

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université de Blida1

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie



Département D'Agro-alimentaire

Mémoire de projet de fin d'études en vue de l'obtention

Du diplôme master II

Spécialité : SCIENCES ALIMENTAIRES

CARACTERISATION PHYSICO-CHIMIQUE ET SENSORIELLE DU

COUSCOUS D'ORGE

Présenté par :

TEBIB Souad

et

SEBROU Hadjer

Devant le jury :

Mme HADJAJ Naima (MCB)	UNIVERSITE BLIDA1	Présidente
Mme REBZANI Feriel (MAA)	UNIVERSITE BLIDA1	Examinatrice
Mme BENLAMANE Samira (MCB)	UNIVERSITE BLIDA1	Promotrice

Année Universitaire 2019/2020

Remerciement

Tout d'abord, louange à « ALLAH » qui nous a guidé sur le droit chemin tout au long du travail et qui nous a inspiré les bons pas et nous a donné le courage et la patience pour pouvoir élaborer ce modeste travail de fin d'étude de master en A C Q.

Nous voudrions adresser nos sincères remerciements à notre promotrice Mme. BENLEMANE S, pour son aide inestimable et son soutien scientifique et moral tout au long du travail pour l'accomplissement de cette mémoire.

Nous remercions aussi les membres de jurys Mme HADJAJ Naima et Mme REBZANI Feriel pour avoir accepté de juger ce modeste travail ...

Aussi un grand remerciement aux enseignants de département Agro-alimentaire de l'université BLIDA 01, de nous avoir transmis leurs savoirs le long de notre cycle universitaires.

Nous remercions nos parents pour sa patience durant toutes ces années d'étude et à toute notre famille.

Ainsi qu'à toutes les personnes qui nous ont aidés de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je tiens à dédier ce modeste travail à :

Mes chères parentes à qui je dois tout ce qui fait ce que je
Suis aujourd'hui ; pour leur patience, leur encouragement,
Leur soutien morale et matériel, d'avoir toujours cru en moi et
surtout

De m'avoir donné tout leur amour

Mes chers frères : Ferhat, Abdelhak, Mohamed et Fares

Mes sœurs Amel, Amina, Hanane et mounia

Mes petits neveux Tasnim, Houssam et Rassim

Ma tante Zineb

Tous Mes amies et Mon binôme Souad

Tous mes collègues de groupe MII ACQ

Tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin

Je dis tout simplement

Merci du fond de mon cœur

HADJER

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 rappel toujours de tous les moments où tu m'a poussé à travailler et à réussir.

A Mon Mari Hamza :

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 trouves 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.

Mes chères sœur Hasna et Kaouther

A mon cher frère Aymen

Pour chacune de la famille: TEBIB et BOUDELLALI

A tous mes amies et Mon binôme Hadjer

A Tous mes collègues de groupe MII ACQ

*Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infaillible,
Merci d'être toujours là pour moi.*

SOUAD

RÉSUMÉ

L'orge (*Hordeum vulgare* L.) a toujours occupé une place importante parmi les autres céréales (blés dur et tendre) en Algérie. Jusqu'à une certaine époque (1900), elle était à la tête des cultures et destinée à l'autoconsommation humaine. Son rôle dans l'alimentation animale a toujours été et reste fondamental.

Le travail que nous avons réalisé à portée sur la caractérisation sensorielle du couscous d'orge artisanal et sa comparaison avec le couscous témoin de blé dur.

L'étude de la qualité du couscous fabriqué par le Procédé artisanal révèle que le couscous fabriqué à partir d'orge a une valeur nutritionnelle plus importante (riche en fibres diététiques).

Les rendements couscoussier de nos semoules est de 97.77% pour le couscous à base de blé dur et de 82.50 % pour couscous à base d'orge

La tenue à la cuisson et le test de dégustation mettent en évidence des différences de collant et individualisation entre les deux couscous. et d'une appréciation de la couleur et l'odeur.

➤ Les résultats des indices de coloration montrent que l'indice de jaune du couscous de blé est plus élevé que celui de l'orge.

➤ les couscous confectionnés ont été apprécié par l'ensemble des dégustateurs comme étant des couscous de bon gout avec une odeur agréable et des moyennes granules. 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.

La réalisation de ces analyses va permettre de réajuster la qualité du couscous afin de donner aux consommateurs un produit qui répond à ses exigences, et valoriser la consommation de couscous d'orge compte tenue de ces bienfaits sur la santé.

Mots-clés : orge, blé dur, couscous, semoule, qualité

ABSTRACT

Barley (*Hordeum vulgare L*) has always occupied an important place among other cereals (hard and soft wheat) in Algeria. Until a certain time (1900),

it was at the head of cultures and intended for human self-consumption. Its role in animal nutrition has always been and remains fundamental.

The work we carried out on the sensory characterization of artisanal barley couscous and its comparison with the durum wheat witness couscous.

The results obtained show that the couscous maker yields of semolina is 97.77% for couscous made from durum wheat and 82.50% for couscous made from barley.

The resistance to cooking and the tasting test highlight differences in stickiness and individualization between the two couscous. Barley couscous was appreciated by all tasters for its good taste, pleasant smell and medium granules. Regarding the texture, we point out that like wheat couscous, barley couscous is not sticky and has well individualized grains, of uniform size with no aggregates.

From these results it can be concluded that barley has good potential for the manufacture of couscous.

Keywords: barley, durum wheat, couscous, semolina, quality

ملخص

احتل الشعير (*Hordeum vulgare L*) دائماً مكاناً مهماً بين الحبوب الأخرى (القمح الصلب واللين) في الجزائر. حتى وقت معين (1900) ،

كانت على رأس الثقافات ومخصصة للاستهلاك الذاتي من البشر. كان دورها في تغذية الحيوانات ولا يزال أساسياً. العمل الذي قمنا به على التوصيف الحسي لكسكس الشعير الحرفي ومقارنته مع الكسكس المتحكم في قمع القمح القاسي. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن محصول الكسكسي من السميد 97.77% للكسكس المصنوع من القمح القاسي و 82.50% للكسكس المصنوع من الشعير.

تبرز مقاومة الطهي واختبار التذوق الفروق في الالتصاق والتفرد بين الكسكس. تم تقدير الكسكس الشعير من قبل جميع المتذوقين لمذاقه الجيد ورائحته اللطيفة والحبيبات المتوسطة. فيما يتعلق بالنسيج ، نلاحظ أنه مثل كسكس القمح ، فإن كسكس الشعير ليس لزجاً ولديه حبوب فردية بشكل جيد ، ذات حجم موحد بدون ركام.

من هذه النتائج يمكن استنتاج أن الشعير لديه إمكانيات جيدة لتصنيع الكسكس.

الكلمات المفتاحية: الشعير ، القمح القاسي ، الكسكس ، السميد ، الجودة.

Liste des abréviations

T :	Triticum
FAO :	L'Organisation pour l'alimentation et l'agriculture
Mt :	moyenne tension
UE :	l'Union européenne
DLUO :	date limite d'utilisation optimale
H :	<i>Hordeum</i>
IPM :	Indice de Prise en Masse
ISO :	l'Organisation internationale de normalisation
Fs :	semoule fine
NaCl :	Chlorure de sodium
Ms :	matière sèche
NaOH :	hydroxyde de sodium
pH :	potentiel hydrogène.
Cl :	Chlorures
SO4 :	Sulfates
MG :	Magnésium
Na :	Sodium
K :	Potassium
Al :	Aluminium
L :	litre
AFNOR :	Association française de normalisation
SG :	semoule grosse
Min :	minute
T° :	Température
R :	Rendement

Liste des tableaux

Tableau	Titre	N° de page
01	Les récoltes d'orge dans le monde par grandes zones et principaux pays producteurs en millions de tonnes (*) prévisions	25
02	Importance moyenne des céréales par zone agro climatique	28
03	Classification du blé	30
04	Composition biochimique de l'orge	43
05	Composition moyenne pour 100 g de semoule	50
06	Résultats d'analyse sensorielle.	86

LISTE DES FIGURES

	Titre de figure	N° de page
01	Evolution de la superficie cultivée en blé et en Orge en Algérie durant la période (2008-2013)	27
02	Evolution de la production des différents types de céréales cultivés en Algérie durant la période (2008-2013)	29
03	Le blé dur (<i>Triticum durum</i>)	30
04	Structure d'un grain de blé dur	31
05	Le procédé de mouture des grains de blé dur	35
06	Production mondiale d'orge en 2010-2011 (millions de tonnes)	39
07	Production nationale d'orge entre 2000 et 2009	40
08	Les principales parties d'une graine d'orge.	42
09	Schéma de la fabrication industrielle du couscous	54
10	Préparation artisanale du Couscous par la femme berbère	55
11	Un couscoussier-cuiseur	55
12	Guessâa	56
13	Tamis pour couscous	56
14	Semoules utilisées pour la fabrication de couscous	57
15	Représentation schématique des principales étapes contribuant à l'agglomération du couscous	60
16	Diagramme traditionnel de fabrication de couscous selon la préparation du Nord Est d'Algérie	61

17	Les étapes de fabrication artisanale de couscous	62
18	plat du couscous	63
19	Les semoules utilisées. A- Semoule de l'orge B- Semoule de blé dur	69
20	Les différents ustensiles utilisés pour la fabrication de couscous traditionnel	70
21	Diagramme de fabrication du couscous Artisanal	71
22	Hydratation de la semoule grosse	72
23	Roulage de la semoule grosse	73
24	Addition de la semoule fine	73
25	Premier tamisage de couscous	74
26	Deuxième tamisage de couscous	74
27	Pré cuisson de couscous humide	75
28	Emottage (A) et calibrage (B) de couscous précuit	76
29	Séchage de couscous à l'ombre	76
30	Hydratation de couscous avec de l'eau	77
31	Premier cuisson du couscous	78
32	Emottage et hydratation de couscous	78
33	Deuxième cuisson à la vapeur	78

34	L'addition de la matière grasse	79
35	couscous cuit	79
36	Diagramme de cuisson à la vapeur du couscous	80
37	Rendement en couscous (%)	85
38	Appréciation de la couleur de couscous	87
39	Appréciation de l'odeur de couscous	88
40	Appréciation du goût de couscous	88
41	Les granules de couscous	89
42	Appréciation du degré d'individualisation de couscous	90
43	Collant des différents couscous	91

Table des matières

Remerciement	
Dédicace	
Résumé	
Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction	19

Partie 01 : Synthèse bibliographique

Chapitre I : Blé dur et Orge

I.1. Blé Dur

1. Historique, production et consommation de blé dur	
a) Historique de blé dur	23
b) Production et consommation du blé dur	
➤ Mondiale	24
➤ Nationale.....	25
2. Taxonomie, Structure et Composition chimique	
a) Taxonomie du grain	29
b) Structure et classification botanique du blé dur :	30
3. Valeur semoulière.....	32
4. Transformation du blé dur en semoule	
a) Les étapes du procédé de fabrication.....	33
b) Diagramme des flux du procédé de fabrication de la semoule de Blé dur.....	37

I.2. Orge

1. Historique, production et consommation de l'orge	
a) Historique d'Orge	38

b) Production de l'orge	
➤ Mondiale.....	39
➤ Nationale.....	39
2. Taxonomie, Structure et Composition chimique	
a) Taxonomie et structure du grain d'orge	40
b) Composition chimique du grain d'orge.....	43
3. Bienfaits du l'orge.....	43
4. Transformation de l'orge en semoule	
a) Le procédé industriel de fabrication.....	44
▪ Le nettoyage	44
▪ La préparation de l'orge à la mouture (Conditionnement)	44
▪ La Mouture.....	45
b) Le procédé artisanal ou manuel de fabrication.....	45

Chapitre II : Couscous

II.1 Historique.....48

II.2 Matières premières utilisées dans la fabrication du couscous

a. Semoule.....	49
1) Définition de la semoule.....	49
2) Différents types de semoules	49
3) Composition chimique de la semoule.....	50
b. Eau et sel.....	51

II.3 Fabrication du couscous

a. Procédé industriel de fabrication du couscous.....	53
b. Procédé artisanal de fabrication du couscous.....	54
❖ Les ustensiles traditionnels utilisés pour préparer le couscous traditionnel.....	55
❖ Préparation de plat de couscous.....	62

II.4 Qualité du couscous

1) Notion de qualité du couscous.....	64
➤ Qualité nutritionnelle.....	64
➤ Qualité hygiénique.....	64
➤ Qualités organoleptiques.....	64

➤ Qualité culinaire.....	65
--------------------------	----

Partie 02 : Partie expérimental

Chapitre III : MATERIEL ET METHODES

III.1. L'objectif d'étude.....	68
III.2. Matériel végétal.....	68
III.3. Fabrication du couscous artisanal	
III.3.1. Matériel de fabrication.....	68
a) Matière première.....	68
b) Ingrédients.....	69
c) Matériel utilisé.....	69
III.3.2. Conditions de fabrication artisanale de couscous.....	71
III.2.3. Procédé de fabrication artisanale	
a) Hydratation.....	72
b) Roulage.....	72
c) Tamisage.....	73
d) Précuisson.....	74
e) Emottage et calibrage.....	75
f) Séchage.....	76
III.2.4. Détermination du rendement.....	77
III.4. Analyses sensorielles	
III.4.1. La cuisson du couscous.....	77
III.4.2. Diagramme de cuisson de couscous.....	80
III.4.3. Test de dégustation	81
III.4.4. Fiche de dégustation.....	83

CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSIONS

IV.1. Détermination du rendement.....	85
IV.2. Résultats d'analyse sensorielle	
➤ Couleur.....	87
➤ Odeur.....	88
➤ Gout	88

➤ Granulation.....	89
➤ Texture.....	89
Conclusion générale.....	93
Références bibliographiques.....	95

Introduction

En Algérie, le secteur des céréales se situe au premier ordre des priorités économiques et sociales du pays vu le rôle important que jouent les céréales dans le régime alimentaire du peuple algérien, cette priorité se manifeste notamment à travers la place importante dont il jouit dans les différents plans de développement socioéconomique que le gouvernement algérien a élaborés depuis son indépendance. La filière céréalière a depuis longtemps été un sujet important d'intervention de l'État dans le secteur agricole, **(BOURIHANE et MEKKAOUI, 2013)**.

Les principales céréales sont représentées par le blé, l'orge, le maïs et le riz. Le blé occupe actuellement la première place dans la production mondiale des céréalière (environ 40 %) et présente une importance nutritionnelle et économique considérable. Depuis 1945, la production et la consommation moyenne du blé ont pratiquement quadruplé passant de 140 à 570 millions de tonnes **(CHARDOUH, 1999)**.

L'orge était une céréale importante dans les civilisations anciennes, elle était également une céréale alimentaire importante parmi les classes ouvrières en Europe jusqu'à la fin de IXème siècle. Dans les rapports historiques et archéologiques, l'orge est référée comme une source de santé, de force et d'énergie pour les athlètes et les ouvriers manuels. Les bénéfices sur la santé et les aspects médicaux des aliments à base d'orge font référence à la littérature Arabe, Chinoise, Egyptienne et Grèce ancienne, et ont été signalés par des civilisations plus récentes de l'Asie jusqu'en Europe. L'orge était l'aliment des gladiateurs romains, lesquels étaient appelés Hordeari ou l'homme d'orge, on croyait que l'orge donnait aux gladiateurs une force et une énergie supérieurs comparativement aux autres aliments, puisque les autres grains sont plus abondants, l'orge est devenue moins important en tant que céréales alimentaire et été régulée au statut de pain d'homme pauvre. **(MESSID et RADJA ; 2016)**

L'orge qui constituait à côté du blé dur un aliment de base chez les populations algériennes, a perdu sa place importante dans la cuisine algérienne suite à plusieurs facteurs qui ont bouleversé, entre autres, les habitudes culinaires. Ce déclin dans les traditions culinaires constitue une vraie perte aussi bien sur le plan de la santé humaine que sur le plan économique. Selon **LA MEDINA (2002)**, les nombreuses qualités diététiques de l'orge sont reconnues et sont aujourd'hui à l'origine d'un véritable engouement pour les produits dérivés de cette céréale. **(RAHAL-BOUZIANE, 2015)**

Les produits dérivés du blé dur jouent un rôle important dans l'alimentation en Algérie. Les plus importants produits à base du blé dur fabriqués dans tout L'Afrique du nord sont : le pain (Kesra et Khobz adar) les pâtes alimentaires, le couscous et le frik. Il est

également utilisé pour la production de plusieurs types de divers gâteaux traditionnels **(KEZIH et al ; 2014)**.

Le couscous est l'une des pâtes alimentaires les plus antiques connu dans le monde entier il est développé et traditionnellement consommé par les habitants indigènes (Berbères) de l'Afrique du Nord **(KAUP et WALKER (1986))**. Le couscous est un produit céréalier connu sous différents noms dans différents pays. Il est connu sous le nom de "Kuskus" en Turquie ; "Couscous" au Maroc ; "Maftoul, moghrabieh" en Liban ; "Seksu" en berbère ; "Kusksi" en Libye ; "Keskesu" en touareg et "Kouskousaki" en Grèce . **(ZINEDINE et al, 2017)**

Cette importance est due au modèle et aux habitudes alimentaires de la population, notamment pour la semoule (pain, pâte, couscous, galette de pain.) et la farine (pain) ; en matière de consommation soit environ 177 Kg à 180 kg /habitant /an. **KELLOU (2008)**.

La fabrication traditionnelle du couscous exigeait l'emploi d'une main d'oeuvre importante. Dans les traditions, c'est un groupe de femme qui se rassemblait et fabriquaient pendant plusieurs jours les quantités nécessaires à leur besoin annuel. **(ALLOUI et al, 2013)**

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.

C'est dans cette optique que nous contribuons par ce travail à la formulation d'un couscous enrichi en fibres alimentaires par l'incorporation de la semoule d'orge (*Hordeum vulgare*) afin d'offrir une alternative et un choix dans la gamme de produits diététiques d'une part, et d'autre part la valorisation l'orge qui est la quatrième culture céréalière dans le monde, après le blé, le maïs et le riz **(FAOS TAT, 2008)**. De ce fait l'incorporation de l'orge nous permet en seconde lieu un petit gain économique par la diminution de la masse de la semoule de blé dur destinée à la formulation de couscous. **(SADARI et BELARBI, 2018)**

L'objectif de notre recherche consiste à l'Évaluation de la valeur de l'orge et sa place dans l'alimentation, sa valeur nutritionnelle en Algérie. Et estimer le niveau et le mode de consommation et de déterminer les principaux critères de la qualité du couscous fabriqué à partir du blé dur ou bien d'orge, et les méthodes de fabrication de ce dernier (industrielle et artisanale), ainsi que la valorisation de consommation du couscous d'orge

par rapport au couscous du blé dans l'Algérie. Voir son importance économique et nutritionnelle.

Ce travail est constitué en trois chapitres :

- Le premier chapitre traite certaines notions liées à l'orge et au blé (origine, production et consommation, Importance, Taxonomie, Structure et Composition chimique...).
- Le deuxième chapitre traite les procédés de fabrication de couscous à partir des matières premières utilisées (semoule, eau et sel), et le contrôle réalisé pour assurer un couscous de bonne qualité.
- Le troisième chapitre expose quelques méthodes expérimentales mis en œuvre lors de ce travail en se basant sur la fabrication de couscous artisanal et leur qualité sensorielle, puis la discussion des résultats obtenus. Ce dernier est consacré à élaborer une conclusion générale.

PARTIE 01 : SYNTHÈSE
BIBLIOGRAPHIQUE
CHAPITRE I : BLE DUR
ET ORGE

I.1. Blé dur

I.1.1 Historique, production et consommation du blé dur

a) Historique du blé dur

Le blé est un monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille des Gramineae, c'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscant, appelé caryopse, constitué d'une graine et de tégument. Les deux espèces les plus cultivées sont le blé dur (*Triticum durum*.Desf) et le blé tendre (*Triticum aestivum* L.). (**BENCHIKH ; C 2015**).

