

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de L'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université de Blida 1



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département Science alimentaire

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

Spécialité: Agroalimentaire et contrôle de qualité

Filière: Sciences alimentaire

Domaine: Sciences de la Nature et de la Vie

Thème

Etude de la qualité d'un couscous sans gluten à base de gland.

Présenté par

ADJAZ Fatma zohra

DIKHAI Sarra

Devant le jury :

M^{me} AOUES Karima	MCA	USDB	Présidente de jury.
M^{me} REBZANI Feryal	MAA	USDB	Examinatrice.
M^{me} BENLEMANE Samira	MCB	USDB	Promotrice.

Année Universitaire 2020/2021

Remerciements

*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 cet mémoire.*

*Nous remercions aussi les membres de jurys M^{me} **AOUES Karima** 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
Aussi un grand remerciement A l'équipe de laboratoire SOPI
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.*

*Et un grand merci pour notre chère **HAFSA***

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

Dédicaces

Je tiens à dédier ce modeste travail à :
Ma chère maman 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
Ma sœur Asma et Mes petits-enfants Mohamed Bachir
et anes
Ma tante Nachida
Tous Mes amies et Mon binôme Fatma, 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

Dikhaï Sarah

Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail et ma profonde gratitude
à ma mère et mon père pour l'éducation qu'ils m'ont prodigué :
avec tous les moyens et au prix de toutes les sacrifices
qu'ils ont consentis à mon égard, pour le sens du devoir qu'ils m'ont
enseigné depuis mon enfance.*

♥ *A mes sœurs HAFSA ET HOUDA et AYA*

♥ *A Mon fiancé : BALLOUL MOHAMED*

♥ *A toutes la famille : MADI*

♥ *A mon binôme: DIKHAI SARAH*

♥ *A tous mes chers amies que je n'ai pu citer mais qui sont
toujours présent*

dans mes pensées et mon cœur : MARIA, KHADIDJA, IMANAE.

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

ADJAZ Fatma

RESUME

Ce présent travail a pour but d'étudier l'aptitude technologique d'un couscous à base de gland dans la fabrication d'un couscous sans gluten destiné aux malades cœliaques. Nous avons évalué les différents paramètres physico-chimiques, technologiques et organoleptiques des semoules de blé dur et de gland ainsi que la qualité de produit fini (couscous).

Les deux types de semoules présentent une granulométrie homogène, une humidité acceptable (14.1%) pour le couscous de blé dur et (9.88%) pour la semoule de gland ,et un taux appréciable en cendre (2.16%) totalement dépourvu de gluten (0%) . La semoule de blé dur a un taux faible en cendre (0,90%) et un taux élevé de gluten 11.3%.

les deux couscous présentent une granulométrie homogène de type moyenne, une humidité conforme au norme algérienne (12.41%) pour le couscous témoin et (8.34 %) pour le couscous de gland ,et taux de cendre acceptable pour le CB (0.99 %) et (2.60%) pour le CG ,et un bon gonflement lors de l'hydratation pour les deux couscous qui dépasse (70%) , les deux couscous possèdent un bon qualité organoleptique.

Les résultats des analyses effectuées nous ont permis de révéler que des teneurs en eau sont conformes aux normes ce qui minimise le risque d'altération lors de conditionnement et du stockage.

Toutefois, les analyses technologiques effectuées sur les couscous sans gluten, nous ont permis de révéler une capacité de gonflement inférieure, et une qualité organoleptique bonne , notamment au niveau de la couleur et de l'odeur, et cela par rapport au couscous témoin.

Mots-clés : Maladie cœliaque, gland, blé dur, couscous, gluten

Abstract

The aim of this present work is to study the technological suitability of an acorn-based couscous in the manufacture of a gluten-free couscous intended for celiac patients. We evaluated the various physico-chemical, technological and organoleptic parameters of durum wheat and acorn semolina as well as the quality of the finished product (couscous).

The two types of semolina have a homogeneous grain size, an acceptable humidity (14.1%) for durum wheat couscous and (9.88%) for acorn semolina, and an appreciable ash content (2.16%) totally devoid of gluten (0 %). Durum wheat semolina has a low ash content (0.90%) and a high gluten content of 11.3%.

the two couscous have a homogeneous grain size of average type, a humidity in accordance with the Algerian standard (12.41%) for the control couscous and (8.34%) for the acorn couscous, and acceptable ash content for the CB (0.99%) and (2.60%) for the CG, and a good swelling during hydration for the two couscous which exceeds (70%), the two couscous have a good organoleptic quality.

The results of the analyzes carried out have enabled us to reveal that the water contents comply with the standards, which minimizes the risk of deterioration during packaging and storage.

However, the technological analyzes carried out on the gluten-free couscous have enabled us to reveal a lower swelling capacity, and a good organoleptic quality, especially in terms of color and smell, and this compared to the control couscous.

Keywords: Celiac disease, acorn, durum wheat, couscous, gluten

ملخص

الهدف من هذا العمل الحالي هو دراسة الملاءمة التكنولوجية للكسكس القائم على البلوط في تصنيع الكسكس الخالي من الغلوتين والمخصص لمرضى السيلياك. قمنا بتقييم مختلف العوامل الفيزيائية والكيميائية والتكنولوجية والحسية لسميد للقمح الصلب و البلوط بالإضافة إلى جودة المنتج النهائي (الكسكس).

نوعي السميد لهما حجم حبيبات متجانس ، و رطوبة مقبولة (14.1%) لسميد القمح الصلب و (9.88%) لسميد البلوط ، ومحتوى رماد ملموس (2.16%) خالٍ تمامًا من الغلوتين (0%). يحتوي سميد القمح القاسي على نسبة منخفضة من الرماد (0.90%) ونسبة عالية من الغلوتين بنسبة 11.3%.

يحتوي الكسكسان على حجم حبيبات متجانس من النوع المتوسط ، و رطوبة مطابقة للمعيار الجزائري (12.41%) لكسكس الشاهد و (8.34%) لكسكس البلوط ، ومحتوى رماد مقبول لـ كسكس القمح الصلب (0.99%) و (2.60%) لـ كسكس البلوط ، وانتفاخ جيد أثناء الترطيب للكسكسين يزيد عن (70%) ، يتمتع كلا الكسكسين بنوعية حسية جيدة.

لقد مكنتنا نتائج التحليلات التي تم إجراؤها من الكشف عن أن محتويات الماء تتوافق مع المعايير ، مما يقلل من مخاطر التلف أثناء التعبئة والتخزين.

ومع ذلك ، فإن التحليلات التكنولوجية التي أجريت على الكسكس الخالي من الغلوتين مكنتنا من الكشف عن قدرة انتفاخ أقل ، ونوعية حسية جيدة ، خاصة من حيث اللون والرائحة ، وهذا بالمقارنة مع الكسكسي الشاهد.

الكلمات المفتاحية: السيلياك ، البلوط ، القمح الصلب ، الكسكس ، الغلوتين

Liste des figures :

Figure N° 01 : Grain de blé dur (photo Originale)	5
Figure N° 02 : la collecte du blé dur en 2019 /2020	6
Figure N° 03 : Structure d'un grain de blé	10
Figure N° 04 : Principe de la mouture de blé dur.....	19
Figure N° 05 : D'après le dossier de presse ,2014 Association française des intolérants au gluten	22
Figure N° 06 : Structure polymérique du gluten	23
Figure N° 07 : Différence entre villosités intestinales normales et endommagé	24
Figure N° 08 : Aire du genre Quercus (chênes) dans le monde	30
Figure N° 09 : Coupe longitudinale de glande de quercus	32
Figure N° 10 : Les différents ustensiles traditionnel dans la fabrication du couscous	39
Figure N° 11 :le champs de blé	39
Figure N° 12 : les moulins traditionnel de blé	40
Figure N° 13 : Les couscoustier et saucier du couscous	40
Figure N° 14 : les différents plats du couscous régional	41
Figure N° 15 : des photographies de mesfouf préparées avec (A) fève et pois ou (B) avec des fruits comme des raisins secs et des dattes.....	41
Figure N° 16: Diagramme de la chaine de fabrication du couscous industriel selon l'unité « SOPI »	45
Figure N° 17 : Diagramme traditionnel adopté pour le couscous	47
Figure N° 18 : Les différents ustensiles utilisés pour la fabrication de couscous traditionnel	57
Figure N° 19 : Diagramme traditionnel de la fabrication des couscous	58
Figure N° 20 : Hydratation de la semoule moyenne	59
Figure N° 21 : Roulage de la semoule	59
Figure N° 22 : Premier tamisage et Deuxième de couscous	60
Figure N° 23 : Pré cuisson de couscous humide	61
Figure N° 24 : Séchage de couscous	61
Figure N° 25 : diagramme de cuisson du couscous	68
Figure N° 26 : les deux types de couscous pour la dégustation	68
Figure N° 27 :Fiche de dégustation	69
Figure N° 28: Les deux types de semoules utilisées	72
Figure N° 29 : L'aspect des couscous sec fabriqués	73

Figure N° 30: Teneur en eau de semoules de blé dur et de la semoule du gland.	75
Figure N° 31 : Teneur en cendre de semoules de blé dur et de la semoule du gland.....	76
Figure N° 32: Granulométrie des semoules de blé dur et de la semoule du gland en fonction des ouvertures des mailles.....	77
Figure N° 33 : Teneur en eau de couscous de semoules de blé dur et couscous de semoule du gland.....	80
Figure N° 34 : Teneur en cendre de couscous de blé dur et couscous de semoule du gland.	81
Figure N° 35: Granulométrie de couscous de semoule du gland et couscous de semoule de blé dur en fonction des ouvertures des mailles.....	82
Figure N° 36 : Gonflement à froid des deux types de couscous.....	83
Figure N° 36 : Notes moyenne de l'aspect ,odeur, couleur, gout, texture et collant des couscous	84
Figure N° 37 : Présentation des deux plats étudiés de couscous après cuisson	87

Liste des tableaux

Tableau N° 01 : le rendement de blé dur en Algérie en fonction de la superficie emblavée de 2011 jusqu'à 2016.	7
Tableau N° 02 : La classification de blé dur	8
Tableau N°03 : Teneur moyenne en vitamines (exprimée en mg pour 100g de grains).....	12
Tableau N° 04 : Composition biochimique des différentes parties d'un grain de blé exprimée en	14
Tableau N° 05 : Méthodes de séparation d'impuretés utilisées pour le nettoyage	17
Tableau N° 06 : Composition biochimique de la semoule de blé dur.....	20
Tableau N° 07 : Les aliments autorisés et non autorisés dans un régime sans gluten	27
Tableau N° 08 : superficies (hectares) du peuplement du genre Quercus en Algérie.....	30
Tableau N° 09 : place du chêne vert dans la systématique de la flore	31
Tableau N° 10 : Composition chimique du gland de chêne vert (% de matière sèche)	32
Tableau N° 11: l'analyse organolyptique des deux semoules utilisés.....	72
Tableau N° 12 : Le rendement en couscous	74
Tableau N° 13: Teneur en eau des semoules de blé dur et du gland.	74
Tableau N° 14 : Teneur de cendre de semoules de blé dur et de la semoule du gland.....	76
Tableau N° 15: Teneur en gluten des semoules de la fabrication.....	78
Tableau N° 16 : Teneur en eau des couscous.....	79
Tableau N° 17 : Taux de cendres des couscous.....	81
Tableau N° 18 : Le test de cuisson des deux types de couscous.	86
Tableau N° 19 : Résultats du test de dégustation	87

Liste des abréviations

%: pourcentage.

