies, dans le cas contraire, l'essai doit être recommencé en double.

Le résultat est arrondi à 0,05 % près

répétabilité :

la différence entre les résultats de deux déterminations effectuées simultanément par la même analyse, ne doit pas dépasser : 0,15%

5.1.2. Le taux de cendre : Selon la norme (NA.732/1991).

Principe :

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

Mode opératoire :

- Détermination de la teneur en eau.

-Chauffer les nacelles dans un four régler à 900°C pendant 15mn ; ensuite les laisser refroidir dans un dessiccateur, puis les peser.

-Peser 5g d'échantillon dans une nacelle tarée.

-La porte du four étant ouverte, placer les nacelles à l'entrée du four régler à 900°C jusqu'à ce que la matière s'enflamme.

-Aussitôt que la flamme est éteinte, placer les nacelles dans le four pour suivre l'incinération durant 2h jusqu'à disparition des particules charbonneuse qui peuvent être incluse et obtention d'une couleur grise claire ou blanchâtre.

- Retire les nacelles du four et les laisser refroidir dans un dessiccateur puis on les pèse rapidement.

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

$$T_c = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \times 100 \times \frac{100}{100 - H}$$

Tc : taux de cendre

M0 : la masse en gramme de la nacelle vide.

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

M2 : la masse en gramme de la nacelle+le résidu (après incinération).

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

5.1.3. Dosage des protéines : norme de référence (NA.1185/1990)

La teneur en protéines est déterminée par la méthode rapide à l'aide de l'infratec.

On a appliqué le mode opératoire inclus dans la notice technique de l'appareil.

L'utilisation est simple :

les semoules sont versés tels quels alors que le couscous nécessite un broyage préalable.

Cet appareil, pratique pour l'industrie doit cependant, être étalonné périodiquement par référence à la méthode classique Kjeldhal de dosage de l'azote pour s'assurer de la justesse des résultats.

5.2. Analyses technologiques

5.2.1. La granulométrie :

Principe

La granulométrie des semoules correspond à un classement dimensionnel des particules selon leur taille en utilisant un sasseur de type « Buhler » avec des tamis mobiles dont les ouvertures des mailles sont respectivement les suivantes (de haut en bas): 630 μm , 500 μm , 450 μm , 355 μm , 250 μm , 160 μm .

Le calibrage des particules de semoules est très important pour l'hydratation des semoules car la capacité de ces dernières est fonction de la surface de contact des particules avec l'eau : les fines particules absorbent l'eau plus rapidement que les grosses particules.

Mode opératoire

- Peser 100g de l'échantillon à analyser (semoule de blé).
- Déposer la prise d'essai sur le tamis supérieur.
- Placer les tamis sur un appareil qui exerce des mouvements circulaires vibratoires uniformes et dont la vitesse est de 70 tr/mn pendant 10 mn.
- Peser le refus de chaque tamis.

5.2.2. La teneur en gluten : selon la norme : NA (735-1990)

L'extraction du gluten est effectuée suivant la méthode normalisée NA 735-1990.

Principe

Il consiste à procéder à la lixiviation puis au lavage d'un pâton constitué de 10 g de semoule et d'une solution de NaCl jusqu'à l'obtention d'une substance plasto-élastique qui, essorée puis pesée, constitue le gluten d'humide.

Matériel

Essoreuse centrifugeuse,

Plaque chauffante (appareil de séchage),

Balance précise à 0,01 g près

Mortier

Spatule

Burette graduée de 10 ml.

Mode opératoire

Préparation du pâton:

→ Peser dans un mortier 10g de semoule et verser 5,5 ml de solution NaCl à 2% ; former à l'aide d'une spatule une boule de pâte.

→ Prendre soin de ne laisser aucune particule de pâte sur la spatule et dans le mortier.

→ Cette opération doit se faire minutieusement afin d'éviter les pertes de semoule.

Extraction manuelle :

→ Placer le pâton dans la paume de la main gauche et le malaxer à l'aide du pouce de la main droite sous une burette contenant une solution de Na Cl à 2% et dont le débit doit être goutte à goutte "sans qu'on puisse compter les gouttes " : c'est la lixiviation.

→ L'opération est poursuivie jusqu'à ce que la solution devienne claire ; augmenter alors le débit de la solution NaCl et rincer le gluten tout en malaxant sous un filet continu de la solution : c'est le lavage.

→ Cette opération s'effectue au-dessus d'un tamis à fines mailles afin de pouvoir récupérer les particules qui tombent.

La teneur en gluten humide (GH) :

Après essorage la masse plastique constitue le gluten humide dont la teneur est exprimée en % de matière humide.

La teneur en gluten sec (GS) :

Le gluten sec est obtenu par séchage à 160°C du gluten humide dans une plaque chauffante (glutork) durant 4 mn jusqu'à l'élimination totale de l'eau ; puis on pèse le gluten sec obtenu.

La teneur en gluten sec est exprimée en % de matière sèche.

Expression des résultats**Gluten humide :**

La teneur en gluten humide (%) : $GH = M1 \times 10$

M1 : masse du gluten humide (g) dans la prise d'essai.

Gluten sec :

La teneur en gluten sec (%) : $GS = M2 \times 10$

M2 : masse du gluten sec (g) dans la prise d'essai.

La capacité d'hydratation : C'est la capacité du gluten à retenir l'eau, facteur de qualité des semoules et farines ; il est exprimé en % et il est donné par la relation :

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

Où

GH est le gluten humide.

GS est le gluten sec

6. Les analyses sur le couscous Sur le couscous

6.1. Analyses physico-chimiques

Les échantillons de couscous sec sont broyés afin de faciliter les différents dosages

Physico-chimiques

6.1.1. Teneur en eau

La teneur en eau du couscous est déterminée en utilisant la méthode normalisée (NA 1132 / 1990) citée dans la page : **43**

6.1.2. Taux de cendre

Le taux de cendre du couscous est déterminé en utilisant la méthode normalisée (NA.732/1991).

Citée dans la page : **44**

6.1.3. Dosage des protéines

La détermination des protéines citée dans la page : **45**

6.1.4. Indices de coloration

La coloration est un facteur déterminant dans la qualité organoleptique de couscous et d'autre pâtes alimentaires. C'est l'une des caractéristiques à laquelle 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.

Les résultats sont exprimés dans le système **L, b** dans les conditions retenues par la Commission Internationale de l'Eclairage (C.I.E)

$$I .B= 100-L$$

$$I .j = b$$

L'indice **b** (indice de brunissement) est d'autant plus élevé que la semoule est plus jaune La valeur (**100-L**) augmente avec le brunissement.

6.2. Analyses technologiques

6.2.1. Granulation

Le tamisage peut être défini comme une opération de classement dimensionnel de grains et particules de formes et dimensions variées, par présentation sur des surfaces perforées qui laissent passer des grains de dimensions inférieures aux dimensions des perforations, tandis que les particules de dimensions supérieures sont retenues.

Le but de la granulométrie est de déterminer l'homogénéité du couscous ainsi que la taille des granules formés (**Blanc, 1985**).

Les tamis utilisés sont différents de ceux des semoules et les ouvertures des mailles sont respectivement les suivantes (de haut en bas) :

1800 μ m,1600 μ m, 1400 μ m ,1250 μ m,1000 μ m ,710 μ m ,630 μ m , 500 μ m.

➤ Mode opératoire

- Peser 100g de l'échantillon à analyser.
- Déposer la prise d'essai sur le tamis supérieur.
- Placer les tamis sur un appareil qui exerce des mouvements circulaires vibratoires uniformes, dont la vitesse est de 60tr/mn pendant 10 mn.

Peser le refus de chaque tamis.

Appréciation de la qualité culinaire du couscous

6.2.2. Test de cuisson

Consiste à déterminer le taux de prise en masse du couscous lors de la préparation, par cuisson d'une quantité bien déterminée de couscous cru (sec) et suivre les modifications rapportées sur le poids après chaque étape de préparation.

→ 1er mouillage : mouiller le couscous avec de l'eau puis faire égoutter tout de suite et laisser le pendant 10mn pour que les grains de couscous absorbent l'eau ajoutée.

