

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

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

UNIVERSITE 8 MAI 1945 GUELMA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES DE LA TERRE ET DE
L'UNIVERS
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Mémoire de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Biologie

Spécialité : Qualité des produits et sécurité alimentaire

Thème : Evaluation de la qualité de trois types de couscous AMOR BENAMOR

Présenté par :

- ❖ SEGHAIRIA Wafa
- ❖ SEHILI Sarra

Membres de jury :

Président : M ^f . DJEKOUN Mohamed	(M.C.B)	Université de Guelma.
Examineur : M ^f . BAALI Salim	(M.A.B)	Université de Guelma.
Encadreur : M ^{elle} . DERBAL Nora	(M.A.A)	Université de Guelma.

Juin 2015

Dédicace

A mon père.

A ma mère.

Aucune dédicace ne saurait mieux exprimer mon affection, ma reconnaissance, ma gratitude et mon respect les plus profonds.

A mon frère Liamine, son épouse Zahra et leur petit ange Asser.

A mes frères Mohamed et Karim.

A ma sœur Farida et son époux Boudjemaa ainsi que leurs enfants:

Aymen, Ines et Louay.

A ma sœur Amel et son époux Tahar et leur petite ange Chiraz.

Je tiens à vous dire merci pour votre soutien et votre amour fraternel.

A tous ceux qui me sont chers.

A tous mes amis.

Sarra



Dédicace

Je dédie cette thèse à :

A Ma Chère mère :

Chère mère j'avoue vraiment que tu été pour moi la lumière qui me guide mes routes et qui m'emmène aux chemins de la réussite.

A Mon Cher Père :

Cher père je me rappelle toujours de tous les moments où tu m'a poussé à travailler et à réussir.

A Mon Mari Mehdi :

Aucun mot ne saurait exprimer mon profond attachement et ma reconnaissance pour l'amour, la tendresse et la gentillesse dont tu m'as toujours entouré. Cher mari j'aimerais bien que tu trouve dans ce travail l'expression de mes sentiments de reconnaissance les plus sincères car grâce à ton aide et à ta patience avec moi que ce travail a pu voir le jour... Que dieu le tout puissant nous accorde un avenir meilleur.

A mon cher frère Bilal et mes sœurs Asma, Yassamine, Hiba

Pour chacune de la famille: Seghairia, Fetatnia, Abdaoui

Wafa



REMERCIEMENTS

Tout d'abord, louange à « ALLAH » qui nous a guidés sur le chemin Droit tout au long de notre travail et nous a inspiré les bons pas et les justes réflexes. Sans sa miséricorde, ce travail n'aurait pas abouti.

Nos vifs remerciements vont également à tout le groupe des AMOR BENAMOR (chef de laboratoire Madame Khalarasse A, et surtout Slimani Z, Bakhouche L, Bouchareb K) qui nous ont fourni gracieusement du matériel d'analyse pour mener à bien nos expérimentations sur les paramètres physico-chimique et technologique.

Nos vifs remerciements à notre chère amie Mademoiselle : SAADANE N Pour ses aides pour réaliser ce modeste travail.

Nous tenons par la suite à adresser nos plus vifs remerciements à tous ceux qui ont aidé de près ou de loin à l'élaboration de cet ouvrage, et plus particulièrement notre encadreur : Madame DERBAL Nora, pour avoir toujours cru en nous, avoir su nous motiver et nous prodiguer les bons conseils.

Enfin, nous n'oublions pas nos chers professeurs qui nous ont transmis leur savoir pendant toutes ces années d'études à la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie ainsi que nos camarades de promotion.



Sommaire

	page
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction générale	2
Partie 1 : CONTEXTE BIBLIOGRAPHIQUE	
Chapitre I : Généralités	
1.1 Couscous	6
1.1.1 Définition du couscous	6
1.1.2 Etymologie du mot couscous	6
1.1.3 Composition du couscous	6
1.1.4 Place du couscous dans le régime alimentaire	7
1.1.5 Types de couscous consommés	8
1.2 Processus de fabrication du couscous	9
1.2.1 Matière première : la semoule de blé dur	9
1.2.1.1 Définition et propriétés physicochimiques	9
1.2.1.2 Les types de semoule de blé dur	10
1.2.1.2 Qualité de semoule destinée à la fabrication de couscous	11
1.2.1.3 Influence variétale des matières premières sur la qualité de couscous	12
1.2.2 Fabrication du couscous	13
1.2.2.1 Fabrication du couscous artisanal	13
1.2.2.2 Fabrication du couscous industriel	15
1.3 Qualité du couscous	17
1.3.1 Notion de qualité	17
1.3.1.1 Qualité nutritionnelle	17
1.3.1.2 Qualité hygiénique	17
1.3.1.3 Qualité organoleptique	17
1.3.1.4 Qualité culinaire	19
1.3.2 Influence des conditions de fabrication du couscous	20
1.3.2.1 Effet du procédé	20
1.3.2.2 Effet des conditions mécaniques et hydrothermiques	20
1.3.2.3 Effet de séchage	21
Partie 2 : EXPERIMENTATION PRATIQUE	
Chapitre II : Matériel et méthodes	
2.1 Site de l'expérimentation	24

2.2 Echantillonnage	24
2.3 Appréciation de la qualité du couscous sec et la semoule (3SE)	24
2.3.1 Analyses technologiques	24
2.3.1.1 Granulométrie	24
2.3.1.1.1 Principe	24
2.3.1.1.2 Appareillage	24
2.3.1.1.3 Mode opératoire	25
2.3.1.2 Indic de gonflement	25
2.3.1.2.1 Objet	25
2.3.1.2.2 Appareillage	25
2.3.1.2.3 Mode opératoire	25
2.3.1.2.4 Expression des résultats	26
2.3.1.3 Colorimétrie	26
2.3.1.3.1 Principe	26
2.3.1.3.2 Appareillage	26
2.3.1.3.3 Mode opératoire	26
2.3.2 Analyses physico-chimiques	27
2.3.2.1 Humidité	27
2.3.2.1.1 Principe	27
2.3.2.1.2 Appareillage	27
2.3.2.1.3 Mode Opératoire	27
2.3.2.2 La teneur en cendres	27
2.3.2.2.1 Principe	27
2.3.2.2.2 Appareillage	27
2.3.2.2.3 Mode opératoire	28
2.3.2.2.4 Expression des résultats	28
2.3.2.3 Indice de gluten	29
2.3.2.3.1 Principe	29
2.3.2.3.2 Appareillage	29
2.3.2.3.3 Mode opératoire	30
2.3.2.3.4 Expression des résultats	31
2.3.3 Appréciation de la qualité culinaire du couscous	31
2.3.3.1 Principe	32
2.3.3.2 Appareillage	32
2.3.3.3 Mode opératoire	32
Chapitre III : Résultats et discussion	

3.1 Les normes utilisées pour la comparaison avec les résultats	35
3.2 Caractérisation physico-chimique et technologique de la matière première (semoule 3SE)	37
3.2.1 Granulométrie de la matière première	37
3.2.2. Composition biochimique	37
3.3 Caractérisation technologique et physico-chimique des échantillons du couscous sec	39
3.3.1 Analyses technologiques	39
3.3.1.1 Granulométrie	39
3.3.1.2 Indice de gonflement	40
3.3.1.2 Colorimétrie	41
3.3.2 Analyses physico-chimiques	42
3.3.2.1 Humidité	42
3.3.2.2 Teneur en cendres	42
3.3.3 Appréciation de la qualité culinaire du couscous	42
3.3.3.1 Temps de cuisson	42
3.3.3.2 Analyses sensorielles	43
Conclusion générale	46
Références bibliographique	I, II, III, IV, V
Annexes	A, B, C, D
Résumé	

Introduction

Les pâtes alimentaires sont consommées et fabriquées un peu partout dans le monde entier. Comparativement aux pâtes alimentaires sèches la capacité de production industrielle du couscous dans le Maghreb est de 250.000 tonnes principalement concentrée en Algérie (70.000 t.an), Tunisie (80,000 t.an), Maroc (env.80-90.000 t.an) et Mauritanie (env.9-10.000 t.an) (Juge, 2004); mais dès le 17^{ème} siècle il s'est répandu à travers l'Europe. De nos jours, en France, il est considéré comme le deuxième plat le plus populaire et consommé dans ses différents modes de préparation (Rabany, 2010).

Le couscous vient en tête des pâtes consommées par la famille algérienne (Derouiche, 2003). L'enquête de Yousfi (2002) sur l'Est algérien a révélé une consommation moyenne du couscous fin de l'ordre de 9.21 kg/an/hab. Une autre enquête réalisée dans la wilaya de Constantine a montré que le couscous est préparé au moins une fois par semaine par 57% des ménages enquêtés (Benlacheheb, 2008).

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).

En comparaison avec les autres pâtes alimentaires, il existe seulement très peu d'études sur le procédé et les mécanismes physico-chimiques impliqués dans la qualité de couscous (Kaup et Walker, 1986; Guezlane *et al.*, 1986; Dick et Matsuo, 1988; Quaglia, 1988; Guezlane et Abecassis, 1991; Guezlane, 1993; Debbouz *et al.*, 1994; Debbouz et Donnelly, 1996; Yettou 1998; Tigroudja et Bendjoudiouadda, 1998; Idir, 2000; Yousfi, 2002; Angar et Belhouchet, 2002; Derouiche, 2003; Dahoun –Lefkir, 2005; Ounane *et al.*, 2006) ; (Mazroua, 2011).

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).

Un couscous est considéré de bonne qualité lorsque la taille de ses particules est uniforme et lorsqu'il ne présente pas d'odeurs inhabituelles. Après cuisson, il doit être ferme et non collant (Aboubakar et Hamaker, 2000), avec une grande capacité d'absorption d'eau, et doit avoir un bon rendement (Aboubakar and Hamaker, 1999).

La qualité du couscous dépend des matières premières utilisées et leur composition biochimique de la taille des particules de semoule ainsi que du processus de fabrication (Guezlane, 1993; Debbouz *et al.*, 1994; Debbouz and Donnelly, 1996 Hebrard *et al.*, 2003).

A ce propos, deux problèmes demeurent posés:

- La méconnaissance des paramètres de qualité technologique du couscous.
- Le peu d'études concernant le couscous et sa qualité.

Les objectifs de notre étude sont:

- Définir les paramètres de la qualité du couscous industriel.
- Etudier et évaluer la qualité du couscous industriel à partir d'une collection de trois échantillons représentant trois types de granulométrie (fine, moyenne et gros).
- Réaliser des tests technologiques et culinaires.

A cet effet, pour notre travail nous avons adopté le plan suivant qui comprend:

- Une première partie relative à l'étude bibliographique du couscous et du processus de fabrication et sa qualité, une deuxième partie présentant le matériel et les méthodes utilisés, la troisième partie présente les résultats statistiques obtenus et leur discussion.
- Le mémoire est achevé, par une conclusion et des perspectives.

1. Généralités

1.1 Le couscous

1.1.1 Définition du couscous

Il n'existe pas de définition spécifique du couscous dans la réglementation, celui-ci est simplement apparenté à la famille des produits issus du blé dur tels que; les pâtes alimentaires (Guezlane *et al.*, 1998).

Le couscous 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 (Guezlane *et al.*, 1986). 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).

Le terme générique de couscous englobe deux produits dérivés :

- Le couscous humide, tel qu'il est de l'agglomération de quelques grains de semoule de blé dur par procédé industriel ou artisanal et que l'en emploie tel quel.
- Le couscous sec, résultant des mêmes procédés de fabrication mais qui a subi un séchage avant son utilisation (Guezlane *et al.*, 1986).

1.1.2 Etymologie du mot couscous

L'origine du mot couscous est moins sûre. Il vient de l'arabe kouskous et du berbère k'seksu, il pourrait issu également d'un terme arabe kaskasa, qui signifie piler ou d'un autre qui désigne la bequée de l'oiseau à ses petits (Anonyme, 2001). Egalement, 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).

1.1.3 Composition du 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 (Tableau 01).

Tableau 01: Composition globale de 100 g de couscous sec (FAO, 1996).

Composition	Valeur (g)
Humidité	13,2
Protéines	12,0
Lipides	1,1
Cendres	1,2
Glucides	75,5

L'apport protéique est important, il est de 12 g/100 g (ms) selon Dagher (1991) et 13,2 % (MH) selon Autret (1978), mais avec un déficit en lysine qui constitue le facteur limitant dans la composition du couscous.