AFNOR: Association Française de Normalisation.

AG : Acidité grasse.

°C: Degré Celsius.

CBD : Couscous de blé dur.

CG : Couscous de gland.

CH : Capacité d'hydratation.

g: gramme.

G: Gonflement.

GH: Gluten humide.

GI: Gluten index.

GS: Gluten sec.

h: Heure.

H: Humidité.

L: Litre.

MCS : masse de couscous sec.

MGFS : masse des grosses et fines semoules utilisées.

MG: Matière Grasse.

Mt :million de tonne.

mg: milligramme.

mL: millilitre.

mm: millimètre.

mn: minute.

MS: Matière sèche.

N: Normalité.

NaCl: Chlorure de Sodium.

NA: Norme algérienne.

NF: Norme française.

RCS : rendement en couscous sec.

s: Secondes.

Tc : Taux de cendres.

TG : Tamis Gharbal.

TK : Tamis Khareje.

TR: Tamis Reffad.

tr/mn : tour par minute.

µm : micromètre.

Kg :kilogramme

AN : Année

hab : hectar

Kcl : kilocalorie

Q : quercus

MC : maladie coéliquaue

CB : couscous de blé

CG : couscous de gland

ISO : international organisation for standardisation

F.A.O : Food agriculture organisation

MT : million de tonne

JORA : journal officielle de république la algérienne

ISO : organisation internationale de normalisation

q/ha :quintal par hectare

PH : peroxyde d'hydrogène

Sommaire

Introduction	1
Partie bibliographique	3
Chapitre I : Le blé dur	4
I.1-Généralité sur le blé dur	5
I.2. La production et importance de la culture du blé dur	6
I.2.1 - Dans le monde	6
I.2.2- En Algérie	6
I.3- Description botanique et taxonomie	7
I.4- Morphologie et structure	8
I.5- Composition physico-chimiques du grain de blé dur	10
I.6- Appréciation de blé dur	14
I.6.1- La valeur semoulière	14
I.6.2- La valeur pastière	15
I.6.3- La valeur couscoussière	15
I.7 La première transformation du blé dur	15
I.8- Préparation du blé à la mouture	17
I.8.1- Les produits de la mouture de blé dur	19
I.8.2- La semoule	19
I.8.2.1- Composition biochimique de la semoule	20
I.8.2.2- La qualité de la semoule	20
I.9- le gluten	21
I.9.1- Les troubles liés au gluten	23
I.9.2- Maladie cœliaque	24
I.9.2.1 Définition de la maladie cœliaque	24
I.9.2.2- Epidémiologie	24
I.9.2.3- le produit sans gluten	25
I.9.2.4- Le Traitements	25
I.9.2.5.les aliments sans gluten	25
Chapitre II : Le gland	28
II .1. Généralités sur le gland de chêne	29
II.2. Répartition géographique du chêne	29
II.2.1- dans le monde	29

II.2.1-. Les chênes algériens	30
II.3- Description botanique et taxonomie du genre Quercus	30
II.4- Morphologie et structure	31
II.5. Composition chimique du gland de chêne vert et sa valeur nutritionnelle	32
II.6- Synthèse bibliographique sur la valorisation du gland	34
Chapitre III : Le couscous	37
III.1. Généralités sur le couscous	38
III.2. Place du couscous en Algérie	38
III-3. La semoule	41
III.4-L'eau de procès	43
III.4.1 Les Paramètres physico-chimiques	43
III.5 Le procédé de fabrication du couscous	44
III.5.1- La Technologie du couscous industriel	44
III.5.2- La Technologie du couscous artisanal	45
III.6- La qualité de couscous	48
III.6.1 -La qualité nutritionnelle	48
III.6.2-La qualité hygiénique	48
III.6.3-La qualité organoleptique	48
III.6.4- La qualité commerciale	48
III.7. Etude des effets technologiques	50
III.7. 1- Effet de la matière première mise en œuvre	50
III.7.2- Effet des conditions d'hydratation et du malaxage	50
III.7.2-1- Taux d'hydratation	50
III.7.2-2- Durée de malaxage	50
III.7-3- Effet des conditions de roulage	51
III.7.4.- Effet des conditions de la précuisson	51
III.7.4-1- Sur l'indice de gonflement	51
III.7.4-2- Sur la prise en masse	52
III.7.5- Effet des conditions de séchage	52
III.7. 5-1- Sur l'indice de gonflement	52
III.7.5-2- Sur la délitescence	53
III.7.5-3- Sur la prise en masse	53
III.7.6- Comportement de l'amidon (Guezlane, 1993)	53
III.7. 6-1- La gélatinisation de l'amidon	53
III.7.6-2- La solubilisation de l'amidon	53

Partie expérimentale	54
Chapitre I : Matériel et méthodes	55
I-1. Objectif du la partie expérimentale	56
I-2- Matières premières	56
I.3- Matériel de laboratoire	56
I.4- Les Ustensiles utilisés et diagramme traditionnel de fabrication de couscous	57
I.4-1- Ustensiles de fabrication de couscous	57
I.4.2- Le diagramme de préparation de couscous artisanal	57
I.5- Rendement en couscous	62
I.6- Caractérisation physico-chimiques des matières premières et couscous	62
I.6.1- Détermination de la teneur en eau (humidité)	62
I.6.2- Détermination de la teneur en cendre	63
I.6.3- Détermination de la granulométrie	64
I.6.4- Dosage de gluten	65
I.7- Les analyses technologiques sur les produits finis	67
I.7.1-Le gonflement à froid	67
I.7.2- Test de cuisson	68
I.7.3- L'évaluation sensorielle	68
Chapitre II : Résultats et discussions	71
II.1- Appréciation de la qualité organolyptique des semoules	72
II.2- L'aspect des couscous sec fabriqués	73
II.3- Rendement en couscous	73
II.4-Les résultats physico-chimiques	74
II.4.1- Les résultats physico-chimiques des semoules	74
II.4.1.1-- La teneur en eau	74
II.4.1.2- La teneur en cendre	76
II.4.1.3- la granulométrie des semoules	77
II.4.1.4- La teneur en gluten	78
II.4.2- Les résultats des analyses physico-chimiques des produits finis (les deux types de couscous)	79
II.4.2.1- La teneur en eau (l'humidité)	79
II.4.2.2- Le taux de cendres	81
II.4.2.3- La granulométrie	82
II.4.2.4- Le gonflement à froid de couscous	84
II.4.2.5- Test de cuisson des couscous	85

II.4.2.6- Evaluation sensorielle	86
Conclusion	89
Références bibliographiques	
Annexes	

Introduction

La maladie cœliaque également appelée sprue est une entéropathie inflammatoire chronique auto-chronique auto-immune provoqué par un antigène alimentaire la gliadine du gluten chez des sujets génétiquement prédisposés (**Tkoub E.M,2008**), C'est une pathologie qui atteint la muqueuse intestinale, les symptômes peuvent être : diarrhée chronique, hypotrophie, perte de poids, vomissement etc (**Mouterde O et al ,2011**).

Cette maladie est très fréquente en Afrique du nord étant donné que l'alimentation de base de la population de cette région est le blé riche en gluten. Il est connu que le seul traitement possible est l'éviction stricte et totale du gluten du régime alimentaire (**Boukezoula F et al, 2016**).

Selon **BOUDRAA et TOUHAMI (1997)** ont révèlent qu'en Algérie une incidence moyenne de ce qui dépasse les 500 000 cas ce qui représente une prévalence de 1,4%, dont plus de 50% sont des enfants.

Le régime strict d'éviction pose évidemment d'importants problèmes quotidiens pour les malades et leurs familles puisque semoule et farine de blé et donc gluten sont présents dans la plupart des produits alimentaires de consommation courante (**Boukezoula et Zidoune, 2016**) et selon (**Benatallah Le et al, 2006**) rapportent que 99% des patients cœliaques n'arrivent pas à appliquer rigoureusement leur régime à cause de plusieurs difficultés notamment le prix élevé, la non palatabilité. En effet ; les produits alimentaires importés pour cette tranche de population ne sont pas à la portée de tous et ne subviennent pas à la demande.

La majorité des aliments souhaités par les malades sont notamment des aliments traditionnels locaux, non disponibles sur le marché ou trop chers . Parmi ces aliments vient le couscous un plat incontournable dans la gastronomie algérienne (**Derouiche M, 2003**).

Les pâtes du couscous sont fabriquées à partir de blé, donc riches en gluten. Par contre il y a la possibilité d'obtenir un couscous à partir d'autres produits tels que les glands reste une alternative intéressante dans le but de valoriser ce produit et d'améliorer la qualité du couscous obtenu destiné aux malades atteints de la maladie cœliaque. Etant donné que les glands sont des fruits de chêne vert qui appartiennent à la famille des Cupulifères, riches en matière amylacées, en fibres et en minéraux (**S. Camara,1992**).

Parmi les pâtes traditionnelles, le couscous vient en tête des pâtes consommées par la famille algérienne. Une enquête sur la population algérienne a révélé une consommation moyenne du couscous fin de l'ordre de 9.21 kg/an/hab. (**R. Benlachehab, 2008**). Il faut signaler aussi la richesse

de cet aliment en amidon ce qui augmente son apport énergétique (354 Kcal/100g), et la présence de certaines protéines nécessaires pour l'organisme (**E. Fredot, 2005**).

Dans cette optique, cette étude se fixe pour objectif la formulation et la caractérisation d'un couscous anti sprue à base de glands, le couscous à base de glands est méconnu de point de vue économique car il est presque absent sur le marché algérien, certaines familles le prépare traditionnellement. C'est dans ce contexte que s'inscrit notre travail qui a pour but d'étudier la possibilité de valorisation des glands de chêne vert en les transformant en couscous.

Ce couscous est fait avec la semoule de gland. Les glands sont ramassés, débarrassés de leur peau, et séchés au soleil ou à côté d'une source de chaleur, jusqu'à ce qu'ils sèchent complètement et deviennent durs. Par la suite, ces glands passent au mortier pour les émietter, et finir par les moulin avec le moulin à blé pour obtenir une semoule qui nous servira à la fabrication du couscous. L'espèce présente précisément est le chêne-liège. De ce fait, cet arbre est utilisé pour son fruit et pour la production du liège.