→ 1ère évaporation : faire cuire le couscous à la vapeur pendant 15mn.

→ 2ème mouillage : arroser progressivement le couscous d'une certaine quantité d'eau.

→ 2ème évaporation : faire cuire une deuxième fois à la vapeur pendant 15mn.

→ On pèse le couscous après chaque étape de préparation.

6.2.3. Indice de gonflement

L'indice de gonflement c'est la capacité de couscous à gonfler.

Réactif

eau potable

Appareillage :

éprouvette de 250ml

Mode opératoire :

-Verser 50g du couscous dans une éprouvette de 250 ml

-Noter le volume initial

-Ajouter 200 ml d'eau

-Agiter le mélange

-Laisser reposer pendant 30 min

-Noter le volume final

Calcul :

indice de gonflement = V_f / V_i

V_i : volume initiale de couscous

V_f : volume final de couscous

7. Analyses Microbiologiques :

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

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

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

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

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

7.1. Préparation des suspensions mères :

Pour préparer une suspension mère, on procède comme suit :

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

7.2. Préparation des dilutions (Décimales):

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

La préparation des dilutions décimales est réalisée comme suit :

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

7.3. Recherche et dénombrement des moisissures :

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

Principe :

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

Mode opératoire :

Préparation du milieu :

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

Ensemencement :

- La technique d'ensemencement en surface c'est-à-dire 4 gouttes de chaque dilution 10^{-1} , 10^{-2} et 10^{-3} , sont mises sur une surface solide OGA.
- Étaler à l'aide d'un râtelier en verre stérile pour chacune des boîtes.
- Deux autres boîtes de pétri sont considérées comme témoins de OGA et de TSE (ensemencement en surface après avoir mis 4 gouttes de TSE).
- Incubation :
- Incubation des boîtes à 20-25°C pendant 5 jours.
- Lecture :
- Les colonies sont épaisses, pigmentées ou non parfois envahissantes.

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

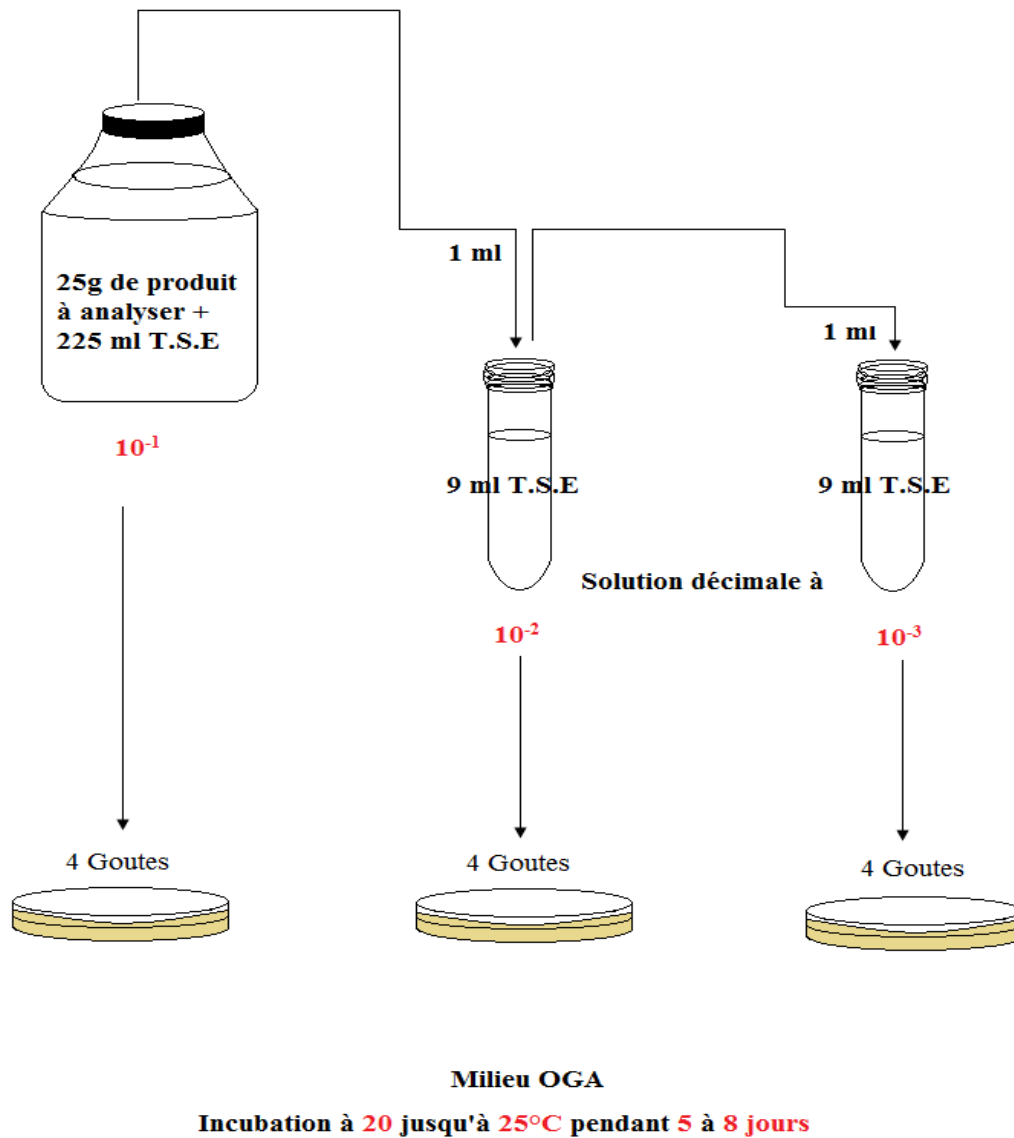


Figure 15 : recherche de dénombrement des moisissures

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

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

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

Principe :

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

Mode opératoire :**Préparation du milieu :**

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

-Mélanger soigneusement et aseptiquement.

Le milieu est ainsi prêt à l'emploi, mais il faut le maintenir dans une étuve à 45C° 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 80C° pendant 10 minutes ;
- ❖ Puis à un refroidissement immédiat à l'eau de robinet, dans le but d'éliminer la forme végétative et garder uniquement la forme sporulée.
- ❖ A partir de ces dilutions, porter aseptiquement 1 ml de chaque dilution en double dans deux tubes à vis stérile de 16 mm de diamètre, puis ajouter environ 15 ml de gélose VF prête à l'emploi dans chaque tube.
- ❖ Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes.

Incubation :

- ❖ Incuber le tube à 37C° pendant 16 à 24heures ou au plus tard 48 heures.
- ❖ Lecture :

La première lecture doit se faire impérativement à 16heures car :

- ❖ D'une part les colonies de *Clostridium Sulfito-Réducteur* sont envahissantes auquel cas on se trouverait en face d'un tube complètement noir rendant alors l'interprétation difficile voire impossible et l'analyse est à refaire.
- ❖ D'autre part il faut absolument repérer toute colonie noire ayant poussée en masse et d'un diamètre supérieur à 0,5 mm.