La production mondiale, en progression constante, et les échanges qui se multiplient entre les régions du monde font de cette céréale l'un des principaux acteurs de l'économie mondiale. Le mot blé a longtemps désigné toute une série de céréales, dont le seigle, le sorgho, et le mil. Le mot latin, plus précis, identifie dans le genre *Triticum* les espèces céréalières auxquelles il est légitime de donner le nom de blé.

Trois groupes de *Triticum* sont connus, répartis selon le nombre de leurs chromosomes: le groupe diploïde (2x7 chromosomes) comprend *Triticum monococcum* (engrain) et *T.spontaneum*, qui font partie des formes les plus anciennement cultivées, caractérisées par des épis grêles où les grains restent enveloppés par les glumelles. Le groupe tétraploïde (4x7 chromosomes) comprend *T. dicoccoïdes* (amidonnier sauvage), *T. dicoccum* (amidonnier), *T.turgidum* et *T. durum* (blé dur), à épis denses dont les graines riches en gluten servent à fabriquer les pâtes alimentaires. Le groupe hexaploïde (6x7 chromosomes), représenté par *T.vulgare*, ou *T.aestivum* (blé tendre) et *T. spelta* (épeautre), comprend la majorité des blés à épis assez larges et aux graines riches en amidon nécessaires à la fabrication du pain. Le froment ou blé tendre (*Triticum aestivum*), est de loin l'espèce la plus cultivée de ce genre avec le blé dur (*T. durum*), qui sert à préparer la semoule pour fabriquer des pâtes alimentaires. Le blé dur a été cultivé cent ans avant J.C et son aire géographique est l'Asie Centrale, Iran, Irak, Abyssinie, Etats-Unis, monde méditerranéen, tandis que le blé tendre dont le nom commun, froment, est cultivé dans le monde entier et ce depuis 7 000 ans avant J.C. Les autres espèces comme l'épeautre (*T. spelta*), l'engrain (*T. monococcum*), et le blé amidonnier (*T. dicoccum*) ne sont cultivées que dans certains pays d'Asie.

Le blé est une plante annuelle, autogame à la fois simple car elle suit un processus irréversible de croissance développement, et complexe car son cycle est soumis à une

multitude d'inter – relations aussi importantes les unes que les autres. (**Quisenberry, 1976**), le blé est pour le botaniste, une herbe, pour le biochimiste un composé organique et pour le généticien, un problème. (**Benseddik et Benabdelli, 2000**)

b) Production et consommation du blé dur

1) Production mondiale

De nos jours, les céréales occupent environ 15% des terres agricoles, avec une production mondiale de l'ordre de 2400 Mt se répartissant, pour la campagne 2010/2011, en 38% pour le maïs, 29% pour le blé, 20% pour le riz, 6% pour l'orge et 7% pour les autres céréales (seigle, avoine, sorgho) (**Saulnier, 2012**). L'orge est l'une des céréales les plus importantes dans le monde, étant classée au quatrième rang pour la production dans le monde. (**FAOSTAT, 2015**). Selon la FAO, la production mondiale de l'orge n'a pas connue de grandes variations durant la période 2012-2015 (Tableau 01).

Contrairement aux exportations mondiales (16Mt) dominées par l'Australie, l'UE et l'Ukraine, les importations d'orge se répartissent sur un large nombre de pays et les dix principaux pays importateurs ne représentent que 40% des quantités importées. Parmi eux, deux pays se distinguent nettement par l'importance de leurs importations : la Chine et le Japon. Les 20% de l'orge vendue sur le marché mondial sont destinés à ces deux marchés. Le Moyen-Orient constitue globalement une zone de commerce importante pour l'orge. La Jordanie, la Syrie, le Liban et l'Iran représentent environ 10% des importations mondiales. Les pays du Maghreb (Maroc et Tunisie) sont également des importateurs significatifs (5% du marché mondial) et d'importance pour l'Union européenne en raison de la proximité de leurs marchés. (**FAOSTAT, 2015**)

Tableau1 : Les récoltes d'orge dans le monde par grandes zones et principaux pays producteurs en millions de tonnes (*) prévisions (FAOSTAT, 2015)

	2012/2013	2013/2014	2014/2015*
Europe	55,9	60,8	56,8
- dont U.E.	54,5	59,6	55,6
Ex-URSS	26,0	28,8	29,3
- dont Russie	13,9	15,4	15,5
- dont Ukraine	6,9	7,6	8,0
Nord et Centre Amérique	13,4	15,5	12,5
- dont Canada	8,0	10,2	7,7
- dont Etats-Unis	4,8	4,7	4,2
Sud Amérique	6,3	5,8	4,0
Proche Orient	10,3	12,5	9,5
- dont Iran	3,4	3,2	3,1
- dont Turquie	5,5	7,3	5,0
Extrême Orient	5,0	4,5	4,5
- dont Chine	2,4	1,7	1,7
- dont Inde	1,6	1,7	1,7
Afrique	5,4	7,0	7,1
- dont Algérie	1,5	1,5	1,7
- dont Ethiopie	1,7	1,8	1,8
- dont Maroc	1,2	2,7	2,5
Océanie	7,9	9,9	8,5
- dont Australie	7,5	9,5	8,1
TOTAL MONDE	130,2	144,9	133,0
Source : Conseil International des Céréales, chiffres du 26/06/2014			

2) La production nationale

Les céréales d'automne (blé dur, blé tendre et orge) demeurent l'aliment de base des régimes alimentaires et revêtent une importance stratégique dans la nutrition humaine

et l'alimentation animale. De fait, elles occupent une place privilégiée dans l'agriculture ce qui confirme leur caractère stratégique dans l'économie nationale.

En Algérie, les céréales sont très importantes du point de vue agronomique, socioéconomique et culturel. En effet, les céréales occupent la plus grande superficie agricole cultivée et représentent le premier aliment de base de la population algérienne. La sole céréalière de l'Algérie est restée presque constante avec une moyenne comprise 2.7 millions d'hectares. L'orge occupe la deuxième place après le blé dur. Sa superficie varie annuellement de 300.000 à 1.600.000ha, c'est-à-dire 35 à 40 % de la superficie réservée aux grandes cultures (**Benmohammed, 2004**). En suivant l'évolution de la superficie cultivée en céréales, en blé et en orge durant la période 2008-2013 représentée dans la figure 1, on constate que la superficie consacrée à la production du blé est toujours supérieur à celle de l'orge qui est généralement cultivé dans les hauts plateaux, zones connues par la rigueur de leur climat. Les orges traditionnelles (*Hordeum vulgare L*) d'Algérie constituent un patrimoine génétique important adapté aux conditions locales par la population. L'abandon progressif des variétés populaires par les agriculteurs constitue une menace sérieuse de disposition d'un potentiel de ressources génétiques. Jusqu'à ces dernières années, l'ensemble des superficies cultivées en orge étaient couvertes par trois variétés locales Rihane 03, Saida 183 et Tichedreh. L'introduction de variétés nouvelles à haut rendement et l'intensification de programmes d'amélioration devient indispensable.

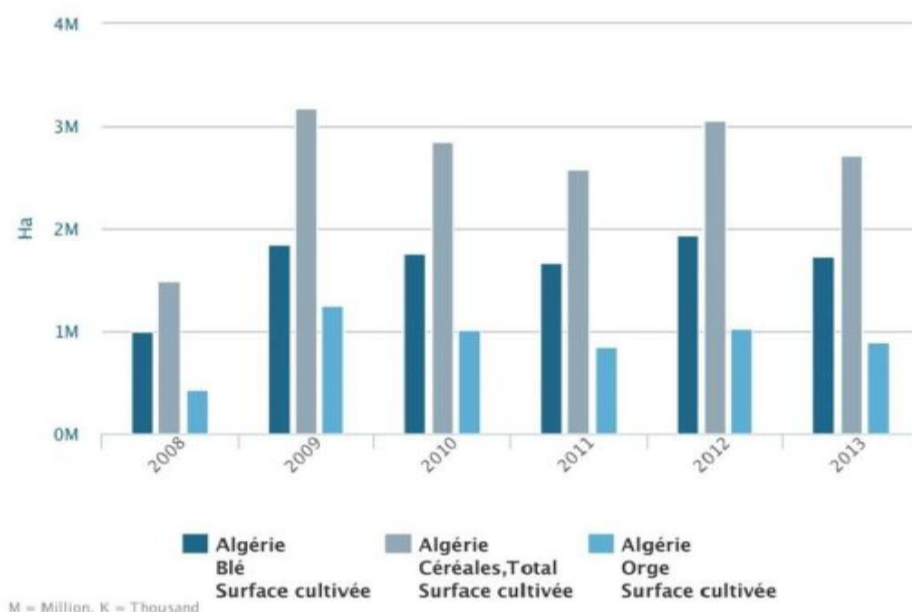


Figure1 : Evolution de la superficie cultivée en blé et en Orge en Algérie durant la période (2008-2013) (FAOSTAT, 2015).

La production des céréales reste tributaire des conditions climatiques qui sévissent, sachant que d'une année à l'autre elle fluctue énormément. Le climat Algérien se caractérise principalement par la variabilité intra et interannuelle des précipitations et du régime thermique. Les stress climatiques, comme le déficit hydrique, les températures extrêmes, deviennent très communs à mesure qu'on pénètre à l'intérieur du pays (Mekhlouf et al, 2012).

Ces contraintes climatiques affectent la culture des céréales notamment de l'orge dans son développement en raison des fortes chaleurs, et surtout des pluies irrégulières et aléatoires notées durant l'année agricole comme durant la période de croissance avec une incidence négative sur la production (Zouaoui et Bensaid, 2007).

La production de céréales en Algérie est marquée par une forte irrégularité, elle-même conditionnée par les aléas climatiques. Ainsi, sur les 40 dernières années, on enregistre un écart de 1 à 5 entre une année calamiteuse (9,7 millions de q en 1994) et une année d'abondance (52,5 millions de q en 2009). Cependant, les progrès technicoéconomiques, s'ils ne parviennent pas à stabiliser la production du secteur, ont permis de l'augmenter significativement : la moyenne décennale a ainsi presque doublé entre 1981-90 (18,2 millions de q) et 2001-2010 (34,9 millions de q), avec une progression

régulière qui a permis d'accompagner la progression démographique (de 19 à 38 millions d'habitants entre 1980 et 2012) (**Rastoin et Benabderrazik, 2014**).

La production moyenne de céréales des 5 dernières années (2008 à 2012), qui a légèrement dépassé 32 millions de quintaux selon la Fao, se répartit de la façon suivante :

- Blé, 19 millions de q (60%)
- Orge, 13 millions de q (40%)

Les céréales sont cultivées à travers toutes les zones de productions du nord et du sud du pays. Cependant 71% des superficies se trouvent localisées dans les zones à pluviométrie inférieures à 450 mm comme le montre le tableau 2 (**Hamou et al., 2009**). La sécheresse observée durant la campagne 2007/2008 a considérablement affaibli les niveaux de productivité à travers toutes les zones céréalières (**Zaghouane, 2010**). La figure 2 illustre la production de céréales en Algérie. Sur le plan spécifique le blé est plus productif suivie de l'orge alors que la production en maïs et riz est quasi nulle.

Tableau 2 : Importance moyenne des céréales par zone agro climatique (**Hamou et al. 2009**)

Désignation	Répartition par isohyète					Total
	±600	600-450	450-350	350-200	≤200	
Isohyètes, mm						
Superficies Céréales, ha	64000	850000	1400000	480000	350000	3144000
%	2	27	45	15	11	100

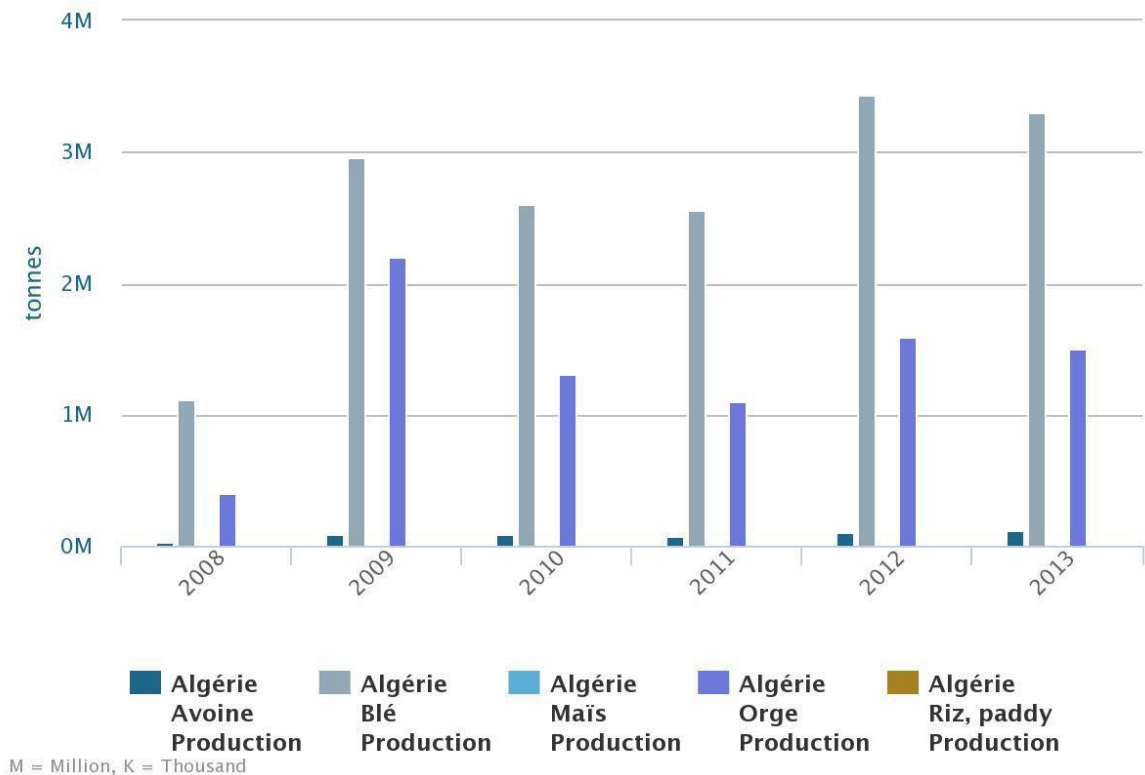


Figure 2 : Evolution de la production des différents types de céréales cultivés en Algérie durant la période (2008-2013) (FAOSTAT, 2015).

(ZAIRI M, 2015)

I.1.2 Taxonomie, Structure et Composition biochimique du blé dur

a) Taxonomie du grain :

Le blé dur est une plante herbacée monocotylédone, appartenant à l'espèce *Triticum durum* de la famille des graminées. Le grain de blé est un fruit sec, indéhiscent (fruit qui ne s'ouvre pas à maturité) dont la paroi est adhérente au tégument de l'unique graine qu'il renferme.

En botanique, on l'appelle caryopse (FLAGELLA, 2006), selon le même auteur la filiation génétique des blés est complexe et est complètement élucidée. Cependant, il est acquis que le blé dur est une espèce tétraploïde qui véhicule deux génomes AA et BB, constitué chacun de sept paires de chromosomes homologues ($2n=28$). (Fig 03)



Figure 03 : Le blé dur (*Triticum durum*). (MICHON.C ; 2015).

b) Structure et classification botanique du blé dur :

D'après Doumandji *et al.* (2003), le blé peut être classé comme suite (tableau 03) :

Tableau 03 : Classification du blé (Doumandji *et al* ; 2003).

Règne	Plantae (Règne végétale)
Division	Magnoliophyta (Angiospermes)
Classe	Liliopsida (Monocotylédons)
S / classe	Commelinidae
Ordre	Poale
Famille	<i>Poaceae</i> (ex Graminées)
S /famille	<i>Triticeae</i>
Tribu	<i>Triticeae</i> (Triticées)
S / tribu	<i>Triticinae</i>
Genre	<i>Triticum</i>
Espèce	<i>Triticum aestivum</i> L. ou <i>Triticum vulgare</i>

Le grain de blé se compose de trois parties (**figure 04**) : les enveloppes, l'endosperme ou amande et le germe ou embryon.

❖ Enveloppes

C'est la pellicule cellulosique, son rôle est la protection de la graine au cours de sa formation dans l'épi et limite aussi l'entrée des moisissures et des bactéries ; par contre elle permet le passage de l'air et l'eau.

❖ Endosperme ou amande

L'albumen occupe presque tout l'intérieur du grain et se compose principalement de minuscules granules d'amidon, autour desquels apparaissent les filaments de protéines dont l'épaisseur est de l'ordre du μm .

❖ Germe ou embryon

Le germe est éliminé dans les semoules courantes par les techniques actuelles de mouture sur cylindres et se retrouve dans les issues (son et remoulages) (**Afrem, 2005**).

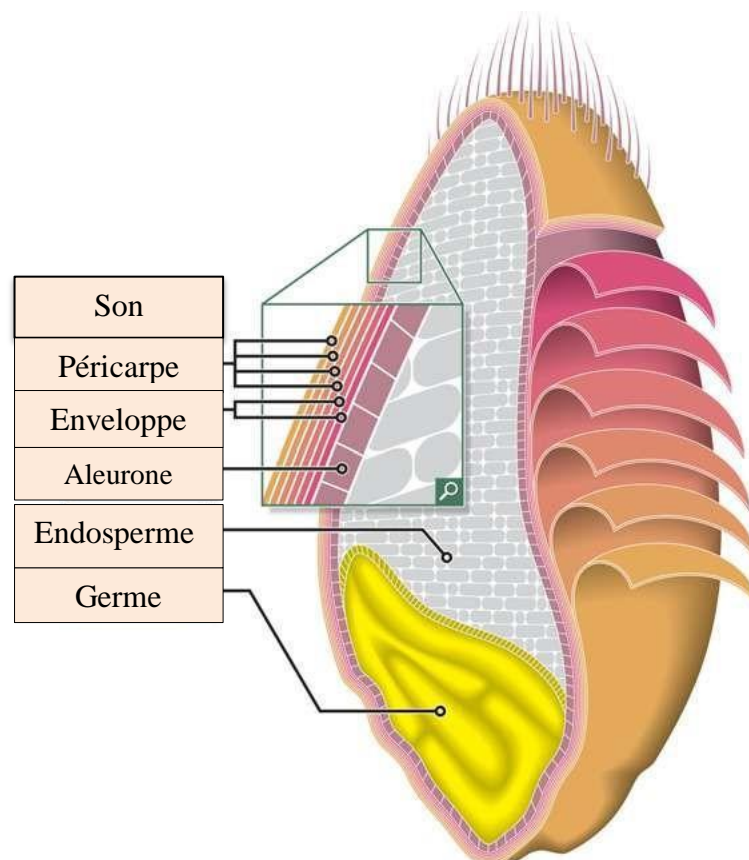


Figure 0 4: Structure d'un grain de blé dur (**Sissons et al ; 2012**).

I.1.3 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 :

✓ **Facteurs extrinsèques** : indépendamment 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 des autres impuretés au cours du nettoyage. Ces différentes caractéristiques influencent le poids à l'hectolitre.

✓ **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 élever 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.

✓ **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.

I.1.4 Transformation du blé dur en semoule

a) Les étapes du procédé de fabrication

Toutes les étapes présentées ci-après se déroulent dans des conditions de température ambiante.

❖ Etape A : transport et réception (agréage)

Les approvisionnements des semouleries se font à partir de blé dur en provenance des différents bassins de production français et de façon complémentaire de l'Union européenne et de pays tiers par voie maritime, fluviale, ferroviaire ou routière.

La réception des lots de blé dur comporte une étape de contrôle systématique visant l'agréage de ces lots.