Ce thème répond aux besoins d'une diversification de l'alimentation sans gluten pour les personnes atteintes de maladie cœliaque. Il s'agit de formuler un couscous à base de glands 100 % sans gluten ; afin d'offrir une alternative et un choix dans la gamme de produits pour les malades cœliaques.

Le présent document est structuré en deux parties :

1. Partie bibliographique : cette partie est composée de trois chapitres, le premier chapitre contient des généralités sur le blé dur . Le deuxième chapitre est consacré à la présentation de gland. Et le troisième chapitre présente le couscous et les procédés de fabrication.
2. Partie expérimental : cette partie est composée de deux chapitres .Le premier chapitre présente les outils nécessaires ainsi que les protocoles utilisés pour analyser les différents échantillons de la matière première au produit fini. Le deuxième chapitre montre les différents résultats obtenu de notre étude et analyse ainsi que les discussions.

PARTIE
BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I :

Le blé dur

1.1-Généralité sur le blé dur

Le blé compte parmi les céréales les plus anciennes et constitue une principale ressource alimentaire de l'humanité. Le blé est l'une des premières espèces cultivées par l'homme, depuis plus de 7000 à 10000 ans avant Jésus-Christ dans la région du croissant fertile, vaste territoire comprenant, la vallée du Jourdain et les zones adjacentes de la Palestine, de la Jordanie, de l'Irak, et la bordure Ouest de l'Iran (**Feldman, 2001**).

Le blé dur (*Triticum durum Desf*) est une variété de blé connue pour son grain dur et vitreux (figure.1). Cultivée depuis la préhistoire, cette céréale constitue la première ressource en alimentation humaine et la première source en protéines, elle est aussi riche en gluten (**CODEX ALIMENTARIUS, 2007**).



Figure N° 01 : Grain de blé dur (photo Originale)

Le blé dur est une catégorie de blé cultivée dans les pays de climat chaud et sec. Les grains de blé dur sont allongés, souvent même pointus, les enveloppes sont assez minces et légèrement translucides.

Premier croisement accidentel, survenu, il y a 10 000 ans, entre un blé sauvage (*Triticum monococcum*) et une herbe sauvage (*Aegilops speltoides*), a donné naissance à un blé dur (*Triticum turgidum* L.). Les agriculteurs de l'Abyssinie (aujourd'hui l'Éthiopie) cultivaient deux espèces de blé (*Triticum monococcum* et *triticum tauschii*). Les différentes sortes de blé auraient été ainsi transportées par l'homme dans cette région. (**Brink et Belay, 2006**)

Au niveau diététique le blé dur est la plus équilibrée des céréales et la plus riche en protéines. Il renferme les acides aminés essentiels comme la lysine, il est nourrissant et fortifiant. Cette céréale présente un bon équilibre minéral. Sur le plan génétique le blé dur est une espèce tétraploïde, il possède 14 paires de chromosomes regroupées sur les génomes A et B, alors que le blé tendre est

une espèce hexaploïde possédant 21 paires de chromosomes et associant le génome D aux deux génomes déjà présents dans le blé dur (Salmi et Merbah, 2015).

I.2. La production et importance de la culture du blé dur :

I.2.1 - Dans le monde

La production mondiale du blé, 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.

En 2018, la production mondiale de blé a atteint 758 millions de tonnes selon la (FAO, 2016).

Les principaux pays producteurs du blé dans le monde sont : La Chine, L'Inde, les Etats Unies Américaines, Fédération de Russie, Canada et France. (Baghem, 2012), La récolte mondiale de blé dur 2019 de 35,6 Mt a été marquée par une forte baisse pour la plus part des pays producteurs et fournisseurs du marché mondial (excepté le Mexique) alors que la production des principaux pays consommateurs et acheteurs du marché a indiqué une hausse globale. (figure 2)

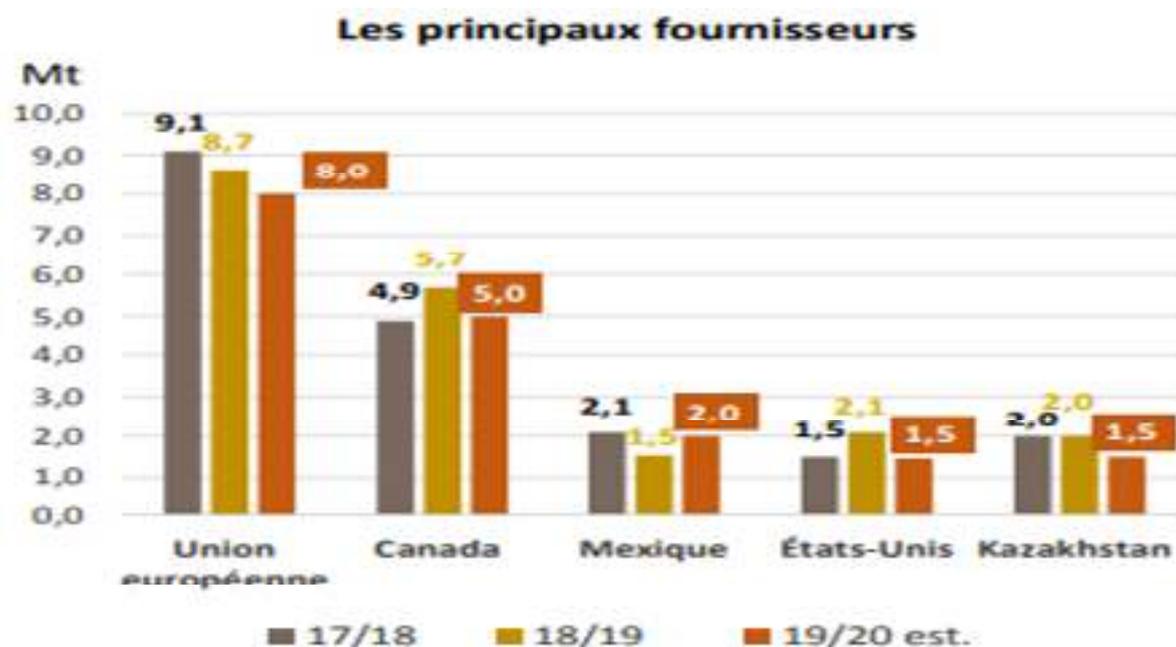


Figure N° 02 : : Le marché du blé dur dans : Récolte 2019 (France AgriMer ,2020)

I.2.2- En Algérie

➤ Importance du blé dur

La filière « du blé dur » revêt une importance singulière en Algérie. En effet, le blé dur constitue la base du modèle de consommation alimentaire dans ce pays, comme dans la plupart des pays méditerranéens, ils représentent environ 54% des apports énergétiques et 62% des apports protéiques et 88% des céréales consommées. **(Padilla, Oberti, 2000)**

La consommation de blé dur en Algérie évolue à la hausse en raison sa disponibilité. En effet elle était de 89kg/hab/an en 2013, elle a augmenté à 94g/hab/an soit une hausse de plus de 5 %. il est constaté également que les fournis par la production local chutent au fil des année, puisqu'elles sont passées de 69 % en 2013 à 52 % en 2016 **(ITGC, 2018)**.

Selon la **FAO** durant l'année 2014 l'Algérie est classée en quatrième position au niveau d'Afrique et à la dix-septième position au niveau mondial avec une production du blé de 2.4 millions de tonnes, colletée est constituée en moyenne de blé dur 58,7%. Le tableau 1 ;représente la superficie emblavée du blé dur (ha) et le rendement (q/ha) en Algérie de 2011 jusqu'à 2016 **(ITGC, 2014)**.

Tableau N° 01 : le rendement de blé dur en Algérie en fonction de la superficie emblavée de 2011 jusqu'à 2016 (ITGC, 2014).

Année	Superficie (ha)	Rendement (q/ha)
2011	1230 414	17,8
2012	1342 881	17,9
2013	1180 382	19,8
2014	1182 127	15,6
2015	1314 014	15,4
2016	1901 993	17,8

I.3- Description botanique et taxonomie

Le blé dur est une céréale qui fait partie de la famille des graminées et qui constitue le fruit de la plante appelé caryopse. **(FEILLET, 2000)**

Le blé dur *Triticum Durum* se distingue de blé tendre par des caractéristiques génétiques, morphologiques et physiologiques, sur les plans technologiques la structure vitreuse de son amande lui confère l'aptitude particulière à être transformé en semoule. (ABECASSIS, 1996) .Le blé dur est caractérisé par une forme allongé avec une extrémité pointue, sans poils et d'une coloration jaune ambrée. (GODON, WILLIAM, 1998)

Le blé dur (*Triticum turgidum* ssp. *durum*) est une monocotylédone de la famille des Graminées, de la tribu des Triticées et du genre *Triticum*. En termes de production commerciale et d'alimentation humaine, cette espèce est la deuxième plus importante du genre *Triticum* après le blé tendre (*Triticum aestivum* L.), d'après BOWDEN (1959) la classification de blé dur est comme suite :

Tableau N° 02 : La classification de blé dur

<u>Classification</u>	
Règne	<i>Plantae.</i>
Sous-règne	<i>Tracheobionta.</i>
Division	Magnoliophyta.
Classe	Liliopsida.
Sous-classe	Commelinidae.
Ordre	Cyperales.
Famille	<i>Gramineae.</i>
Sous famille	<i>Festucoideae.</i>
Tribu	<i>Triticae-Avevae.</i>
Sous tribu	<i>Triticieneae.</i>
Genre	<i>Triticum.</i>
Espèces	<i>Triticum durum.</i>

I.4- Morphologie et structure

Selon Clavel, 1984, le grain de blé se présente sous forme ellipsoïdale, allongée, partagé en deux lobes suivant sa longueur par un sillon profond, au sommet de ce dernier ce dresse une houppe de poils blanchâtre nommée brosse ou barbe, l'embryon est séparé de l'endosperme (masse centrale du grain) par un organe appelé le scutellum. La couleur des blés varie du roux au blanc, leurs poids de 1000grains varie normalement entre 30 et 55g.

le grain de blé comprend trois parties essentielles qui sont de l'extérieur à l'intérieur : les enveloppes, l'amande et le germe (**figure N° 3**) (**Feillet, 2000**)

1) Les enveloppes

Elles sont formées de trois groupes de tégument soudés (**Rossel et Hubert, 2002**) :

- **Le péricarpe ou tégument du fruit** : lui-même est composé de trois assises cellulaires : épicarpe, mésocarpe et endocarpe ; il constitue 4% du poids de grain.
- **Le tégument séminal ou testa** : constitué de deux couches cellulaires et représentent 1 à 2% de poids de grain.
- **L'épiderme ou couche à aleurone (assise protéique)** : il est adhérent à l'amande et constitue 7 à 9% du poids de grain.

Les enveloppes représentent en moyenne 13 à 15 % du poids du grain. Ces enveloppes sont riches en matières minérales et ont également des teneurs assez élevées en matière protéique, corps organiques azotés et matières grasses (**Boudreau et Menard, 1992**).