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

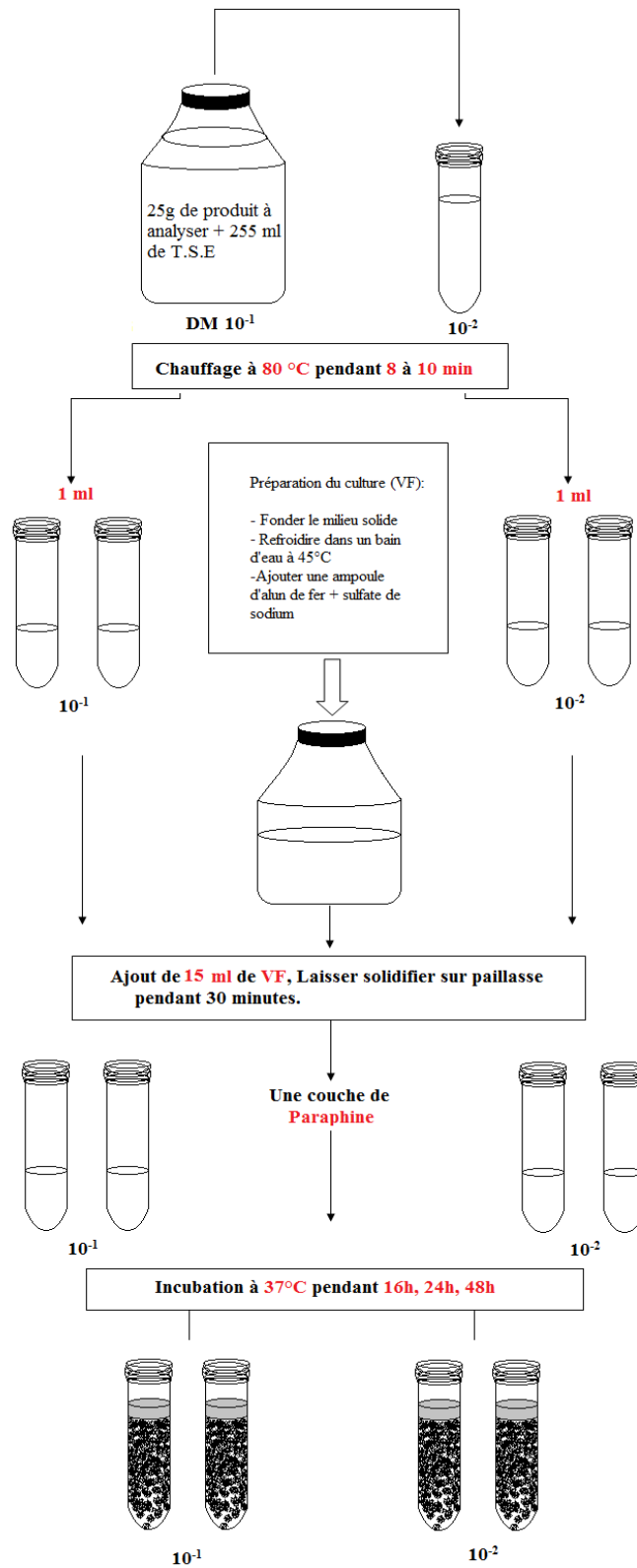


Figure 16 : recherche et dénombrement des spores de clostridium sulfite-réducteur

Chapitre 4 :
Résultats et discussion

Résultats et discussion :**1. Résultats des analyses physico-chimiques des semoules :****1.1. Teneur en eau :**

La teneur en eau est un paramètre important pour la conservation des semoules

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

	0%	7%	12%	17%	22%
1 ^{er} essai	15,20	15,5	15,5	15,5	15,5
2 ^{ème} essai	15,4	15,5	15,10	15,5	15,4
Moyenne	15,30	15,5	15,3	15,5	15,45
Norme (NE)	≤ 15.5				

Tableau 9: la teneur en eau des mélanges « semoule + fines sèches » (%).

D'après les résultats d'analyse on observe que la teneur en eau est presque la même pour les cinq échantillons (environ 15,5%) et le taux d'humidité de mélange reste toujours conforme à la norme d'entreprise ≤15,5%.

1.2. Taux de cendre :

La teneur en matières minérales des semoules qui est un critère d'appréciation de leur pureté

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

	0%	7%	12%	17%	22%
1 ^{er} essai	0,95	0,93	0,93	0,92	0,92
2 ^{ème} essai	0,94	0,94	0,93	0,92	0,91
Moyenne	0,94	0,93	0,93	0,92	0,91
Norme (NA)	0.8-1.1				

Tableau 10 : teneur en cendre des mélanges « semoule + fines sèches » (%/MS)

D'après ces résultats on observe une faible diminution de taux de cendre mais reste conforme à la norme algérienne (0,8-1,1% max).

1.3. La granulométrie :

L'étude de la granulométrie revêt une importance capitale dans l'industrie des céréales, car ses résultats permettent de mieux connaître les matières premières et influencer sur le réglage des machines afin de présenter un produit plus homogène au consommateur (**Guezlane, 1993**).

Les résultats de la granulation sont dans le tableau ci-dessus :

	630 μ m	500 μ m	450 μ m	355 μ m	250 μ m	160 μ m	Fond
0%	4	21	9	28	20	15	3
7%	5	24	11	22	21	14	03
12%	4	25	11	33	16	11	00
17%	5	22	10	28	22	09	04
22%	4	23	11	27	18	13	4

Tableau 11: Contrôle de granulométrie des mélanges (semoule + fines sèches).

Selon les résultats obtenus les cinq mélanges (semoules et fines sèches) sont conforme aux normes d'entreprise (SOPI).

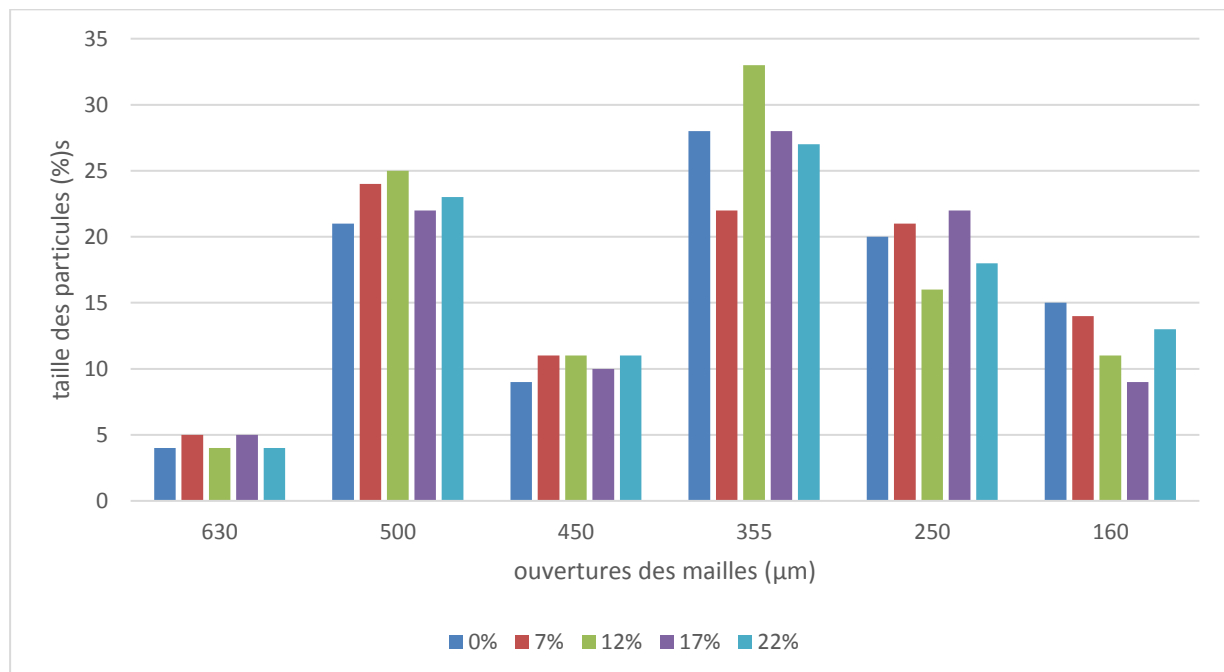


Figure 17 : Granulométrie de semoule avec différents taux des fines sèches.

1.4. Dosage de protéines :

La teneur en protéines de grain de blé dur peut varier de 8% jusqu'à 16% selon les conditions de culture et en fonction de la variété.

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

	0%	7%	12%	17%	22%
1 ^{er} essai	14.1	15.5	14.5	15.4	14.8
2 ^{ème} essai	14.2	15.4	14.6	15.2	14.9
Moyenne	14.15	15.45	14.55	15.30	14.85
Norme (NA)	8-16%				

Tableau 12 : Dosage de protéines des mélanges (semoule + fines sèches)

D'après les résultats on observe que la teneur en protéine est élevée dans les mélanges de 7% et 17% des fines sèches et faible à 0% des fines sèches.