Les blés sont agréés dans un but de classement ou de refus s'ils ne sont pas satisfaisants. L'agréage est une analyse visuelle et olfactive qui permet, entre autre, de détecter les contaminations biologiques dues à la présence d'insectes et/ou de rongeurs, les contaminations chimiques résultant d'un traitement insecticide récent, et les contaminations microbiologiques (présence de blés moisis, ...). L'échantillonnage doit être suffisant pour permettre de détecter la présence d'insectes vivants, au-dessus d'un seuil de densité estimé à 1 insecte adulte par kg de blé dur. Il permet par ailleurs d'évaluer dans un deuxième temps la qualité physicochimique et sanitaire des blés

❖ Etape B : déchargement, prénettoyage et mise en silo (stockage)

Au déchargement, les blés passent sur des grilles qui retiennent les plus gros corps étrangers.

Le pré nettoyage est un nettoyage sommaire avant ensilage, éliminant par voie mécanique sèche (criblage et aspiration) les impuretés grossières (grosses pierres, sable, pailles, ...) et les poussières. Le pré nettoyage élimine aussi les insectes morts et certaines formes cachées vivantes qui sont des impuretés particulières. Les gros déchets sont stockés à part, puis évacués sous forme de déchets (déchets verts, ...).

Après l'opération de prénettoyage, et avant d'être utilisé au moulin, le blé dur est stocké dans des silos à grains, unités autonomes de stockage comportant une ou plusieurs cellules (compartiment d'un silo) avec une installation de manutention des grains. Au moment de la mise en silo, le blé est classé selon son origine, variété, caractéristiques spécifiques.

Bien que la durée de stockage soit courte (stockage intermédiaire avant production), les conditions de stockage doivent être surveillées et maîtrisées pour assurer la bonne conservation des blés durs.

❖ **Etape C** : mélanges et nettoyage

Les lots de blé classés sont mélangés pour obtenir des semoules de qualité déterminée et constante. Ces mélanges de blé subissent ensuite un nettoyage (à sec) par procédé mécanique, qui a pour résultat de :

- ✓ enlever les graines étrangères (noires et colorées) pour limiter au minimum le nombre de points noirs et bruns dans la semoule,
- ✓ enlever toutes les pierres de manière à éviter la présence de débris minéraux dans les semoules,
- ✓ réduire le nombre de fragments d'insectes, venant d'un blé infesté et traité,
- ✓ réduire par dépoussiérage la charge microbienne,
- ✓ éliminer, enfin, tout corps étranger autre que les grains,
- ✓ éliminer une partie du germe de blé.

C'est une étape très importante en semoulerie. En effet, pour leurs utilisateurs et en particulier les fabricants de pâtes alimentaires, l'aspect des semoules constitue un des facteurs essentiels d'évaluation de leur qualité.

L'ensemble des machines de nettoyage s'ordonne selon une séquence qui constitue le diagramme de nettoyage, assurant des triages et des classements par taille, densimétrie, aspiration et forme. Ainsi, le blé « sale » (avant nettoyage) est débarrassé de ses impuretés au moyen de séparateurs, de trieurs et d'épierreurs.

Les poussières sont éliminées par aspiration et les métaux ferreux retenus magnétiquement par des aimants.

Puis, le grain est brossé pour enlever les impuretés adhérentes aux enveloppes. Cette phase de nettoyage achevée, le blé propre est apte à subir l'étape suivante.

• **Etape D** : mouillages et repos

La préparation des blés durs ou conditionnement - appelés également opérations de "mouillages et repos" - a pour but de faciliter la séparation de l'amande du grain de son enveloppe extérieure, le futur son, qui sera éliminé au cours de la mouture. Il s'agit de parvenir à assouplir les enveloppes tout en laissant l'amande friable. Ces opérations se décomposent en deux étapes comme suit :

- ✓ les mouillages (apport d'eau par pulvérisation) pour amener le blé à 17 % d'humidité environ,
- ✓ suivis de repos en cellules d'une durée variable de quelques heures selon les semouleries et les blés.

Juste après le conditionnement et avant le broyage, le grain est brossé ce qui permet d'éliminer l'essentiel des poussières adhérentes aux enveloppes et des particules de son. A l'issue de ce conditionnement, les grains sont prêts pour la trituration (mouture), étape où intervient la technologie semoulière proprement dite.

• **Etape E : mouture**

Le procédé de mouture des grains de blé dur consiste à séparer l'amande des enveloppes en commençant par isoler les parties les plus internes du grain et en se rapprochant progressivement de la périphérie (de l'intérieur vers l'extérieur).

(ARMBRUSTER *et al*, 2011)

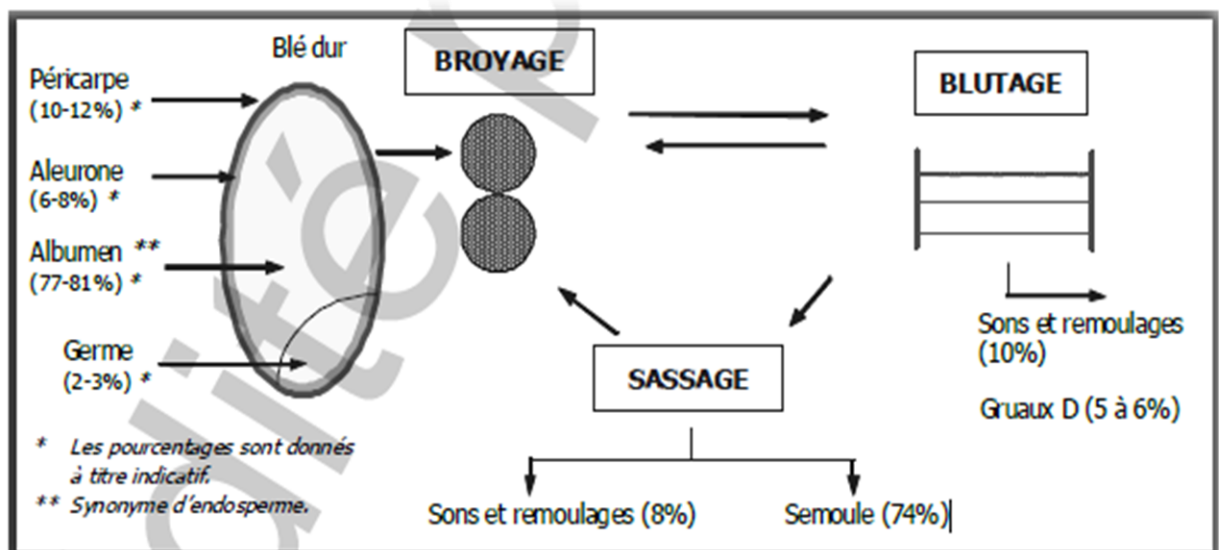


Figure 05 : Le procédé de mouture des grains de blé dur (ARMBRUSTER *et al*, 2011)

- 1) **La mouture est réalisée par l'action successive de :**
 - a) **Broyeurs, Désagrégeurs, Réducteurs et Convertisseurs (le broyage) :** qui écrasent les grains et dissocient les produits de mouture. Ainsi, le blé nettoyé passe tout d'abord dans des broyeurs à cylindres cannelés permettant un broyage progressif de façon à extraire la semoule en coupant l'enveloppe au minimum et en produisant un minimum de farine. Le but est d'éliminer au maximum les enveloppes et d'obtenir un produit grené, la semoule, et non un produit de structure farineuse ;

b) Plansichters (le tamisage ou blutage) : qui classent les produits selon leur taille. On obtient des produits calibrés mais hétérogènes en qualité grains de semoule contenant encore des fragments d'enveloppe, grains de semoule pure et sons ;

c) Sasseurs (le sassage) : qui séparent les produits selon leur densité par aspiration la semoule pure entre ici dans la composition du produit fini, la semoule contenant encore des enveloppes retourne à une étape de broyage, et le son est éliminé (issues et autres coproduits).

2) La combinaison de ces opérations constitue un diagramme de mouture, qui permet au semoulier de récupérer :

- a. de la semoule pure : environ 74 % du poids du blé de départ,
- b. des gruaux D : environ 6 %,
- c. des sons, remoulages et autres issues de mouture : environ 20 %.

• Etape F : stockage et transferts

Les semoules produites peuvent être stockées en cellules avant d'être expédiées en vrac ou ensachées. Dans ces deux cas, elles sont acheminées grâce à des convoyeurs (exemple : pneumatiques, transporteurs à vis).

• Etape G : conditionnement des semoules : vrac et ensachage

Cette étape inclut la notion de contrôle de conformité des produits finis. Les semoules peuvent être mises, soit en citerne (conditionnement vrac) à destination des usines de pâtes ou de couscous (livraisons sur le territoire français/communautaire, ou exportations sur pays tiers), soit conditionnées en sacs de 5, 25 ou 50 kg et big bag de 800 à 1000 kg environ, en vue d'être acheminés chez des revendeurs (grossistes,...) ou des industriels. La DLUO pour les semoules peut varier entre une durée de cinq à douze mois selon leur humidité et les conditions de conservation.

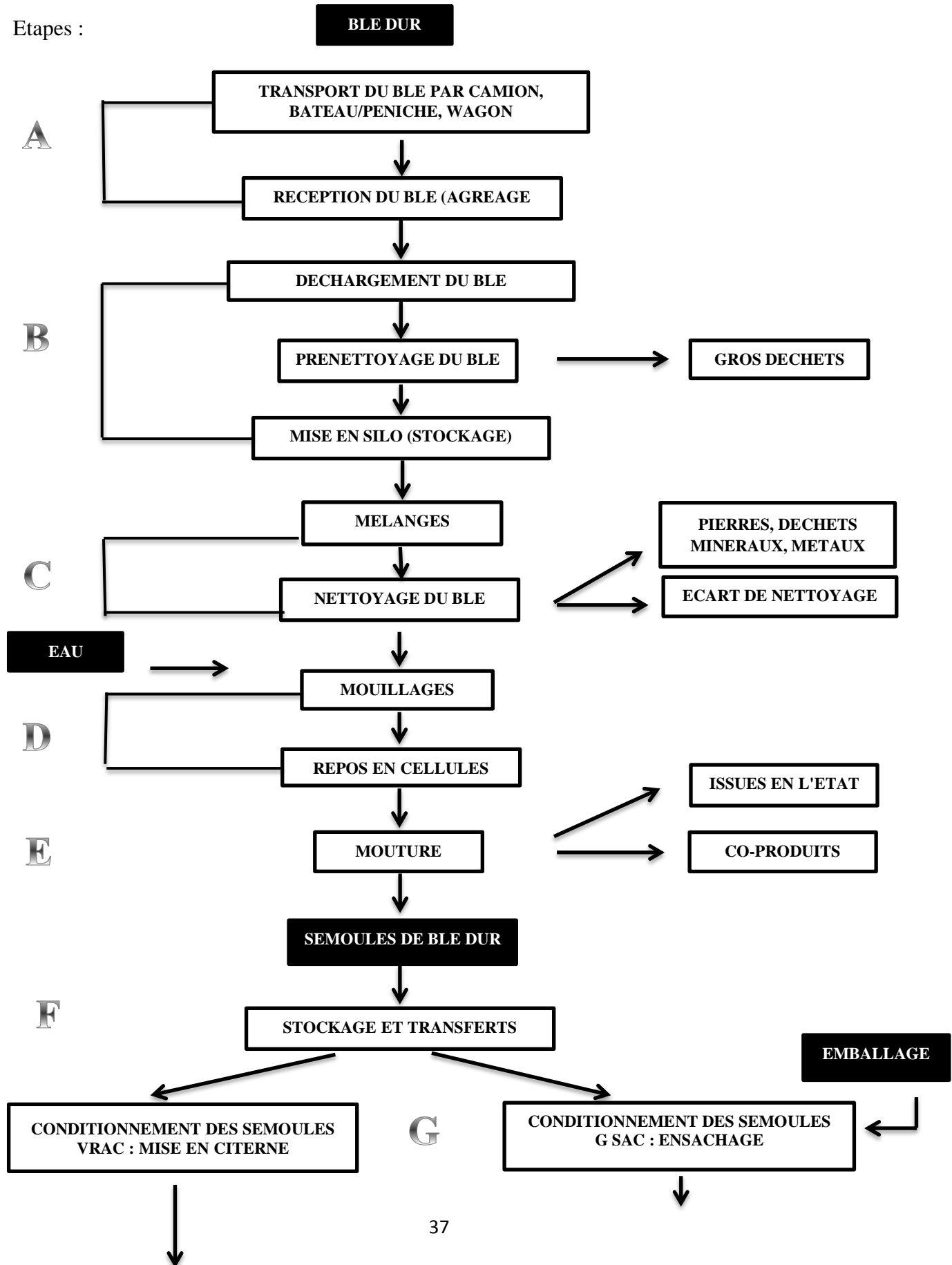
• Etape H : stockage (sac) et expédition (vrac et sac)

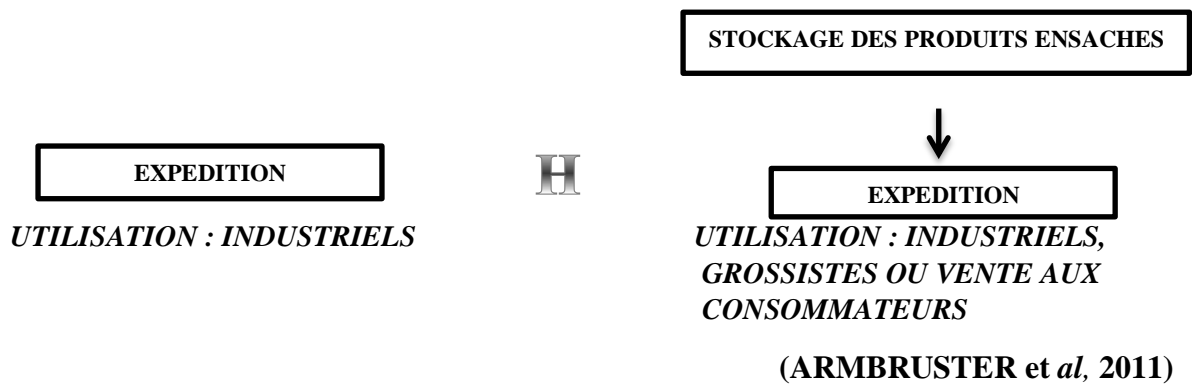
Les sacs sont stockés dans des magasins puis chargés généralement dans des camions. L'état des aires de stockage doit être surveillé pour éviter toute infestation de nuisibles. De même, les camions dans lesquels les sacs sont chargés doivent être propres. Les produits en vrac sont expédiés chez les clients dans des citernes agréées dont les trappes de chargement et les vannes d'extraction sont scellées après chargement. Chaque citerne contient une seule qualité de semoule et est livrée à un seul utilisateur. Elle comporte la mention "réservé aux denrées alimentaires" (ARMBRUSTER *et al*, 2011)

b) Diagramme des flux du procédé de fabrication de la semoule de Blé dur

Les phases ou étapes du procédé de fabrication des semoules de blé dur

Etapes :





I.2. Orge

I.2.1. Historique et production de l'orge

a) Historique d'Orge :

La culture de l'orge est probablement originaire des hautes terres d'Éthiopie et L'Asie du Sud-Est il y a environ 10 000 ans. On pense qu'elle remonte à 6000 avant J.-C. en Égypte, avec des preuves de son utilisation dans l'ancienne Mésopotamie, au nord-ouest Europe et Chine (**Sun et Gong, 2010 ; Zhou, 2010**). Archéologie des restes de grains d'orge trouvés en divers endroits du Croissant fertile (l'ancien nom de la région qui comprend l'Irak, avec de petites portions de l'Iran, Koweït, Turquie, Syrie, Jordanie, Israël, Liban et Cisjordanie) (**Zohary et Hopf, 1993**) indiquent que la culture a été domestiquée vers 8000 avant J.-C.

Des études antérieures ont montré que l'orge pouvait avoir un caractère multicentrique origine (**Nilan et Ullrich, 1993 ; Newman et Newman, 2008 ; Sun et Gong, 2010**). La transformation de "l'orge sauvage", *H. spontaneum* C. Koch, en une culture, *H. vulgare* L., était un processus de sélection naturelle des meilleures variétés pour la récolte humaine qui s'est produite sur des milliers d'années. Il s'agit de croire que la plupart des caractéristiques biologiques de l'orge ancestrale et moderne sont identiques. L'orge a suivi le mouvement de la civilisation humaine et l'expansion agricole. Pendant plusieurs milliers d'années, l'orge a été utilisée par des populations anciennes de différentes cultures d'Asie, d'Afrique du Nord et L'Europe en tant qu'élément important du régime alimentaire de base et en tant qu'aliment de base dans la nourriture. L'orge était utilisée pour faire du pain, ainsi que des produits alcoolisés et non alcoolisés les boissons à base d'orge. Son importance historique est même reflétée dans son ancienne à utiliser comme monnaie et comme

médicament (**Pellechia, 2006**). La première bière d'orge a probablement été produite accidentellement (**Brothwell et Brothwell, 1998**).

Les archives romaines indiquent que l'orge était la nourriture des gladiateurs, utilisée pour augmenter leur résistance et leur force (**Perceval, 1921**). L'orge a toujours été le grain de choix pour la culture en raison de sa capacité à tolérer les conditions météorologiques et pédologiques que d'autres cultures ne peuvent pas connaître.

L'orge est classée selon les types printemps ou hiver (sensible au gel ou au contraire résistant au froid environ jusqu'à -15°C), sa classification est basée sur la fertilité des épillets latéraux, la densité de l'épi et la présence ou l'absence des barbes (**Rasmusson, 1992**).

b) Production de l'orge

➤ Mondiale

Régimes pluviométriques variables et bien souvent faibles qui se traduisent par de fortes contraintes hydriques et thermiques. Cet environnement, le plus souvent stressant, impose une limite à l'expression des aptitudes génétiques des cultivars et explique en partie la stagnation du rendement qui n'a pas connu d'amélioration notable durant plus d'un demi-siècle (**Figure 06**).

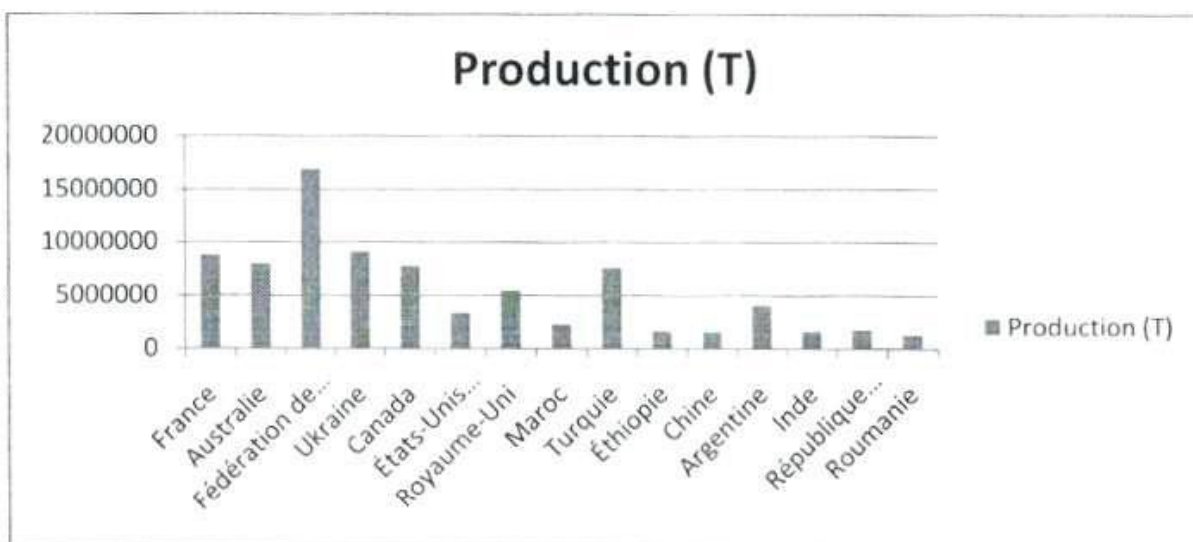


Figure 06: Production mondiale d'orge en 2010-2011 (millions de tonnes)

➤ Nationale

En Algérie la production céréalière reste toujours faible et particulièrement la production en orge qui est liée à de nombreuses contraintes biotiques et abiotiques. Actuellement, la consommation des céréales repose très largement sur les

importations pour près de 70 %. les progrès en moyenne minimes de la production ont laissé se creuser avec la consommation qui a été depuis le début des années 60 multipliée par deux. Cette situation oblige l'état à consacrer plus d'un quart de ses revenus pétroliers à cette facture alimentaire (Abdouche, 2000).