2) L'amande ou l'albumen (endosperme)

L'albumen représente 82 à 85% du poids total du grain de blé, constitué de cellules à parois cellulodiques minces remplies essentiellement de grains d'amidon entourés par un réseau protéique spécial dénommé le gluten (10 à 20%) et de faible proportion d'éléments minéraux (0.3 à 0.6%) et de vitamines (**Parabhasankar et al., 1999**).

3) Le germe

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

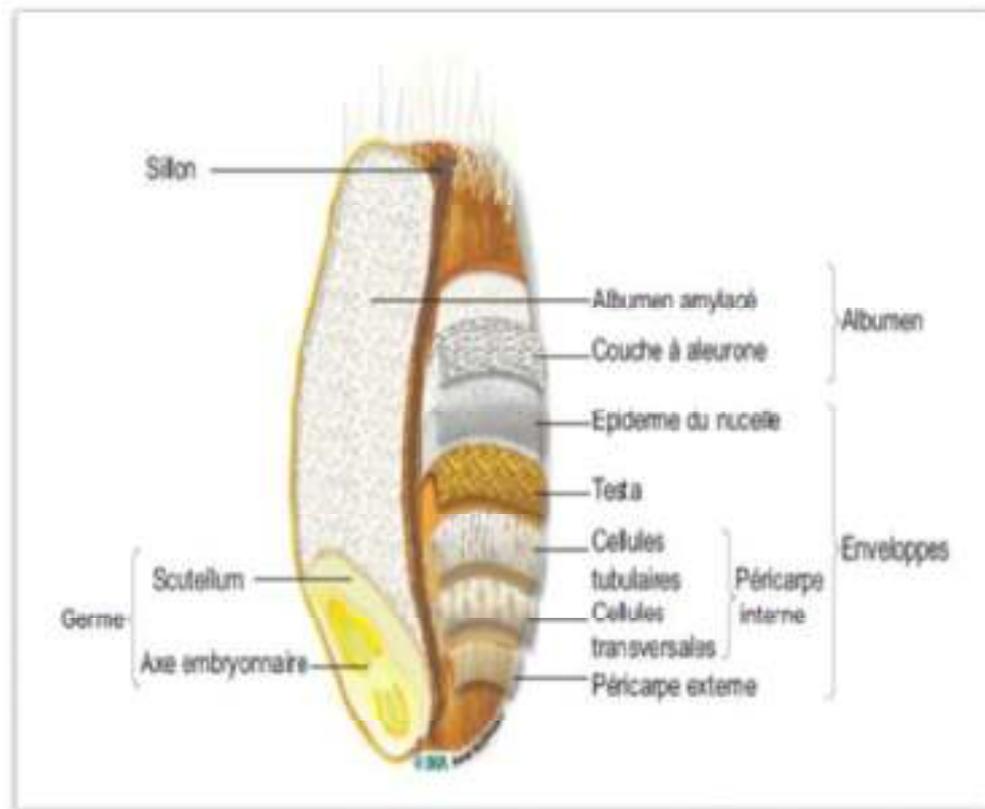


Figure N° 03 : Structure d'un grain de blé (Jeantet R, 2007)

I.5- Composition physico-chimiques du grain de blé dur

A. L'eau

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

B. Les glucides

Présent sous forme de sucres simples ou composés, ils sont d'une grande importance car ce sont des sucres fermentescibles et assimilables par les micro-organismes tels que les levures. L'amidon est la substance énergétique la plus importante, c'est le constituant majeur des céréales pour 60 à 65% du poids du blé. C'est un polymère de glucose. D'après Michel et Rousset en 1998, il est constitué des chaînes non ramifiées (amylose) : 25% et des chaînes ramifiées (amylo-dextrines) : 75%. La cellulose qui est un glucide complexe, difficilement digestible, rentre dans la composition du péricarpe (Nique et classeran, 1989). On trouve également des glucides simples, environ 2% dont la majeure partie est localisée dans le germe et l'assise protéique (Fredot, 2005).

C. Protéines

La teneur en protéines des semoules varie de 9 à 14% selon les conditions de culture de blé. Les protéines de la semoule jouent un rôle important parce que c'est à partir de cette fraction que se forme le gluten. (Godon et Willm, 1998).

On peut classer les protéines selon leurs caractères de solubilité en protéines solubles et protéines de réserve.

❖ Les protéines solubles

Selon **Dacosta (1986)**, sont des protéines cytoplasmiques qui représentent 15 à 20% des protéines totales, ce sont des protéines globulaires pauvres en acides glutamiques et proline, mais riche en acides aminés basiques.

- **Les albumines** : représentent 5 à 10% des protéines totales solubles dans l'eau, riche en tryptophane. (Godon et Willm, 1998).
- **Les globulines** : représentent 5 à 10% des protéines totales du blé. Solubles dans les solutions salines. (Godon et Willm, 1998).

Selon **Dacosta (1986)**, les globulines sont pauvres en Tryptophane mais riche en Argénine. Elles peuvent exister sous forme de complexe lipoprotéique riche en phosphore.

❖ Les protéines de réserve

Elles représentent 80 à 90% des protéines totales, elles sont constituées de Gliadines et Gluténines (les premières confèrent à la pâte sa viscosité et son extensibilité, les secondes responsables de la ténacité et de l'élasticité) qui en association avec d'autres constituants (lipides, glucides, matières minérales) forment le Gluten. Elles sont situées essentiellement dans l'albumen et la couche à aleurone (Godon et Willm, 1998).

- **Les gliadines** : représentent 40 à 50% des protéines totales. L'hydratation de la gliadine à l'état natif donne une masse visqueuse extensible et de faible élasticité. Elles sont insolubles dans l'eau mais solubles dans les solutions alcooliques.
- **Les gluténines** : représentent 30 à 40% des protéines totales du blé. Les gluténines hydratées sont cohésives, plus tenaces et plus élastiques que les gliadines. Elles sont solubles dans les solutions diluées d'acides.

D. Lipides

Ils représentent en moyenne 2 à 3% du grain sec de blé et sont en majorité associés aux protéines et à l'amylose. Ils comportent les acides gras insaturés (acides oléiques, acides

linoléiques) ainsi que les acides gras saturés (acide palmitique, et enfin les lipides libres qui sont eux extraits par l'éther. **(Godon et Willm, 1998)**).

E. Les matières minérales

Sont représentées à raison de 2 à 3%. La teneur des grains en matières minérales ainsi que la composition de ces matières minérales sont relativement fixes quelles que soient les conditions externes de culture. Le taux des minéraux de la semoule est fonction du degré de minéralisation des grains, mais surtout des paramètres du conditionnement et du diagramme de mouture (extraction). **(Anonyme, 2003)**.

F. Les vitamines

Selon **Godon et Willm (1998)**, leur teneur est beaucoup plus faible que celle des autres constituants ; elle s'exprime en milligrammes pour 100g de grains. Cependant leur intérêt nutritionnel est important. Les vitamines les plus importants sont figurées dans le tableau 3.

Tableau N° 03 : Teneur moyenne en vitamines (exprimée en mg pour 100g de grains).

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

(Godon et Willm, 1998)

- ✓ **La vitamine B1** : Elle favorise l'assimilation et le métabolisme des glucides au niveau de chaque cellule, son action est donc fondamentale pour tout l'organisme.
- ✓ **La vitamine B2** : Elle intervient au niveau des cellules dans le métabolisme du sucre, des acides aminés et des lipides.
- ✓ **La vitamine B3 ou PP** : Elle intervient aussi dans l'assimilation des sucres au niveau de chaque corps.
- ✓ **La vitamine B6** : Permet le métabolisme des acides aminés.
- ✓ **La vitamine E**.

A- Les oligoéléments

- ✓ **Le manganèse** : il permet l'assimilation des vitamines du complexe B.
- ✓ **Le cuivre** : il facilite la fixation du fer.

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

G-Fibres alimentaires

Les fibres des céréales sont composées de chaînes glucidiques (polysides) de type cellulose. Ces fibres ont comme caractéristiques commune d'être indigestible pour l'homme, il existe des fibres solubles et des fibres insolubles qui se trouvent souvent dans le même aliment. Les fibres peuvent gonfler en absorbant jusqu'à 20 fois leur poids en eau. (**Jeantet et al., 2007**).

La composition physico-chimique générale de grain du blé est présentée dans le tableau n° :4 :

Tableau N° 04 : Composition biochimique des différentes parties d'un grain de blé exprimée en pourcentage de la matière sèche.

Partie du grain	Matières azotées (protéines) %	Matières minérales %	Matières grasses %	Pentosanes %	Amidon %
péricarpe	7-8	3-5	1	35-43	0
Tégument séminal	15-20	10-15	3-5	20-30	0
Epiderme nucellaire assise protéique	30-35	6-15	7-8	30-35	10
Endosperme	8-13	0.35-0.60	1	0.5-3	70-85
Germe	35-40	5-6	15	20	20
Amande périphérique	10-15	0.4-1	-	-	64-72
Amande centrale	6-9	0.3-0.4	-	-	72-88
Grain entier	10-14	1.6-2.1	1.5-2.5	5.8	60-70

(Godon et Willm, 1998)

I.6- Appréciation de blé dur

I.6.1- La valeur semoulière

La valeur semoulière d'un blé dur, définie comme l'aptitude à donner un rendement élevé en semoule de pureté déterminée. Elle dépend en fait de trois groupes de facteurs :

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

(Abecassis, 1991)

I.6.2- La valeur pastière

Selon **Feillet (1977)**, la valeur pastière regroupe deux notions : d'une part l'aptitude des semoules à être transformées en pâtes alimentaires (facilité de malaxage, de tréfilage et de séchage) et d'autre part la qualité des produits finis. Pour le consommateur, bien que l'importance qu'il leur accordait soit différente selon les pays, deux critères sont essentiels :

- L'aspect de la pâte crue.
- La qualité culinaire (le comportement de cette pâte au de la cuisson).

I.6.3- La valeur couscoussière

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

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

I.7 La première transformation du blé dur

Selon **Godon et Willm (1998)**, l'objectif de la première transformation est d'isoler l'albumen des parties périphériques (à savoir les enveloppes, la couche à aleurone et le germe). C'est une opération de fragmentation et de séparation.

➤ Le pré nettoyage

D'après **Feillet (2000)**, le blé pesé est envoyé vers le séparateur aspirateur, cet appareil a pour but d'enlever les impuretés de blé de taille notamment différentiels, les méthodes de séparation des impuretés sont résumées dans le tableau 5.

Le séparateur aspirateur est constitué par 3 tamis légèrement inclinés est d'un mouvement de va et vient avec forte aspiration permettent d'enlever les poussières.