Les résultats de teneur en protéine des cinq échantillons (semoule et fines sèches) sont conformes à la norme algérienne (NA= 8-16%).

II. Résultats des analyses Technologiques :

2.1. Gluten:

Les protéines du gluten représentent la fraction protéique majoritaire de l'endosperme amylicé. Elles sont caractérisées par leur aptitude à former une masse viscoélastique nommée « Gluten » lorsque la semoule est mélangée avec de l'eau (**Wieser, 2000**).

Les résultats du dosage de gluten montrent une décroissance lorsque le taux d'incorporation passe de 0% à 22% à cause de la dénaturation de gluten des fines sèches par le séchage.

La capacité d'hydratation de cinq mélange se situe entre 73 et 74 cette valeur est conforme à la norme d'entreprise, il est à souligner que ce dernier est déterminé dans le but de préciser le taux d'hydratation des semoules lors de la fabrication du couscous et pour régler le débit d'eau.

Gluten humide%	0%	7%	12%	17	22%
1 ^{er} essai	48,20	47	47,20	46,71	46,65

2 ^{ème} essai	47,9	47	46,8	46,7	47,2
Moyenne	48.05	47	47	46,70	46.1

Tableau 13 : le taux de gluten humide des mélanges (semoule+ fines sèches).

Gluten sec %	0%	7%	12%	17%	22%
1 ^{er} essai	12,40	12,40	12,10	12,20	12
2 ^{ème} essai	12,35	12,20	12,30	12,30	12
Moyenne	12,37	12,30	12,20	12,1	12

Tableau 14 : le taux de gluten sec des mélanges (semoule+ fines sèches).

Capacité d'hydratation %	0%	7%	12%	17%	22%
1 ^{er} essai	74.27	73,61	74,36	73,39	73.7
2 ^{ème} essai	74,20	73,60	73,70	73,66	74,13
Moyenne	74,23	73,60	74,03	74,52	73,26

Tableau 15 : Capacité d'hydratation des mélanges (semoule+ fines sèches).

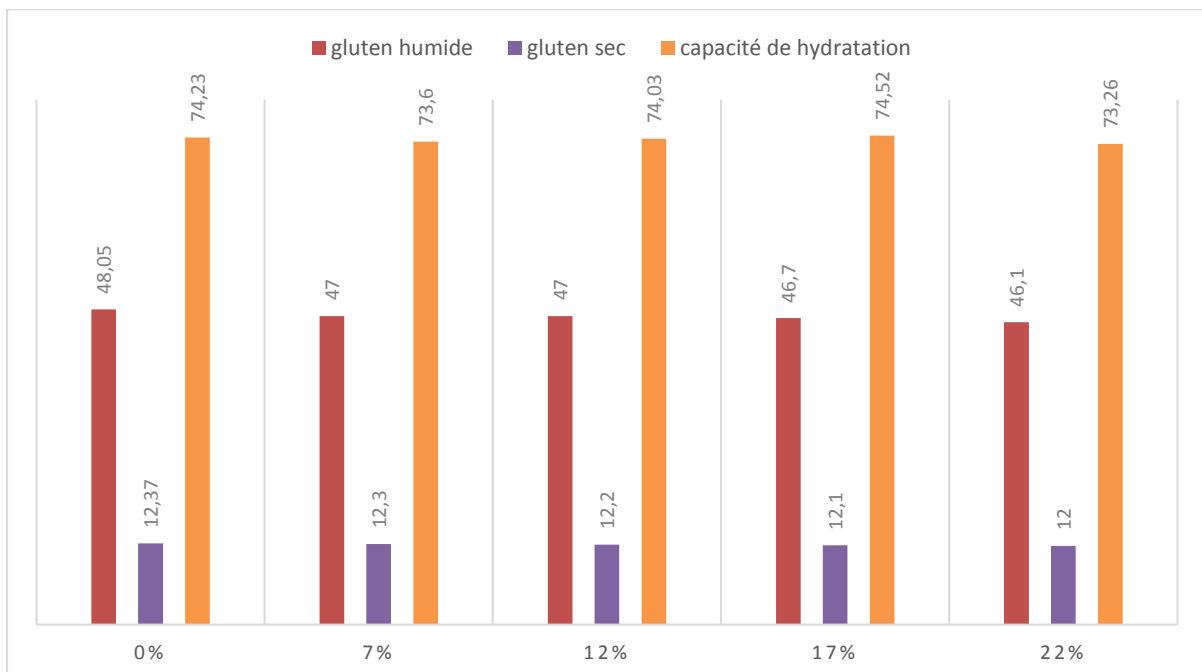


Figure 18 : indice de gluten des mélanges (semoule + fines sèches).

I.2. Analyse du couscous :

2.1. La teneur en eau :

La teneur en eau des cinq échantillons du couscous exprimé en matière sèche (% MS) est donnée dans le tableau suivant :

	0%	7%	12%	17%	22%
1 ^{er} essai	12,1	12,3	12,5	12,5	12,6
2 ^{eme} essai	12,1	12,4	12,4	12,4	12,6
Moyenne	12,1	12,35	12,45	12,45	12,6

Tableau 16 : Teneur en eau du couscous

La teneur en eau varie entre 12.10% /MS pour le couscous à 0% des fines sèches et 12.60%/MS pour couscous à 22% des fines sèches cette différence s'explique par les conditions de séchage (la température des chaudières) mais Le taux d'humidité de ces derniers reste toujours conforme au Codex Alimentarius.

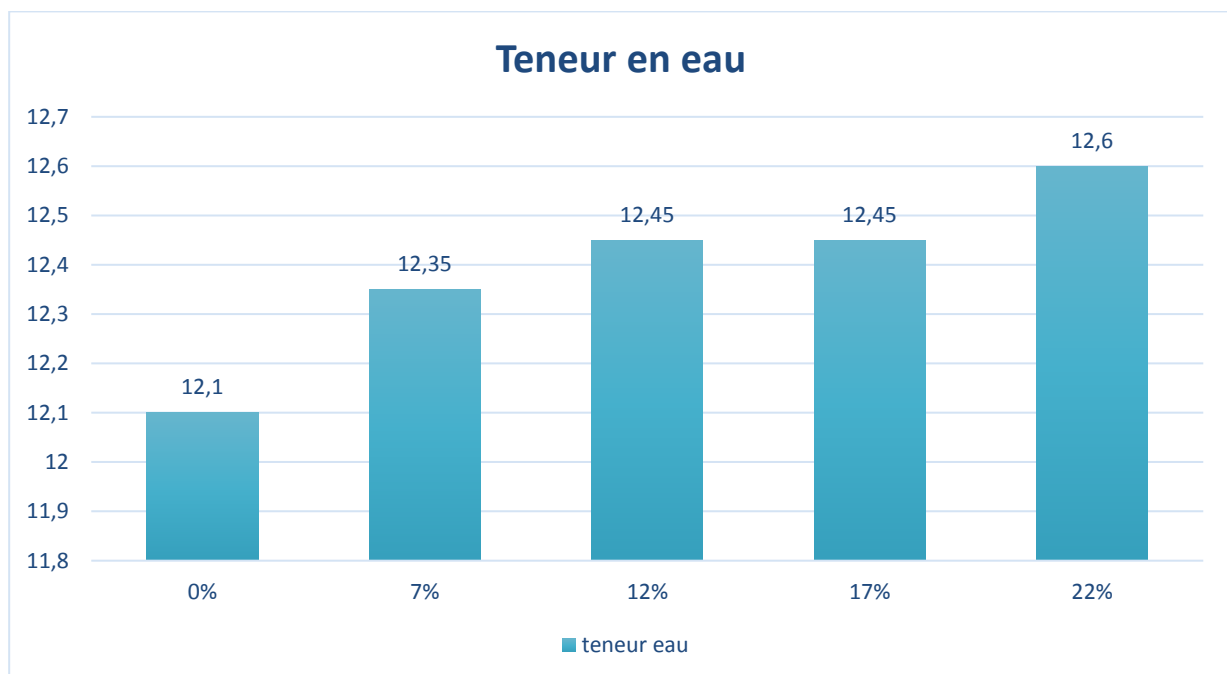


Figure 19 : teneur en eau de couscous en fonction des différents taux des fines sèches.