La teneur en lipides dans le couscous est relativement faible, elle est de l'ordre de 1,1g/100g et n'a pas d'intérêt nutritionnel élevé (Dagher, 1991).

Le couscous est une source non négligeable des sels minéraux, la teneur en cendres est de 1,2g (Dagher, 1991). Cette dernière est fortement dépendante du taux d'extraction de la semoule et du mode de fabrication.

Le couscous fournit une part importante de l'apport énergétique de la ration vue sa richesse en glucides qui représente environ 75g /100g (Dagher, 1991).

La valeur énergétique apportée par le couscous est importante. Le couscous peut assurer 350 kcal pour 100 g de MS. Il faut rappeler aussi que le couscous n'est jamais consommé nature, on y ajoute le plus souvent des matières grasses, viandes, lait, etc. (Dagher, 1991).

1.1.4 Place du couscous dans le régime alimentaire

Le couscous est quelque chose de mystérieux par suite de la variété de ses préparations et de ses présentations (Moreau et Ardry, 1942).

Malgré la richesse de la cuisine Algérienne en différentes préparations à base de semoule, le couscous demeure le plat le plus consommé et le plus apprécié. En effet, la consommation du couscous remonte dans l'histoire des Algériens depuis des millénaires. IbnKhaldoun qui a vécu au XIVème siècle disait les berbères d'Afrique du Nord qu'ils se rasant la tête, mangent le couscous et portent le burnous (Ben salah, 2000).

Le plat traditionnel varie selon les régions et peut comprendre des légumes, de la viande ou du poisson. Les préparations sucrées sont aussi très appréciées. Au début des années 90, on assiste à un développement important, des salades fraîches à base de grains de couscous et des couscous dits (aromatisés), le fameux (salade de couscous) est devenu un plat très populaire (Rabany, 2010).

Le couscous est un produit industriel non seulement au Maghreb dont il est originaire et en France qui l'a adopté mais également dans d'autres pays d'Europe du sud, en Amérique du nord et en Afrique (Rabany, 2010).

Le plat couscous est le deuxième plat consommé en France, après le steak-frites, dont la consommation traditionnelle du couscous reste aujourd'hui le mode principale de consommation, nous pouvons l'estimer à environ la moitié de la consommation total. Dans les autres pays européens, la consommation du couscous est surtout le fait des communautés magrébines immigrées. A l'inverse, les marchés anglais et polonais sont dominés par une consommation dite (moderne) du couscous (accompagnement, taboulés) (Franconie *et al.*, 2010).

1.1.5 Types de couscous consommé

Dans les pays du Maghreb, le couscous le plus courant est sous forme de petits grains fabriqués à base de blé dur cependant, d'autres variantes existent telles que le couscous à gros grain à base de blé dur "*Aïch*" ou "*M'hammes*", le couscous à base de blé ferment "*Machroub*" appelé "*Meziet*" dans des Constantinois et le couscous à base d'orge dénommé "*maghlout*". En Tunisie, cette même dénomination décrit le *couscous farina* qui est fabriqué à base de blé tendre (*Triticum aestivum*) (Kaup et Walker, 1986).

Dans la région de touggourt, plusieurs types de couscous sont préparés tels que : le couscous fin, la Marchouma, El Habbet et Berkoukache (Abimouloud et Debba , 2009).

Le couscous de maïs, de sorgho, de mil ou fonio sont des aliments traditionnels de plusieurs pays de l'Afrique de l'Ouest, d'Amérique centrale et de l'Est (Galiba *et al.*, 1988; N'dir et Gning, 1989). Leur fabrication ressemble à celle du couscous de blé dur du Nord Africain sur certains points (Aluka *et al.*, 1985).

1.2 Processus de fabrication du couscous

1.2.1 Matière première : la semoule de blé dur

1.2.1.1 Définition et propriétés physico-chimiques

La semoule est définie par le Codex Alimentarius 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 (Codex standard 178, 1991).

La composition chimique de la semoule est étroitement liée à celle de blé dur et au diagramme de mouture (nombre de passages d'extraction) (Tableau 2).

Généralement, la semoule contient 80% de glucides, 78% sous forme d'amidon (amylose et amylopectine) et 2% sous forme de sucres réducteurs. Elle est, également, composée de 10 à 16.5 % de protéines dont 80 à 85% sont des protéines de réserve. Les pentosanes sont présentés 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 (Christèle-Icard, 2000).

La teneur en eau de la semoule est de l'ordre de 14.5 % et peut varier légèrement selon l'origine de la semoule (transport, stockage, etc.) et le mode de conditionnement (Codex standard 178, 1991).

Tableau 02: Les caractéristiques physiques et nutritionnelles pour (100 g) de semoule
(Anonyme, 2011).

Critères	Moyenne pour 100 g
Humidité Max	15.5 %
Protéines	10,7g
Glucides	72,4g
Lipides	0,85g
Cendre	0,88g
Valeur énergétique	340kcal / 1446kJ
Granulométrie	> 500 µm: 0-2% > 390µm: 21-27 % > 280 µm: 27- 37% > 200µm: 8-14% > 112µm: 16-26% < 112µm: 10-14%

1.2.1.2 Types de semoule de blé dur

On distingue, selon la granulométrie, différentes catégories de semoule dont chacune est obtenue par une succession de plusieurs broyages. Ces différents types de semoule sont présentées dans le tableau 03 (Feillet, 2000).

➤ **Semoule supérieur « dite SSSE »**

Elle provient de la partie centrale de l'amande du grain de blé dur ayant un faible taux de matière minérale. Elle sert à fabriquer les pâtes alimentaires dites supérieures (Apfelbaum et *al.*, 1981).

➤ **La semoule courante « dite SSSF »**

Elle contient plus de partie périphérique et ayant un plus fort taux de matières minérales. Elle sert à faire les pâtes dites courantes (Apfelbaum et *al.*, 1981).

Tableau 03: Classification de la semoule de blé dur (Feillet, 2000), et leur taux de cendres (Jeantet et *al.*, 2007).

Catégorie	Etendue granulométrique (µm)	Utilisation	Taux de cendres
SSSE	180-500	Pâtes alimentaires de qualité supérieure.	Taux de cendres Maximum 0,80 % (pourcentage ramené à la matière sèche)
SSSF	140-250	Pâtes alimentaires de qualité courante.	Taux de cendres Maximum 1,30 % (pourcentage ramené à la matière sèche)

1.2.1.3 Qualité de semoule destinée à la fabrication du couscous

La qualité des semoules utilisées n'est guère différente de celle requise pour fabriquer des pâtes alimentaires, si ce n'est une granulométrie souvent plus élevée (Abecassis, 1991; Feillet, 2000).

Le couscous industriel est préparé à partir d'un mélange d'un tiers de grosse semoule (630 à 800 micromètres) et deux tiers de fines semoule (250 à 630 micromètre) (Boudreau et *al.*, 1992). Dans les recommandations du Codex Alimentarius (FAO, 1996), la semoule utilisée pour la fabrication du couscous doit être soit un mélange de 20 à 30% de semoule fine (130 à 183 micromètres) et 70 à 80% de semoule grosse (475 à 700 micromètres) ou une semoule dite « grosse moyenne » dont le grain a un diamètre compris entre 183 et 700 micromètres.

Une enquête de Derouiche (2003) montre que les ménagères algériennes choisissent leur semoule selon trois critères principaux: la couleur, la granulométrie et la pureté. La plupart des ménagères préfèrent l'utilisation d'un mélange de semoule moyenne et farine de blé dur pour la préparation du couscous avec un rapport supérieur ou égale à 1 (Yousfi, 2002).

Selon Boudreau *et al.* (1992), la valeur couscoussière d'une semoule se caractérise par une teneur élevée en protéines (13.5% sur base humide). Ce qui est exprimé peut-être chez les ménagères par la couleur jaune et la pureté de la semoule (Yousfi, 2002; Derouiche, 2003),

sachant que plus un blé ou une semoule, contient de protéines, plus la quantité de pigments jaunes est élevée (Trentesaux, 1993).

1.2.1.4 Influence variétal des matières premières sur la qualité de couscous

La dureté, la teneur en protéines, en gluten et la granulométrie des grains de semoule jouent un rôle important dans la qualité du couscous (Elias, 1993).

L'aspect collant du couscous est fortement corrélé à la quantité des composants solubles de l'amidon et leur degré de ramification. Ces composants doivent être le produit d'une dégradation enzymatique de l'amylopectine native lors de la fabrication du couscous (Aboubakar et Hamaker, 2000).

Les lipides qui sont des composés mineurs de la semoule ont cependant un effet important sur la qualité du couscous. La fabrication d'un couscous à partir des semoules delipidées entraîne d'une part l'altération de la couleur et la diminution du rendement en couscous et d'autre part l'augmentation du collant, de la délitescence et de la capacité d'hydratation (Ounane *et al.*, 2006).

Le degré de purification des semoules, apprécié par la teneur en matières minérales, exerce un effet prononcé sur le brunissement des pâtes alimentaires: plus la semoule est contaminé par les parties périphériques du grain, plus les pâtes correspondantes sont brunes et ternes (Feillet *et al.*, 2000).

En plus de l'influence de la composition des matières premières sur les propriétés technologiques et culinaires de leurs dérivés (couscous et pâtes alimentaires), ces qualités dépendent aussi de la granulométrie des semoules. En effet, on observe que les couscous fabriqués à partir des semoules fines ont un meilleur aspect, les grains obtenus étant plus uniformément lisses et ronds (Aluka *et al.*, 1985).

L'effet de la granulométrie des matières premières s'observe également sur la taille des grains de couscous. Le couscous artisanal fin est obtenu à partir des semoules de granulométrie médiane élevée. Les semoules fines et les semoules moyennes à taux élevé d'hydratation donnent par contre des couscous de granulométrie élevée (Tigroudja et Bendjoudi ouadda, 1999 cités par Yousfi, 2002).

1.2.2 Fabrication de couscous

La fabrication du couscous est une activité ancienne en Algérie. Elle est caractérisée par une production artisanale non négligeable (Yousfi, 2002). En effet, le ménage rural algérien, tient à préparer lui-même son couscous. Cependant, dans les grandes villes et dans les foyers où la femme travaille, le couscous industriel est de plus en plus consommé.

1.2.2.1 La fabrication artisanale

La fabrication traditionnelle du couscous demeure globalement identique utilisant la même matière première: le grain de couscous est fait à partir de la semoule, de l'eau et du sel. Cette méthode exige l'emploi d'une main d'œuvre importante, c'est un groupe de femmes qui se rassemblaient et fabriquaient pendant plusieurs jours les quantités nécessaires à leur besoin annuel (Figure 01).

Le couscous artisanal a été fabriqué au mois de mai, selon un protocole traditionnel courant dans la région de Biskra. La fabrication des couscous a été réalisée hors laboratoire, à la maison dans une chambre propre et bien aérée à température de 25°C par une praticienne expérimentée qui a travaillé dans les conditions habituelles avec le matériel couramment utilisé (Mazroua, 2011). Le couscous artisanal est fabriqué selon le diagramme illustré dans la figure 02.



Figure 01 : Préparation traditionnelle du couscous [1].