- ✓ **1^{er} tamis** : A grosses perforations ; laisse passer plus rapidement le blé et retient les impuretés les plus grosses que lui.
- ✓ **2^{ème} tamis** : A grosses perforations, laisse passer plus rapidement le blé et retient les impuretés les plus grosses que lui.
- ✓ **3^{ème} tamis** : Dont les perforations sont inférieures à la taille du blé retenu, le rôle de celui-ci est de laisser passer les petites impuretés et l'aspiration de la poussière présente dans le blé.

➤ **Le nettoyage**

Selon **Feillet (2000)**, cette opération est principale car elle consiste à éliminer complètement tous les grains étrangers (cailloux, pierres...), ce qui risque d'affecter certaines précautions d'apparence du produit fini (la semoule), il y aura donc lieu de prendre certaines précautions et adapter un grand soin lors des opérations de calibrage de la semoule.

➤ **Triage**

Selon **Feillet (2000)**, le triage a pour but d'enlever les impuretés du blé qui ont le même diamètre que celui du blé mais la différence est dans la longueur, elles sont :

- ❖ Soit plus courte, telle que les grains ronds,...etc.
- ❖ Soit plus longue, telle que les grains d'avoine, d'orge,...etc.

➤ **Brossage**

Selon **Bourdeau et Menard (1992)**, Après l'étape du triage, le blé subit l'opération du brossage, dont le but est d'enlever la poussière qui se trouve dans le sillon, cette opération est réalisée par la brosse à blé, dans cette machine, le grain est roulé entre une paroi métallique, généralement en tôle perforés, et une brosse qui est fixée sur un arbre tournant. La poussière est détachée de la graine et aspirée à travers la tôle au moyen d'une aspiration qui refoule l'air dans un cyclone ou un filtre.

➤ **Lavage**

Le nettoyage du blé souvent complété par le lavage, opération qui peut être considérée également comme la première phase de la préparation à la mouture, celle-ci consiste généralement comme à additionne une légère quantité d'eau, il a pour but d'enlever la poussière, de permette aussi l'élimination la plus complète des corps étrangers. Le blé déversé dans le sac de laveuse est brassé dans l'eau, les pierres et le sable plus lourds tombent au fond et sont évacués, les grains de blé creux flottent et sont également évacués. (**Feillet, 2000**).

Tableau N° 05 : Méthodes de séparation d'impuretés utilisées pour le nettoyage

Critère	Nature des impuretés	Nom de l'opération	Machines
Taille	grosse : pailles, maïs petite : sable, colza	Tamisage ou calibrage	Nettoyeur séparateur
Forme	étirée : avoine ronde : vesce	Triage	Trieur graine longue Trieur graine ronde Trieur hélicoïdal
Densité	dense : pierre moins dense : ergot	Classement densimétrique	Epierreur laveuse Table densimétrique
Propriétés Physicochimiques	magnétique : fer coeff. de frottement : grain vêtu couleur : ergot, nielle	Séparateur	Aimant rotatif Séparateur Trieuse colorimétrie.

(Godon et Willm, 1998)

I.8- Préparation du blé à la mouture

Selon Godon (1991), la préparation du blé à la mouture répond à un double objectif :

- En premier lieu elle va assouplir l'écorce du grain et faire en sorte que son humidité soit légèrement supérieure à celle de l'amande. De ce fait la séparation de l'écorce du grain de l'amande sera facilitée.
- En deuxième lieu, il s'agit d'amener l'amande dans un état physique tel que sa réduction en semoule sera obtenu le plus rapidement.
- **Le mouillage**

C'est une humidification du grain, au départ le grain de blé possède une teneur en eau égale à 11 ou 12%. Le grain est humidifié jusqu'à blé à une 16 à 16,5% même à 17%. Cette action se fait simplement par addition d'une certaine quantité d'eau au blé (eau froide parfois chaude ou en vapeur).

➤ **Le conditionnement**

Après avoir été mouillé, le blé doit subir un temps de repos de 10 à 18h appelé conditionnements afin que l'eau pénètre dans le grain et se répartisse, et ce repos peut avoir lieu dans des boisseaux de repos ou dans des appareils spéciaux appelés « conditionneurs-sécheurs ».

➤ **Un nouveau brossage**

Identique à celui qui prend place après triage. La brosse qui se fonctionne à la cadence du moulin et parfait le nettoyage des grains juste avant le broyage.

➤ **La mouture**

D'après **Feillet (2000)**, la mouture c'est l'opération centrale de la transformation du blé en semoule, est réalisée par la succession des opérations suivantes :

➤ **Broyage**

Consiste à ouvrir les grains blé pour extraire le maximum de semoule et le minimum de farine. C broyage est réalisé par une série d'appareils à cylindre appelés « broyeur » doté de paires de rouleaux cannelés e dont chaque passage est désigné par un numéro l'identifie : B1, B2, B3 .ect

➤ **Blutage ou Tamisage**

Consiste à classer les produits de mouture : gros broyat, fin broyat, grosse semoule, moyenne, fine...etc. ce procédé est réalisé par une série de machines appelées « Plansichter », composées d'une série de tamis renfermés dans des compartiments, chacun est réalisé individuellement et directement à chaque opération réalisée par chacun des appareils à cylindre. Chaque plansichter est identifié par une appellation : PB1, PB2, PB3...etc.

➤ **Sassage**

Consiste à épurer toutes les semoules produites après écrasement et classement en les débarrassant au maximum des particules les de son qui s'y trouvent encore mélangées. Et « sasseurs » assurent cette opération, ils doté de canalisations connectées au collecteur principal d'air d'aspirations à basses pressions, et sont pourvu de tamis adéquats.

➤ **Désagrègation**

Par des appareils à cylindre munis de très fines cannelures appelés « désagégueurs ». Ils interviennent dans le traitement des semoules vêtues en éliminant les fragments de son qui adhèrent à l'amande. Les semoules étaient classées e fonction de la densité et de la granulométrie, les semoules refusées au niveau du sasseur sont appelées semoules vêtues (amande+enveloppes) :

- ✓ Si l'amande prédomine : on parle de semoules vêtues.

- ✓ Si les enveloppes prédominent : on parle de refus.

1. 8.1- Les produits de la mouture de blé dur:

Les produits finis produits dans une semoulerie peuvent varier d'une région à l'autre, principalement en fonction des besoins en produits finis (Abecassis, 1987). A l'issue de la mouture, trois principaux produits sont obtenus:

- **La semoule** : représente le produit noble d'une semoulerie, correspond aux fragments d'amande dont la granulométrie est supérieure à 150µm (Feillet, 2000).
- **La semoule super sassée fine** : La farine de blé dur est considérée d'un point de vue réglementaire un sous-produit de mouture dont la granulométrie est inférieure à 150µm (Abecassis, 1987).
- **Les sons** : La finesse des enveloppes de blé dur conduit à la formation de sons beaucoup moins larges que ceux de blé tendre. Les sons sont récupérés à la fin de broyage (gros sons ou à partir des désagrégateurs et parfois des sasseurs (fin sons) (Abecassis, 1987).

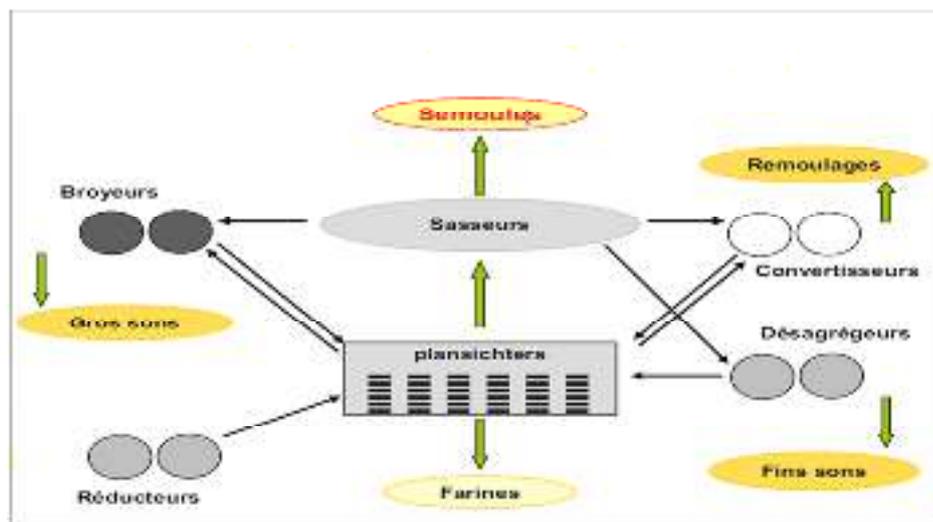


Figure N° 04 : Principe de la mouture de blé dur.(Feillet, 2000).

I.8.2- - La semoule

La semoule constitue le produit fini de la première transformation du blé dur par le procédé de mouture. Elle est constituée des fragments de l'amande du grain aussi purs que possible dont la taille granulométrique est supérieur à 150µm. En fait, il n'existe pas un seul mais de nombreux types de semoules qui sont définies principalement d'après leur granulométrie (Bailly, 1985).

I.8.2.1- - Composition biochimique de la semoule

D'après **Boudreau et Menard (1992)**, elles contiennent en ordre d'importance : l'amidon, les quatre classes de protéines (albumine, globuline, glutenine et gliadine), les lipides, les sels minéraux et les enzymes (Tableau 6).

Tableau N° 06 : Composition biochimique de la semoule de blé dur.

Eléments minéraux	Teneurs (mg/100g)	Vitamines	Teneurs (mg/100g)	Principes énergétiques	Teneurs (g/100g)	Calories	Fibres
P	143-145	B1	0,2-0,4	Les protéines	12,6	1455kJ 350kcal	4g
Ca	20-24	B5	0,44-0,6	Les lipides	1,2		
Mg	40-44	B6	0,13-0,17				
K	193-198	PP	2,7-3	Les glucides	70,4		

(Boudreau et Menard, 1992)

I.8.2.2- La qualité de la semoule

- On définit la qualité d'une semoule en fonction de la qualité du produit fini.
- Pour la fabrication de couscous : la recherche des semoules pures, de couleur ambrée avec une granulométrie homogène et une bonne teneur en gluten.
- Pour la fabrication des pâtes alimentaires : la recherche des semoules pures et non contaminées par le son ou par la présence de moucheture avec une qualité protéique satisfaisante (**Mariche, 2000**).

- **L'odeur**

La semoule ne doit présenter aucune odeur particulière, car il existe des semoules présentant une odeur acide et un goût de rance suite à l'altération des lipides, ce qui influe sur la qualité du produit fini.

- **La granulation**

Selon **Godon et Willm (1998)**, la granulométrie des semoules varie en fonction des marchés et des usages locaux. Dans les pays de Maghreb et du Moyen-Orient, on utilise surtout des grosses semoules pour la fabrication du couscous.