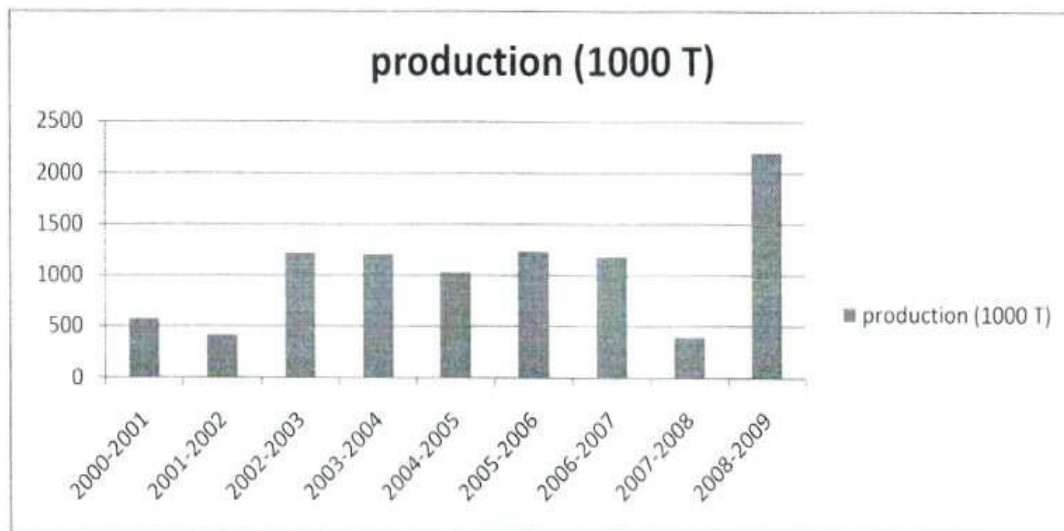


Figure07 : Production nationale d'orge entre 2000 et 2009.

La (figure 07) montre que la production d'orge a connu une évolution remarquable en 2009 par rapport à l'an 2000, en passant de 574700 T à 2203400 T.

Deux variétés locales, Saida et Tichedrett couvrent l'essentiel des superficies qu'occupe cette espèce. Des variétés nouvelles ont fait leur apparition en milieu producteurs, mais elles n'occupent toutefois que des superficies limitées due à leur faible adaptabilité à l'environnement de production. Elles sont irrégulières et produisent peu de paille sous stress. La sélection de nouvelles variétés relativement mieux adaptées et plus productives reste donc un important objectif de recherche dans les régions semi-arides où de faibles progrès ont été faits en la matière (Ceccarelli et al, 1998).

I.2.2 Taxonomie, Structure et Composition chimique

a) Taxonomie et structure du grain d'orge

D'après Feillet 2000, l'orge cultivée est appartenue à la classification suivante:

Règne	Plantae
Division	Magnoliophyta
Classe	Liliopsida

S/Classe	Commelinidae
Ordre	Poale
Famille	Poaceae
S/Famille	Hordeoideae
Tribu	Hordeae (Hordées)
S/Tribu	Hordeinae
Genre	Hordeum
Espèce	<i>Hordeum vulgare L.</i>

Les grains d'orge sont généralement plus gros et plus pointus que le blé et ont une couleur jaune clair et brillante. Toutefois, la couleur peut varier de jaune clair à violet, violet, bleu et noir, qui est principalement causé par le niveau d'anthocyanines dans la coque, le péricarpe et/ou la couche d'aleurone (**Baik et Ullrich, 2008**).

Le grain d'orge est composé de plusieurs parties : les enveloppes organisées en plusieurs assises (testa, péricarpe, glumelles), l'embryon, la couche à aleurone et l'albumen amylicé (**fig 08**).

➤ **Les glumelles**

Les glumelles constituent l'enveloppe externe du grain d'orge et représentent environ 10 % de son poids sec. On distingue les glumelles dorsales (lemma) des ventrales (palea). Les glumelles sont principalement formées de cellulose (20 %), d'hémicellulose (30-45 %) et de lignine (10-20 %) (**Höije et al. 2005**).

➤ **Le péricarpe**

Le péricarpe est composé de plusieurs types de cellules qui se situent entre les glumelles et la testa. Il est séparé des glumelles par une couche protectrice cuticularisée appelée épicarpe et est soudé à la testa (aussi appelé tégument séminal) (**Freeman et Palmer 1984**). Cette couche agit comme une membrane semi-perméable permettant les échanges gazeux. Sur sa face externe, le péricarpe est formé de l'hypoderme et sur sa face interne, de cellules croisées de forme rectangulaire et situées près de la testa.

La testa est entourée de deux zones cuticulaires, la plus interne issue du tissu nucellaire étant plus fine que la plus externe qui est issue des cellules de la testa (**Briggs 1998**).

➤ **L'embryon**

Situé dans la partie dorsale de la graine, les deux composants majeurs de l'embryon sont l'axe embryonnaire qui formera la plantule au cours de la germination et le scutellum

qui aura un rôle dans la synthèse d'enzymes et le transfert des nutriments de l'albumen vers l'embryon lors du développement du grain.

A maturité l'embryon se divise en trois régions : la tige (coléoptile), la méso cotyle et les racicules enveloppées dans le coléorhize. La méso cotyle et l'axe embryonnaire se trouvent entre le coléoptyle et les racicules (**Briggs 1998**).

➤ **L'albumen**

L'albumen est le tissu de réserve de l'orge, il contient des grains d'amidon, des protéines de réserve, des lipides et des polysaccharides pariétaux. L'albumen est composé de la couche à aleurone et de l'albumen amylicé (**Fincher and Stone 1986; Jadhav et al. 1998; Sullivan et al. 2010**).

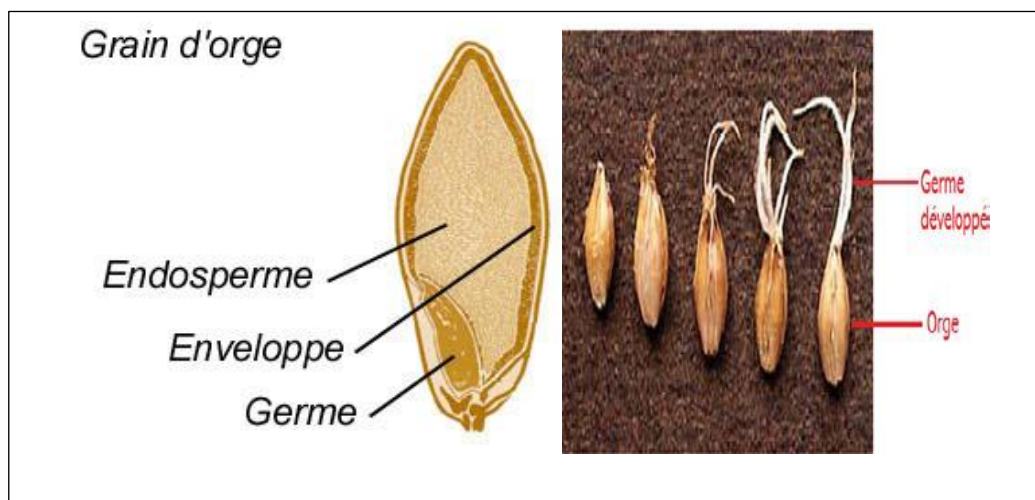


Figure 08: les principales parties d'une graine d'orge. (**Fincher and Stone 1986; Jadhav et al. 1998; Sullivan et al. 2010**)

a) Composition chimique du grain d'orge :

La composition biochimique en poids sec d'un grain d'orge est donnée dans le tableau suivant:

Tableau 04 : Composition biochimique de l'orge (Allosio_ournier, 1999).

Constituants biochimiques	ORGE
	Teneur en % de poids sec
Glucides	78-85
Amidon	63-65
Saccharose	1-2
Polysaccharides solubles dans l'eau (gommes)	1-1.5
Polysaccharides solubles dans les solvants organiques (hémicelluloses)	8-10
Cellulose	4-5
Sucre réducteurs	0.1-0.2
Autres	1
Lipides	2-3
Protéines	8-11.5
Albumine	0.5
Globuline	3
Hordéines	3-4
Gluténine	3-4
Acides aminés et peptides	0.5
Acide nucléique	0.2-0.3
Sels minéraux	2
Autres dont lignine	5.6

I.2.3 Bienfaits du l'orge

L'orge (*Hordeum vulgare L*) est, à côté du blé, du maïs et du riz, l'une des céréales les plus importantes dans le monde, étant classé au quatrième rang des céréales pour la production des grains avec 38% maïs, 29% blé, 20% riz et 6% d'orge (Saulnier, 2012). L'orge est un aliment important dans plusieurs régions du monde telles que l'Afrique du

Nord, le proche Orient, l'Asie, etc. La consommation moyenne et annuelle par personne dans ces régions varie entre 2 à 36 kg (**EL-Haramein et Grando, 2010**). Il joue également un rôle primordial non seulement en alimentation humaine au Maghreb et dans les montagnes d'Ethiopie, l'Eretria et le Pérou (**Grando et al., 2005**) mais également comme aliment de bétail en période hivernale lorsque le déficit fourrager est grand et le prix du fourrage est élevé. (**ZAIRI et al**)

Outre que les avantages nutritionnels habituels des céréales, le plus important est que la paroi cellulaire de l'orge contient une bonne quantité de fibres diététique soluble β -glucanes, chimiquement (1-3,1-4) - β -D-glucanes distribués dans tout le noyau, dont 30% représentent une liaison glycosidique 1-3 et le reste étant 1-4. Les parois cellulaires de l'endosperme amylicé sont constituées de 75% de β -glucanes, 20% d'arabinoxylane, 2% de cellulose et 2% de glucomannane. Les parois des cellules aleurones sont constituées de 71% d'arabinoxylane et de 26% de β -glucanes, avec 3% de cellulose et glucomannane. En raison des β -glucanes, l'orge en tant qu'aliment augmente la viscosité du contenu intestinal, ce qui réduit l'absorption du glucose et piège les acides biliaires et fonctionne comme agent hypoglycémiant et hypocholestérolémique. De plus, le son dans l'orge entière offre une source de fibres insolubles, l'ingrédient nécessaire à la clairance intestinale et donc pour maintenir la santé du côlon. Ainsi, l'utilisation de l'orge comme aliment / ingrédient alimentaire pourrait être une mesure préventive ou de contrôle pour vérifier la fréquence alarmante du diabète sucré et d'autres troubles du mode de vie associés (**Madhusweta et Sumeet, 2016**).

I.2.4 Transformation de l'orge en semoule

A. Le procédé industriel de fabrication

La fabrication de la semoule exige trois étapes nécessaires et complémentaires : le nettoyage, le conditionnement et la mouture.

1. Le nettoyage :

Les grains destinés à la transformation doivent subir un nettoyage rigoureux. Ils doivent être débarrassés des grains étrangers, des grains noirs et colorés, des pierres et des différentes impuretés pouvant y exister comme les particules métalliques. Ce nettoyage est effectué par une série d'équipement de nettoyage.

2. La préparation de l'orge à la mouture (Conditionnement)

En semoulerie, on doit prendre des mesures pour ne pas trop briser le son car on devra

maintenir le caractère vitreux de l'amande (**Boudreau et Matsuo, 1992**). On procède à cet effet à une addition d'eau suivie d'une période de repos allant de 05 à 06 heures. La teneur en eau additionnée et la durée du repos sont en fonction de la teneur initiale des grains en eau. Cet apport doit assouplir le son sans modifier l'amande et permettre ainsi la séparation des enveloppes (**Franconie et al ; 2010**).

Après humidification, on déloge le germe à l'aide d'un dégermeur (**Boudreau et Matsuo ; 1992**). En effet la présence du germe dans la semoule est une impureté et se manifeste comme des piqures. Aussi, sa présence diminue la durée de conservation de cette dernière.

3. La Mouture

La mouture proprement dite est réalisée en combinant trois opérations unitaires :

- **Le broyage**

La dissociation des grains se fait à l'aide de divers appareils à cylindre cannelés (Broyeur, Désagrégeur) ou lisses (Claqueurs, convertisseurs) qui appliquent sur les grains et les produits à mouture des actions de cisaillement ou de compression conduisant à la rupture des matériaux. (**Abecassis et al ; 2010**).

- **Le classement granulométrique des produits de mouture**

Cette opération, réalisée dans des plansichters, permet l'obtention de produits calibrés mais hétérogènes. On peut y trouver de la semoule vêtue d'enveloppe, des grains de semoule pure et du son qui sera éliminé par les Bluters (brosse à son).

- **Le classement aérodynamique des particules de semoules**

Cette opération est réalisée dans des sasseurs afin d'obtenir des semoules pures (**Feillet, 2000**). Les sasseurs permettent la séparation des fractions de semoule par densité et en fonction des dimensions des particules. Les particules trop grosses ou vêtues d'enveloppes seront à nouveau broyées et séparées.

B. Le procédé artisanal ou manuel de fabrication

La fabrication artisanale de la semoule d'orge (Tchicha) diffère d'un pays à l'autre selon les cultures et les traditions, cependant elle se réunit sur le même principe de mouture qui est réalisée à l'aide d'une meule à mouvements circulaires, faites le plus souvent, comme en Afrique du Nord, de deux éléments circulaires superposées en pierre. Cette meule est aménagée pour permettre d'alimenter la meule en grains et d'écarter plus ou moins les deux éléments de la meule en fonction de la finesse recherchée (**Chastanet, 2010**). Passés une fois au meule pour en détacher les enveloppes, les grains sont broyés

plusieurs fois de suite, jusqu'à obtention d'une mouture qui est moins fine que celle du blé dure. Les fractions obtenues à chaque broyage sont séparées par des tamis traditionnels de diverse granulométrie.

Au cours d'une mouture sèche de l'orge, on obtient de la farine d'orge, plusieurs types de semoules dont l'appellation diffère d'un pays à l'autre et d'une région à l'autre. En Algérie, on parle généralement de grosse Tchicha, de Tchicha moyenne et de fines semoules.

CHAPITRE II : LE COUSCOUS

II.1 Historique

Le couscous ou seksu (ⵜⴰⴳⴷⵓⴷⴰ) en langue berbère ou kuskus en arabe est par origine un Numidien (la population berbère de Numidie) plat de petites boules de semoule de blé dur écrasé cuites à la vapeur traditionnellement servie avec un ragoût à la cuillère sur le dessus. Cependant, il y a peu de publications scientifiques qui ont rendu compte de ce produit alimentaire ethnique des pays du Maghreb ou Monde berbère (Afrique du Nord).

L'étymologie du mot couscous, connu dans le monde entier, peut être dérivée de l'arabe mot Kaskasa, signifiant "piler petit" qui viendrait aussi au son de sa préparation lorsque les grains sont tamisés, donnant lieu au bruit qui fait des «keskes» ou aussi du Seksu berbère, qui signifie "bien roulé" ou "bien formé". Cela aurait en outre donné le nom au plat cuit ainsi qu'à l'ustensile dans lequel les grains cuits à la vapeur sont cuits sur une marmite (Borma) sur laquelle il s'ajuste: le tout forme le couscoussier.

Un couscoussier est un cuiseur vapeur traditionnel à deux chambres utilisé par les Nord-Africains cuisines berbère et arabe, et maintenant dans le monde entier, pour cuisiner du couscous. La marmite vapeur est appelée en couscoussier français, Taseksut en berbère et Kaskas en arabe.

Concernant l'origine du couscous, différents points de vue ont été postulés, mais la plus répandue est celle d'origine berbère. Par exemple, l'historienne culinaire « Lucie Bolens » décrit des pots primitifs qui ressemblent de très près à l'outil de cuisson principal du couscous qui est le couscoussier trouvé dans des tombes en Kabylie datant du règne du roi berbère Massinissa. D'un autre côté, c'est en Afrique du Nord que près de deux mille ans, les Berbères ont inventé une façon originale de préparer la semoule de blé: en le roulant, légèrement humidifié, en petits grains sphériques et succulents, légers, parfumés et nourrissants, donnant à la cuisson une masse moelleuse. Ni dans le monde antique, ni dans l'oriental. Le monde arabe connaît cette façon de traiter le grain. Le couscous était la céréale de base de la préparation des Berbères avant même la conquête arabe. En utilisant de l'orge ou du blé, c'était certainement plus important que le pain.

Le couscous est encore préparé manuellement jusqu'à aujourd'hui ; et il est devenu semi-industriel pour la première fois en Algérie avec l'introduction des industries Établissement Ricci à Blida en 1853 ou Ferrero à Alger. (CHEMACHE et al ; 2018)

Par définition ; 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**).

II.2. Matières premières utilisées dans la fabrication du couscous

II.2.1. Semoule

1) Définition de la semoule

La semoule est définie par le **Codex Alimentarius (1995)** 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. La semoule complète de blé dur est préparée par procédé de broyage similaire, mais le son et une partie du germe sont préservés ».

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

2) Différents types de semoules

La semoule est le produit noble de blé dur, obtenue par la mouture de ce dernier, lors de la mouture de blé dur, on peut avoir plusieurs types de semoules qui sont classées comme suit :

- ✓ **Semoule supérieure fine** : dont les dimensions des particules sont comprises entre 150 µm et 500 µm, elle est utilisée pour la fabrication des pâtes alimentaires
- ✓ **Semoule supérieure moyenne** : comprise entre 500 et 800 µm destinée à la fabrication du couscous artisanal et industriel, de galette et du gâteau.
- ✓ **Semoule SG** : de granulation supérieure à 800 µm, elle est destinée à la fabrication du couscous de type « gros » ou de gâteau. (**BAILLY, 1985**).

Selon le **Codex Alimentarius (1995)**, les proportions des semoules dans le mélange destiné à l'obtention du couscous sont de l'ordre de :

- 20 à 30% pour la semoule fine
- 70 à 80% pour la semoule grosse

La semoule « grosse-moyenne » est une semoule obtenue par le mélange de :

- 25 à 30% de semoule grosse
- 70 à 75% de semoule moyenne

3) Composition chimique de la semoule :

La composition chimique moyenne de la semoule est présentée dans le tableau 05.

Tableau 05 : Composition moyenne pour 100 g de semoule (**SOUCI *et al* ; 1994**).

Constituants	Moyenne	Variation	Unités
Eau	13.10	12.20-14.00	g
Protéine	9.56	8.58-10.21	g
Lipides	0.79	0.63-1.00	g
Glucides	68.96	-	g
Fibres	7.12	-	g
Matière minérales	0.47	0.42-0.52	g
Sodium	1.00	0.00-2.00	mg
Potassium	112.00	105.00-115.00	mg
Calcium	17.00	15.00-18.00	mg
Vitamine B ₁	120.00	45.00-2210	mg
Vitamine B ₂	38.00	30.00-45.00	mg

Les ménages recherchent des semoules pures et de couleur dorée. Cette semoule doit présenter une granulométrie homogène.

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

✓ 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.

✓ 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.

✓ La teneur en protéines s'est donc révélé un facteur déterminant des propriétés rhéologiques et culinaires des semoules.

✓ La teneur en cendre : est le 3ème critère, qui est un indicateur de la qualité semoulière, c'est-à-dire le poids de semoule rapportés au poids du blé mis en œuvre. En meunerie, 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. (MESSAADI et SAMAI, 2016)

II.2.2 Eau et sel

L'eau de procès doit satisfaire les exigences d'une bonne qualité chimique, microbiologique et organoleptique.

❖ La qualité physico-chimique des eaux de fabrication industrielle :

A l'exception des eaux ayant subi un traitement thermique pour la production d'eau chaude. La température ne doit dépasser 25 C°.