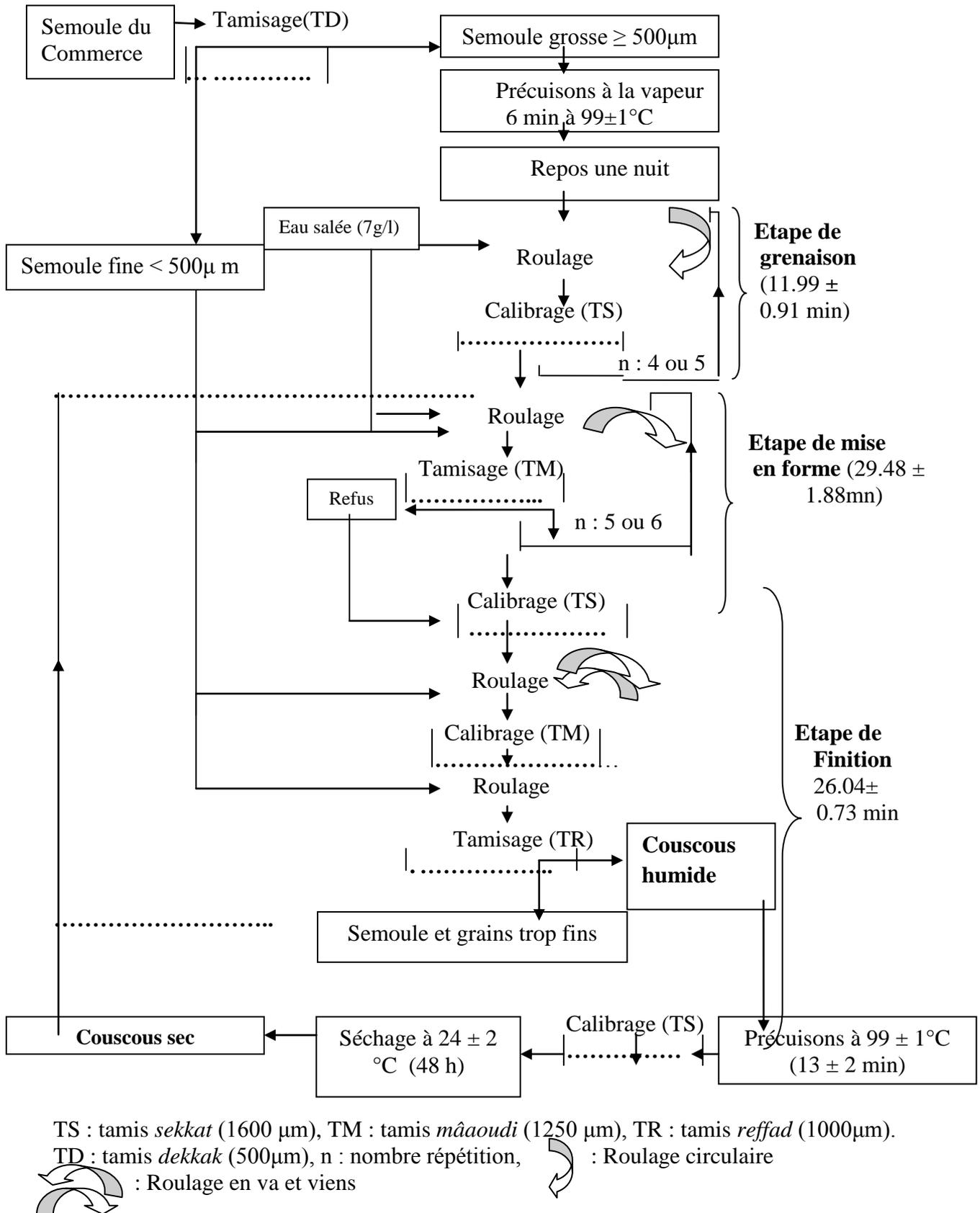


Figure 02: Diagramme traditionnel adopté pour la fabrication du couscous (Boucheham, 2009).

1.2.2.2 la fabrication industrielle

La technologie de fabrication industrielle est inspirée des techniques traditionnelles.

Dans l'industrie, le couscous est fabriqué avec des machines pour être vendu en grandes quantités dans les supermarchés comme toutes les autres pâtes alimentaires. La préparation industrielle du couscous est la transposition sur une vaste échelle des méthodes artisanales. Dont sa fabrication est représentée dans le diagramme illustré dans la figure 03 (Guezlane *et al.*, 1986).

Le couscous industriel est un produit précuit à la vapeur dont l'amidon est gélatinisé. Son hydratation, rapide, avant consommation lui confère la texture recherchée (consistance ad hoc, facilité de mastication, produit fondant dans la bouche) sans qu'il se délite ou s'agglomère. Le couscous artisanal est plus apprécié des populations du Maghreb que celui fabriqué par l'industrie (Guezlane *et al.*, 1986). Les principales différences et similitudes entre ces deux familles de produits sont les suivantes :

- Une plus grande homogénéité en taille et une surface plus lisse et plus uniforme, avec une prédominance des formes ovales et rondes, des grains de couscous artisanal, alors que le couscous industriel se présente généralement sous l'aspect de particules rugueuses, de tailles et de formes hétérogènes.
- Des comportements à la cuisson caractérisés par un indice de gonflement dans l'eau chaude (qui rend compte de l'aptitude de produits à absorber les sauces) comparable et une tendance à l'agglutination des particules de couscous entre elle (collant) et à leur désagrégation partielle (perte d'intégrité des particules délitescences) plus marquée que le couscous industrielle.
- Le couscous artisanal est caractérisé par une coloration plus pigmenté que le couscous industriel car ce dernier perd plus des pigments de carotènes pendant le traitement.

Les propriétés physico-chimiques du couscous industriel se différencient du seuil de la semoule par une perte de la viscosité du gluten (consécutif au traitement thermique) (Guezlane *et al.*, 1986).

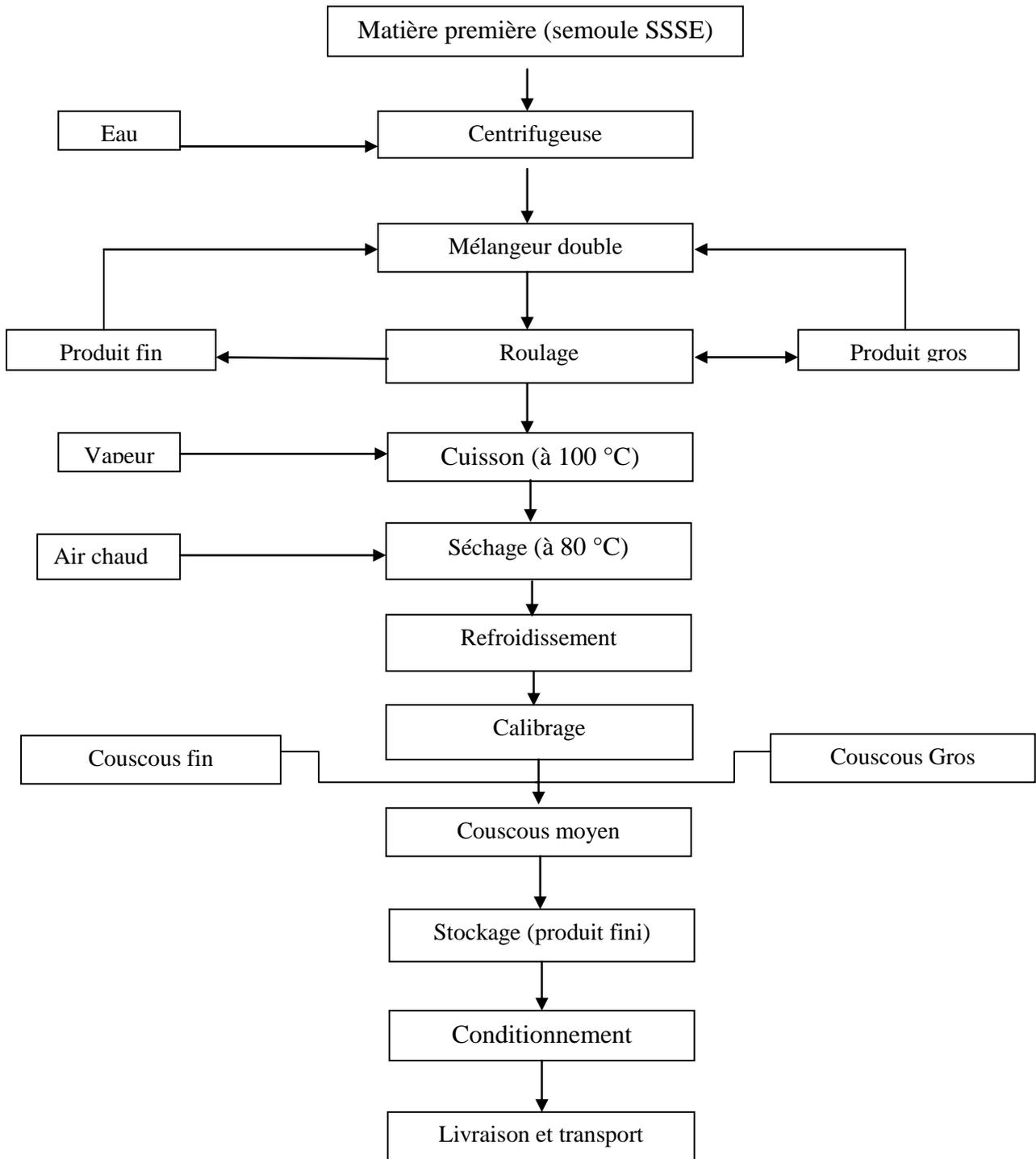


Figure 03: Diagramme industriel pour la fabrication du couscous.

1. 3 Qualité du couscous

1.3.1 Notion de qualité du couscous

Un couscous de qualité est défini par la majorité des consommateurs comme étant un produit fin, de granulométrie homogène et de couleur jaune clair. A l'état hydraté et cuit, les grains de couscous doivent être intègres et individualisée. A la consommation, le couscous doit être ferme et non collant (Aboubakar et Hamaker, 2000), et leur grains doivent avoir une grande capacité d'absorption et garder leur intégrité après cuisson à la vapeur ou addition de sauce (Kaup and Walker, 1986; Ounane *et al.* 2006, Guezlane et Abecassis, 1991) et doit avoir un bon rendement (Aboubakar and Hamaker, 1999).

Les critères retenus pour l'évaluation de la qualité sont : la granulométrie du couscous, sa couleur, sa texture, son gonflement après réhydratation (Trentesaux, 1995).

1.3.1.1 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).

1.3.1.2 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.

Par analogie aux pâtes alimentaires, On peut considérer la qualité hygiénique du couscous comme excellente, si on respecte strictement les conditions d'hygiène au cours de la fabrication notamment lors de la précuisson et le séchage.

1.3.1.2 Qualités organoleptiques

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.

La 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.).

Les paramètres de la qualité commerciale du couscous sont :

a) La couleur du couscous

Les grains de couscous sont caractérisés par une couleur jaune-claire (Guezlane, 1993). Selon Lepage et Sims (1968) cité par Trono *et al.* (1999); Hentschel *et al.* (2002); Guarda *et al.* (2004), la couleur jaune des pâtes alimentaires, faites à partir de la semoule de blé dur, est due à la présence de la lutéine de caroténoïdes principalement les xanthophylles.

Ces caractéristiques de couleur sont comprises entre 0-4 pour la teinte rouge (a*), 27-45 pour la teinte jaune (b*) et 21-72 pour l'éclat (L*) (Guezlane, 1993; Debbouz *et al.*, 1994; Debbouz et Donnelly, 1996).

La couleur des grains de couscous dépend en grande partie de la couleur initiale de la semoule de blé dur (Debbouz *et al.*, 1994). Elle se traduit dans l'apparence du produit fini par une teinte claire et une couleur jaune ambré. La coloration est influencée par la quantité de pigments caroténoïdes et flavonoïdes ainsi que par la teneur en enzymes lipoxygénasiques et polyphénol-oxydasiques des variétés de blé dur.

b) Granulométrie des particules

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

Le couscous industriel est habituellement vendu sous trois types différents selon la taille de grain (fin, moyen et gros).

c) Forme des particules

Selon l'enquête réalisée par Derouiche (2003), la qualité du couscous sec est présentée dans la granulométrie homogène, la forme arrondie et la couleur jaune claire.

Debbouz et Donnelly (1996) ont indiqué que les grains de couscous sont des particules plus au moins régulières, avec une forme homogène, sphérique et de surface lisse.

1.3.1.3 Qualité culinaire

Pour le couscous la qualité culinaire est appréciée par le critère instrumentale concernant sa tenue à la cuisson ainsi que sensorielle. A cet égard, Guezlane et Abecassis, 1991 indiquent que l'appréciation de la qualité peut être approchée aussi bien de façon instrumentale que sensorielle.

a) Appréciation instrumentale

Les critères retenus pour évaluer la qualité culinaire du couscous par Guezlane et Abecassis, 1991; Yettou *et al.* 1997; Khendek et Guezlane 1998; Yettou *et al.* 2000, sont essentiellement :

- **Le gonflement** : Représente la capacité d'absorption d'eau par les granules de couscous au cours de la cuisson (Yettou *et al.* 1997). Lorsque cet estimateur est mesuré à 100°C, il renseigne sur la fermeté des couscous (Guezlane et Abecassis, 1991). Des valeurs élevées du gonflement du couscous renseignent sur la haute qualité de celui-ci (Ounane *et al.* 2006).

- **La délitescence** : Correspond à l'aptitude des particules de couscous à conserver leur intégrité durant et après cuisson. D'après Ounane *et al.* 2006, des couscous qui se délitent peu sont des produits de très bonne qualité.

- **Propriétés viscoélastiques** : Celles-ci se rapportent essentiellement à la texture.

- **La fermeté** : est définie, selon la norme ISO 4120, comme étant la résistance au cisaillement des pâtes entre les dents et à l'écrasement entre la langue et le palais.