- **La coloration**

Selon **Guezlane (1993)**, la coloration est la somme d'une composante jaune que l'on souhaite élevée et d'une composante brune ou grise qui doit être faible :

- ✓ Le composant jaune : dépend de la quantité des pigments caroténoïdes des semoules et des oxydases (lipoxygénases).
- ✓ Le composant brun : dû à l'activité des enzymes peroxydasiques ou polyphénoloxydasiques. Toute action visant à diminuer l'activité de ces enzymes soit par la sélection des variétés qui n'en possèdent que de faibles quantités, soit par la mise en œuvre de technologie appropriée (bonne purification des semoules durant la mouture en particulier, température élevée en début de séchage) aura effet bénéfique sur la coloration des produits finis.

- **L'élasticité**

Les semoules très pures, provenant du centre de l'albumen, possèdent de bonnes propriétés rhéologiques (en particulier d'élasticité) mais ont tendance à se déliter si la cuisson se prolonge.

Inversement les produits les plus périphériques fournissent des produits finis qui manquent d'élasticité mais qui peuvent conserver un remarquable état de surface même après cuisson (**Abecassis, 1991**).

1. 9- le gluten

Le Gluten est dérivé du mot latin qui signifie la colle en raison de ses propriétés viscoélastiques, le gluten est le matériau qui reste après le lavage de l'amidon et des composants hydrosolubles de la pâte de blé. Il se compose principalement d'un groupe de protéines appelées prolamines ; gliadines solubles et gluténines insolubles (**Naik et al., 2018**). Les céréales contiennent du gluten sont : Les blés ; Le seigle ; Les orges ; L'avoine Tous les hybrides de ces céréales contiennent également du gluten, notamment le triticale.

Le gluten est composé de 2 fractions (Figure N° 5) que nous pouvons distinguer par leur caractère soluble ou non dans l'alcool :

- **la fraction la plus toxique du gluten est représentée par les prolamines**, solubles dans l'alcool (gliadines pour le blé). Beaucoup plus petites, elles apportent les propriétés de viscosité et d'extensibilité à la pâte à pain. ...

- **l'autre fraction, moins toxique, les glutélines**, solubles uniquement dans les solutés basiques (gluténines pour le blé). Ce sont des protéines agrégées, de haut poids moléculaire, qui apportent le

caractère élastique à la pâte à pain. Les gliadines, prolamines du blé, ont été les plus étudiées. Il a été montré que ce qui était le plus toxique pour les patients atteints de la maladie cœliaque était le taux de prolamines non seulement par leur teneur en acides aminés porteurs de fonctions amides (glutamate et aspartate), mais également par leur teneur en proline .

Les prolamines toxiques dans les autres céréales concernées sont les sécalines pour le seigle et les hordéines pour l'orge. Le blé, le seigle et l'orge ont, dans leurs prolamines, les mêmes séquences d'acides aminés, donc il faudra exclure de façon systématique ces céréales de l'alimentation. On ne retrouve pas ces séquences dans les céréales comme le maïs ou le riz qui sont bien tolérées. Ces acides aminés en forte proportion empêchent une protéolyse complète du gluten par les enzymes gastriques et pancréatiques, laissant de très longs peptides à l'origine de l'inflammation et de la réponse auto-immune chez les intolérants au gluten .

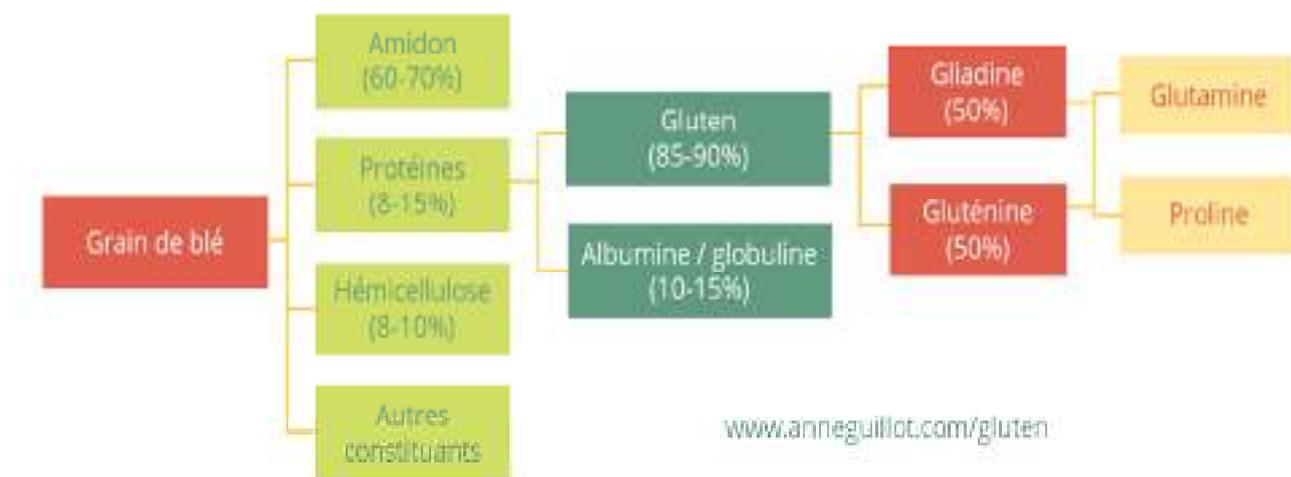


Figure N° 05 : Les protéines de stockage similaires existent pour le seigle : la sécaline ; l'orge : l'hordéine ; l'avoine : l'avénine (https://www.anneguillot.com/gluten/)

En fonction de la variété de blé, on retrouve 10 à 15% de protéines dans le grain, dont environ 75% de gluten, soit une très large majorité. Les blés sauvages étaient plus concentrés en protéines (16 à 28%), mais possédaient des grains plus petits.

Les prolamines sont le résultat de l'assemblage de deux groupes de polymères protéiques, les gliadines divisées en 4 groupes (α , β , γ , ω) et les gluténines que l'on distingue en deux groupes suivant qu'elles ont un haut poids moléculaire (HPM) ou un bas poids moléculaire (BPM)

Les gliadines sont riches en acides aminés proline et glutamine et ne sont pas intégralement

dégradées dans le système digestif

Les monomères de gliadine s'associent à des polymères de gluténines (les monomères étant liés entre eux par des ponts disulfures) via des liaisons hydrogènes et des interactions hydrophobes, formant un réseau élastique. Les gliadines sont spécifiques du blé, leurs homologues portent des noms différents suivant la source céréalière dont elles sont issues : on les appelle sécalines dans le seigle, hordéines dans l'orge et avénines dans l'avoine.

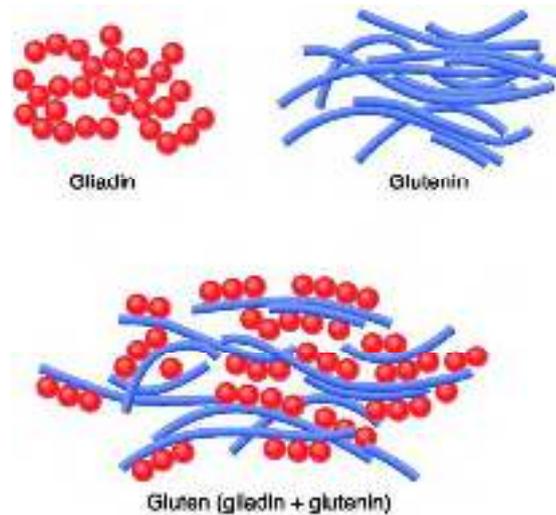


Figure N° 06 : Structure polymérique du gluten

Chaque variété de blé contient environ cent gliadines et gluténines différentes, chacune pouvant avoir une toxicité et une séquence de stimulation propres pour les cellules de l'immunité.

Il est possible de classer les protéines précédemment citées selon leur solubilité :

Les gluténines sont partiellement solubles dans une solution d'acide acétique, les gliadines sont solubles dans une solution d'alcool à 70%, les globulines en solution saline et les albumines sont hydrosolubles.

I.9.1- Les troubles liés au gluten

En 2012, un consensus sur la classification et la nomenclature des troubles liés au gluten est adopté , répertoriant 5 troubles :

- L'allergie au gluten
- La maladie cœliaque
- L'ataxie au gluten
- La dermatite herpétiforme (DH)

- L'intolérance non cœliaque liée au gluten

L'ingestion de produits contenant du gluten peut entraîner différents états pathologiques d'intensités variables, débutant et se terminant après des périodes de temps elles aussi très variables. Ces réactions adverses peuvent être des allergies ou des intolérances. Les allergies impliquent une réponse immunologique médiée le plus souvent par les immunoglobulines E (IgE) (on parle alors d'hypersensibilité immédiate) mais pas toujours et nécessitent une exposition préalable à l'allergène. L'intolérance peut impliquer des mécanismes enzymatiques, métaboliques, physiologiques ou psychologiques.

I.9.2- Maladie cœliaque

I.9.2.1 Définition de la maladie cœliaque

La maladie cœliaque (MC) est une entéropathie auto-immune déclenchée par le gluten alimentaire chez une population génétiquement prédisposée, elle affecte la lamina propria et l'épithélium de l'intestin grêle. La consommation de gluten déclenche la production d'anticorps et de cellules inflammatoires, résultant d'une réponse immunitaire anormale, qui endommage les minuscules protubérances en forme de doigts appelées «villosités» qui tapissent l'intestin grêle et facilitent l'absorption des nutriments par les aliments (**Lebwohl et Sanders, 2017**). entraînant une malabsorption du fer, du calcium, des vitamines A, D, E et K ainsi que de l'acide folique et d'autres manifestations cliniques, les plus courantes sont les douleurs abdominales, la diarrhée chronique, un amaigrissement, l'ostéoporose, l'anémie et l'asthénie.

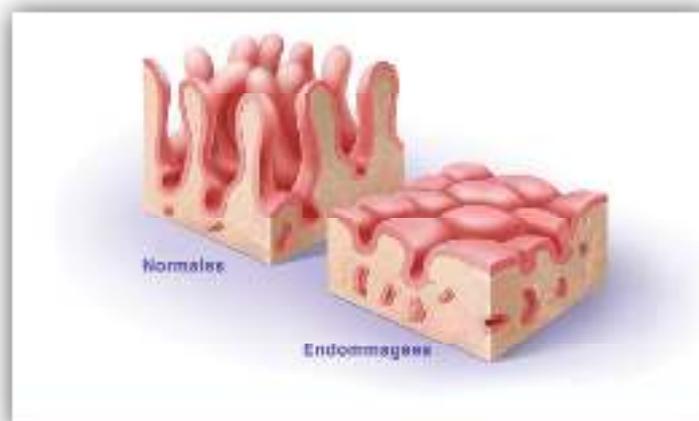


Figure N° 07 : Différence entre villosités intestinales normales et endommagées (SANJAY, 2012)

I.9.2.2- Epidémiologie

La prévalence mondiale combinée de la maladie cœliaque était de 1,4%, les valeurs de prévalence de la maladie cœliaque étaient de 0,4% en Amérique du Sud, de 0,5% en Afrique et en

Amérique du Nord, de 0,6% en Asie et de 0,8% en Europe et en Océanie (**Batuu 2017**). Elle varie selon le sexe, l'âge et l'emplacement (**Prashant et al, 2018**).