Le pH doit être supérieur ou égal à 6.5 unités pH et inférieur ou égal à 9 unités pH. Pour les substances suivantes, les valeurs des concentrations doivent être inférieures ou égales aux valeurs indiquées ci –après :

- ✓ Chlorures200 mg/l (Cl)
- ✓ Sulfates.....250 mg /l (SO4)
- ✓ Magnésium50mg /l (MG)
- ✓ Sodium.....150mg/L (Na)
- ✓ Potassium12mg/L (K)
- ✓ Aluminium0.2mg/ L (Al)

A l'exception des eaux ayant subi un traitement thermique pour la production d'eau chaude. Pour lesquelles la valeur de 0.5 mg/l ne doit pas être dépassée.

- Titre alcalimétrie complet50 degré français

- La quantité de résidus secs, après dessiccation à 180 C° doit être inférieure ou égale à 1500 mg/l (**VIERLING, 1998**).

L'influence du pH et du sel sur l'absorption de l'eau a été peu étudiée. La capacité d'absorption d'eau dépend dans une certaine mesure du pH et de la dénaturation des protéines. (**WU et INGLETT, 1974**). **MOSS *et al.* (1986)** ont constaté que les conditions alcalines dues à l'addition de kansui (mélange des carbonates de sodium et de potassium) ou de NaOH ont augmentés l'absorption de l'eau. La présence d'autres ingrédients dans le produit alimentaire, comme le sel et les lipides, change considérablement les caractéristiques d'hydratation de la protéine (**QUINN et PATON, 1979**). Plusieurs études ont montré l'effet des propriétés de l'eau (pH, dureté, l'addition de sel) sur la qualité des produits céréaliers (pâtes, couscous, pain ...) que ce soit dans l'eau de cuisson ou l'eau d'hydratation des semoules.

L'addition du sel à la pâte n'est pas seulement une question de saveur. L'effet du sel sur le durcissement du gluten peut jouer un rôle important dans la propriété rhéologique du couscous, son rôle de qualité n'a pas été encore prouvé (**KAUP et WALKER, 1986**). Les liaisons salines, les effets électrostatiques, et la structure modifiée de l'eau sont importantes pour les propriétés du gluten, de la pâte de farine de blé (**BELTIZ et al ; 1986**).

L'insuffisance du sel à la sauce a comme conséquence un couscous collant. D'autre part, trop de sel empêche l'absorption de sauce par le couscous (**KAUP et WALKER, 1986**).

(BENLEFKI et HAMOUD AHMED, 2016)

II.3 Fabrication du couscous

Le couscous est le plat majeur du Nord-Africains (Egypte, Libye, Tunisie, Algérie et Maroc). Dans ces pays, le couscous est préparé avec la semoule de blé dur, comme il peut être fabriqué avec d'autres céréales (maïs,...). Les processus de fabrication du couscous Algérien, Tunisien et Marocain se ressemblent beaucoup (**KAUP ET WALKER ,1986**).

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.

(ALLOUI et al, 2013)

II.3.1. Procédé industriel de fabrication du couscous

Les procédés industriels les plus connus de fabrication du couscous sont: BRAIBANTI, BASSANO et BUHLER. Les étapes de fabrication sont semblable mais la technologie de leurs modules et les conditions opérationnelles sont différentes (YOUSFI, 2002).

La fabrication industrielle du couscous met en œuvre les six étapes suivantes :

- **Mélange** de semoule de blé dur (100 kg), d'eau (30 l) et parfois de sel (0.3-0.5 kg). Cette opération dure environ 15 à 25 min (FEILLET, 2000). Au niveau du complexe « LATRACHE YOUSEF » d'El-harrouch cette opération est réalisée dans une presse comportant : un agitateur doseur semoule, une centrifugeuse horizontale, une mélangeuse double et une centrifugeuse verticale. La presse permet le brassage du mélange semoule/eau grâce à une turbine à palettes ayant une grande vitesse (250 tr/min dans la centrifugeuse horizontale et 750 tr/min dans la centrifugeuse verticale). Elle assure l'homogénéité de l'humidification et l'agglomération en petites boulettes (BAKECHE, 1994) ;
- **Roulage** des particules de semoule pour les agglomérer en grains de dimension variable, habituellement comprise entre 500 et 800µm, parfois plus. Cette opération est réalisée dans des cylindres alvéolés rotatifs (rouleurs) ou de simples plansichters. (FEILLET, 2000). Les cylindres alvéolés sont des tambours rotatifs dans lesquels la semoule est roulée par frottement des palettes sur une toile en sens inverse du tambour. Le module a pour fonction de rouler et de tamiser en même temps le produit (YOUSFI, 2002). Alors que, le plansichter est composé de deux tamis munis d'un mouvement circulaire. Il assure le roulage et le calibrage simultané du produit (BAKECHE, 1994).
- **Cuisson** à la vapeur pendant une dizaine de minutes ;
- **Séchage** à 50-70°C pendant quelques heures pour atteindre une humidité finale de 12-14 % ms, suivi d'un refroidissement (FEILLET, 2000) ;
- **Calibrage** sur des tamis ; au niveau du complexe « LATRACHE YOUSEF » d'El-harrouch on obtient deux catégories de couscous, gros dont la grosseur est comprise entre 1.25 mm et 2.24 mm et moyen dont la grosseur est comprise entre 0.65 mm et 1.25 mm (BAKECHE, 1994).
- **Recyclage** des grains trop fins ou trop gros. Le débit horaire des installations se situe autour de 500 kg/h (FEILLET, 2000).

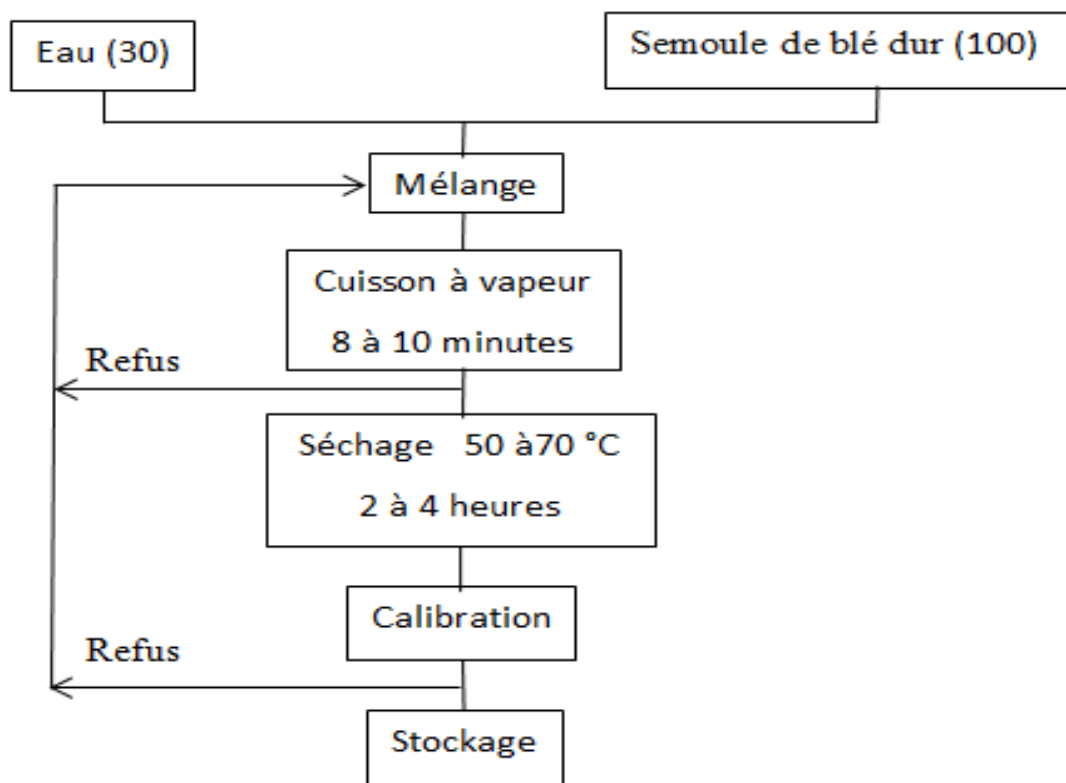


Figure 09 : Schéma de la fabrication industrielle du couscous (FEILLET, 2000).

- Le conditionnement et le stockage** : En Algérie, le couscous industriel est généralement emballé dans des paquets en plastique. Suite aux amplitudes thermiques durant le stockage. Ce type d'emballage présente l'inconvénient de concentrer par condensation l'humidité sur les parois des sachets en plastique. Ces points de forte humidité peuvent permettre une croissance des micro-organismes présents. Il est recommandé de stocker le couscous dans des endroits secs à la température ambiante.

II.3.2. Procédé artisanal de fabrication du couscous

Le couscous est préparé à partir d'un mélange de semoule grosse et de semoule fine. Il peut aussi être préparé à partir de la semoule dite « grosse-moyenne » (norme de codex 202-1995). Pendant la fabrication de couscous, la semoule doit être hydratée avec de l'eau salée de 4-5 g de NaCl / l (KAUP ET WALKER, 1986). Le couscous est fait à partir du millet perlé au Sénégal et du maïs au Togo (KAUP ET WALKER, 1986). Le couscous de maïs, de sorgho et de millet sont des aliments traditionnels de plusieurs pays de l'Afrique de l'Ouest, d'Amérique Centrale et de l'Est (GALIBA et al, 1988). Leur fabrication ressemble à celle de couscous de blé dur du Nord-Africain sur certains points (ALUKA et al, 1985). Environ 10 % du blé dur au Proche Orient est employé pour

fabriquer le couscous (**WILLIAMS, 1985**). Les étapes de fabrication de couscous commercial sont identiques à celles de couscous traditionnel (**KAUP ET WALKER, 1986**). Traditionnellement, les femmes d'Afrique du Nord fabriquent leur couscous à la main, mais depuis 1953, la fabrication de ce dernier a été industrialisée grâce aux frères FERRERO. (**MEZROUA, L.2011**).



Figure 10 : Préparation artisanal du Couscous par la femme berbère (**CHEMACHE, L et al.2018**).

❖ **Les ustensiles traditionnels utilisés pour préparer le couscous Traditionnel :**

✓ Un couscoussier-cuiseur composé de deux compartiments : une vapeur générateur utilisant de l'eau bouillante et au-dessus, un couscous récipient ou réservoir de vapeur nommé «keskess» où le traitement thermique se produit. (**BENATALLAHL.AGLI, A et al ,2008**).



Figure 11 : Un couscoussier-cuiseur (**Photos personnelles**)

✓ Les opérations d'hydratation et de roulage sont réalisées dans un grand récipient en bois ou en aluminium appelé "guessâa". (BENATALLAHL.AGLI, A et al ,2008).



Figure 12 : guessâa (Photos personnelles)

✓ Quatre tamis différents appelés «dekkak», «reffad», «meâaoudi» et «sekkat» sont utilisés dans les opérations de tamisage ou de calibrage et correspondent respectivement AUX Ouverture de maille de 500, 1000, 1130 et 1280 μm . (BENATALLAHL.AGLI, A et al ,2008).



Figure 13 : Tamis pour couscous (Photos personnelles)

- **Classification et préparation de la semoule**

La classification de la semoule en deux fractions est réalisée au moyen d'un tamis 500 μm tamis. Deux fractions ont été obtenues : la semoule grosse (GS), qui est la fraction retenue, et la semoule fine (FS) (**fig14**).



Figure 14 : Semoules utilisées pour la fabrication de couscous (**Photos personnelles**)

L'étape de classification n'est pas nécessaire si la semoule a une distribution granulométrique homogène. Par la suite, la GS a été précuite à la vapeur pendant 10 à 14 minutes. Cette opération est réalisée pour améliorer les propriétés d'agglomération de la semoule en permettant la formation d'agglomérats plutôt que des grumeaux de pâte.

- **Hydratation**

L'hydratation de la semoule est une étape délicate, nécessaire pour obtenir un mouillage homogène de la semoule. Des quantités d'eau élevées favorisent une agglomération exagérée, conduisant à la formation de pâte qui rendra l'étape de roulement très difficile. La salinité de l'eau utilisée dans l'agglomération pourrait influencer la qualité du couscous. 87% des fabricants de couscous ont hydraté la semoule par une solution d'eau salée. Généralement, la concentration de sel (NaCl) dans l'eau est estimée à 1,6%. Leur choix est justifié d'une part par l'amélioration de la saveur du produit final et d'autre part par une meilleure protection du produit finis contre les altérations pendant le stockage.

- **Malaxage et roulage**

Se déroule en trois sous-étapes principales connues sous le nom de nucléation, mise en forme et finition.

a) Nucléation :

Après la préparation de la matière première, le rapport GS / FS est déterminé. L'opération commence par le mélange des deux fractions de semoule. Le rapport GS / FS semble dépendre de plusieurs facteurs. Contrairement au processus industriel, les deux fractions granulométriques sont séparées au début pour la préparation du couscous artisanal. Tout d'abord, l'hydratation se fait progressivement avec de petits volumes d'eau salée, par la suite, le tout est mélangé par des mouvements circulaires de la main. L'ajout de petites quantités de FS permet l'initiation des particules à l'agglomération. Ainsi, l'eau est absorbée par les fines particules qui va servir d'un point central autour duquel les grosses particules adhèrent, pour former de petites structures appelées noyaux. De plus, les FS contiennent un niveau élevé d'amidon endommagé qui est responsable de l'absorption d'eau. Ainsi, la gélatinisation et l'agglomération se dérouleront facilement.

b) La mise en forme :

Le taux de granules formés au cours de l'étape d'hydratation augmente par l'ajout de FS. À ce stade, le roulement est effectué en appliquant des mouvements énergétiques et circulaires avec la paume de la main. Les particules FS s'agrègent aux grains de couscous (noyaux). Cette étape permet la formation des agglomérats plus grands par effet boule de neige.

Dans cette étape, les grumeaux formés sont décomposés à travers un tamis à mailles de 2860 et 3300 μm en ajoutant de petites quantités de FS. Les particules dont la taille est inférieure à 600 μm sont réutilisées, et celles supérieures à 600 μm subissent une étape de finition.

c) La finition

Cette étape correspond à une opération de roulage du grain de couscous humide avec saupoudrage de la farine de blé ou de fécule de maïs sans ajout d'eau. Les quantités de farine de blé ou de fécule de maïs utilisés étaient estimés à 10 g / 100 g (farine de blé ou fécule de maïs / couscous humide). Selon les femmes interrogées, l'utilisation de la farine de blé ou la fécule de maïs vise à homogénéiser et à améliorer davantage la texture des grains de couscous en leur donnant un aspect plus sphérique, une surface plus lisse et des grains bien individualisés. Les particules de semoule non agglomérées ont été réintroduites au début des opérations de roulage. Le processus est répété jusqu'à l'épuisement de la matière première. Il convient de noter qu'à un moment donné, l'opération de laminage doit

être arrêtée. Les ménagères ont déclaré qu'il est impossible d'obtenir un rendement de roulage de 100%.

- **Cuisson à la vapeur (pré-cuisson)**

Le couscous humide est ensuite cuit à la vapeur une seule fois avant le séchage. Cependant, certaines ménagères (23%) préfèrent faire le séchage sans effectuer ce traitement hydro thermique. L'étape de cuisson à la vapeur contribue à l'amélioration de la digestibilité et conserve la forme des grains de couscous par la gélatinisation de l'amidon. De plus, cette étape peut prévenir les altérations enzymatiques et microbiologiques du couscous.

- **Séchage**

Le couscous précuit est séché à l'air libre en l'étalant en couches minces sur un tissu. Le séchage peut se faire exclusivement à l'ombre, ce qui réduit l'exposition du couscous précuit à la lumière du soleil et à la température. Le choix de cette méthode de séchage a pour objectif la préservation de la qualité nutritionnelle et organoleptique du couscous séché. Cependant, certains fabricants supposent que le séchage à l'ombre prend beaucoup de temps et le couscous est plus exposé à des altérations et des contaminations. Par conséquent, le séchage au soleil semble être plus rapide et plus efficace pour une réduction maximale de l'humidité du couscous, mais il peut entraîner un brunissement et une modification du goût. Il a également été noté que l'ombre et le séchage au soleil pourraient être combinés, en commençant par un séchage à l'ombre suivi d'un séchage au soleil. La plupart des ménagères adoptent cette technique de séchage. **(Fig 15)**

En conséquence, deux étapes se distinguent : la première permet la préservation de la qualité du couscous, et la seconde assure un bon séchage. A la fin de l'étape de séchage, le produit final obtenu est appelé « couscous sec », qui est emballé dans des sacs en tissu et conservé dans un endroit sec et à température ambiante. Pour augmenter la durée de conservation ou améliorer la qualité organoleptique du couscous, les ménagères ajoutent d'autres ingrédients tels que le poivre noir ou rouge et la feuille de laurier au couscous séché. **(CHEMACHE, L et al.2018).**

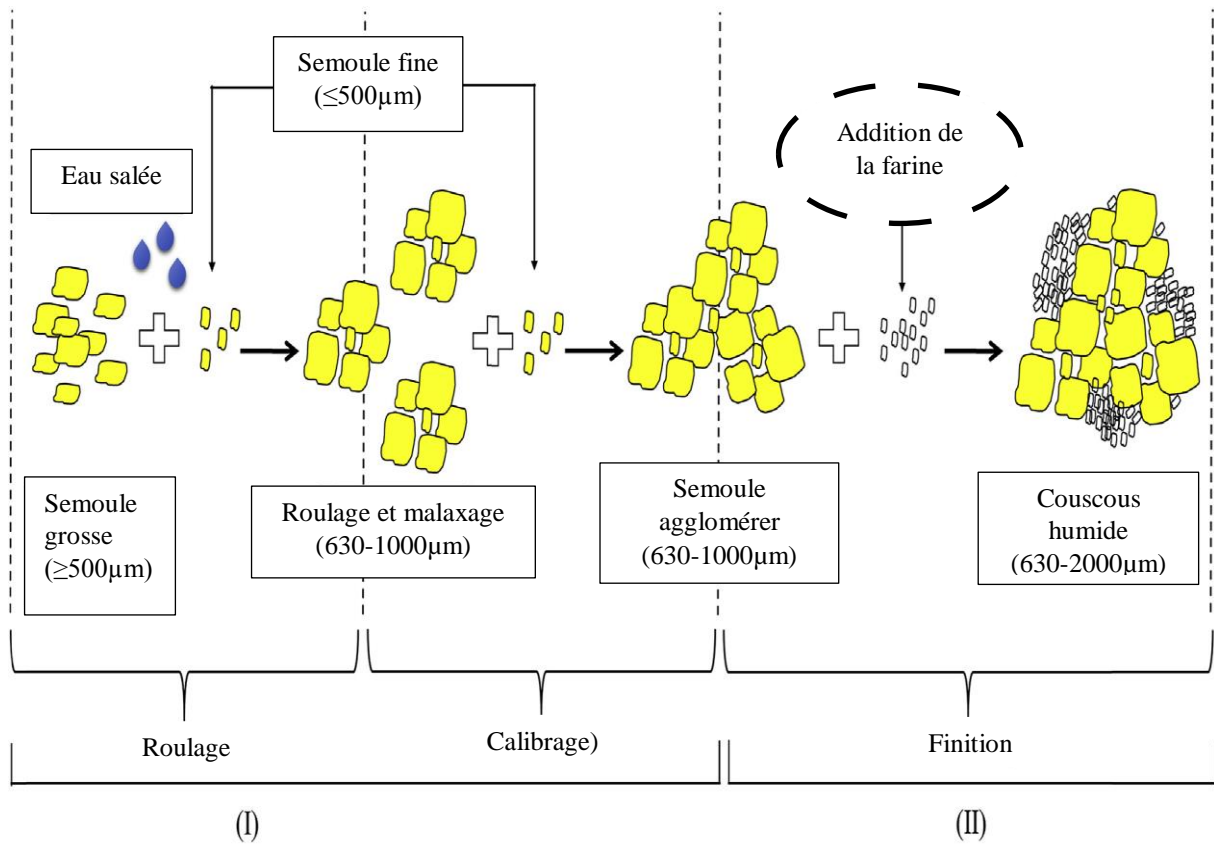


Figure 15 : Représentation schématique des principales étapes contribuant à l'agglomération du couscous (CHEMACHE, L et al.2018)