2.2. Le taux de cendre :

Les résultats des taux de cendres obtenus sont donnés dans le tableau suivant :

	0%	7%	12%	17%	22%
1 ^{er} essai	0,93	0,94	0,93	0,94	0,95
2 ^{eme} essai	0,94	0,94	0,92	0,95	0,96
Moyenne	0,93	0,94	0,92	0,94	0,95
Norme (NA)	0,9-1,5				

Tableau 17 : taux de cendre du couscous

La teneur en cendres des cinq types de couscous sont presque proche entre eux et acceptable et conforme à la norme algérienne (NA : 0,9-1,5).

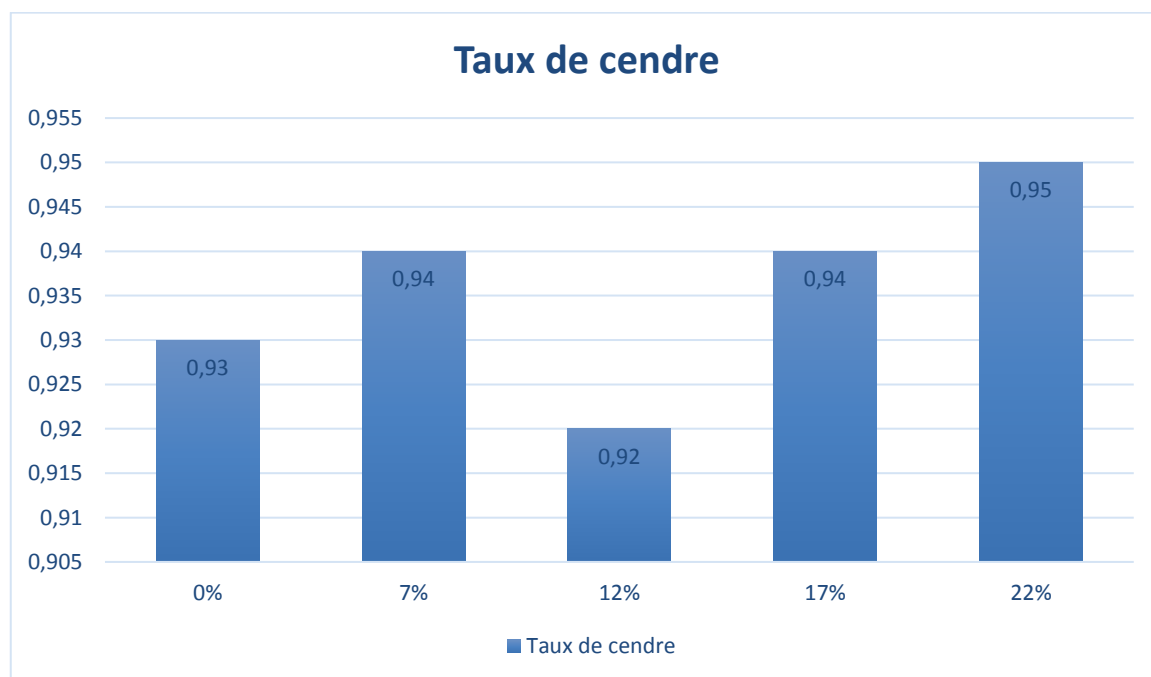


Figure 20 : taux de cendre de couscous en fonction des différents taux des fines sèches.

2.3. La teneur en Protéines :

Selon **Guezlane (1993)**, les protéines du blé dur jouent un rôle important et fondamental sur le plan culinaire et nutritionnel du produit fini. En effet, la formation d'un réseau de gluten par des liaisons de disulfures entre les gluténines et les gliadines confère des propriétés

d'extensibilité, d'élasticité, et de tenacité sur le comportement du produit à savoir le couscous.

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

	0%	7%	12%	17%	22%
1 ^{er} essai	13,40	13,80	13,80	13,60	13,50
2 ^{eme} essai	13,20	13,80	13,70	13,60	13,60
Moyenne	13,3	13,8	13,75	13,6	13,55
Norme (NA)	≥10,5				

Tableau 18 : teneur en protéine du couscous industriel avec différents taux des fines sèches.

D'après les résultats des analyses on remarque que la teneur en protéine des cinq mélanges (couscous + fines sèches) est conforme à la norme algérienne ($NA \geq 10,5$).

En conséquence l'addition des fines sèches ne présente aucun effet sur la teneur des protéines du couscous.

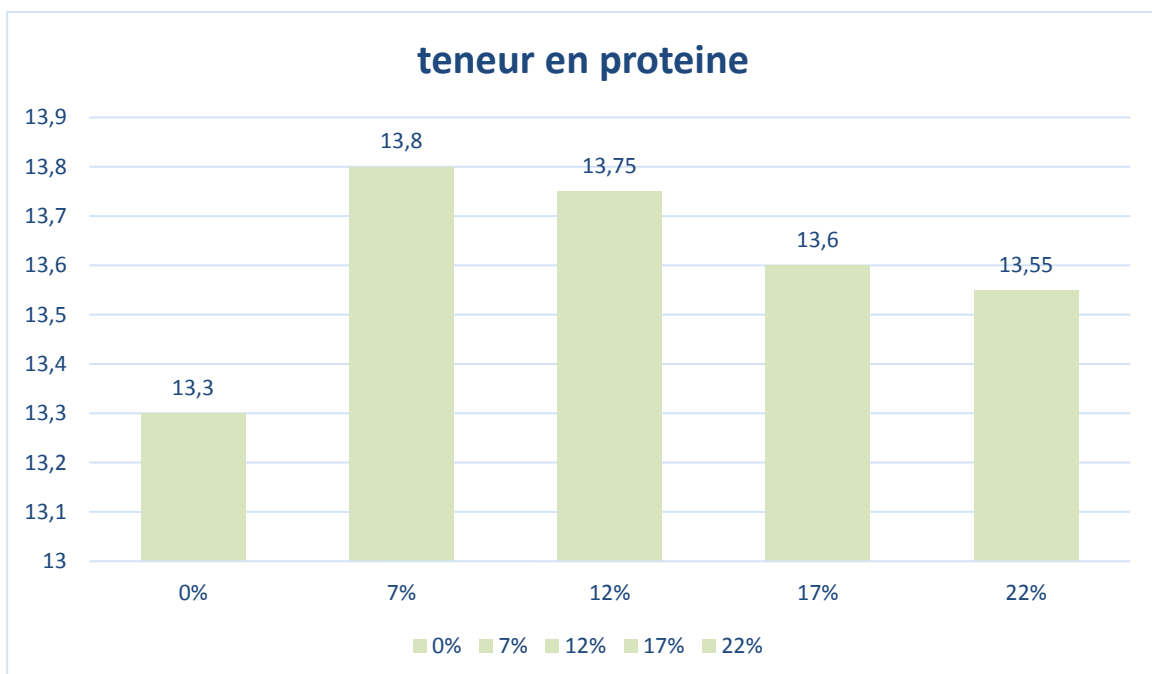


Figure 21 : teneur en protéine dans le couscous en fonction des différents taux des fines sèches.

2.4. Granulométrie :

La taille des particules est un critère déterminant de l'homogénéité des grains du Couscous après séchage, ce critère est en fonction des conditions de l'opération du roulage. L'analyse granulométrique permet de déterminer la granulométrie médiane des particules.

Les résultats de la granulométrie du couscous des différents pourcentages sont représentés dans le tableau suivant :

	1800 μm	1600 μm	1400 μm	1250 μm	1000 μm	900 μm	710 μm
0%	00	5	29	25	31	7	2
7%	00	7	22	23	33	11	3
12%	00	10	22	30	31	5	2
17%	00	6	23	22	34	12	3
22%	00	10	20	29	26	12	3

Tableau 19 : Granulométrie de couscous industriel avec différents taux des fines sèches.