- **Le collant** : est également un important critère de viscoélasticité. Il rend compte de l'agglutination des particules de couscous entre elles après hydratation. Ce descripteur peut être évalué par le calcul d'un Indice de Prise en Masse du couscous (IPM). D'après Ounane *et al.* 2006, les faibles valeurs de prise en masse et donc de collant sont des indicateurs sur la haute qualité des couscous.

b) Evaluation sensorielle

Les critères de jugement sensorielle portaient essentiellement sur une appréciation visuelle de la forme, l'aspect et la couleur des grains de couscous ainsi que sur leurs degrés de grenaison et d'agglutination, à leur fermeté à la dent qui est définie selon la norme *ISO 4120* comme étant la résistance au cisaillement des pâtes entre les dents et à l'écrasement entre la

langue et le palais. La prise en masse du couscous renseigne sur son collant. Ce dernier est apprécié visuellement par la facilité d'émottage à l'aide d'une fourchette ainsi qu'en bouche (Guezlane et Abecassis, 1991).

La recherche de corrélations entre les résultats de l'analyse sensorielle et l'évaluation instrumentale ont permis d'aboutir dans leur ensemble aux mêmes résultats et conclure qu'un couscous ferme est moins collant et plus facile à émotter (Guezlane et Abecassis, 1991).

1.3.2 Influence des conditions de fabrication

1.3.2.1 L'effet du procédé

Généralement la qualité du couscous artisanal est toujours jugée supérieure à celle de son homologue d'origine industrielle (Guezlane *et al.*, 1986; Guezlane, 1993; Yettou *et al.*, 2000).

La technologie du processus est déterminante sur la qualité culinaire du couscous (fermeté, élasticité, cohésion et indice de viscoélasticité) (Yettou *et al.*, 1997).

Au plan technologique, le couscous artisanal présente une bonne homogénéité, une surface beaucoup plus lisse et uniforme avec une prédominance des formes arrondies et ovale, par contre le couscous industriel est constitué de grains rugueux, de forme hétérogène. La tenue à la cuisson et les tests de dégustation mettent en évidence une supériorité du couscous artisanal au plan du collant, de la délitescence et de l'acceptabilité (Guezlane *et al.*, 1986).

Cependant, Debbouz et Donnelly (1996) en utilisant le procédé de cuisson extrusion pour la fabrication du couscous, confirment que le produit issu de ce procédé est caractérisé par une granulométrie plus uniforme, une couleur jaune plus intense, et son degré de gélatinisation de l'amidon est plus élevé. Ce produit montre aussi une grande capacité d'absorption et un temps de réhydratation et de cuisson plus court par rapport au couscous obtenu par fabrication industrielle ou artisanale.

1.3.2.2 L'effet des conditions mécaniques et hydrothermiques

Les conditions de fabrication contribuent dans une large mesure à déterminer les propriétés culinaires du couscous (Yettou *et al.*, 1997).

Ainsi, l'indice de gonflement augmente nettement avec le taux d'hydratation des semoules par contre la délitescence diminue (Aluka *et al.*, 1985). On a constaté aussi, que la

taille des grains de couscous augmente avec l'augmentation du taux d'hydratation (Yettou *et al.*, 2000). Cela est confirmé par Guezlane (1993) qui a constaté qu'une hydratation insuffisante a pour effet de diminuer de manière très importante le taux de roulage aux profits des fractions fines.

L'augmentation de la durée de malaxage est extrêmement bénéfique pour le rendement de couscous (Guezlane, 1993). D'autre part l'augmentation du temps de malaxage fait augmenter la délitescence et le volume spécifique par contre l'indice de gonflement diminue (Aluka *et al.*, 1985).

L'augmentation de la durée et de l'intensité du roulage manuel de la semoule entraîne une force de cohésion élevée de particules, formant ainsi des granules de couscous de faible diamètre (Guezlane., 1993).

Une dégradation des pigments caroténoïdes notamment lors de la phase hydratation roulage est observée. Cette dégradation est plus marquée dans le cas du couscous industriel (Guezlane *et al.*, 1986 ; Boudreau et Menard, 1992). De nombreux arguments escriment l'apparition d'un brunissement d'origine polyphénol oxydasique, qui vient s'ajouter au brunissement intrinsèque des produits mis en œuvre, lors de la transformation (l'hydratation et température de séchage notamment) des semoules insuffisamment purifiées (Feillet *et al.*, 2000). La précuisson du couscous par contre fait accroître l'indice de jaune (Guezlane *et al.*, 1986).

1.3.2.3 L'effet du séchage

Le séchage des pâtes alimentaires à haute ou à très haute température (70 à 100°C) se traduit par des effets technologiques différents selon l'humidité (de la pâte) à la quelle les températures sont appliquées. Lorsque, les hautes températures sont appliquées au début de séchage (c'est-à-dire humidité élevée) ; elles entraînent une amélioration de la couleur des produits n'ont guère d'effet bénéfique sur la qualité culinaire. Par contre lorsque les hautes températures sont appliquées en fin de séchage (donc à de faibles humidités), on observe une amélioration très sensible de la qualité culinaire, tandis que il peut apparaître une nuance rouge dans la couleur de la pâte (Abecassis *et al.*, 1990).

Des réactions de maillard pouvant se produire lorsque des températures élevées de séchage sont utilisées (Feillet *et al.*, 2000).

2. Matériel et Méthodes

2.1 Site de l'expérimentation

L'analyse des différents paramètres étudiés ont été réalisée en partie au niveau des moulins AMOR BENAMOR implantés à la zone industrielle d'El-Fedjoudj installé à la wilaya de Guelma (Nord-est Algérien). Ces moulins produisent la semoule et les pâtes alimentaires, ils fabriquent 700 tonnes par jour de semoule : 300 t/j reste semoule et 400 t/j est utilisé pour la fabrication du couscous et des pâtes alimentaires.

AMOR BENAMOR possède trois linges pour la fabrication du couscous : B C D, seule la D produite du couscous gros. Ces produits sont fabriqués selon les normes de Codex alimentarius 202-1995 et d'AFNOR, il a la certification ISO 9001 de qualité et ISO 22000 de sécurité des aliments).

2.2 Echantillonnage

Les paramètres étudiées (granulométrie, taux d'humidité, indice de couleur, teneur en cendres, teneur en gluten, gonflement, cuisson) sont réalisés et répétées trois fois sur une collection des trois échantillons de couscous industriel (AMOR BENAMOR) de différents types de granulométrie (fin, moyen, gros) et sur la matière première (3SE).

2.3 Appréciation de la qualité du couscous sec et la semoule (3SE)

2.3.1 Analyses technologiques

2.3.1.1 Granulométrie

2.3.1.1.1 Principe

La granulométrie est déterminée par le tamisage de 100g \pm 0,1g de semoule ou du couscous sec par un tamiseur de type ROTACHOC (capacité maximale: 200 tour /min) pendant 07 minutes.

2.3.1.1.2 Appareillage

- Tamiseur à base des tamis de différentes ouvertures des mailles.
- Balance technique.

2.3.1.1.3 Mode opératoire

- Peser 100g d'échantillons à l'aide d'une balance technique.
- Classer les tamis utilisés selon l'ordre décroissant des ouvertures des mailles des tamis utilisés (Tableau 04).
- Mettre la prise d'essai dans le tamiseur pendant 7 minutes.
- Après le tamisage de la prise d'essai, peser le refus de chaque tamis par la balance technique.

Tableau 04 : Classification par ordre décroissant des tamis utilisés pour chaque échantillon.

Echantillon	Tamis utilisés (μm)
Semoule SSSE	600, 500, 450, 355, 250, 200, 150
Couscous Fin	1000, 900, 800, 630, 500
Couscous Moyen	1600, 1400, 1250, 1120, 1000, 900, 800, 630
Couscous Gros	3150, 2800, 2500, 2240, 2000, 1800, 1600

2.3.1.2 Indice de gonflement

2.3.1.2.1 Objet

L'indice de gonflement a pour objet d'apprécier la capacité du couscous à s'hydrater et à devenir volumineux, bien aéré et léger après traitement traditionnel à la vapeur.

2.3.1.2.2 Appareillage

- Eprouvette graduée de 250ml précise à 2ml.
- Chronomètre précise à la seconde.
- Balance précise à 0,1g.
- Tige d'agitation en acier inoxydable.

2.3.1.2.3 Mode opératoire

- Peser $50 \text{ g} \pm 0,5\text{g}$ de couscous à vider par gravité dans l'éprouvette graduée. Soit V_1 la valeur du volume lue sur l'éprouvette.
- Vider l'éprouvette de la prise d'essai.

- Remplir l'éprouvette avec 200 ml ± 1 ml d'eau de ville.
- Verser rapidement et en pluie la prise d'essai dans l'éprouvette.
- Remuer deux à trois fois à l'aide de la tige d'agitation et déclencher simultanément le chronomètre.
- Après 30 min ± 1, relever le volume V_2 à exprimer à 2 ml près.

2.3.1.2.4 Expression des résultats

L'indice de gonflement IG est exprimé comme suit :

$$IG = V2/V1$$

2.3.1.3 Colorimétrie

2.3.1.3.1 Principe

La détermination des différents indices de couleur : Indice de clarté, indice de brun, indice de jaune de la semoule, couscous et pâtes alimentaires.

2.3.1.3.2 Appareillage

- Chroma-mètre CR-410.

- Broyeur.

2.3.1.3.3 Mode opératoire

- Allumer le colorimètre.
- Placer votre échantillon dans le compartiment nécessaire fourni avec l'appareil.
- Mettre la tête de mesure à la verticale au-dessus de l'échantillon.
- Appuyer sur la touche Mesure/entre(ou la touche de mesure sur la tête de mesure) dès que le voyant prêt est allumé et ne pas bouger la tête pendant la mesure.
- Lire directement le résultat sur l'écran LCD du colorimètre.

2.3.2 Analyses physico-chimiques

2.3.2.1 Humidité

2.3.2.1.1 Principe

La détermination du taux d'humidité se fait par séchage à 130°C par un humidimètre halogène selon le principe thermogravimétrique (Moisture Analyzer HG 63) à pression atmosphérique.

2.3.2.1.2 Appareillage

- Humidimètre HG63.

2.3.2.1.3 Mode Opérateur

- Allumer l'humidimètre halogène.
- Appuyer sur la touche (reset) qui permet de revenir au menu de base.
- Poser le porte échantillon.
- Tarer en appuyant sur la touche O/T.
- Peser 3 à 5 grammes de produit à analyser.
- Appuyer sur la touche START pour démarrer.
- Une fois l'analyse de l'humidité terminée un indicateur sonore l'indiquera.
- Lire le résultat affiché sur l'écran.

2.3.2.2 La teneur en cendres

2.3.2.2.1 Principe

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

2.3.2.2.2 Appareillage

- Four électrique à moufle.

- Balance analytique.

- Nacelle en quartz.

- Broyeur.

- Appareil à refroidissement (Dessiccateur).
- Plaque unie thermorésistante.
- Pince en acier inoxydable.
- Réactifs : éthanol.

2.3.2.2.3 Mode opératoire

- Chauffer durant environ 15 minutes les nacelles dans le four réglé à 900 +/- 25°C laisser ensuite refroidir à la température ambiante dans l'appareil de refroidissement pendant une heure environ et les peser à 0.1 mg près (m_1).
- Peser à 1 mg près 5 g de l'échantillon si le taux de cendres présumé est inférieur à 1% sur matière sèche.
- 2 à 3 g de l'échantillon pour essai si le taux de cendres présumé est supérieur à 1% sur matière sèche.
- Répartir la matière en une couche d'épaisseur uniforme sans la tasser.
- Humecter la prise d'essai dans la nacelle immédiatement avant la préincinération au moyen de 1 à 2 ml d'éthanol.
- Placer la nacelle et son contenu à l'entrée du four ouvert, préalablement chauffé à 900 +/- 25°C, jusqu'à ce que la matière s'enflamme.
- Aussitôt que la flamme est éteinte, placer avec précaution la nacelle dans le four.
- Poursuivre l'incinération pendant 1 heure et 30 minutes à 2 heures.
- Retirer progressivement la nacelle du four et la mettre à refroidir sur la plaque thermorésistante pendant une minute puis dans le dessiccateur jusqu'à la température ambiante (une heure environ).
- Peser les nacelles (m_2).