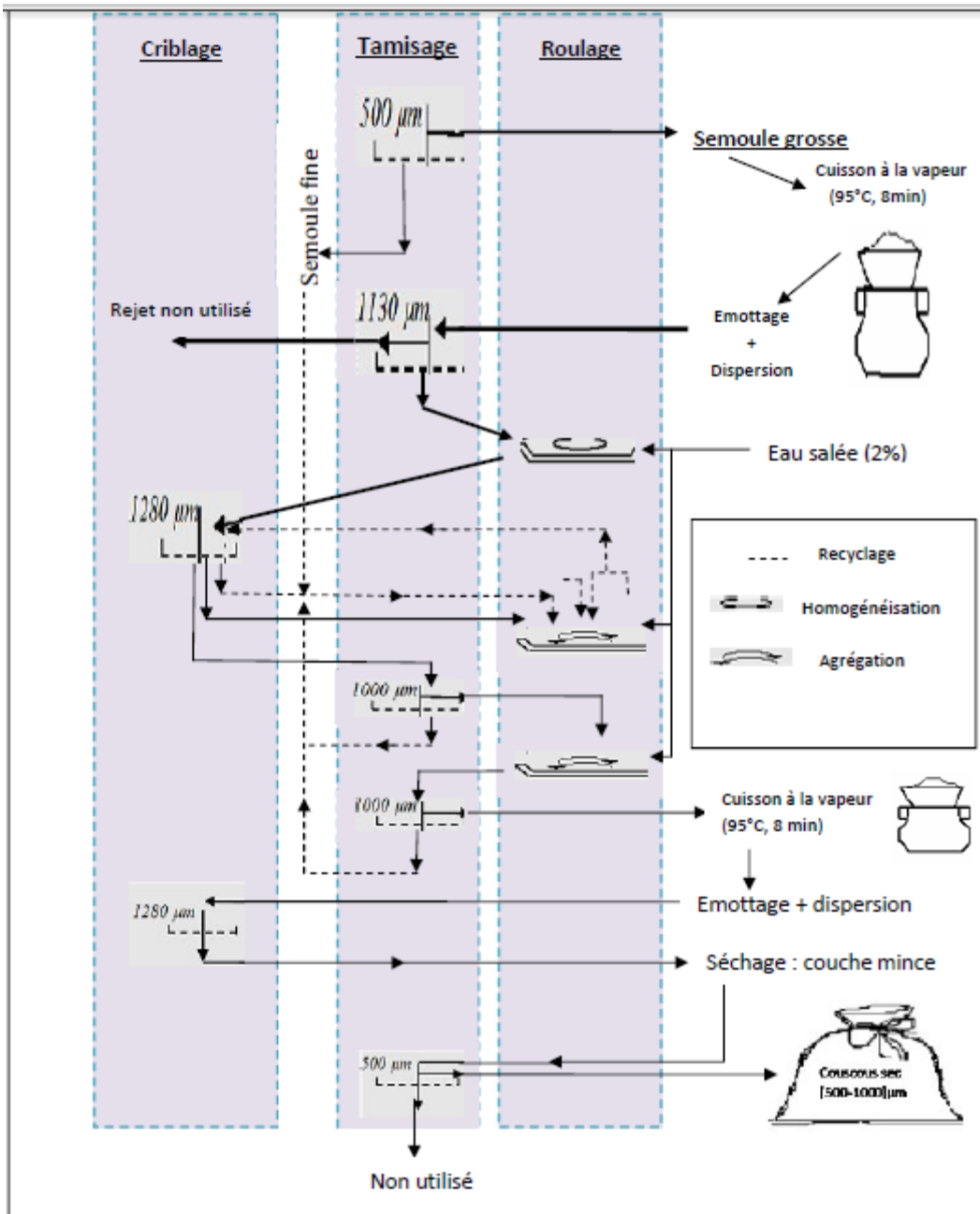


Figure 16 : Diagramme traditionnel de fabrication de couscous selon la préparation du Nord Est d'Algérie (BENATALLAH et al, 2008).



Figure 17 : Les étapes de fabrication artisanale de couscous.1) Semoule grosse.2) Hydratation de la semoule avec l'eau salée.3) Roulage de la semoule grosse.4) Addition de la semoule fine.5) Roulage.6) et 7) Calibrage des particules par 1^{er} tamis.8) 1^{er} refus (Passage de toute les particules).9) et 10) Calibrage des particules par 2^{ème} tamis.11) 2^{ème} refus(Couscous gros).12)et 13) Roulage.14)et 15) Tamisage par « Reffad ».16)Couscous humide. 17)3^{ème} refus (particules fines pour le recyclage).18) et19) Finition de couscous avec l'addition de la farine.20) Pré-cuisson de couscous humide.21) Emottage de couscous précuit.22) Calibrage de couscous précuit. 23) Séchage de couscous (Dispersion sur un drap). **(Photos personnelles)**

❖ Préparation de plat de couscous

1. Réhydratation du couscous sec

La préparation du couscous le plat commence par la réhydratation. Le couscous sec est trempé dans l'eau pendant quelques minutes, puis égoutter dans une casserole à couscous. Ensuite, le couscous réhydraté est laissé reposer pendant environ 10 minutes, remué et dispersé de temps en temps avant la du couscous réhydraté est ajouté avec la graisse. Il a été constaté que plusieurs types de graisses peuvent être utilisés, comme l'huile végétale.

2. Cuisson de couscous réhydraté

Après réhydratation, le couscous est immédiatement égoutté et laissé reposer pendant environ 8 à 10 minutes pour permettre aux grains pour absorber l'eau plus

efficacement, puis il est agité et dispersé. Le couscous hydraté est mis dans le couscoussier contenant la soupe en cours de cuisson. Plusieurs critères ont été énumérés pour arrêter la cuisson. La montée de la vapeur est notée par 49% des ménagères, suivie par le développement de la couleur jaune vif (35%). D'autres critères ont également été signalés comme une augmentation du volume et de la sensibilité des grains de couscous cuits.

Par la suite, le couscous est émotté et hydrater avec peu quantité d'eau. Plusieurs types de graisses peuvent être ajoutés ; nous pouvons trouver huile végétale (54%), margarine (39%), beurre fondu (35%) et olive huile (9%). Le choix des graisses ajoutées est basé sur leur disponibilité et la consommation lors d'événements familiaux. Il a été noté que fondu le beurre (déhane) est le plus préféré lors de la préparation du couscous à être servi pendant les célébrations. Ensuite, le couscous est cuit pour la première fois sans ajout de gras, suivi d'une deuxième cuisson après 15 minutes. Cependant, certaines femmes au foyer ont indiqué qu'elle cuit pour une troisième fois (11%). (CHEMACHE, L et al.2018).

❖ Différents plats du couscous



Figure 18 : plats du couscous (Photos personnelles)

II.4. Qualité du couscous

II.4.1. 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 leurs 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**).

II.4.1.1) 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**).

II.4.1.2) 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.

II.4.1.3) 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 clair. 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.

II.4.1.4) 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 sensoriel 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 d'émotter (**GUEZLANE et ABECASSIS, 1991**).(SEGHAIRIA, W et al ; 2015).

**PARTIE 02 : PARTIE
EXPERIMENTAL
CHAPITRE III :
MATERIEL ET
METHODES**

III.1. L'objectif d'étude

L'objectif initial de notre recherche consistait à déterminer les principaux critères de qualité du couscous artisanal fabriqué à partir d'orge et le comparer par rapport au couscous du blé.

On a envisagé de tester plusieurs paramètres qui sont :

- Relatifs aux caractéristiques physico-chimique et technologiques de la matière première (la semoule) : granulométrie, humidité, coloration de la semoule et indice de gluten...etc.
- Relatifs aux caractéristiques physico-chimiques et technologiques du produit fini (le couscous): humidité, coloration, cuisson...etc.

Mais en raison des conditions pandémiques que le monde traverse, nous n'avons pas pu réaliser cette partie pratique de notre étude.

Notre expérimentation a été basée sur la détermination de la qualité sensorielle du couscous d'orge.

III.2. Matériel végétal

Le matériel de l'étude est constitué de deux types de couscous sec de blé dur et de l'orge préparés selon la méthode artisanale.

Le couscous artisanal est fabriqué à partir d'un mélange de semoule grosse et de semoule fine. Il peut aussi être préparé à partir de la semoule dite «grosse-moyenne» (**norme de codex 202-1995**). Pendant la fabrication de couscous, la semoule doit être hydratée avec de l'eau salée (**KAUP ET WALKER, 1986**).

III.3. Fabrication du couscous artisanal

III.3.1. Matériel de fabrication

a) Matière première

La semoule de blé dur (*Triticum durum* Desf), la semoule d'orge (*Hordum vulgare* L.) (Figure 19) et le sel ont été achetés au marché local.



Figure 19 : Les semoules utilisées. A) Semoule de l'orge
B) Semoule de blé dur

b) Ingrédients

- **Eau** : l'eau utilisée est l'eau potable légèrement froide afin d'éviter l'agglomération excessive de la semoule.
- **Sel** : nous avons utilisé le sel de cuisine conditionné en sachet de 1 kg acheté du commerce.

c) Matériel utilisé

- « **Guessâa** » (appeler aussi **Djefna**) : large écuelle (en bois ou en aluminium) du diamètre de 50 cm, utilisée couramment pour la fabrication de couscous, le pétrissage d'autres pâtes et rarement utilisée pour servir le plat de couscous et de Chakhchoukha pendant les grandes fêtes afin de manger en ensemble.
- **Tamis** : les tamis utilisés sont classés selon leurs produits finis. Ils sont convenablement adoptés pour l'obtention de la granulométrie désirée.

➤ **Couscous moyen** :

- Sakkat de couscous moyen : il a l'ouverture des mailles de l'ordre de 2000 μm , permet de réaliser la première opération de criblage.
- Reffad de couscous moyen : ayant l'ouverture de maille de 1000 μm , permet de séparer le couscous de la granulométrie désirée de celui trop fin et de la semoule.

➤ **Couscous fin** :

- Sakkat de couscous fin: il a l'ouverture des mailles de l'ordre de 1200 μm , permet de

réaliser la première opération de criblage.

-Reffad de couscous fin : ayant l'ouverture des mailles de 800 µm, permet de séparer le couscous de la granulométrie désirée de celui trop fin et de la semoule

- **Couscoussier** : C'est l'ustensile de la cuisson de couscous, il est en aluminium et constitué d'une partie supérieure renfermant des trous identiques qui permettent le passage de la vapeur aux grains de couscous, et une partie inférieure plus grande que la partie supérieure dans laquelle est placée l'eau à bouillir (Figure 20).

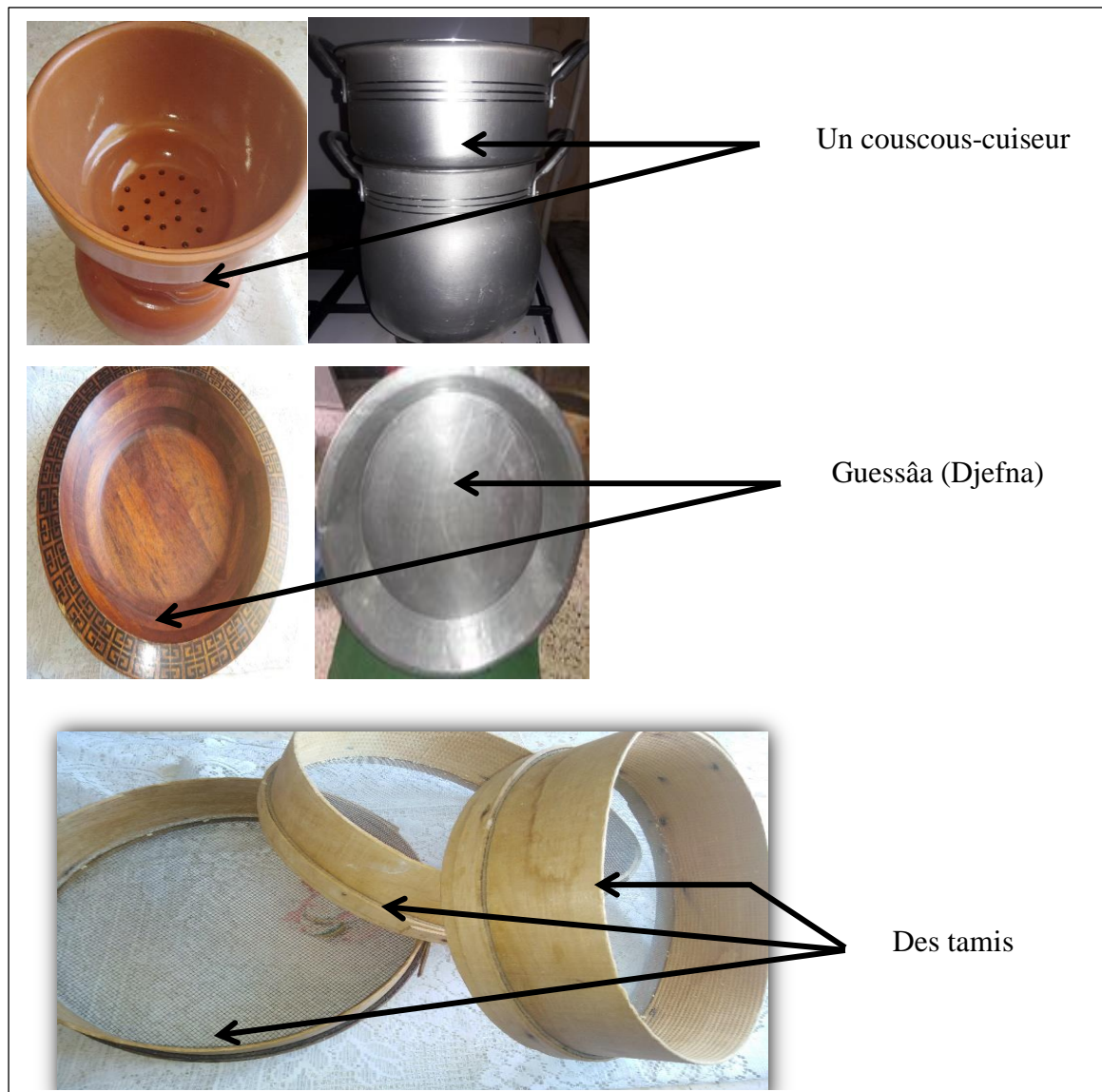


Figure 20 : Les différents ustensiles utilisés pour la fabrication de couscous traditionnel

III.3.2. Conditions de fabrication artisanale de couscous

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.

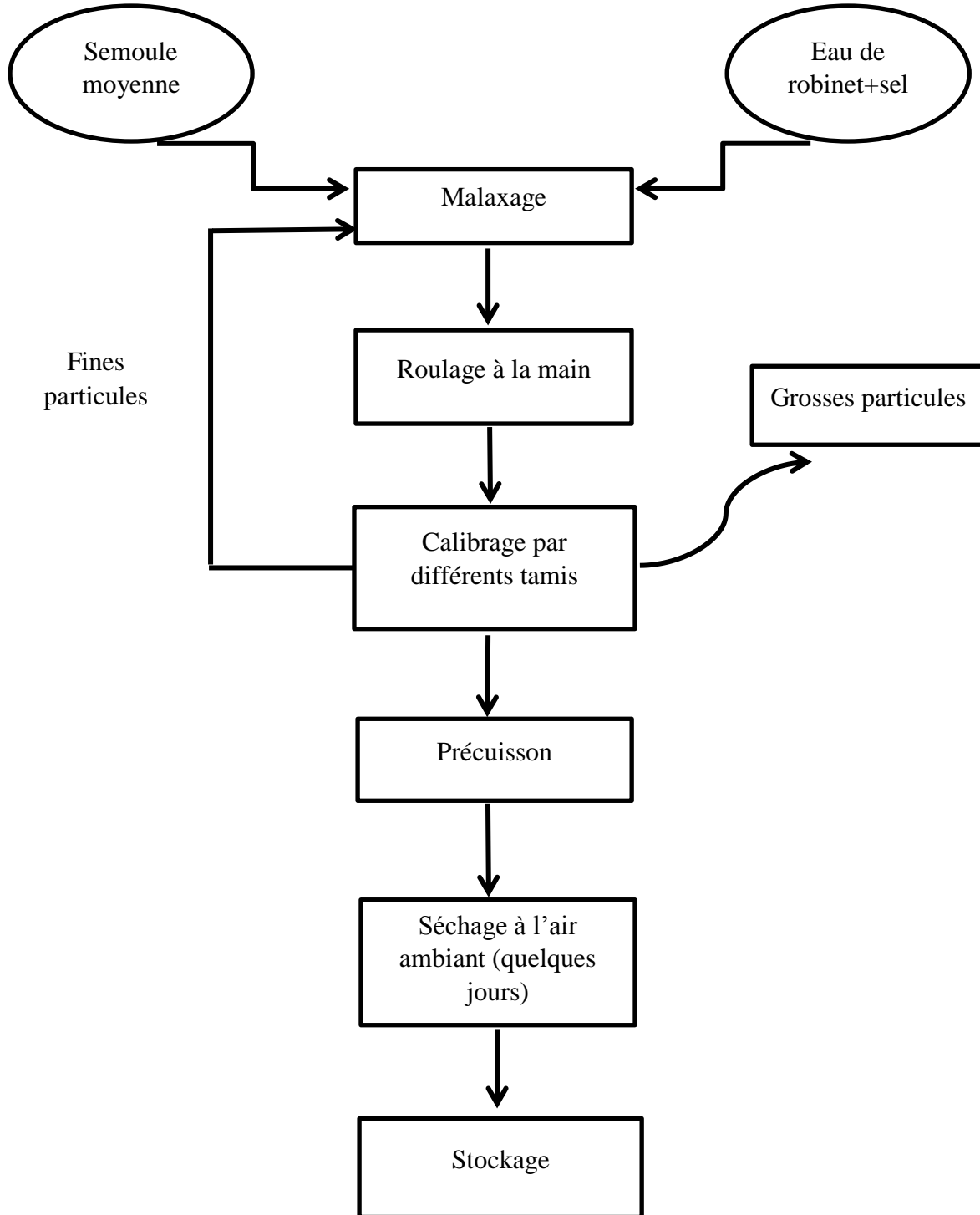


Figure 21 : Diagramme de fabrication du couscous Artisanal

III.3.3. Procédé de fabrication artisanale

a) Hydratation

Cette opération permet de préparer la semoule grosse à l'agglomération, par l'addition de l'eau légèrement froide et salée (Figure 22). Grâce à l'hydratation, des liens se forment entre particules de semoule et permettent leur agglomération (**Hebrard et al ; 2003**). Cette étape est délicate, il faut d'une part assurer le mouillage de la semoule, et d'autre part éviter la sur-agglomération qui conduit à la formation d'une pâte due à l'humidification excessive de la semoule.

L'utilisation de l'eau froide permet d'éviter la formation de gros agglomérat. La température de l'eau est un facteur nécessaire pour maîtriser la grenaison de couscous. Dahoun-Lefkir (2005) a montré que les basses températures de l'eau d'hydratation (proche de 0°C) sont favorables pour la formation des granules de couscous puisqu'elles engendrent moins de grumeaux et de semoules non agglomérées.



Figure 22 : Hydratation de la semoule grosse

b) Roulage

Cette étape se fait dans une dans une large écuelle en bois appelée Guessâa (Figure 20), et assurée par le mouvement de va et vient des mains ouvertes, paumes vers le bas avec un léger écartement des doigts (Figure 23) afin de garantir un bon mélange et faciliter l'absorption de l'eau par les particules de la semoule grosse qui débutent d'adhérer les unes aux autres et à gonfler, c'est le début de l'agglomération.