Le couscous de blé dur de différent taux des fines sèches montre une granulométrie variant de 1600 μm à 710 μm la granulométrie variant de 1400 μm à 1000 μm est la plus important plus de 90%.

On remarque que la granulométrie des grains du couscous (moyen) à différents taux des fines sèches est conforme selon « SOPI » car le couscous est subi a un classement après passage par le planchister.

La granulométrie du couscous est un critère important d'évaluation de la qualité du couscous à l'état sec ; la régularité et l'homogénéité des particules sont des paramètres désirables par le consommateur.

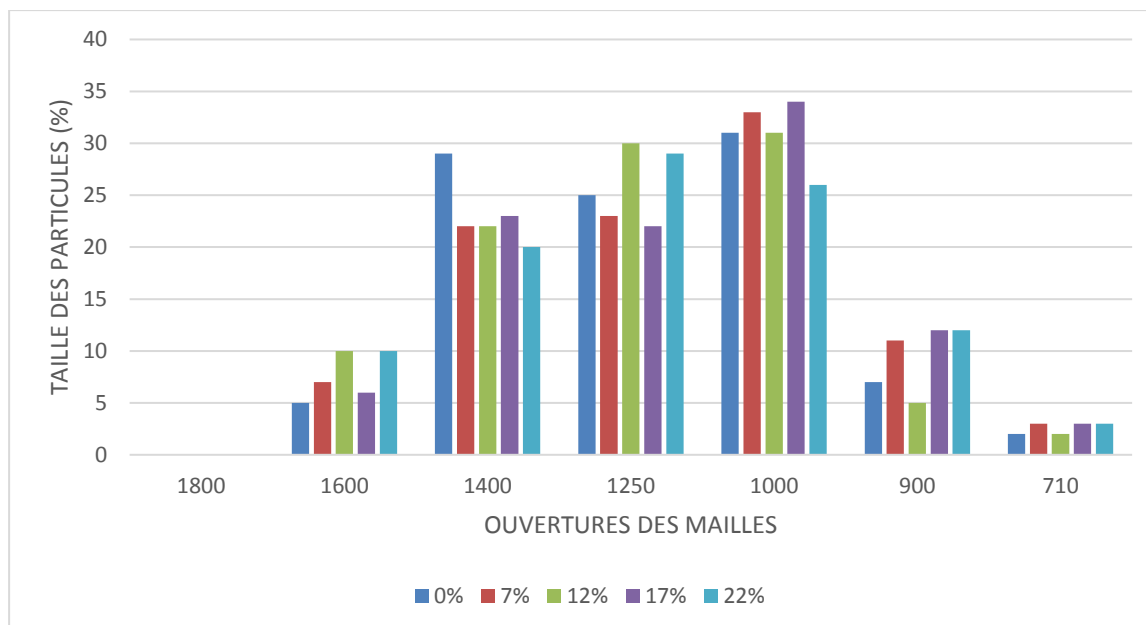


Figure 22 : Granulométrie de couscous + fines sèches en fonction des ouvertures des mailles.

2.5. Indice de couleur :

La couleur est le premier paramètre à évaluer sachant que l'observateur et le consommateur lui accorde une très grande importance car elle exprime la qualité et la fraîcheur du produit.

De ce fait la mesure des indices de coloration pour le couscous à base des différents taux des fines sèches est importante.

	0%	7%	12%	17%	22%	(L)
1 ^{er} essai	75.55	74.90	74.75	74.70	73.40	
2 ^{eme} essai	75.60	74.82	74.71	74.62	73.50	
Moyenne	75.57	74.86	74.73	74.66	73.45	

Tableau 20 : indice de clarté des mélanges couscous et fines sèches.

	0%	7%	12%	17%	22%	IJ (b)
1 ^{er} essai	46.40	46.60	46.99	47.00	47.03	
2 ^{eme} essai	46.45	46.62	46.95	46.99	47.02	
Moyenne	46.42	46.61	46.97	46.99	47.02	

Tableau 21: indice de jaune des mélanges couscous et fines sèches.

	0%	7%	12%	17%	22%	
1 ^{er} essai	24.25	25.1	25.25	25.3	26.6	IB(100-L)
2 ^{eme} essai	24.4	25.18	25.29	25.38	26.5	
Moyenne	24.43	25.14	25.27	25.34	26.55	

Tableau 22 : indice de brun des mélanges couscous et fines sèches.

Les résultats de L'indice de jaune (b), l'indice de brun (ib) montre une augmentation on fonction de l'incorporation des fines sèches car les fines sèches sont des particules caractérisé par une couleur jaune brun.dont la clartie va diminué avec le type de mélange .

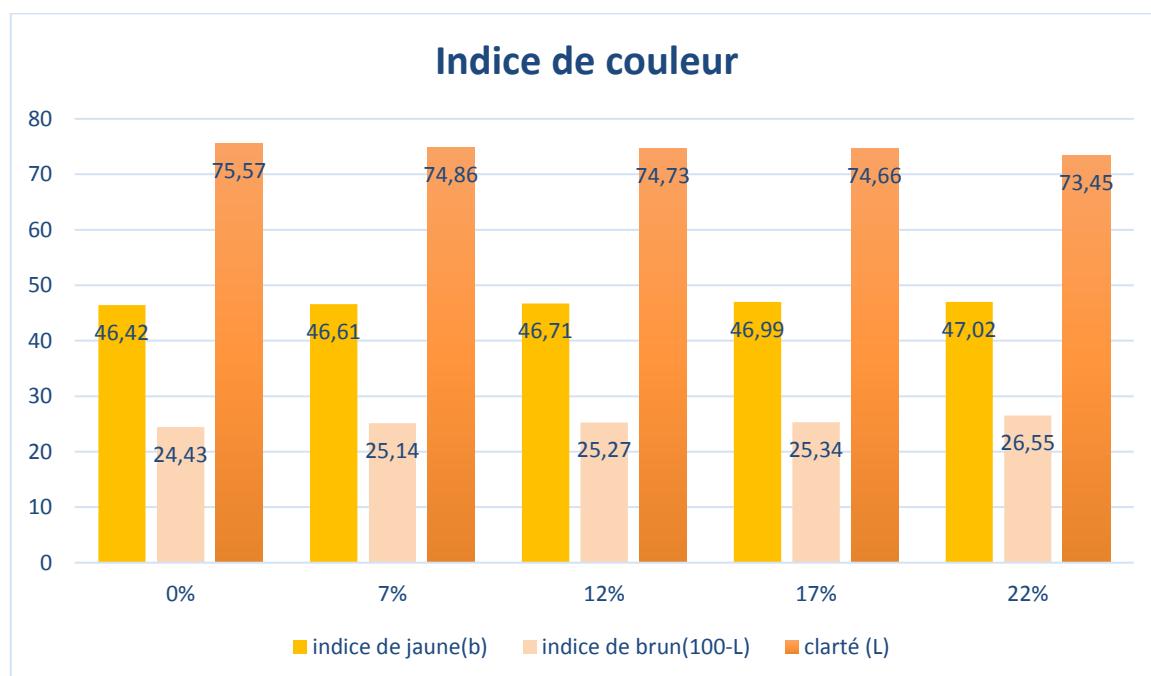


Figure 23 : indice de couleur du couscous selon le taux des fines sèches.

Analyses technologiques :

1.Gonflement :

L'indice de gonflement de couscous industriel à une température de 25 C ° est l'un des critères d'appréciation de la qualité culinaire du ce dernier, il est contrôlé pendant une demi-heure pour déterminer la capacité de gonflement du couscous.

Selon **Guezlane (1993)**, l'indice de gonflement dépend à la fois de la durée et les conditions d'application du traitement hydro-thermique.

L'étude de l'indice de gonflement du Couscous avec différents taux des fines sèches est représenté dans le tableau ci-dessus :

	0%	7%	12%	17%	22%
1 ^{er} essai	2.41	2.64	2.67	2.69	2.70
2 ^{eme} essai	2.43	2.63	2.68	2.69	2.72
Moyenne	2.42	2.63	2.67	2.69	2.71

Tableau 23 : indice de gonflement de couscous avec différents taux des fines sèches.