La prévalence a longtemps été sous-estimée en raison des formes silencieuses, paucisymptomatiques ou atypiques qui sont actuellement les formes les plus fréquentes (**Bouteloup, 2016**).

En Algérie, les études actuelles de l'ampleur de la maladie sont très peu. En 2003 d'ans l'est Algérien, a été estimé à 1,4% à Guelma, 1,7% à Mila, et 0,88% à Khenchela ; la prévalence moyenne calculée sur les trois villes est au moins 1,33% **Benatallah (2009)**.

I.9.2.3- le produit sans gluten :

D'après le codex Alimentaire de l'Organisation Mondiale de la Santé (**Codex Alimentarius**), un produit peut être déclaré sans gluten s'il provient : - d'une céréale dont la prolamine n'est pas toxique (riz, soja, maïs, sarrasin, millet). - d'une céréale potentiellement toxique, mais dont la teneur résiduelle en azote après traitement ne dépasse pas 50mg/100g de poids sec, soit 10mg de gliadine pour 100g de poids sec. - d'un amidon préparé à partir de graines de céréales contenant moins de 0,3% de protéines dans l'extrait sec .

I.9.2.4- Le Traitements

Le seul traitement actuellement disponible pour les MC consiste à éviter toute ingestion orale de blé, de seigle et d'orge ou de tout produit dérivé ou contaminé par ces grains (**Green, 2016**). **SELON (Marsh, 1992 ., Green et Jabri, 2003** le seul traitement de MC est de suivre un régime strict sans gluten.

D'après le code alimentaire de l'Organisation mondiale de la santé (codex alimentarius), un produit peut être déclaré sans gluten s'il provient :

- d'une céréale dont la prolamine n'est pas toxique (riz, maïs, soja, sarrasin, millet) ;
- d'une céréale potentiellement toxique mais dont la teneur résiduelle en azote après traitement ne dépasse pas 50 mg/100 g de poids sec, soit 10 mg de gliadine pour 100 g de poids sec ;

d'un amidon préparé à partir de graines de céréales contenant moins de 0,3 % de protéines dans l'extrait sec (**Vahedi, 2001**).

I.9.2.5.les aliments sans gluten

Mais le malade peut remplacer ces produits par des aliments naturellement sans gluten : la viande grillée et non cuisinée, les légumes et fruits, les œufs, le lait, le maïs, le riz, le sarrasin, les légumes sets, la fécule de pomme de terre, le tapioca, le soja, etc. Les fabricants de produits sans gluten

proposent également des spécialités boulangères et pâtisseries de substitution sans gluten, fabriquées à partir d'amidon de maïs, de riz ou de fécule de pomme de terre (**Jolivet, 2002**)

L'éducation nutritionnelle doit donc être efficace pour que le patient puisse suivre à vie son régime. Elle repose essentiellement sur l'apprentissage de la composition des aliments et la lecture des étiquettes.

Des aliments spéciaux, sans gluten, sont produits par des industriels et leur remboursement est pris en charge par la Sécurité Sociale en France. Cependant, la signification de la dénomination « sans gluten » varie d'un pays à l'autre en l'absence de méthode normalisée de dosage, l'harmonisation internationale dans le cadre de la révision de la norme du *Codex Alimentarius* est très lente (**Chandra, 1997**) :

- **au Canada**, elle assure l'absence de blé, d'avoine, d'orge, de seigle, de triticale, et de leur éléments ;
- pour les **normes Codex**, suivies **en France**, l'utilisation de graines de céréales contenant du gluten est autorisée si leur teneur en azote est inférieure à 0,05g pour 100g de poids sec de la graine de céréale.
- **aux Etats-Unis, en Australie**, l'usage d'amidon de blé est autorisé dans ces produits.

En outre, des enrobages à base de gluten pour les fruits et légumes (aliments dispensés d'étiquetage par la réglementation) semblent être en voie de développement en Europe (**Zarkadas et al., 1999**).D'où l'inquiétude des malades qui, là encore, réclament un étiquetage clair et précis.

Voici les aliments autorisées et non autorisées sans gluten pour les maladies cœliaques au tableau n°07.

Tableau N° 07 : Les aliments autorisés et non autorisés dans un régime sans gluten (Kupper,2005).

Céréales, amidons et farines non autorisés dans un régime sans gluten	Céréales, amidons et farines autorisés dans un régime sans gluten
<ul style="list-style-type: none"> • Orge • Son • Boulgour • Couscous • Farine à blé dur • Epeautre* • Gluten, farine de gluten • Farine complète • Malt, extrait de malt, aromate à base de malt, sirop de malt • Avoine, son d'avoine, sirop d'avoine • Seigle • Semoule (blé dur)* • Epeautre • Triticale (hybride entre le blé et le seigle) • Germes de blé, amidon de froment, farine de son • Tout aliment contenant du blé 	<ul style="list-style-type: none"> • Amarante • Arrow-root (marante) • Farine d'haricots • Sarrasin • Mais • Pois chiche • Millet • Farine de noix • Avoine (pur) • Fécule de pomme de terre • Quinoa • Riz de toutes sortes (riz complet, blanc, doux, sauvage, jasmin, basmati, riz gluant, riz poli, son de riz) • Farine de sorgo • Farine de soja • Farine de teff

Chapitre II :

Le gland

II .1. Généralités sur le gland de chêne :

Les glands ont joué un rôle important dans les débuts de l'histoire de l'humanité et ont été une source de nourriture pour de nombreuses cultures dans le monde entier où ils servent comme aliments notamment pour les pauvres **(Rashid et al, 2014)**.

Bien qu'il soit généralement aperçu comme un aliment pour animaux, ce fruit est un élément important de la tradition gastronomique et médicinale des régions où se trouvent ces espèces **(Silva et al, 2016)**. L'utilisation de glands dans l'alimentation humaine a été signalée depuis la fin du XIX^{ème} siècle en Serbie, avec recommandations sur son application et son action bénéfique **(Rakic et al, 2006)**. Ils ont constitué la nourriture privilégiée de la population européenne **(Ait Saada et al, 2017)** et faisaient partie du régime alimentaire local pour un certain temps, fournissant jusqu'à 25% des aliments consommés par les classes les plus pauvres d'Italie et d'Espagne **(Rakic et al, 2006)**. Ils sont consommés sous forme de gâteaux, de pain et comme substitut de café **(Ait Saada et al, 2017)**. Les indiens d'Amérique du nord consomment de nos jours les glands de chêne sous forme de bouillies, de pain et des gâteaux **(Ait Saada et al, 2017)**.

En Algérie, les cotylédons sont soit consommés en tant que fruits secs ou intégrés dans la fabrication du couscous ; un plat très prisé par la population autochtone **(Ait Saada et al, 2017)**.

II.2. Répartition géographique du chêne :

II.2.1- dans le monde

Les chênes (*Quercus*) occupent une place remarquable parmi tous les peuplements forestiers ; avec 33% de la superficie mondiale boisée, soit près de la moitié représentent 66% du total. Il est implanté essentiellement dans le bassin méditerranéen (Portugal- Espagne- Algérie-France- Italie-Tunisie-Maroc) **(Ait Saada et al,2017)**. Ils poussent aussi en Asie, en Europe moyenne et en Amérique du nord où les conditions climatiques sont favorable à sa végétation (figure N° 08) **(Ait Saada et al, 2017)**

Ce genre compte plusieurs espèces dont les plus dominantes sont le chêne vert (*Quercus ilex*) et le chêne liège (*Quercus subert L.*). En terme d'occupation du tapis végétal de notre planète, le chêne liège couvre une aire relativement restreinte qui se limite **selon Nativi 1956** à seulement 2,5 millions d'ha ; alors que les statistiques disponibles concernant le *Quercus ilex* sont rares et ne sont pas tellement rigoureuses. Mais, en général, il semble couvrir d'immenses territoires au Portugal et en France méridionale, en Italie, en Grèce et s'étend jusqu'à la mer adriatique, puis apparait sous forme de peuplements discontinus au proche orient et forme enfin un cercle au Maghreb où il devient prépondérant surtout au Maroc **(Ait Saada et al, 2017)**.



Figure N° 08 : Aire du genre Quercus (chênes) dans le monde (keller,1987)

II.2.1-. Les chênes algériens

En Algérie, les chênes représentent un capital forestier où ils couvrent près de 40% de la forêt Algérienne (Tableau 8). Ces derniers jouent un rôle indéniable sur le plan écologique, économique et social (Sarir et Benmahioul, 2017), les chênes présentés en Algérie sont : Quercus suber (chêne liège), Q. Coccifera (chêne kermès), Q. afares (chêne afarés), Q. faginea (chêne zeen) et Q. ilex (chêne vert) (Juli Pujade -Villar et al, 2010).

Tableau N° 08 : superficies (hectares) du peuplement du genre Quercus en Algérie.

Espèces	Superficie (ha)	Sources
Chêne vert	354 000	(Ait Saada et al, 2017)
Chêne liège	643 000	(Ait Saada et al, 2017)
Chêne Zeen- Afarés	1 073 723	(FRA, 2010)

Les glands de nombreuses espèces de chênes sont comestibles à l'état brut, tels qu'ils sont récoltés. Des glands sucrés ont été signalés pour le Quercus ilex (chêne vert) et le Quercus suber (chêne liège) au Maroc et en Algérie (Bussotti et Grossoni, 1998).

II.3- Description botanique et taxonomie du genre Quercus :

Les chênes ont des feuilles persistantes ou caduques, peuvent atteindre 50m de haut et vivre plus de 700 ans. Ils forment des arbres ou des buissons dont les houppiers sont noueux, irréguliers, avec de grosses branches ; leur écorce est fissurée et leurs feuilles souvent lobées ou dentées. La cupule en godet et la forme du fruit, nommé gland, sont particulièrement caractéristiques (AAS et al., 2005).

Les glands sont amers à cause de présence de tannins. Le tannin étant hydrosoluble, la préparation de base consistait à broyer les fruits et les faire bouillir dans plusieurs eaux jusqu'à disparition de l'amertume (Poulet, 2011).

Dénoté le chêne vert, *Quercus ilex* L. ou bien *Quercus rotundifolia* Lamk, a interminablement constitué un problème taxonomique. En effet, au XVIII première distinction basée, sur le type de gland (amer ou doux) est tentée par certains chercheurs. Par la suite, d'autres fondent la différence entre les deux espèces sur les caractères morphologiques de leurs feuilles donnée en **tableau 9**.