Figure 23 : Roulage de la semoule grosse

L'addition de la semoule fine se fait progressivement (Figure 24) en fonction du taux d'hydratation qui doit être toujours convenable à l'agglomération de la semoule jusqu'à l'obtention de la granulation désirée.



Figure 24 : Addition de la semoule fine

c) Tamisage

L'homogénéité et la granulométrie recherchées sont assurées par le choix des ouvertures des mailles du tamis.

Pour répondre à ces critères de qualité il faut faire un double tamisage où nous avons besoin d'utiliser deux tamis dont le premier a des ouvertures des mailles supérieures à la granulométrie désirée pour éliminer les gros agglomérats (grumeaux) (Figure 25) et le second (Reffad) a des ouvertures des mailles inférieures à la granulométrie désirée d'éliminer les fines particules de semoule non agglomérée et les agrégats insuffisamment agglomérés (Figure 26), les deux produits éliminés subissent un recyclage.



Figure 25 : Premier tamisage de couscous



Figure 26 : Deuxième tamisage de couscous

d) Précuisson

Le refus du Reffad (couscous de granulométrie recherchée) est mis dans une passoire en aluminium d'un couscoussier contenant de l'eau portée à ébullition. Le couscous est précuit à la vapeur d'eau pendant 14 ± 3 min à température de $98 \pm 2^\circ\text{C}$ (Figure 27). Ce temps varie en fonction de :

- la granulométrie de couscous. Plus la granulométrie augmente plus le temps de précuisson diminue car la vapeur d'eau circule plus vite entre les gros grains de couscous (ANGAR et BELHOUCHE, 2002).
- l'épaisseur de la couche de couscous mis dans la passoire et cela en fonction de la profondeur de ce dernier.



Figure 27 : Pré cuisson de couscous humide

Généralement, nous déterminons le temps de précuisson par :

- l'apparition de la vapeur d'eau à la surface de couscous.
- les grains de couscous se désagrègent entre les doigts sans former de pâtons et présentent une couleur jaune.
- le test de frapper légèrement sur le couscous lorsque ce dernier est bien précuit, ses grains n'adhèrent pas sur la main ouverte imbibée d'eau.

e) Emottage et calibrage

Le couscous précuit qui se présente sous la forme du gâteau (forme de la partie supérieure du couscoussier), est émotté manuellement ou par l'intermédiaire d'un outil, à chaud (figure 28-A) car son émottage devient difficile à froid. Ensuite, il est calibré à travers un tamis de manière que tous les grains de couscous passent à travers les mailles de ce tamis (Figure 28-B).



A



Figure 28 : Emottage (A) et calibrage (B) de couscous précuit

f) Séchage

Le séchage du produit fini se fait en deux phases :

- Séchage à l'ombre : le couscous est bien étalé sur un drap propre, à l'ombre et à la température ambiante (Figure 29). Le produit commence à perdre son humidité progressivement. Le temps de séchage est fonction de la température ambiante et de l'humidité relative de l'air. Lorsque notre produit est bien séché, nous passons le couscous au séchage au soleil.
- Séchage au soleil : se fait à l'air libre dans un endroit bien exposé au soleil, cette phase est nécessaire afin de garantir le séchage de produit.



Figure 29 : Séchage de couscous à l'ombre

III.3.4. Détermination du rendement

Le rendement de procédé artisanal de couscous est déterminé par la pesée de couscous sec à l'aide d'une balance technique.

$$R = \frac{[\text{masse de couscous sec} \times 100]}{[\text{masse de grosse et fine semoule utilisée}]}$$

R : rendement.

III.4. Analyses sensorielles

III.4.1. La cuisson du couscous

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 de nos échantillons après la cuisson selon un diagramme traditionnel.

- ❖ Les étapes de cuisson de couscous sont les suivantes :
 - En premier lieu, mettre le couscous dans une guessâa, hydrater les grains de couscous par une quantité d'eau. (figure 30).



Figure 30 : Hydratation de couscous avec de l'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.(figure 31).



Figure 31 : premier cuisson du couscous

- Cuire jusqu'à l'apparition de la vapeur sur la surface du couscous.
- Retirer, émottter et hydrater le couscous dans la guessâa. (figure 32)



Figure 32 : Emottage et hydratation de couscous

- Répéter la cuisson du couscous à la vapeur d'eau. (figure 33)



Figure 33 : Deuxième cuisson à la vapeur

- 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 gélatinisés.
- Après la deuxième cuisson, on ajoute la matière grasse. (figure 34).



Figure 34 : L'addition de la matière grasse

- Couscous cuit près à la dégustation. (figure 35).



Figure 35 : couscous cuit

III.4.2. Diagramme de cuisson de couscous

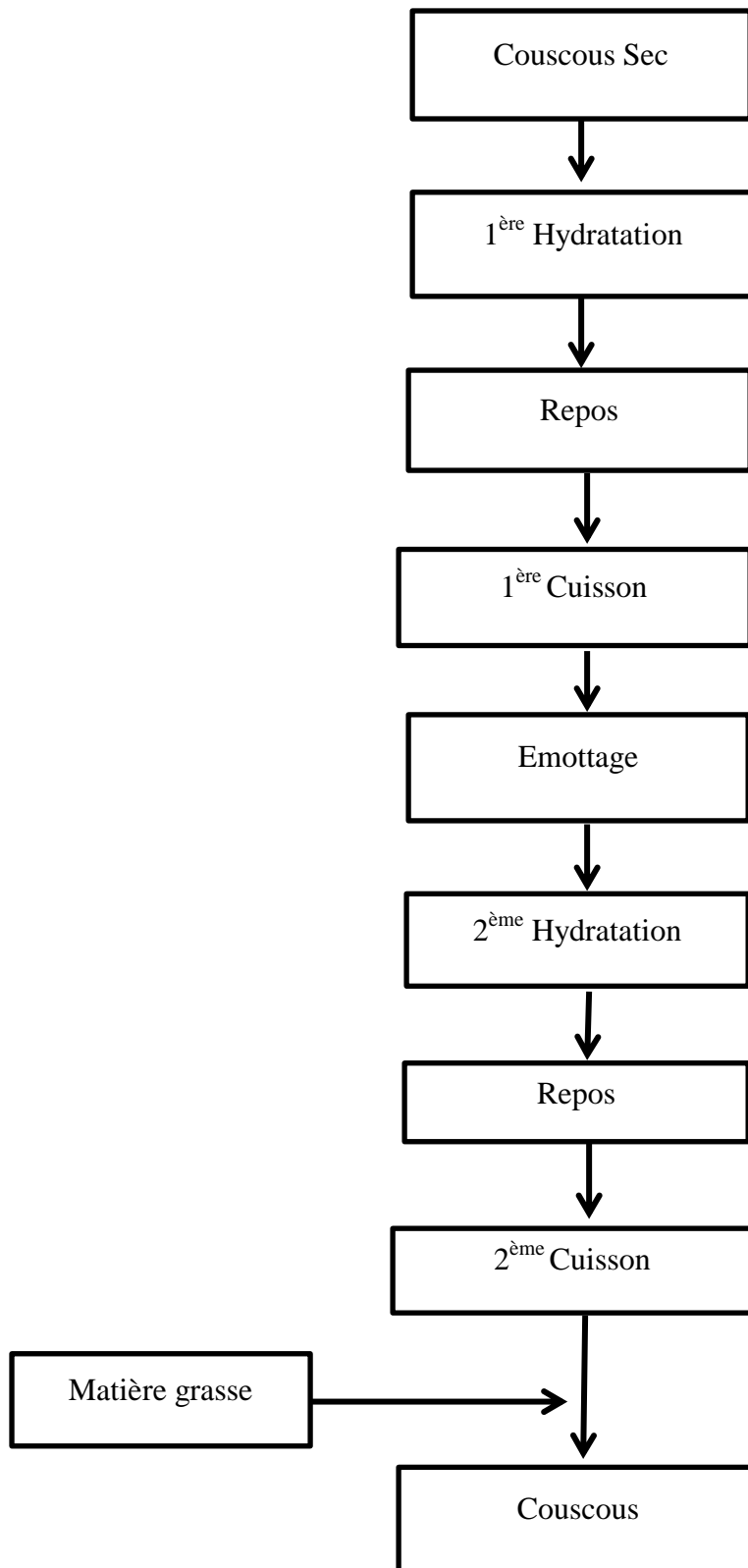


Figure 36 : Diagramme de cuisson à la vapeur du couscous

III.4.3. Test de dégustation :

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. La dégustation a été réalisée par un groupe de 22 personnes de différents sexes et âges (de 16 ans jusqu'à 62 ans).

Les critères de jugement sensoriel 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. 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).

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 collant : est également un important critère de viscoélasticité. Il rend compte de l'agglutination des particules de couscous entre elles après hydratation.

- ✓ 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.

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.

- ✓ 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.

Les couscous préparés à la vapeur d'eau, les paramètres organoleptiques évalués sont l'aspect (couleur), le goût, l'odeur, les granules et la texture (collant et individualisation). L'évaluation sensorielle est réalisée par l'utilisation des mentions suivantes : Claire, très foncé, foncé, Aucune, désagréable, Agréable, bon, très bon, Mauvais, Fine, moyenne, grosse.

Le formulaire de réponse a été expliqué à tous les membres de jury. Les essais de dégustation ont été réalisés dans un endroit bien éclairé dont la température est constante. Le produit a été servi dans des assiettes.



Nom Du Produit : Couscous Artisanal A Base De Blé Dur Et A Base D'orge

Âge :

Sexe : Masculin Féminin

Fumeur : oui non

Légende :

- Couscous à base de blé dur
- Couscous à base d'Orge

1. COULEUR

Claire foncé très foncé

2. ODEUR

Agréable désagréable Aucune

3. GOUT

Mauvais bon très bon

4. GRANULE

Fine moyenne grosse

5. ASPECT

▪ Individualisation

▪ Collant

CHAPITRE IV :
RESULTATS ET
DISCUSSION

IV.1. Détermination du rendement des couscous

Les rendements couscoussier de nos semoules (Figure 37), est de 97.77% pour le couscous à base de blé dur et de 82.50 % pour couscous à base d'orge.

Selon (GUEZLANE et ABECASSIS, 1991), la qualité couscoussière d'une semoule se traduit par un rendement couscoussier élevé. La différence de rendement peut être due à des différences dans le diagramme de fabrication appliqués, mais le facteur peut être le plus important de cette variation c'est le nombre de recyclage du passant du tamis *reffad*.

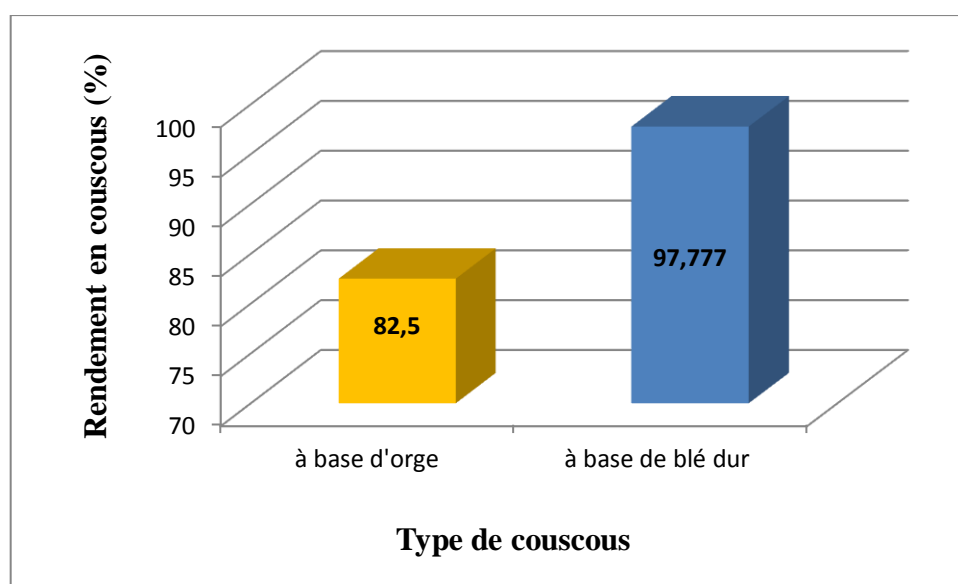


Figure 37 : Rendement en couscous (%)

IV.2. Résultats d'analyse sensorielle

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.

Les résultats d'analyses sensorielles sont montrés dans le tableau 06

Tableau 06 : Résultats d'analyse sensorielle.

COULEUR		Claire	Foncé	Très foncé
Couscous à base de blé dur		17	05	00
Couscous à base d'orge		07	13	02
ODEUR		Agréable	Aucune	
Couscous à base de blé dur		20	02	
Couscous à base d'Orge		17	05	
GOUT		Mauvais	Bon	Très Bon
Couscous à base de blé dur		00	19	03
Couscous à base d'Orge		04	12	06
GRANULE		Fine	Moyenne	Grosse
Couscous à base de blé dur		02	19	01
Couscous à base d'Orge		00	12	10
TEXTURE	Individualisation	+	++	+++
	Couscous à base de blé dur	04	10	08
	Couscous à base d'Orge	01	06	15
	Collant	Oui	Non	
	Couscous à base de blé dur	06	16	
	Couscous à base d'Orge	10	12	

IV.2.1. Couleur

Les résultats d'évaluation de la couleur des deux types de couscous étudiés est donnée par la figure 38

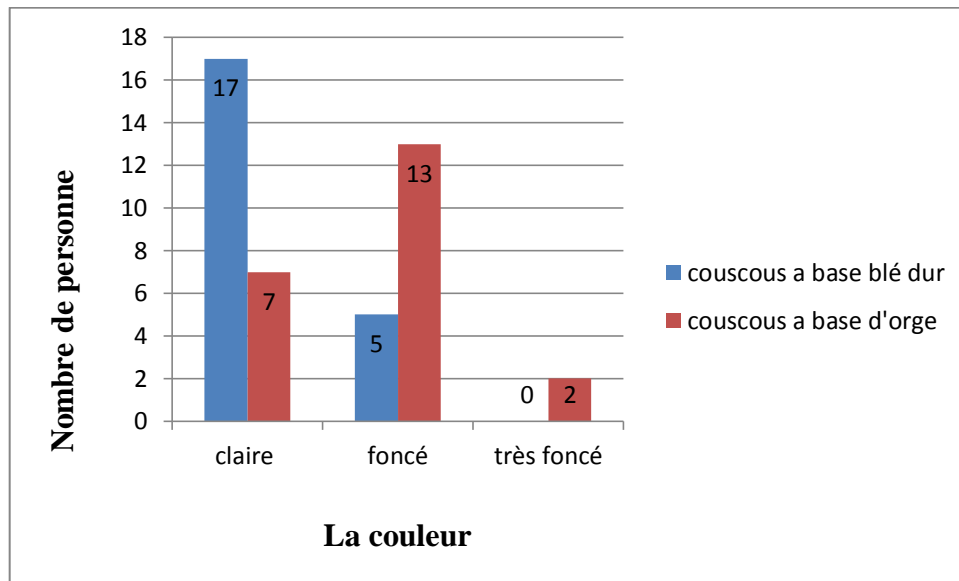


Figure 38 : Appréciation de la couleur de couscous

Les grains de couscous sont caractérisés par une couleur jaune-claire (GUEZLANE, 1993). La couleur des grains de couscous dépend en grande partie de la couleur initiale de la semoule de blé dur (DEBBOUZ ET AL ; 1994). Selon Lepage et Sims (1968) cité par Trono et al. (1999); Hentschel et al. (2002); Guarda et al. (2004), la variation de la couleur est due à la présence de la lutéine de caroténoïdes principalement les xanthophylles et la couleur brune du couscous d'orge est due à l'existence des polyphénols et des pigments de son.

Ces valeurs semblent dépendre d'une part de la matière première mise en œuvre et d'autre part des conditions de fabrication. En effet, dans un travail portant sur l'influence de la matière première sur la qualité de produit fini.

Guezlane (1993) a souligné que l'origine génétique des matières premières utilisées reste le facteur prépondérant dans la coloration.

IV.2.2. Odeur

L'évaluation de l'odeur des deux types de couscous est donnée par la figure 39

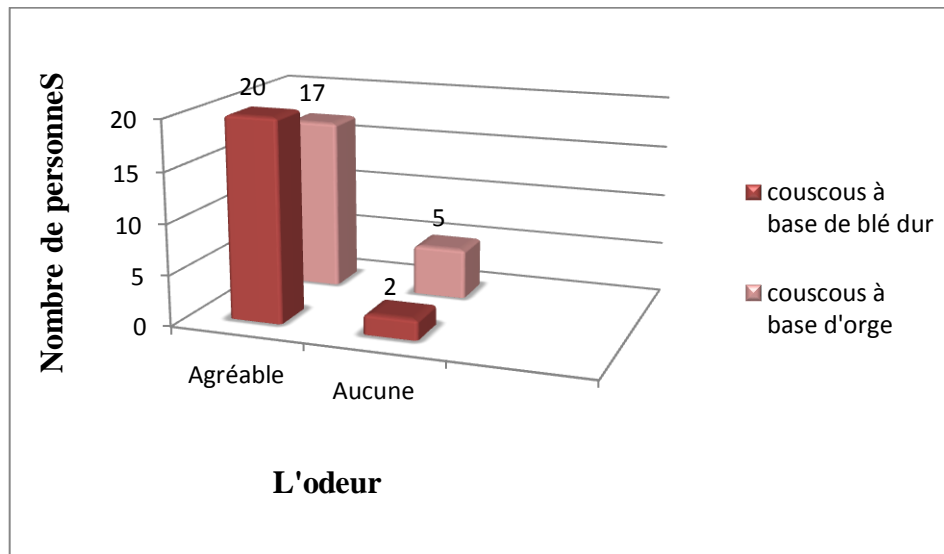


Figure 39: Appréciation de l'odeur de couscous

les résultats d'évaluation de l'odeur montrent que la majorité des jurys estiment que les deux types de couscous présentent une odeur agréable.

IV.2.3. LE Gout

L'évaluation du goût des deux types de couscous est donnée par la figure 40

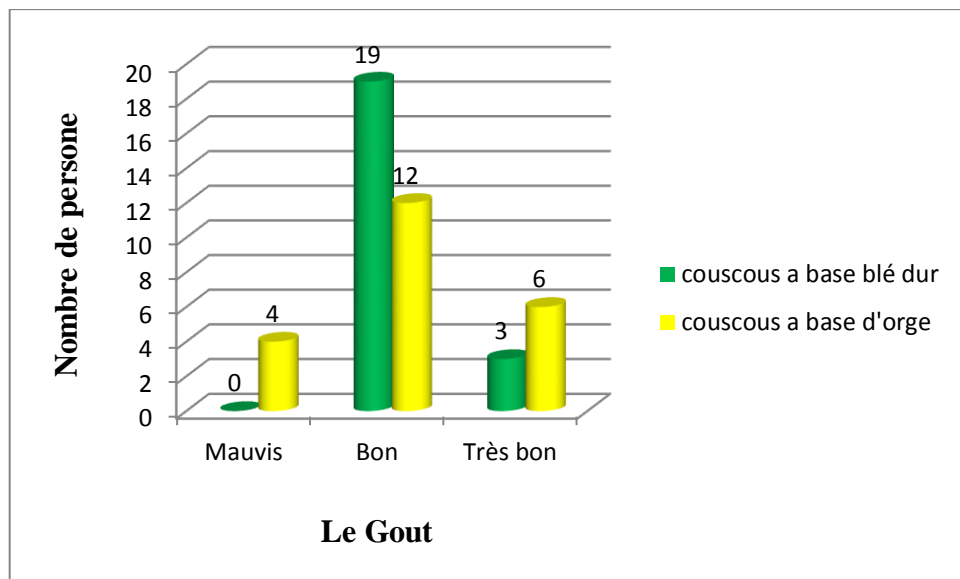


Figure 40: Appréciation du goût de couscous

Les résultats obtenus pour le caractère goût révèlent que les deux types de couscous analysés ont un bon goût pour la majorité des membres du jury dont 06 jurys ont jugés que le couscous d'orge a un très bon Goût (léger).