2.3.2.2.4 Expression des résultats

$$\text{Cendres (MTQ)} = \frac{m_2 - m_1}{5} \times 100$$

$$\text{Cendres (MS)} = \text{cendres (MTQ)} \times \frac{100}{100 - H}$$

m_1 : la masse en gramme de la nacelle.

m_2 : la masse en gramme de la nacelle et du résidu.

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

MTQ : matière telle quelle.

MS : matière sèche.

2.3.2.3 Indice du gluten

2.3.2.3.1 Principe

Le gluten est une substance plastique, élastique et extensible, composée de protéines telles les gliadines et les glutenines, le gluten est obtenu par lixiviation d'une pâte et élimination des substances solubles dans l'eau salée (amidon, protéines solubles).

Ensuite le gluten est centrifugé sur une filière pour la détermination du gluten index. Le gluten obtenu après la centrifugation est séché par la suite pour obtenir le gluten sec.

2.3.2.3.2 Appareillage

- Glutomatic.
- Becher de récupération de l'eau de lavage (600ml).
- Chambre de lavage 88 µm pour la farine, lisse.
- Circle plexiglass pour chambre du lavage, séparée.
- Balance de précision à 0.01.
- Centrifugeuse à vitesse de rotation fixée avec précision (gluten index centrifuge 2015).
- Réservoir avec couvercle contenant 10 litres.
- Distributeur réglable (utilisé à 4.8ml).
- Pince à épiler ou brucelles.
- Spatule inoxydable.
- Glutork 2020.

2.3.2.3.3 Mode opératoire

a- Extraction mécanique de gluten

- Lubrifier l'axe du frasseur avec quelques gouttes d'eau versées dans le trou avant du corps en plexiglass. Ceci n'est nécessaire qu'au démarrage.
- Assembler la chambre de lavage en insérant un tamis polyester 88 μ entre la paroi de la chambre et le support de tamis lisse. Centrer le tamis sur le support et presser fermement la paroi de la chambre sur le tamis, utiliser le bloc de plastique. Faire tourner la paroi de la chambre pour la fixer par les baïonnettes. Vérifier que les bords du tamis pour le rendre lisse.
- Humecter le tamis pour éviter que les particules fines de la farine ne passent pas à travers les mailles du tamis. Retire l'excès d'eau à l'aide d'un chiffon et sécher les parois de la chambre de lavage.
- Peser une prise d'essai de 10 \pm 0.01 g de farine et la verser dans la chambre de lavage l'étendre sur le tamis en agitant doucement la chambre.
- Ajouter 4.8 ml de solution de chlorure de sodium 2% à l'aide de la pipette réglable. Pencher la pour que le jet soit projeté sur la paroi et non sur la farine. Disperser la solution sur la farine en agitant doucement la chambre de lavage.
- Mettre la chambre de lavage en position sur la fourche : la fixer à l'aide des baïonnettes puis appuyé sur l'interrupteur vert(START). Utiliser le programme standard : 20 secondes de mélange-pétrissage et 5 minutes de lixiviation. Les cycles de mélange et de lavage se déroulent automatiquement.
- Un signal sonore retentit 15 secondes avant la fin du programme quand le Glutomatic s'arrête, retirer la chambre de lavage et récupérer le gluten sans le déformer. Vérifier qu'une partie du gluten n'adhère pas au frasseur ou à la paroi de la chambre.
- Retirer la chambre de lavage contenant le gluten partiellement laver et transférer la totalité du produit vers la chambre de lavage munie du tamis polyamide 840 μ pour faciliter la manipulation, abouter les deux chambres avec l'anneau plastique et procéder au transfert sous un filet d'eau pour entrainer tout le produit.

b-Centrifugation du gluten

- Lorsque le cycle de lavage est terminé, récupérer la boule de gluten et la placer, sans la diviser, dans une cassette, dans le cas d'une double détermination, placer chaque boule de

gluten dans une cassette. Dans le cas d'une simple détermination, placer la boule de gluten dans une cassette et contrepoids dans l'autre.

- Mettre en route la centrifugeuse 30 secondes après l'arrêt du Glutomatic.
- Après centrifugation, retirer la cassette, vérifier qu'une partie du gluten n'adhère pas à la paroi du bol, A l'aide de la spatule, récupérer le gluten ayant traversé la filière, peser cette partie de gluten à 0.01 g près et noter le résultat.
- A l'aide de brucelles, récupérer la partie de gluten n'ayant pas traversé la filière (gluten résiduel) et la placer sur le plateau de la balance, Noter le poids total de gluten.

c-Détermination du gluten sec

- Mettre en marche le Glutork en appuyant sur le bouton de la minuterie Glutimer.
- Ouvrir le Glutork et placer la boule de gluten au centre de la plaque inférieure, fermer le Glutork et presser le bouton de la minuterie.
- Après 4 minutes, la lampe de la minuterie s'éteint pour indiquer la fin de la phase de séchage. Ouvrir le Glutork, retirer et peser le gluten sec. Le poids multiplié par 10 donne le taux de gluten sec en pour-cent. Fermer à nouveau le Glutork.

2.3.2.3.4 Expression des résultats

Gluten index : est la quantité de gluten qui reste dans le tamis de la centrifugeuse par rapport au poids total du gluten humide.

$$\text{Gluten Index} = \frac{\text{gluten résiduel(g)} \times 100}{\text{gluten humide(g)}}$$

$$\text{gluten résiduel(g)} = \text{gluten humide(g)} - \text{gluten passant(g)}$$

2.3.3 Appréciation de la qualité culinaire du couscous

Le couscous cuit doit posséder une consistance tendre, facilement masticable. Les particules qui le constituent doivent rester individualisés sans se déliter, ni s'agglomérer (Guezlane et Abecassis, 1991).

La qualité culinaire du couscous a été déterminée par :

- Le temps de cuisson.
- Le gonflement et absorption d'eau.
- L'évaluation par l'analyse sensorielle (couleur, goût et collant).

2.3.3.1 Principe

La réalisation des analyses culinaires nécessite au premier lieu, la détermination des paramètres de la qualité organoleptique du produit et au second lieu, un jury bien entraîné concernant les analyses sensorielle et bien familiarisé avec le produit. Dans notre étude, nous avons réalisé les tests sensoriels des nos échantillons après la cuisson selon un diagramme traditionnel.

2.3.3.2 Appareillage

- Plaque chauffante.
- Guessâa.
- Appareil de cuisson à la vapeur.
- Huile.
- Eau.

2.3.3.3 Mode opératoire

a) Cuisson de couscous

Les étapes de cuisson de couscous sont les suivantes :

- En premier lieu, mettre le couscous dans une guessâa et mélanger avec une petite quantité d'huile pour éviter le collant de couscous.
- Hydrater les grains de couscous par une quantité d'eau.
- Laisser reposer pour que les gains du couscous absorbent l'eau.
- Mettre le couscous dans le récipient supérieur (couscoussier) dont l'autre récipient est convenablement contenant de l'eau à l'ébullition, puis mettre le joint entre les deux récipients pour éviter la fuite de la vapeur d'eau.
- Cuire jusqu'à l'apparition de la vapeur sur la surface du couscous.
- Retirer, émousser et hydrater le couscous dans la guessâa.
- Répéter la cuisson du couscous à la vapeur d'eau.
- La fin de la dernière cuisson est déterminée par :
 - Apparition de flux de vapeur à la surface.
 - Changement de couleur.
 - Disparition des granules d'amidon non gélatinisées.

b) Evaluation sensorielles

Les paramètres organoleptiques évalués sont l'aspect (couleur), le goût et la texture (collant). L'évaluation sensorielle est réalisée par l'utilisation des mentions suivantes : normal, bon, très bon, non collé.

3. Résultats et discussion

3.1 Les normes utilisées pour la comparaison avec les résultats

Tableau 05: La norme de la granulométrie (*Codex alimentarius* STAN 202-1995).

Semoule SSSE	Couscous fin	Couscous Moyen	Couscous gros
RT 600 μ :1%(tolérance)			
RT 500 μ :15à20%	1000 \leq 90% \leq 600 μ	1400 \leq 75% \leq 900 μ	3000 \leq 90% \leq 1400 μ
RT 450 μ :20à30%			
RT 355 μ :30à40%	Passant \leq 10%	Passant \leq 5%	Passant \leq 5%
RT 250 μ :25%			
RT 150 μ :5%			
Passant150 μ :1%			

Tableau 06: La norme de l'indice de gonflement (AFNOR, 1992)
(*Codex alimentarius* STAN 202-1995).

Couscous gros	Couscous fin	Couscous moyen
IG>2,00 au bout de 30 minutes	IG \geq 2,40 au bout de 30 minutes	

Tableau 07: La norme de l'analyse colorimétrique (*Codex alimentarius* STAN 202-1995).

Semoule SSSE	Couscous fin	Couscous Moyen	Couscous gros
Indice de jaune Min : 34	Indice de jaune : 40		
Indice de clarté Min : 82	Indice de clarté et Indice de brun : Indicateur associé à l'indice de jaune		
Indice de brun Min : -2,5			

Chapitre 3 : Résultats et discussion

Tableau 08 : La norme du taux d'humidité (*Codex alimentarius* STAN 202-1995).

Semoule SSSE	Couscous fin	Couscous Moyen	Couscous gros
$H \leq 14,50\%$	$H = 11,50 \pm 0,5\%$		

Tableau 09 : La norme de la teneur en cendres (*Codex alimentarius* STAN 202-1995).

Semoule SSSE	Couscous fin	Couscous Moyen	Couscous gros
$\leq 0,80\% \pm 0,05$	$\leq 0,90\%$		

Tableau 10 : La norme de l'indice de gluten (*Codex alimentarius* STAN 202-1995).

Semoule SSSE	
Gluten humide	Min : 35%
Gluten index	Min : 65%
Gluten sec	Min : 12,50%

Tableau 11 : les critères organoleptiques.

Semoule SSSE	Couscous fin	Couscous Moyen	Couscous gros
Odeur : caractéristique. Aspect : homogène. Toucher : normal.			

Tableau 12 : Appréciation de la qualité après cuisson.

Couscous fin	Couscous Moyen	Couscous gros
<ul style="list-style-type: none">-Les grains du couscous non collés entre elles de taille homogène.-Un indice de gonflement élevé, une teneur en cendres faibles, une couleur jaune brillante avec un indice de brun faible.-Une texture satisfaisante et non collante avec absence des agrégats.-Un goût léger avec une odeur agréable.		

3.2 Caractérisation technologique et physico-chimique de la matière première (semoule 3SE)

3.2.1 Granulométrie de la matière première

La distribution granulométrique de la semoule est un facteur déterminant du fait qu'elle affecte les propriétés d'absorption des pâtes et par conséquent elle influe sur la qualité du produit fini (Dick et Matsuo, 1988).

Tableau 13 : Moyenne et écart-type pour la granulométrie de la matière première.

Variable	Moyenne
Tam 600	0,13
Tam 500	8,27
Tam 450	13,03
Tam 355	27,07
Tam 250	31,77
Tam 150	7,9
Passant	1,3

D'après les résultats obtenus dans le tableau 13 on remarque que le refus de chaque tamis est proche de l'intervalle de la norme donc la semoule 3SE est propice pour la fabrication du couscous BENAMOR répond à la norme.

3.2.2 Composition biochimique

La composition biochimique de la matière première concerne spécifiquement la semoule du groupe BENAMOR qui est la matière première du couscous industriel (fin, moyen et gros).

Chapitre 3 : Résultats et discussion

La teneur en eau de la semoule de blé dur utilisée pour la fabrication de couscous industriel (fin, moyen et gros) est 14,97 %. Elle est proche de celle indiquée à la norme du codex alimentarius (STAN 202-1995), ($H \leq 14,50\%$). La teneur en eau peut être exigée pour certaines destinations, compte tenu du climat, de la durée du transport et de celle du stockage (FAO, 1996).

Les caractéristiques physico-chimiques de la semoule utilisée sont notées dans les tableaux 14 et 15.

Tableau 14: Moyenne et écart-type pour Les caractéristiques physico-chimiques et technologiques de la matière première (3SE).

Variable	Moyenne± Ecart type
Humidité	14,97 ±0,32
Cendres	0,74 ±0,08
Indice de clarté	83,23 ±0,47
Indice de brun	-2,94 ±0,06
Indice de jaune	35,59 ±0,66

Il est important de mentionner que, le taux de cendres est un critère d'appréciation de la pureté des semoules. Le codex alimentarius (STAN 202-1995) a noté qu'une belle semoule doit avoir une teneur en cendres $\leq 0,80\% \pm 0,05$.