L'indice de gonflement du couscous des cinq échantillons analysés permet d'observer une augmentation après l'addition des fines sèches à la semoule.

Selon **Guezlane (1993)**, un « bon » couscous doit absorber environ deux fois son poids d'eau pendant la cuisson et conserve une certaine fermeté et viscoélasticité, et ses grains doivent rester bien individualisés sans se déliter, ni se coller entre eux.

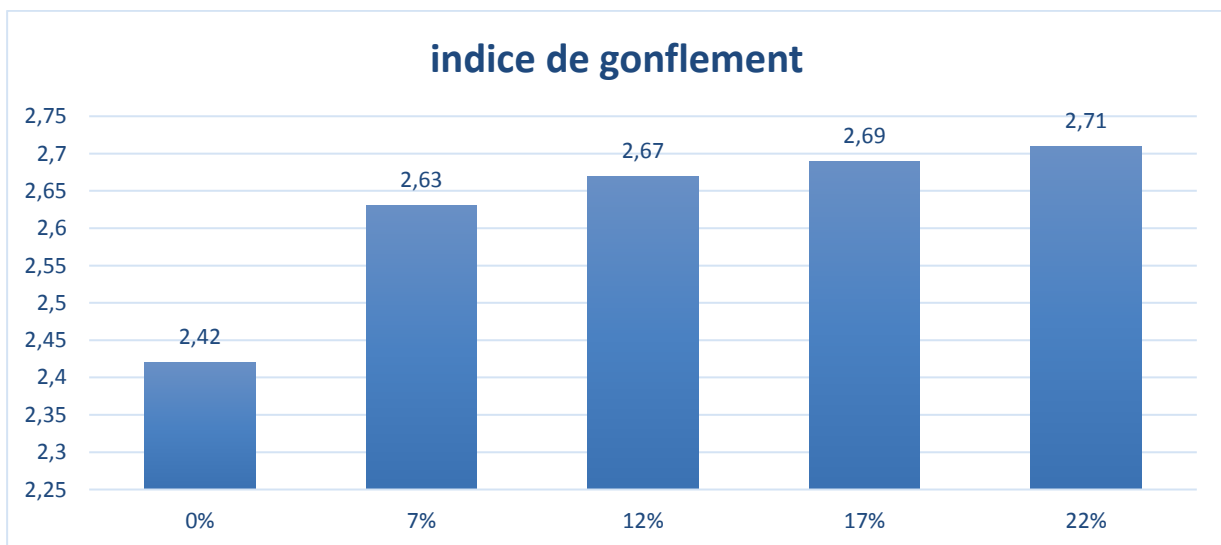


Figure 24 : indice de gonflement de couscous en fonction des différents taux des fines sèches.

2. Test de Cuisson :

Le test de cuisson est un critère important dans l'appréciation de la qualité culinaire du couscous en plus elle permet de confirmer que l'addition des fines sèches au couscous n'altère pas la qualité et permet d'améliorer la qualité du couscous grâce à une augmentation sensible de l'absorption de l'eau.

Les résultats de test de cuisson pour des différents Couscous sont regroupés dans le tableau 24 :

	0%	7%	12%	17%	22%
Temps de Cuisson	15min	15min	15min	15min	15min
Poids initiale	100g	100g	100g	100g	100g
Poids après 1^{er} évaporation(g)	140g	162g	171g	189g	206g
Poids final après 2^{ème} évaporation(g)	220g	243g	266g	281g	296g
Comportement lors de la réhydratation	Particules Uniforme non collantes, présentant un bon gonflement				
Granulométrie observée	Uniforme				

Tableau 24 : Le teste de cuisson de couscous avec différents taux des fines sèches

Selon les résultats de test de cuisson, le taux des fines sèches à un effet positive sur le paramètre de cuisson car il favorise une augmentation d'hydratation pendant la cuisson à la vapeur et selon Guezelane (1993), un bon couscous doit absorber deux fois son poids d'eau pendant la cuisson et conserve une certaine fermeté et viscoélasticité et ses grains doivent rester bien individualisés sans ne se déliter ni se coller entre eux.

Analyse Microbiologique :

Résultats des analyses microbiologiques effectuées sur le couscous :

Le tableau ci-dessus regroupe les résultats du contrôle microbiologique effectué sur les différents échantillons de couscous mélangés avec des différents taux des fines sèches.

Tableau : Résultats des analyses microbiologiques des différents échantillons de couscous +fines sèches.

		Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3	Echantillon 4	Echantillon 5
Norme Algérienne		≤ 100 germe / ml				
0%	CLOSTRIDIUM	absence	absence	absence	absence	absence
	MOISISURES	absence	absence	absence	absence	absence
7%	CLOSTRIDIUM	absence	absence	absence	absence	absence
	MOISISURES	absence	absence	absence	absence	absence
12%	CLOSTRIDIUM	absence	absence	absence	absence	absence
	MOISISURES	absence	absence	absence	absence	absence
17%	CLOSTRIDIUM	absence	absence	absence	absence	absence
	MOISISURES	absence	absence	absence	absence	absence
22%	CLOSTRIDIUM	absence	absence	absence	absence	absence
	MOISISURES	absence	absence	absence	absence	absence

Tableau 25 : Résultats des analyses microbiologiques des différents échantillons de couscous + fines sèches.

Les analyses microbiologiques effectuées révèlent que les échantillons analysés de couscous industriel incorporer avec des fines sèches ne contiennent pas de Moisissures et le Clostridium Sulfito-Réducteur, Par conséquent on peut dire que les produits analysés présentent une bonne qualité microbiologique.

CONCLUSION :

Au terme de cette étude qui, essentiellement a pour but d'étudier l'effet de l'incorporation des fines sèches sur la qualité du couscous produit par l'unité SOPI, nous avons peut apporter des réponses sur l'évolution et les aptitudes technologiques de ces produits.

Les analyses effectuées permettent de préciser la composition idéale du mélange répondant à la qualité exigée par le consommateur.

Le comportement et la variation de la granulométrie, plus de 80% présente au niveau des tamis 1400 à 1000 μ m.

L'indice de couleur, désigne un paramètre important sur l'effet du commerce du produit, en limitant et permet de destiné que le mélange avec 22 % des fines sèches préserve une bonne couleur du couscous avec $L=73.45$, $IJ= 47.02$, $IB= 26.55$

L'évaluation de l'indice de gonflement permet d'observé que l'augmentation des fines sèches conduit à l'augmentation de l'indice de gonflement de 2.42 pour 0% vers 2.71 pour 22%.

Le test de cuisson à montrer que les cinq échantillons permettent d'obtenir un bon gonflement avec un poids final après deux évaporations qui égale 220g a 0% vers 296g pour 22%. En plus on remarque que les particules du couscous ne se colle pas. C'est un indice de bon qualité culinaire.

Comme conclusion un mélange avec 22% des fines sèches permet d'obtenir une bonne qualité du couscous industriel tout en préservant sa commercialité.