IV.2.4. Granulation

Les résultats d'évaluation de la granulation de deux types de couscous est donnée par la figure 41

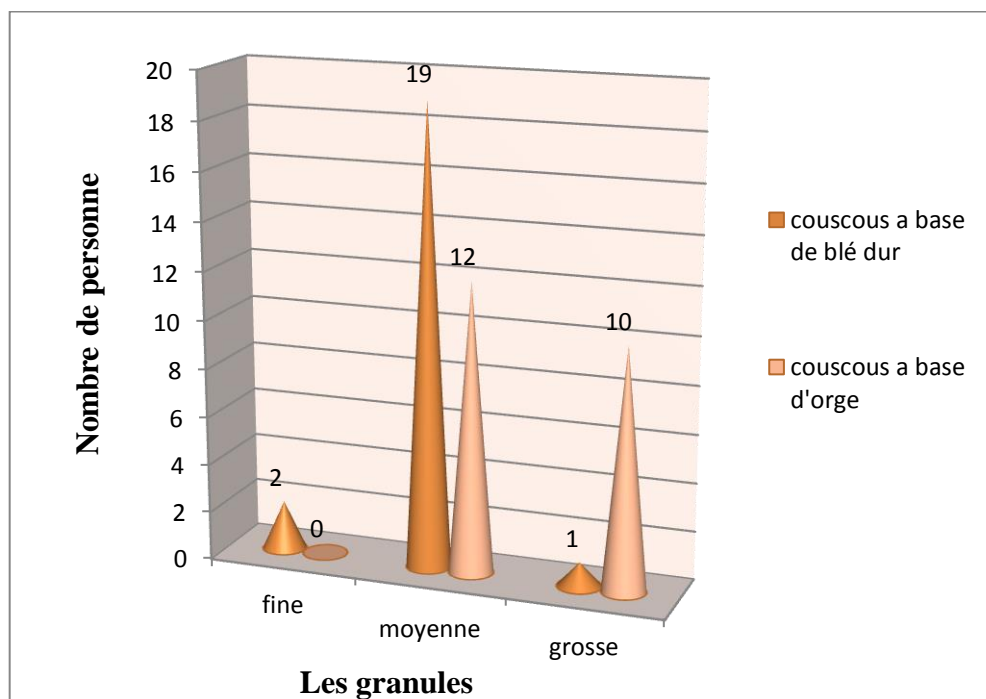


Figure 41 : Les granules de couscous

Généralement, le procédé artisanal fabrique un seul type de couscous c'est-à-dire la fabricante fixe au début la granulométrie désirée (fine ou moyenne) et le procédé conduit à un seul produit final qui sera totalement homogène.

Les notes attribuées aux granules révèlent que les couscous analysés présentent une granule moyenne selon les jurys.

IV.2.5. Texture

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.

➤ Individualisation

L'évaluation du degré d'individualisation des deux types de couscous étudiés est donnée par la figure 42

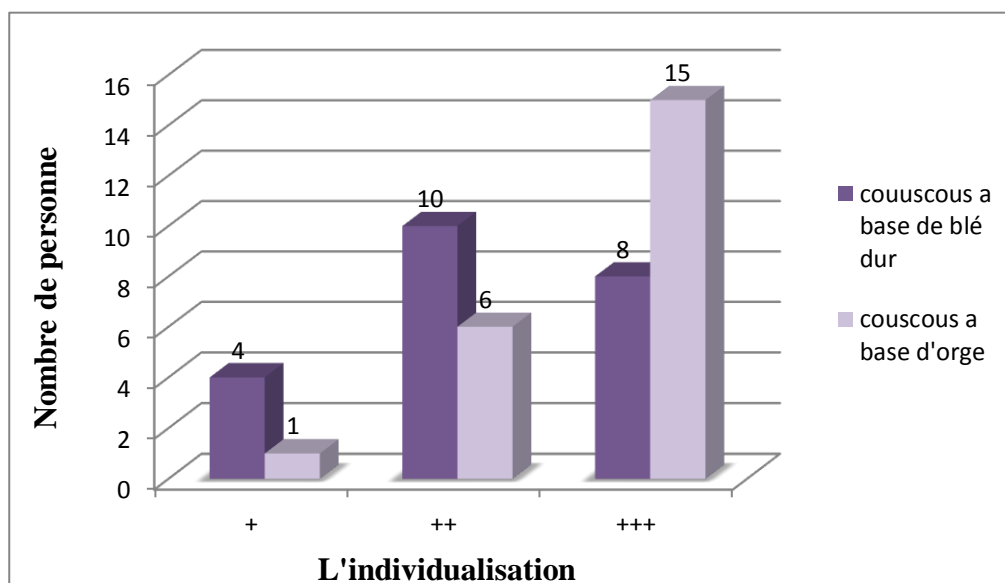


Figure 42 : Appréciation du degré d'individualisation de couscous

- ✓ + : Présence de mottes et grumeaux ;
- ✓ ++ : Moyenne ;
- ✓ +++ : Bonne.

Les notes attribuées à l'individualisation des couscous analysés montrent que le couscous d'orge présente un bon degré d'individualisation, alors que le couscous à base de blé dur a une moyenne individualisation pour la majorité des membres du jury.

➤ Collant

Les résultats du collant des différents échantillons du couscous sont indiqués dans la figure 43.

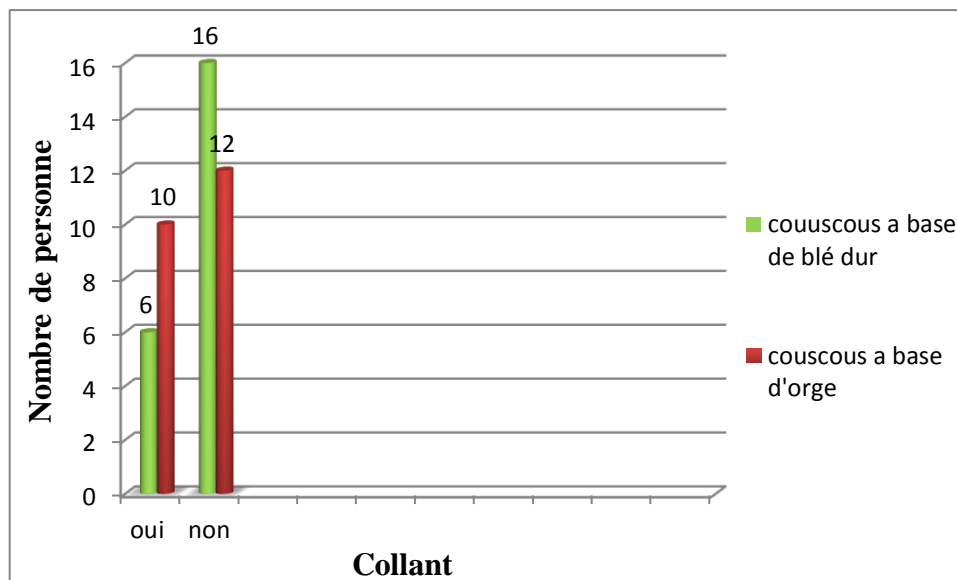


Figure 43 : Collant des différents couscous

Les résultats montrent que le couscous à base d'orge est moyennement collant par rapport au couscous à base de blé dur qui a été jugé comme non collant par la majorité des jurys.

Le collant constitue un paramètre de qualité culinaire du couscous et un critère fondamental de la qualité organoleptique du couscous cuit (**Yettou et al, 2000**). Selon GUEZLANE et ABECASSIS(1991) ce sont les couscous dont le diamètre est le plus petit qui se trouve avantagés et obtiennent des valeurs de prise en masse plus faibles. D'autre côté c'est peut-être la teneur élevée en amylose dans ces couscous qui empêche la prise en masse.

CONCLUSION

Cette étude, nous a permis de recueillir des informations importantes SUR LES GRAINS DE BLE DUR ET D'ORGE, le mode de préparation et les critères de qualité du couscous artisanal fabriqué à partir d'orge ;

Les qualités des couscous d'orge qui sont quelques fois meilleures que celles du couscous témoin sont confirmées par l'analyse sensorielle. Le jury a jugé que le couscous d'orge est le moins collant, et présente la plus bonne individualisation.

En conclusion le couscous d'orge possède des qualités culinaires proches de celles du couscous témoin sauf pour la couleur qui a été jugée foncée. Les couscous confectionnés ont été appréciés par l'ensemble des dégustateurs comme étant des couscous de bon goût avec une odeur agréable et des moyennes granules. 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.

En conclusion nos résultats montrent la possibilité de fabriquer des couscous de bonne qualité à partir d'orge, son acceptabilité a été confirmée par le jury de l'analyse sensorielle.

Aujourd'hui et face aux nouveaux défis (changement climatique, crise économique mondiale, hausse des prix alimentaires, et aussi le COVID-19...), l'Algérie, très touchée par la désertification et par la rareté de l'eau, sera confrontée plus que jamais à des difficultés pour assurer sa sécurité alimentaire. L'autosuffisance devient un objectif vital qu'il faut atteindre. Le pays ne manque pas de richesses. La diversité génétique des ressources céréalières, fourragères, arboricoles... Constitue l'une des clés pour la souveraineté alimentaire. Il est aujourd'hui absolument nécessaire de les protéger et de les exploiter de la manière la plus optimale possible.

L'orge est parmi ces ressources stratégiques de par sa rusticité, son importance économique et son utilisation à double fin (alimentation humaine et animale).

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

- 1) **AFNOR(1991)**. Contrôle de la qualité des Produits Alimentaire. Recueil des normes françaises 3ème Edition, France.360 pages.
- 2) **ALLOUI, K ; ASSASLA, A et NABTI, A. (2013)**. Enquête De Consommation Du Couscous Dans La Ville De Guelma Et Etude De Sa Qualité Technologique. Mémoire de Master, UNIVERSITE 8 MAI 1945 GUELMA.
- 3) **AMIR,Y;DJABRI,D;GUELLIL,H et YOUYOU,A.(2004)**.Influence of environmental factors on the quality of wheat grown in north Algeria, JFAE (Finland), ISSN 1459 0255, Vol.2, n.2, p: 315-319.
- 4) **ARMBRUSTER.CH et al, (2011)** , Guide de bonnes pratiques d'hygiène et d'application des principes HACCP dans l'industrie de la semoulerie de blé dur; Ouvrage édité par la DILA disponible à la commande sur <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/> ; Direction de l'information légale et administrative Les éditions des Journaux. (Version janvier 2012) p34
- 5) **Baik,B-K et Ullrich,S.E. (2008)**. Barley for food: Characteristics, improvement, and renewed interest. Journal of Cereal Science, 48(2), 233–242.
- 6) **BENATALLAHL.AGLI, A et ZIDOUNE, M.N (2008)**. Gluten-free couscous preparation: Traditional procedure description and technological feasibility for three rice-leguminous supplemented formulae. Journal of food, agriculture and environnement.
- 7) **BENCHARIF, A et RASTOINJ, L. (2007)**.Concepts et Méthodes de l'Analyse de Filières Agroalimentaires : Application par la Chaîne Globale de Valeur au cas des Blés en Algérie. CIHEAM-IAMM, UMR MOISA, Montpellier F-34093, working paper N°7. 23P.
- 8) **BEN CHIBANE, T. (2013)** .Détermination de l'activité antioxydante de deux céréales : blé dur et blé tendre. Mémoire d'ingénieur d'état , université de Bejaïa.
- 9) **BENCHIKH, C. (2015)**. Valorisation de la qualité de 3 variétés locales de blé dur cultivées en région semi-aride. Mémoire de magister, université Hadj Lakhdar Batna.
- 10) **BENDIB, M et OULD YAHIA, Z .(2019)**. Appréciation de la qualité technologique des semoules produites au niveau de différentes semouleries. Thèse de Master, Université de Blida 1.p06, 07,08, 09.
- 11) **BENFADEL, Y et MEKOUAR, M. (2019)**. Contribution A L'analyse De La Valeur Alimentaire De L'orge Hydroponique Saida R1. Thèse de Master, Université Abdelhamid Ibn Badis- Mostaganem. P 07.

- 12) BENLEFKI, KH et HAMOUD AHMED, M. (2016).** Influence de la nature de l'eau sur la qualité du couscous .Mémoire de master , Université M.hamed Bouguerra BOUMERDES.
- 13) BOUTIGNY, A-L. (2007).** Etude de l'effet de composés du grain de blé dur sur la régulation de la voie de biosynthèse des trichothécènes B : purification de composés inhibiteurs, analyse des mécanismes impliqués. Thèse de doctorat, L'UNIVERSITE BORDEAUX 1.
- 14) CHARAOUI, L et HADDOUCHE, S. (2019).** Contribution à la valorisation de germe de blé tendre. Thèse de Master, Université de Blida 1.P 09.
- 15) CHEHAT, F (2006).** Les politiques céréalières en Algérie. Paris, France.
- 16) CHEMACHE, L; KEHAL, F; NAMOUNE, H; CHAALAL, M et GAGAOUA, M (2018).** Couscous: ethnic making and consumption patterns in the Northeast of Algeria. Journal of Ethnic Foods.
- 17) C.N.I.S (2014)** .centre national d'informatique et de statistique.
- 18) Codex alimentarius :** Norme codex 178-1991. Norme codex pour la semoule et la farine de Blé Dur. P 01-03.
- 19) Codex alimentarius :** Norme codex 202-1995. Norme codex pour le Couscous. P 01-03.
- 20) DJERMOUN, A (2009).** La Production céréalière en Algérie: les principales. Nature et Technologie, 01: pp 45–53.
- 21) EL HADEF EL OKKI, L. (2015).** Valeurs d'appréciation de la qualité technologique et biochimique des nouvelles obtentions variétales de blé dur en Algérie. Mémoire de master, Université Ferhat Abbas Sétif 1.
- 22) ELKEK, A et EMANUELE, Z (2013).** Cereal grains for the food and beverage industries p 156-157.
- 23) FEILLET, P (2000).** Le grain de blé composition et utilisation. In: INRA EDITIONS, Paris, France.
- 24) FLAGELLA, Z (2006).** qualità et tecnologica del frumento duro. Ital. J. Agron. /Riv. Agron., 1 :203-239.
- 25) FNRDA :** Fonds Nationale de Regulation et du Développement Agricole.
- 26) FORTIN. (1996).** Etude comparative des parametres physicochimiques, technologiques, rhéologiques et microbiologiques des différentes marques de semoule mises sur le marché de la commune de Tébessa. Mémoire de Master , Universite de LARBI TEBESSI TEBESSA.

- 27) GUEZLANE, L ; SELSELAT-ATTOU, G et SENZTOR, A. (1986).** Enquête De Consommation Du Couscous Dans La Ville De Guelma Et Etude De Sa Qualité Technologique. Mémoire de Master, UNIVERSITE 8 MAI 1945 GUELMA.
- 28) HÖLJE, A; GRÖNDAHL, M.; TØMMERAAS, K et GATENHOLM, P (2005).** Isolation and characterization of physicochemical and material properties of arabinoxylans from barley husks. Carbohydrate Polymers, 61(3), 266–275.
- 29)** <http://faostat.fao.org/site/DesktopDefault.aspx?PageID=339&lang=fr>.
- 30) JORA (2007).** Journal officiel de la RADP N° 49 du 11 janvier 2007.
- 31) KELLOU, R. (2008).** Analyse du marché algérien du blé dur et les opportunités d'exportation pour les céréaliers français dans le cadre du pôle de compétitivité qualité-méditerranéen le cas coopérative sud céréales, groupe coopératif accitan et Aucoop. Thèse master, CIHEMM Montpellier.
- 32) KHERCH MEDJDEN, H et BOUCHAFAA, B .**la politiqu cerealiere en algerie.
- 33) LOUAFI, S et KHEDIM, H. (2016).** Diagnostique et caractéristique physicochimique et microbiologique du couscous industriel. Mémoire de master, Université Abdelhamid Ibn Badis-MOSTAGANEM.
- 34) M.A.D.R, 2011,2012 ; 2013 ; 2014 .**Ministère d'agriculture et de développement rurale
- 35) MADHUSWETA D. SUMEET K. (2016);** Status of Barley as a Dietary Component for Human ; Department of Agricultural and Food Engineering, Indian Institute of Technology, Kharagpur-721 302, India
- 36) MESSID, N et RADJA, H. (2016).** Essai de panification avec un améliorant biologique « Farine de malt » .Mémoire de master ,Université M'HAMED BOUGARA BOUMERDES.
- 37) MESSAADI, H. A et SAMAI, S. (2016).** Etude comparative des paramètres physicochimiques, technologiques, rhéologiques et microbiologiques des différentes marques de semoule mises sur le marché de la commune de TEBESSA. Mémoire de master, Université de Larbi Tébessi TEBESSA.
- 38) MEZROUA Lyamine (2011).** Etude de la qualite culinaire de quelques couscous industriels et artisanaux et effet d'adjonction de la matiere grasse durant la cuisson. Mémoire de Magister. UNIVERSITÉ MENTOURI CONSTANTINE (I.N.A.T.A.A.).
- 39) O.N.S:** office national des statiques, (2014).

- 40) OUZZANE, H. (2014).** Etude du couscous produit au complexe SOPI et comparaison avec le couscous artisanal. Mémoire de Master, Université de Blida 1
- 41) PARKER, M.L, NG A et WALDRON K.W (2005).** The phenolic acid and polysaccharide composition of cell walls of bran layers of mature wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Avalon) grains. Journal of the Science of Food and Agriculture.
- 42) RAHAL-BOUZIANE, H. (2016)** Etude de la diversité génétique et des potentialités agronomiques et fourragères de géotypes d'orge (*Hordeum vulgare* L.) traditionnellement cultivés en Algérie. Thèse de doctorat, ECOLE NATIONALE SUPERIEURE d'AGRONOMIE (ENSA d'EL-HARRACH).
- 43) RAHAL-BOUZIANE, HAFIDA. (2015).** L'orge en Algérie: passé, présent et importance pour la sécurité alimentaire face, aux nouveaux défis. "Barley in Algeria: past, present and importance for food security in the face of new challenges".
- 44) SALMI Mebarka et MERBAH Safia. (2015) ;** Etude de la qualité globale de semoules du commerce Algérien, Mémoire D'ingénieur, A L'UMMTO.
- 45) SADARI M. BELARBI B. (2018) ;** Valorisation de semoule d'orge dans la fabrication de couscouos, Mémoire de Master, Université de blida1
- 46) SALMI, M.et MERBAH, S. (2015).** Etude de la qualite globale de semoules du commerce algérien. Mémoire d'ingénieur, a L'UMMTO.
- 47) SASSI KHALED. (2008).**contribution à l'étude de l'adaptation des cultivars de blé dur (*Triticum durum Desf*) à l'agriculture biologique : Rendement en grains, stabilité et qualité technologique et nutritionnelle. Thèse de doctorat, Université du 7 Novembre à CARTHAGE.
- 48) SOUCI S, W; FACHMANN N, W et KRAUT. (1994).** Enquête de consommation du couscous dans la ville de GUELMA et étude de sa qualité technologique. Mémoire de Master, Université 8 Mai 1945 GUELMA.
- 49) ZAIRI M. BOUCHENTOUF S. HADJAM N. BENALI M. HAMOU M. ET LABDI M. (2016);** La qualité technologique de quelques lignées d'orge issue de la sélection participative en zones semi-arides ; Revue semestrielle – Université Ferhat Abbas Sétif 1

- 50) ZAIRI M. (2015);** Caractérisation de la production de quelques lignées d'orge issues de la première sélection participative en Algérie. THESE DE DOCTORAT ; universite djillali liabes sidi bel abbes.
- 51) ZIBOUCHE, M et GRIMES, C. (2016).** Contribution à l'étude des flavonoïdes et de l'activité antioxydant de l'orge : Hordeum vulgare. Mémoire de master ; Université des Frères Mentouri Constantine.