D'après les résultats obtenus dans le tableau 14 on remarque que le taux de cendres de la semoule du groupe BENAMOR est inférieur à 0.80 % ce qui indique que le produit est conforme à la norme.

D'après les résultats relatifs aux moyennes et écart-type pour la couleur de la semoule avec les différents indices (l* indice de clarté, a* indice de brun, b* indice de jaune) on remarque que l'indice de jaune et l'indice de clarté sont élevés avec un abaissement de l'indice de brun ce qui indique que la qualité de la semoule est conforme à la norme.

Tableau 15: Résultat de dosage du gluten.

Type de gluten	Valeur
Gluten humide	33,7 %
Gluten sec	11,8 %
Gluten index	71,5 %

Le gluten est appliqué sur la semoule de blé dur pour évaluer l'élasticité de la pâte, les résultats dans le tableau 15 indique que le gluten humide est 33.7 % cette teneur est proche à la norme (Min : 35%) et gluten sec 11.8 % (Min 12.50%), 71,5% du gluten index (Min : 65 %), il ressort que le dosage de gluten répond à la norme.

3.3 Caractérisation technologique et physico-chimique des échantillons du couscous sec

3.3.1 Analyses technologiques

3.3.1.1 Granulométrie

La granulométrie du couscous et son homogénéité sont considérées parmi les paramètres essentiels qui définissent sa qualité pour la majorité des consommateurs (Guezlane, 1993; Yousfi, 2002). Ainsi, la granulométrie à un effet évident sur sa qualité culinaire notamment le gain du poids (absorption) et le temps de cuisson (Angar et Belhouchet, 2002).

Le codex Alimentarius (STAN 202-1995) indique que pour obtenir un produit de granule homogène et non collant il doit répondre aux normes suivantes:

- Couscous fin : 90% de la quantité reste entre les tamis de 1000 et 600 μ m, et le passant ne dépasse pas 10%.
- Couscous moyen : 75% de la quantité reste entre les tamis de 1400 et 900 μ m, et le passant ne dépasse pas 5%.
- Couscous gros : 90% de la quantité reste entre les tamis 3000 et 1400 μ m, et le passant ne dépasse pas 5%.

Tableau 16: Moyenne et écart-type pour la granulométrie du couscous fin.

Variable	Moyenne \pm Ecart type
Tam 1000	8,23 \pm 2,03
Tam 900	21,03 \pm 1,60
Tam 800	29,2 \pm 1,15
Tam 630	36,37 \pm 2,35
Tam 500	3,00 \pm 0,91
Passant	2,00 \pm 0,17

Le tableau 16 montre que la somme de refus entre les tamis 1000 et 600 μ m est 94% pour le couscous fin, alors que le passant est 2%.

Tableau17: Moyenne et écart-type pour la granulométrie du couscous moyen.

Variable	Moyenne± Ecart type
Tam 1600	0,76 ±0,80
Tam 1400	10,53 ±2,69
Tam 1250	19,47 ±1,82
Tam 1120	21,66 ±0,75
Tam 1000	26,03 ±1,15
Tam 900	10,86 ±1,01
Tam 800	6,33 ±2,08
Tam 630	2,73 ±1,65
Passant	1,36 ±0,57

Pour le couscous moyen la somme du refus entre les tamis 1400 et 900 μ m est très proche à 86% et le passant est 1,36% (Tableau17), quant au couscous gros la somme du refus entre les tamis 3000 et 1400 μ m est de 96% et le passant est à 0,03% (Tableau18). En fin le couscous Benamor est conforme à la norme.

Tableau 18: Moyenne et écart-type pour la granulométrie du couscous gros.

Variable	Moyenne± Ecart type
Tam 3150	0,37 ±0,05
Tam 2800	1,03 ±0,30
Tam 2500	5,90 ±3,05
Tam 2240	28,67 ±8,88
Tam 2000	44,77±5,18
Tam 1800	17,20 ±7,36
Tam 1600	1,33 ±0,45
Passant	0,03±0,05

3.3.1.2 Indice de gonflement

Tableau 19 : Moyenne et écart type pour l'indice de gonflement de trois types de couscous.

Variable	Moyenne± Ecart type
IG /cous fin	2,66 ±0,13
IG /cous moyen	2,44 ±0,02
IG /cous gros	2,01 ±0,01

Le tableau 19 indique que l'indice de gonflement de couscous fin est $2,66 \pm 0,13$, le couscous moyen est $2,44 \pm 0,02$ au bout de 30 minutes ; ces résultats sont supérieurs à 2,40 de la valeur qui est indiquée par la norme (NF V50-1992). D'autre part IG de couscous gros est $2,01 \pm 0,01$, il est presque proche à la norme de codex alimentarius (STAN 202-1995). La capacité d'absorption d'eau (hydratation) augmente que la granulométrie diminue dans un large intervalle de temps, donc le gonflement est rapide dans le couscous fin après le couscous moyen et en fin le couscous gros.

3.3.1.2 Colorimétrie

Le codex alimentarius (STAN 202-1995) indique que l'analyse colorimétrique c'est l'indice de jaune (b^*) est 40 mais indice de clarté (I^*) et l'indice brun (a^*) sont des indicateurs associés à l'indice de jaune c-à-dire que IC augmente et IB diminue l'indice de jaune augmente, et que IC diminue et IB augmente l'indice de jaune diminue.

Tableau 20 : Moyenne et écart type pour l'analyse colorimétrique de couscous fin, moyen et gros.

Variable	Moyenne± Ecart type
IJ /cous fin	$43,84 \pm 0,40$
IJ /cous moyen	$44,69 \pm 0,46$
IJ /cous gros	$42,75 \pm 0,57$
IC /cous fin	$74,18 \pm 0,26$
IC /cous moyen	$72,43 \pm 0,18$
IC /cous gros	$68,98 \pm 0,53$
IB /cous fin	$-1,74 \pm 0,01$
IB /cous moyen	$-1,39 \pm 0,18$
IB /cous gros	$-0,05 \pm 0,13$

L'indice de jaune pour le couscous fin est 43,84 et IC 74,18 et IB est -1,74 donc notre produit a une bonne couleur jaune par rapport à la norme, ensuite le couscous moyen IJ est 44,69, IC est 72,43 et IB est -1,39. En fin les valeurs du couscous gros sont 42,75 pour l'IJ, l'IC est de 68,98 et l'IB est de -0,05 (Tableau 20). On voit que les valeurs des trois types de couscous sont différentes par ce que le colorimètre travail à base de la lumière ; donc la pénétration de ce dernier est différents par rapport au type de couscous; lors que la granulométrie augmente et que la pénétration augmente l'IJ et l'IC diminuent et l'IB augmente. Le couscous accepte leur couleur jaune à partir de la quantité de caroténoïde de la matière première.

3.3.2 Analyses physico-chimiques

3.3.2.1 Humidité

Tableau 21: Moyenne et écart type pour l'humidité de trois types de couscous.

Variable	Moyenne± Ecart type
H /cous fin	10,92 ±0,51
H /cous moyen	11,24 ±0,35
H/cous gros	11,20 ±0,46

Le tableau 21 indique L'humidité des trois types de couscous Amor benamor, dont sa moyenne pour le couscous fin est 10,92±0,51%, et le couscous moyen est 11,24±0,35%, et enfin pour le couscous gros est 11,20±0,46. Nos résultats sont très proches à la norme du codex alimentarius (STAN 202-1995). La teneur en eau détermine le bénéfice de l'étape de séchage pour l'obtention d'un produit sec pour un bon stockage dans un long temps.

3.3.2.2 Teneur en cendres

Tableau 22 : Moyenne et écart type pour La teneur de cendres de trois types de couscous.

Variable	Moyenne± Ecart type
Cen /cous fin	0,84 ±0,01
Cen /cous moyen	0,82 ±0,02
Cen /cous gros	0,86 ±0,02

Une teneur en cendres des trois types de couscous sont presque proche entre eux, le couscous fin est à 0,84% et le couscous moyen à 0,82%; le couscous gros est à 0,86% (Tableau 22). Ces résultats sont inférieurs à la valeur de 0,90% indiqué par le codex alimentarius (STAN 202-1995).

Le taux de cendres dans le couscous est supérieur à celui dans la semoule car le couscous accepte les matières minérales à partir d'eau qui est utilisé durant la fabrication.

3.3.3 Appréciation de la qualité culinaire du couscous

3.3.3.1. Temps de cuisson

Le temps de cuisson est un facteur très important pour la définition de la qualité culinaire des pâtes alimentaires ainsi que de couscous. Il est déterminé selon les résultats de l'enquête réalisé par Derouiche (2003), en se basant sur l'apparition d'un flux de la vapeur d'eau à la

surface de couscous. Nous pouvons distinguer 3 temps de cuisson, le temps minimal et optimal de cuisson et le temps de surcuisson (Mazroua, 2011).

➤ **Temps minimal**

Il correspond à la première cuisson de couscous. Les temps de la première cuisson de l'ensemble des échantillons en fonction de la taille de couscous, nous constatons que le couscous fin nécessite un temps plus grand par rapport au couscous moyen et gros.

Le temps minimal de cuisson est plus élevé pour le couscous fin. Donc, on peut imaginer que les grains du couscous fin laissent moins d'espace inter-particulaire, ce qui rend le passage de la vapeur d'eau entre les particules du couscous fin très lent et par conséquent, le temps de cuisson du produit fin devient plus long par rapport à celui de couscous moyen et gros (Mazroua, 2011).

➤ **Temps optimal**

Il est déterminé par la somme du temps de la première et la deuxième cuisson. C'est le temps réel de cuisson. Avant ce temps, le couscous n'est pas apte à la consommation.

Angar et Belhouchet (2002) montrent que le temps de cuisson diminue lorsque la granulométrie augmente.

➤ **Temps de surcuisson**

Le temps du surcuisson de couscous correspond au temps à partir duquel le couscous forme des mottes avec la présence du caractère collant (Derouiche, 2003).

D'après les résultats de Mazroua (2011), nous remarquons que le temps de surcuisson augmente avec l'augmentation de la granulométrie de couscous. Ce qui signifie que l'apparition des mottes (collant) est plus lente chez le couscous moyen et gros par rapport au couscous fin, c'est-à-dire le collant augmente avec la diminution de la taille des particules.

3.3.3.2 - Analyses sensorielles

L'analyse sensorielle est la méthode de référence pour la détermination de la qualité culinaire de couscous puisqu'elle exprime l'impression directe du consommateur vis-à-vis des caractéristiques préalablement bien définies du produit.

Tableau 23 : Résultats des analyses sensorielles des trois types du couscous Benamor cuits.

Les Paramètres Types de Couscous	Aspect (couleur)	Goût	Texture (Collant)
Fin	Jaune dorée	Très bon	Non collés
Moyen	Jaune dorée	Très bon	Non collés
Gros	Jaune dorée	Très bon	Non collés

D'après le tableau 23, la couleur des trois types du couscous Benamor est la même (Jaune dorée), ce qui montre que la matière première qui participe à la fabrication du couscous est riche en caroténoïde. D'autre part, nous constatons que le couscous Benamor a un très bon Goût (léger) avec une odeur agréable. En ce qui concerne la texture, nous signalons que tous les échantillons étudiés ne sont pas collés entre elles de taille homogène et présentent des grains bien individualisés avec absence des agrégats.

Conclusion

D'après notre étude pratique effectuée au niveau du groupe BENAMOR, notre travail avait pour objectif principal d'évaluer la qualité de leur trois types du couscous (fin, moyen et gros) et la matière première (3SE) qui participent à la fabrication.

Les analyses physico-chimiques et technologiques montrent que les résultats obtenus sont proportionnels aux normes utilisées. La qualité culinaire met en évidence le couscous à une couleur jaune dorée, avec un très bon goût et présente des grains bien individualisés et non collés.

Les différentes analyses effectuées correspondent aux normes algériennes et à l'internationale ce qui prouve que le produit fini du groupe BENAMOR est de bonne qualité et apte à la consommation.