Références bibliographiques

- [1]. **ABECASSIS J,(1991)**. La mouture du blé dur. In, les industries de première transformation des céréales. (in GODON B. et WILLM C.). Ed. Tec et Doc- Apria .362-393p.
- [2]. **AFNOR, 1991**. A Norme AFNOR NF-V03-707. Céréales et produits céréaliers: détermination de la teneur en eau. Méthode de référence pratique (juin 1989), pp: 8-12. In « Recueil de normes AFNOR contrôle de la qualité des produits alimentaires céréales et produits céréaliers». 3ème édition, Paris, 360 pages.
- [3]. **AIT-SLIMANE S , (2008)**. Contribution à l'étude de l'interaction génotype x milieu, pour la qualité technologiques chez le blé dur en Algérie. Thèse de doctorat Option: Biologie végétale et Amélioration des Plantes, Université de Annaba. 151 p
- [4]. **ANONYME, 2001**. La mesure de qualité du couscous. Agro ligne, vol.16.P :32-35.
- [5]. **APFELBAU M., APERTMULER L., FORAT G., BEGON M., et NILLUS P., (1981)**. Dictionnaire pratique de diététique et de nutrition. E
- [6]. **BARKOUTLA**, Agglomération humide de poudres à réactivité de surface, Approche mécanistique de la morphogénèse de structures alimentaires agglomérées, Thèse de docteur de l'université Montpellier, 2012, 185 p.
- [7]. **BENBELKACEM.A, BRINIS.L, SADLI.F**, La recherche pour la qualité des blés durs en Algérie. (Options Méditerranéennes CIHEAM, Série A, Séminaires Méditerranéen, 1995, p 61-65.
- [8]. **BORNET.F**, Technologies des amidon, digestibilité et effets métabolique, ed : Nut, Diét 1993, 1620 p. [42] KIGER J.L, KIGER J.G, Techniques modernes de biscuiterie, pâtisserie, boulangerie
- [9]. **Boucheham N., 2009** : Aptitude technologique de trois formules à base de riz pour la fabrication de couscous sans gluten, Thèse de Magister. INATAA.
- [10]. **Boudreau, A., Ménard, G. (1992)**. Le blé : éléments fondamentaux et transformation. Dominique, J., (Québec) Canada, 339p.

Références bibliographiques

- [11]. **BOUDREAU.A, MENARD.G**, Le blé. Eléments fondamentaux et transformation ». Coordonnateurs, ed : Les presses de l'Université Laval, Canada, 1992, 439 p.
- [12]. **BOUKLI LEILA**, histoire de couscous le plat partage Alger 2002
- [13]. **CODEX ALIMENTARIUS**. Norme codex 202-1995. Norme codex pour le couscous. P ; 1-3.
- [14]. **CODEX ALIMENTARUS.**, (2007). Commission du Codex Alimentarius et le programme FAO et OMS sur les normes alimentaires : Céréales, légumes secs, légumineuses et matières protéiques végétales, norme codex pour la semoule et la farine de blé dur. Codex stan 178-1991 (rév. 1-1995).65 p
- [15]. **DAGHER S.M., 1991**. Traditional food in the Near East, FAO, food and nutrition paper 50, Rome, 161 pages.
- [16]. **DAGHER S.M., 1991**. Traditional food in the Near East, FAO, food and nutrition paper 50, Rome, 161 pages.
- [17]. **DEROUICHE M. (2003)**. Couscous – Enquête de consommation dans l'est algérien, fabrication traditionnelle et qualité. Thèse de Magister. DNATAA. Université de constantine.125 pages....
- [18]. **DEROUICHE M. (2003)**. Couscous – Enquête de consommation dans l'est algérien, fabrication traditionnelle et qualité. Thèse de Magister. DNATAA. Université de constantine.
- [19]. **DJENDER Z, MERABTIA ,et ZAGHOUANE O, 2004** : Procédé traditionnel et coût de fabrication du couscous et de la galette de blé dur dans l'exploitation ITGC, Ed, IFAD p.33
- [20]. **DOUMANDJI.A, DOUMANDJIL.B, DOUMANDJIL.S,** Technologie de transformation de blé et problèmes dus aux stocks, ed: office des publications universitaires. Alger. 2003,
- [21]. **FEILLET P. (2000)**. Le grain de blé, composition et utilisation, INRA, Paris.

Références bibliographiques

- [22]. **GODON B., et LOISEL W., 1997** : Guide pratique d'analyses dans les industries des céréales. Techniques et documentation. Ed. Lavoisier, Paris, p : 749.
- [23]. **GODON.B, WILLM.C,** Les industries de première transformation des céréales. .ed : tec et doc Lavoisier. 1998, 656
- [24]. **GUARDA G., PADOVAN S. et DELOGUE G., 2004.** Grain yield, nitrogen-use efficiency And baking quality of old and modern Italian bread-wheat cultivars grown at different nitrogen levels. Eur. J. Agron. Vol 2
- [25]. **GUEZLANE L., 1993** : Mise au point de méthodes de caractérisation et d'étude des modifications physico-chimiques sous l'effet des traitements hydro thermiques en vue d'optimiser la qualité du couscous de blé dur. Thèse Doctorat, Ina, Al Harrach, p. 34.
- [26]. industriels et artisanaux et effet d'adjonction de la matière grasse durant la cuisson.
- [27]. **JINTET.R, CROGUENNEC.T, SCHUCK.P, BRULE.G,** science des aliments, ed : tec et doc Lavoisier Paris, 2007, 383 p.
- [28]. **KAUP S.M. et Walker C.E,1986:** Couscous in North Africa. Cérééal Foods World.Vol. 31.
- [29]. **KELLOU.R,** Analyse du marché algérien du blé dur et les opportunités d'exportation pour les céréaliers français dans le cadre du pole de compétitivité qualité-méditerranéen le cas coopérative sud céréales, groupe coopératif accitan et Auecoop, Thèse de master en science IAAMM .université de Montpellier, 2008, 160 p
- [30]. **KIGER J.L, KIGER J.G,** Techniques modernes de biscuiterie, pâtisserie, boulangerie industrielle et artisanale et les produits de régime, ed : DUNO, Paris.1967, 676 p.
- [31]. **MADANI.M,** qualité technologique de quelques céréales (blé tendre, blé dur, orge et triticale) C/S du laboratoire de technologie de l'ITGC, 2009, 20 p.
- [32]. Magister en Sciences Alimentaires, option de Technologies Alimentaires I.N.A.T.A.A.
- [33]. **MEZROUA LYAMINE 2011** étude de la qualité culinaire de quelques couscous

Références bibliographiques

- [34]. **PAUL.C**, Céréales et alimentation : une approche globale Agriculture Environnement Alimentation et Céréales, ed: INRA, 2007, p 1-4
- [35]. **PETITOT M. (2009)**. Pâtes alimentaires enrichies en légumineuse. Structuration des constituants au cours du procédé : impact sur la qualité culinaire et les propriétés nutritionnelles des pâtes. Thèse de doctorat en sciences agronomiques de Montpellier. P246
- [36]. **VIRLING.E**, Aliment et boisson, Filières et produits, 2^{ème} Edition Dion, 2003, 270.
- [37]. **BORNET.F**, Technologies des amidon, digestibilité et effets métabolique, ed:1993, 1620 p

ANNEXE 1 : Présentation de lieu d'expérimentation le complexe SOPI

Le présent travail a été effectué à l'unité SOPI, C'est une Société des pâtes Industrielles qui est une unité de production de semoules, farine, couscous et pâtes alimentaires (le stage pratique s'achevait dans 2 mois)

Le complexe SOPI est constitué de cinq blocs indépendants :

- ❖ Le laboratoire
- ❖ La partie administrative
- ❖ Les lignes de production de pâtes alimentaires et de couscous
- ❖ Le moulin
- ❖ Un bloc où s'effectue le traitement des eaux.

Situation géographique et activité d'unité :

La société SOPI est située au niveau du lot N° 13. Route de Boufarik – Guerrouaou (Blida) et occupe une superficie de 16000 m². Elle a débuté son activité à partir de Juillet 2001. L'activité de l'unité consiste à transformer le blé dur et le blé tendre pour l'obtention des semoules et de la farine avec une capacité de production de 300 tonnes / jour pour la semoulerie et 400 tonnes / jour pour la minoterie. En ce qui concerne les pâtes et le couscous, SOPI dispose d'une ligne de production des pâtes courtes de capacité 1500 kg / heure, d'une ligne de pâtes longues de capacité 1500 kg / heure et de deux lignes de couscous de capacité de production 1500 kg / heure et 1800 kg / heure.

Les produits fabriqués sont donc :

- Les semoules : semoule supérieure grosse, semoule supérieure moyenne et semoule super sassée fine.
- Farine : farine supérieure et farine panifiable.
- Couscous : couscous gros, couscous moyen et couscous fin.

ANNEXE 2 : Appareillage utilisés



Figure 1 : Balance mono plateau



figure 2 : Tamiseur



Figure 3 : Minolta pour indice de couleur



Figure 4 : Balance Analytique



Figure 5 : Le Couscoussier



Figure 6 : plaque chauffante