Pour avoir un produit fini qui satisfait les besoins de consommateurs et la dominance dans le marché local et international, il est très nécessaire d'appliquer les bonnes analyses de qualité et de choisir la meilleur matière première (3SE).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1. Abecassis J., 1991.** Les technologies de mouture ; B- la mouture de blé dur, pp : 362 394, in « Les industries de premières transformation des céréales ». GODON B., WILLM.C, Lavoisier Tec.et Doc. / Apria, Paris. 679 Pages.
- 2. Abecassis J., Gautier M. F. Autran J. C. (1990).** La filière blé dur - pâtes alimentaires : apport complémentaires de la technologie et de la génétique dans l'amélioration de la qualité. IAA Juin.P : 475-482.
- 3. Abimouloud A., Debba F., 2009.** Caractérisation physico-chimique et qualité culinaire de différents couscous industriels et artisanaux de Constantine et de Touggourt. Mémoire d'ingénieur, option nutrition et technologie alimentaire, I.N.A.T.T.A. Constantine. Algérie. 55 pages.
- 4. Aboubacar A., Hamaker B. R. (1999).** Physicochemical properties of flours that relate to sorghum couscous quality. Cereal Chem. 76(2): 308-313.
- 5. Aboubacar A., Hamaker B. R. (2000).** Low molecular weight soluble starch and its relationship with sorghum couscous stickiness. J. Cereal. Science 31: 119-126.
- 6. 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 ». 3^{ème} édition, Paris, 360 pages.
- 7. AFNOR, 1992.** Norme AFNOR NF-V50-001. Norme française homologuée par décision du directeur 20 juillet 1992.
- 8. Aluka K., Miche J.C., Faure J., 1985.** Condition d'une fabrication mécanique du couscous de maïs en Afrique de l'Ouest, ind. Agric. P : 448-451.
- 9. Angar O. et Belhouchet L., 2002.** Granulométrie du couscous : relation avec quelques paramètres de fabrication et la qualité culinaire. Mémoire d'ingénieur. DNATAA, Université Mentouri Constantine. 53 pages.
- 10. Anonyme, 2001.** La mesure de qualité du couscous. Agro ligne, vol.16.P :32-35.
- 11. Anonyme, 2011.** Fiche technique de la société des produits alimentaire MARKAL.3 pages.
- 12. Apfelbaum A., Pertmuler I., Forat G., Begon M., Nilus P., 1981.** Dictionnaire pratique de diététique et de nutrition. Masson. Paris. 724 pages.
- 13. Autret M., 1978.** Analyse nutritionnelle de l'enquête nationale sur la consommation et les budget des ménages en Algérie (enquête AARDES. 1967-69) : évaluation de la

situation alimentaire, FAO, Rapport pour le compte du gouvernement Algérien, DG : DP/ALG/75/009.273 pages.

14. **Bahchachi N. (2002).** Incorporation du gluten de maïs dans la fabrication de deux produits céréaliers traditionnels : trida et couscous. Thèse de Magister. DNATAA. Université de Constantine. 134 pages.
15. **Benatallah L., Agli A. et Zidoune M.N., 2008.** Gluten-free couscous preparation: traditional diagram description and technological feasibility for three rice leguminous supplemented formulae. Journal of Food, Agriculture et Environment. Vol. 6. P : 105-112.
16. **Benlachechab R. (2008).** Scores lipidiques de certains plats traditionnels consommés Constantine. Thèse de Magister. INATAA. Université de constantine.175 pages.
17. **Ben salah T., 2000.** L'industrie des pâtes alimentaires en Tunisie. Agro ligne. 5 pages.
18. **Boucheham N., 2009.** Aptitude technologique de trois formules à base de riz pour la fabrication de couscous sans gluten, Thèse de Magister. INATAA. Université de Constantine. 103 pages.
19. **Boudreau A., Matsuo R. R., RAING W.** Les industries des pâtes alimentaires. *In*, **Boudreau A., Menard G. (1992).** Le blé : éléments fondamentaux et transformation. Les presses de l'université Laval. Sainte-Foy. Canada. 439 pages.
20. **Christèle-Icard V.,** De la semoule du blé dur aux pâtes alimentaires : évènements physiques et biochimiques. Industries Agricoles et Alimentaires, 117 : 35-43, 2000.
21. **Codex alimentarius.** Norme codex 202-1995.Norme codex pour le couscous. P : 1-3.
22. **Codex Standard 178,** Norme Codex pour la semoule et la farine de blé dur, 1991.
23. **Dagher S.M., 1991.** Traditional food in the Near East, FAO, food and nutrition paper 50, Rome, 161 pages.
24. **Dahoun-Lefkir S., 2005.** Influence des conditions de l'hydratation sur la qualité technologique du couscous. Mémoire Magister. INA, El-Harrach, Alger. 100 pages.
25. **Debbouz A., Dick, J.W., et Donnelly, B.J., 1994.** Influence of raw material on couscous quality. Cereal Foods World. Vol. 39. P : 231-236.
26. **Debbouz A. et Donnelly B.J., 1996.** Process effect on couscous quality. Engineering and processing. Cereal chem. Vol. 73. P : 668-671.
27. **Derouiche M. (2003).** Couscous – Enquête de consommation dans l'est algérien, fabrication traditionnelle et qualité. Thèse de Magister. DNATAA. Université de constantine.125 pages.
28. **Dick J. W. et Matsuo R.R., 1988.** Durum wheat and pasta products, pp: 507-547. In « Wheat Chemistry and Technology ». Ed. AACC. St. Paul Minnesota. USA.

29. **Elias E. M. (1995).** Durum wheat products. *In di Fonzo N. di (ed.), Kaan F. (ed.), Nachit M. (ed.)* Durum wheat quality in the Mediterranean region = La qualité du blé dur dans la région méditerranéenne Zaragoza : CIHEAM-IAMZ, 1995. 284 p. (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens ; n. 22). Seminar on Durum Wheat Quality in the Mediterranean Region, 17-19 Nov 1993, Zaragoza (Spain) Seminar on durum wheat quality in the mediterranean region. C.I.H.E.A.M. /I.C.A.R.D.A./ C.I.M.M.Y.T. Zaragoza.
30. **FAO, 1996.** Codex alimentarius : Céréales, légumes secs, légumineuses, produits dérivés et protéines végétales. FAO. Vol. 7. 2ème édition. Rome. 164 pages.
31. **Feillet P., 2000.** Le grain de blé, composition et utilisation. INRA. Paris. 308 pages.
32. **Franconie T., Matveef M., Alause J., 2010.** Microtest des pâtes alimentaires appliquées à la sélection des blés durs, Bull.E.N.S.M.I.C. Vol. 217. P : 11-17.
33. **Galiba M., Rooney L. W., Waniska R. D., Miller F. R.(1987).** The preparation of sorghum and millet couscous in West africa. Cereal foods world. 30(12): 878-884.
34. **Galiba M., Waniska R D., Rooney L W., Miller F R., 1988.** Couscous quality of sorghum with different characteristics, cereal science, Vol. 7. P : 183-193.
35. **Guarda G., Padovan S. et Delogu 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 21. P : 181–192.
36. **Guezlane L., 1993.** Mise au point de méthodes de caractérisation et étude des modifications physico-chimiques sous l'effet des traitements hydrothermiques en vue d'optimiser la qualité du couscous de blé dur. Thèse de Doctorat d'Etat. INA, El Harrach, Algérie. 89 pages.
37. **Guezlane L. et Abecassis J., 1991.** Méthodes d'appréciation de la qualité culinaire du couscous de blé dur. Industrie Alimentaire et Agricole, Vol. 11. P : 966-971.
38. **Guezlane L., Colonna P. et Abecassis J., 1998 b.** Effet du traitement hydrothermique du couscous de blé sur les modifications physiques de l'amidon. Annales de l'Institut National Agronomique. El Harrach. Vol. 19. N° 1 et 2. P : 62-71.
39. **Guezlane L., Selselat-Attou G. et Senator A., 1986.** Etude comparée du couscous de fabrication industrielle et artisanale. Industrie des Céréales. Vol. 43. P : 25-29.
40. **Hebrard A, Oulahna D., Galet L., Cuq B., Abecassis J. Fages J. (2003).**Hydration properties of durum wheat semolina: influence of particle size and temperature. Powder Technology. 130. P: 211–218.
41. **Hentschel V., Kranl K., Hollmann J., Lindhauer M.G., Bohmand V. et Bitsch R.,**

- 2002.** Spectrophotometric determination of yellow pigment content and evaluation of carotenoids by high-performance liquid chromatography in durum wheat grain. *Journal Agriculture et Food Chem.* Vol. 50. P: 6663–6668.
- 42. Idir D., 2000.** Influence du taux d'extraction et de la granulométrie de semoule sur la qualité technologique du couscous de blé dur. Mémoire de Magister. INA, El-Harrach, Alger. 84 pages
- 43. Jeantet R., Croguennec T., Schuck P., Brulé G., 2007.** Science des aliments. Lavoisier. Paris. 456 pages.
- 44. Kaup S.M. et Walker C.E., 1986.** Couscous in North Africa. *Cereal Foods World*, Vol. 31. P : 179-182.
- 45. Khendek L., GUEZLANE L. (1994).** Rôle des monoglycerides dans l'expression de la qualité technologique du couscous industriel de blé dur. *Céréaliculture* 32.P: 10-14.
- 46. Mezroua L., 2011.** Etude de la qualité culinaire de quelques couscous industriels et artisanaux et effet d'adjonction de la matière grasse durant la cuisson. Thèse de Magister. INATAA. Université de Constantine.139 pages.
- 47. Moreau J., Ardy R., 1942.** Un aliment Nord Africain : le couscous composition, fabrication, préparation. *Archive de l'institut Pasteur. Tunis.* T.31.P : 301-310.
- 48. Ounane G., Cuq B., Abecassis J., Yesli A. et Ounane S.M., 2006.** Effects of physicochemical characteristics and lipid distribution in algerian durum wheat semolinas on the technological quality of couscous. *Cereal chem.* Vol. 83. P: 377–384.
- 49. Quaglia G.B., 1988.** Other durum wheat products. In « Durum Chemistry and Technology ». Fabriani, G. and Lintas, C. (eds). AACC, St. Paul, Minnesota. P : 263-282.
- 50. Rabany M., 2010.** Le couscous : la tradition et la modernité d'une graine millénaire, CLEXTRUSION oct 2010-N°19.13 p.w.w.w.clextral.com.
- 51. Juge D., 2004.** Projet de diagnostic de la compétitivité de la branche industrielle des pâtes alimentaires et couscous au Maroc Janvier/Février 2004. 106 pages.
- 52. Tigroudja F. et Bendjoudiouadda A., 1998.** Influence de la granulométrie de la semoule sur la qualité technologique du couscous artisanal de blé dur. Mémoire d'Ingénieur d'Etat. INA, El-Harrach, Alger. 85 pages.
- 53. Tigroudja F., et Bendjoudiouadda A., 1999.** Influence de la granulométrie de la semoule sur la qualité technologique du couscous (artisanal) de blé dur. Mémoire d'ingénieur INA, EL-HARRACH. Alger. 85 pages.
- 54. Trentesaux E. (1995).** Evaluation de la qualité du blé dur. **Fonzo N. di (ed.), Kaan F. (ed.), Nachit M. (ed.)** Durum wheat quality in the Mediterranean region = La qualité du blé dur dans la région méditerranéenne Zaragoza : CIHEAM-IAMZ, 1995. 284 p.

(Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens ; n. 22). Seminar on Durum Wheat Quality in the Mediterranean Region, 17-19 Nov 1993, Zaragoza (Spain) Seminar on durum wheat quality in the mediterranean region. C.I.H.E.A.M./ I.C.A.R.D.A./ C.I.M.M.Y.T. Zaragoza. 53-59.

- 55. Trono D., Pastore D. et Difonzo N., 1999.** Carotenoid Dependent Inhibition of Durum Wheat Lipoxygenase. Journal of Cereal Science. Vol. 29. P : 99-102.
- 56. Yettou N., 1998.** Les méthodes instrumentales d'appréciation de la qualité culinaire du couscous de blé dur. Mémoire de Magister. INA, El-Harrach, Alger. 101 pages.
- 57. Yettou N., Aït Kaci M., Guezlane L. et Aït-Amar H., 1997.** Détermination des caractéristiques viscoélastiques du couscous cuit au moyen du viscoélastographe Chopin. Industrie Alimentaire et Agricole. Vol. 12. P : 844-847.
- 58. Yettou N., Guezlane L. et Ounane G., 2000.** Mise au point d'une méthode instrumentale d'évaluation de la délitescence du couscous de blé dur. Symposium blé 2000, en jeux et stratégies. Alger. P : 271 - 276.
- 59. Yousfi L., 2002.** Influence des conditions de fabrication et des modes de préparation sur la qualité du couscous industriel et artisanal. Thèse de magister. Université Mentouri Constantine, Algérie. 140 pages.

Les sites web

[1] <http://merzouga-adventure.jimdo.com/berbers/> (consulté le 10/05/2015).

ANNEXES

Matériel (Nom et leur utilisation)	
	<ul style="list-style-type: none"> <li style="margin-bottom: 10px;">← Tamis <li style="margin-bottom: 10px;">← Couscoussier ← Guessâa

Figure 04: Matériel de fabrication artisanale de couscous

	<ul style="list-style-type: none"> <li style="margin-bottom: 10px;">← Mélangeuse <li style="margin-bottom: 10px;">← Séchoir (rotante) <li style="margin-bottom: 10px;">← Rouleuse ← Cuiseur à la vapeur
---	---

Figure 05: Chaîne AFREM pour la fabrication du couscous

	<ul style="list-style-type: none"> <li style="margin-bottom: 10px;">← Palettes du tambour de rouleuse ← Semoule hydratée prête à l'agglomération
---	--

Figure 06: Roulage industriel du couscous



Figure 07: Matériel utilisé pour la détermination de granulation



Figure 08: Humidimètre HG63



Figure 09: Chroma-mètre CR-410

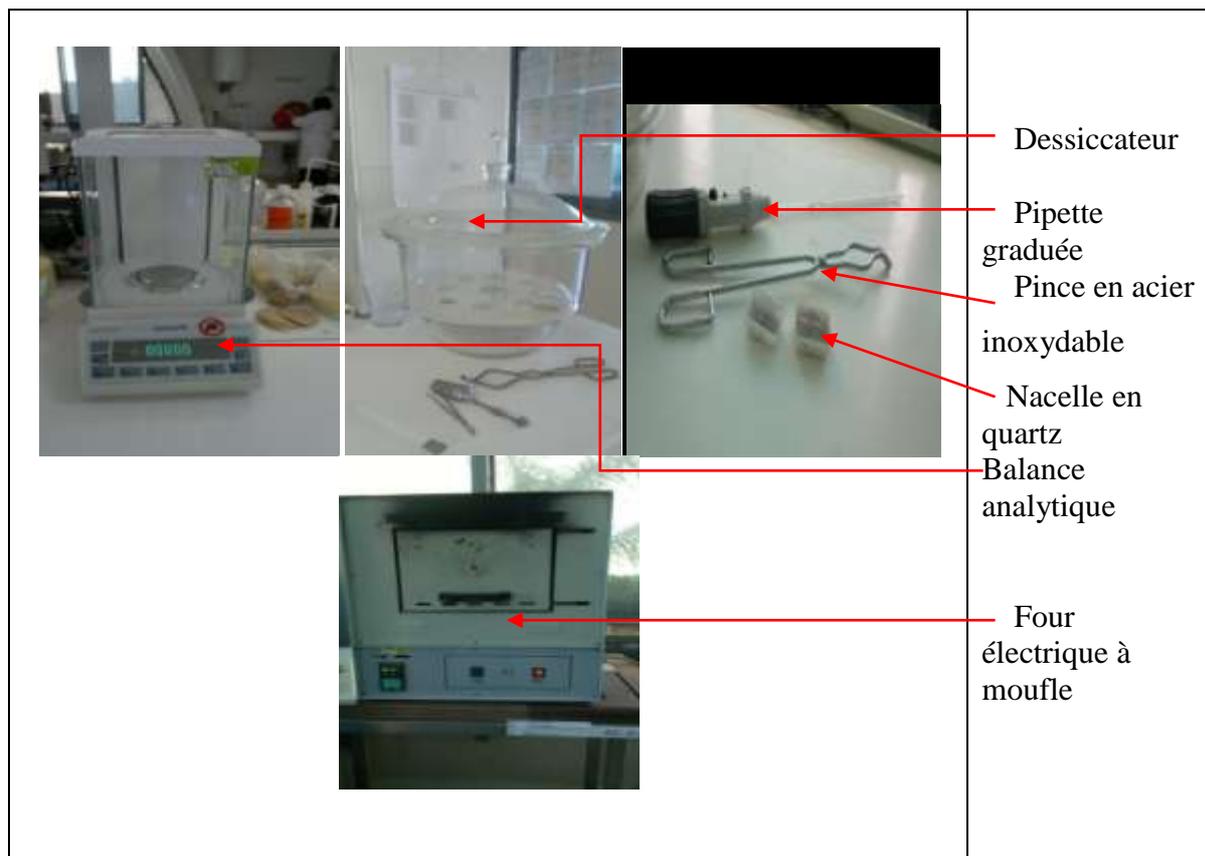


Figure 10: Matériel utilisé pour la détermination de teneur en cendres

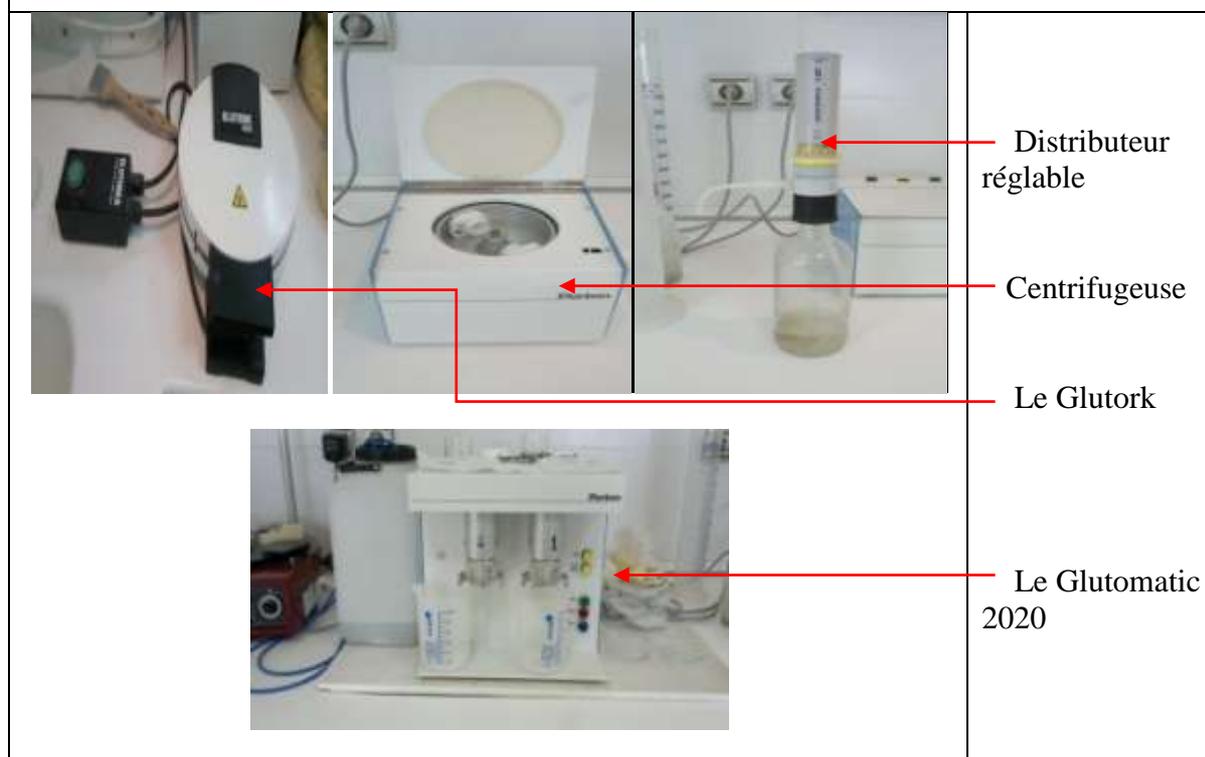
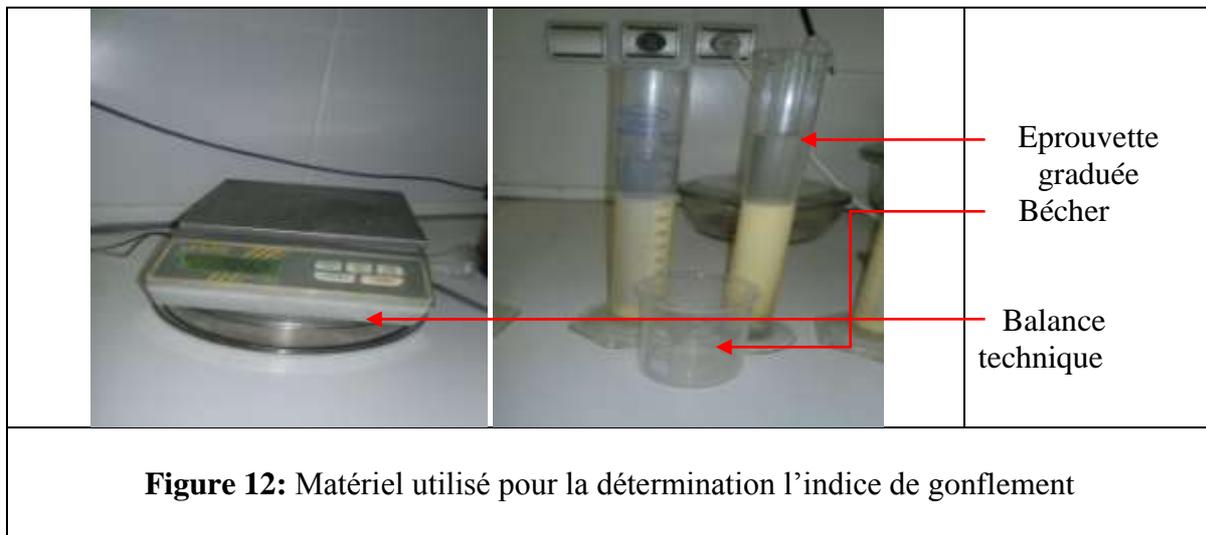


Figure 11: Matériel utilisé pour la détermination l'indice de gluten



Résumé

Ce travail a été fait en vue d'évaluer la qualité du couscous industriel. Pour atteindre cet objectif, nous avons réalisé des analyses physico-chimiques (taux d'humidité, teneur en cendres, gluten), technologiques (granulométrie, indice de gonflement, analyse colorimétrique) et culinaires (temps de cuisson, analyse sensorielle), sur trois échantillons de couscous industriel (AMOR BENAMOR) fin, moyen et gros et la semoule 3SE destinée à la fabrication.

Cette étude montre que la matière première est de bonne qualité ce qui permet de fabriquer un couscous de qualité supérieure.

La comparaison entre nos résultats et les normes de qualité algérienne et internationale indique qu'il n'y a pas de différence entre eux, ce qui signifie une bonne pratique de fabrication et la conformité de la produit fini de groupe BENAMOR ce qui justifier sa dominance dans le marché.

Mots-clés : couscous, caractéristiques physico-chimiques, qualité culinaire, gonflement, granulométrie, semoule.

Abstract

This research was made in order to assess the quality of industrial "couscous". To achieve this goal, physicochemical analysis were performed (moisture rate, ash and gluten content), technological analysis (particle size, swelling index, colorimetric analysis) and culinary analysis (cooking time, sensory analysis) on three samples of fine, medium and coarse industrial couscous (Amor Benamor) and 3SE semolina for manufacture.

Results of this study showed that raw material is of good quality which allows manufacture of high quality couscous. Comparison with algerian and international standards indicates that there is no difference between them, which mean they are using a good manufacture process and a conformity of final product from the Benamor Group which justify it's leading place in the market.

Key -words: couscous, physicochemical characteristics, culinary quality, firmness, particle size, semolina.

المخلص

خلال هذا العمل قمنا بمراقبة نوعية الكسكس الصناعي، ولتحقيق هذا الهدف أجرينا تحاليل فيزيائية كيميائية، (الرطوبة، محتوى الرماد، الغلوتين)، وتكنولوجية (حجم الحبيبات، مؤشر الانتفاخ، والتحليل اللوني) وخصائص الطبخ (مدة الطهي، والتحاليل الحسية)، على ثلاث عينات من الكسكس الصناعي (عمر بن عمر) رقيق، متوسط و خشن والسميد (3SE) الموجه للصناعة.

هذه الدراسة بينت أن المادة الأولية ذات نوعية جيدة مما يسمح لنا بصناعة كسكس ذو جودة عالية.

المقارنة بين النتائج التي تحصلنا عليها ومعايير الجودة الجزائرية والعالمية المعمول بها أكدت بأنه لا يوجد فرق بينها، وهذا يدل على جودة العمل الصناعي والامتثال للمنتج النهائي للمجمع بن عمر وهو ما يبرر هيمنته على السوق.

الكلمات المفتاحية : الكسكس، الخصائص الفيزيائية الكيميائية، نوعية الطبخ، الانتفاخ، حجم الحبيبات، السميد.