Tableau N° 09 : place du chêne vert dans la systématique de la flore (benia ,2010)

Règne	Végétal
Embranchement	Trachéophytes
Sous-Embranchement	Ptérosidés
Classe	Angiospermes
Sous classe	Dicotylédones
Ordre	Fagales
Famille	Fagaceae
Genre	<i>Quercus</i>
Sous genre	Sclérophyllody
Espèce	<i>Quercus ilex</i>

II.4- Morphologie et structure

Le gland de chêne vert est de forme ovoïde, sub-globuleux, articulé au sommet atténué ou arrondi, de couleur brun-marron et strié longitudinalement. Il possède deux cotylédons et deux membranes, une interne et l'autre externe appelée encore péricarpe (figure 09). En effet, le chêne vert présente selon **Maire (1961)** deux types de gland :

- ✓ Le gland amer : ordinairement allongé et ovoïde mais variable, c'est le cas de la variété « GHENINA ».
- ✓ Le gland doux : est peu sucré, souvent très allongé mais variable, c'est le cas de la variété « BALLOTA ».

Les principales composantes sont présentées dans la figure 09

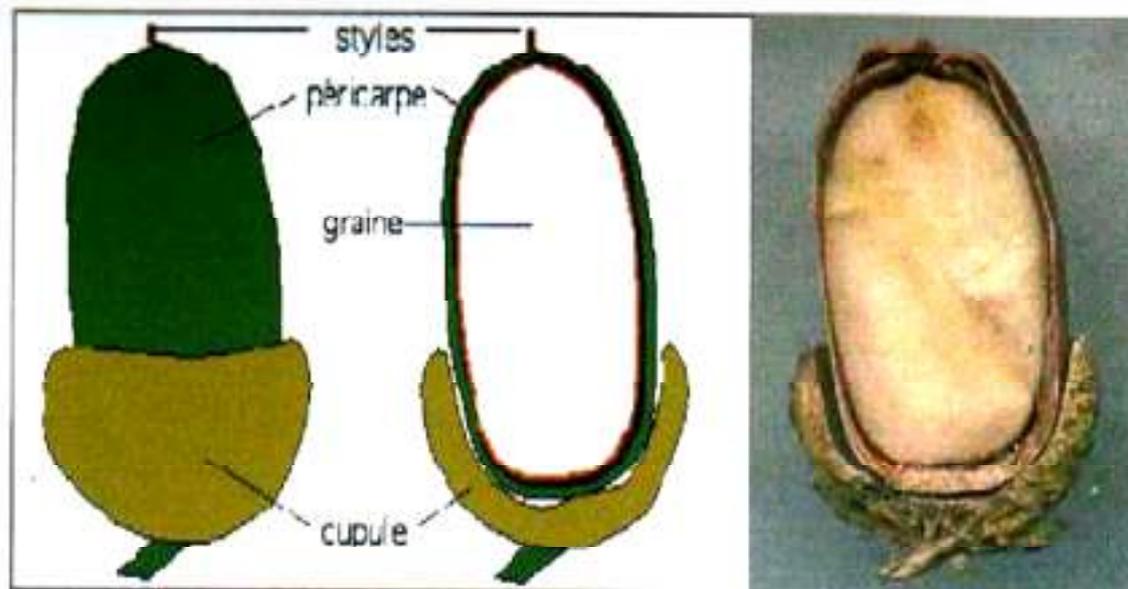


Figure N° 09 : Coupe longitudinale de glande de quercus (Prate et al., 2010).

Le fruit du chêne appelé gland, est un akène de forme ovoïde de dimensions variant de 1 à 3 cm de long. Ils sont regroupés sur un pédoncule commun en nombre de 1 à 5, légèrement pointus au sommet. Ils sont coiffés à leur base arrondie d'une cupule hémisphérique à écailles rapprochées, courtes, de couleur grisâtre (Benia, 2010).

II.5. Composition chimique du gland de chêne vert et sa valeur nutritionnelle

Dans l'ensemble, les glands de chêne vert sont décrits comme étant riches en eau, en glucides, en protéines et en lipides (Tableau 10) (Silva et al, 2016).

Tableau N° 10 : Composition chimique du gland de chêne vert (% de matière sèche) (Bonfils, 2012).

Composition chimique	Eau	Glucides	Protéines	Lipides	Tannins	Kcal/100 g
Gland de chêne vert	8,7 – 44,6	32,7 – 89,7	2,3 – 8,6	1,1 – 31,3	0,1 – 8,8	265 – 577

1) Matières grasses

Les glands sont une source de calories en raison de la teneur élevée en matières grasses, en général, ils sont plus caloriques que les grains de céréales (Zarroug-Wederni, 2015). En raison du développement récent dans les domaines du génie agricole et génétique, de nouvelles cultures sauvages sont utilisées pour obtenir des huiles comestibles. (Vinha et al, 2016).

Selon **Edible and Useful Plants of California**, de **Charlotte Clark**, les personnes qui utilisent les glands aujourd'hui s'accordent à dire qu'ils ressemblent à d'autres noix en termes d'huile et de saveur (**Rashid et al, 2014**). **Charef et al. (2008)** ont rapporté que la composition en acides gras de l'huile du gland de *Q. ilex* est similaire à celle de l'huile de *Pistacia lentiscus* et d'autres huiles végétales comestibles telles que celles obtenues à partir de tournesol, d'arachide, de coton, et d'avocat. En outre, l'huile du gland peut être considérée comme similaire à d'autres huiles végétales telles les huiles d'amarante et du germe de blé, en raison de ses avantages pour la santé et de ses applications industrielles et pharmaceutiques (**Al-Rousana et al, 2013**). En outre, plusieurs auteurs ont rapporté que l'huile de gland a une odeur agréable (**Makhlouf et al, 2019**). L'huile présente dans les glands a un goût comparable à celui de l'huile d'olive et contient des niveaux élevés d'acides gras non saturés (même supérieurs à 80%) (**Korus et al., 2015**). Les principaux acides gras présents dans l'huile du gland sont les acides oléique (56,0-83%), linoléique (3.1-20.0%) et palmitique (7.5-20.0%) (**Lopes et Bernardo-Gil, 2005**).

2) Protéines et acides aminés

Les glands sont une bonne source de protéines et de minéraux (**Zarroug-Wederni, 2015**), ils fournissent jusqu'à 600 Kcal et 8 g de protéines pour 100 g (**García-Gómez et al, 2017**). Ils contiennent de nombreux acides aminés (**Bainbridge, 1987**) y compris des acides aminés essentiels: méthionine et lysine, La richesse relative des glands en lysine les rend intéressants à compléter les céréales graminées (**Bonfils, 2012**).

3) Composés phénoliques

Les teneurs élevées en tanins donnent un arôme âcre et un goût astringent. Ces composés sont produits dans le cadre du mécanisme de défense contre les parasites et ils ont été largement rapportés comme procurant des avantages pour la santé humaine, en particulier pour leurs propriétés anticarcinogènes et antimutagènes. Les tanins possèdent aussi des activités antioxydantes et antimicrobiennes, ces dernières étant principalement justifiées par leur capacité à inhiber les enzymes hydrolytiques (protéases et carbohydrases), à lier les protéines de transport de l'enveloppe cellulaire et à inactiver les adhérences microbiennes (**Vinha et al, 2016**).

Cependant, leur activité anti nutritionnelle doit toujours être prise en considération, bien que la dose qui cause cet effet négatif soit bien au-delà du niveau qu'une personne ingérerait pendant une prise alimentaire normale. De plus, les teneurs élevées en tanins pourraient être diminuées en soumettant les glands à une procédure de cuisson, réduisant ainsi également leurs propriétés astringentes (**Vinha et al, 2016**).

Outre l'influence de l'utilisation de différents solvants, les effets potentiels du traitement thermique sur les caractéristiques physiques et nutritionnelles des glands ont également été évalués, après avoir vérifié que des tanins hydrolysables et de l'acide gallique étaient présents dans tous les échantillons et que les teneurs phénoliques non-tannin étaient plus élevées. Dans les échantillons traités thermiquement, tandis que la teneur en tanin a montré une diminution marquée. Une fois les tanins dégradés lors du traitement thermique, et en fonction de l'augmentation de la teneur en composés phénoliques non-tannin (en particulier l'acide gallique), les échantillons traités thermiquement possèdent une activité antioxydante plus élevée que la matière première **(Vinha et al, 2016)**.

4) Autres composés

La vitamine E (principalement α - et γ -tocophérol) a également été décrite dans le gland **(Gea-Izquierdo et al, 2006)**. En général, le γ -tocophérol est la vitamine la plus abondante, atteignant des niveaux 4,6 à 8,7 fois plus élevés que ceux détectés pour l' α -tocophérol. C'est un point nutritionnel très intéressant, étant donné que le γ -tocophérol est l'isoforme de vitamine E la plus abondante dans l'alimentation de certaines populations. Les glands sont également une excellente source de provitamine A, car il a été rapporté qu'une petite quantité de glands garantirait les besoins quotidiens recommandés en vitamine A, ce qui pourrait être un grand avantage dans certaines régions (en particulier dans certaines régions à faible revenu d'Afrique et d'Asie du Sud-Est. pays) où la carence en vitamine A est un problème courant **(Vinha et al., 2016)**.

II.6- Synthèse bibliographique sur la valorisation du gland :

- Dans certains pays, les glands et autres parties aériennes des chênes ont été utilisés comme condiments et comme conservateurs alimentaires, en raison de leurs propriétés antimicrobiennes. Cette pratique traditionnelle a été validée scientifiquement, puisque l'extrait éthanolique de glands a présenté de bons résultats dans le contrôle de diverses espèces bactériennes **(Vinha et al, 2016)**.
- Les composants et les sous-produits de fruit du chêne, connaissent un regain d'intérêt grâce à leurs caractéristiques nutritionnelles et phytochimique. Par conséquent, il a été proposé comme ingrédient fonctionnel pour la production de pain et de biscuits **(Makhlouf et al, 2019)**.
- Dans certains pays méditerranéens, ils sont considérés comme des fruits comestibles et utilisés dans les glaces et autres desserts, boissons ou liqueurs, le pain, les gâteaux et le café **(Korus et al, 2015)**.

- Les substituts du cacao ou du chocolat étaient également fabriqués à partir de glands torréfiés et moulus et de cacao. Un autre véritable sous-produit du gland est le miel de gland. Il est fabriqué par les abeilles à partir des sécrétions de glands immatures (**García-Gómez et al, 2017**).
- Les glands sont aussi utilisés pour fabriquer de nougat, utilisé comme bonbon de Noël, qui consistait en un gland sucré, préalablement pelé, vert ou sec, placé à l'intérieur d'une figue séchée. Ils servent aussi pour élaborer une boisson, traditionnellement utilisée comme médicament principalement pour la diarrhée en faisant bouillir une poignée de glands séchés et décortiqués et pilée en morceaux de taille moyenne dans un demi-litre d'eau (**García-Gómez et al., 2017**).
- Les glands étaient transformés pour produire de l'huile en tant que matière première pour l'industrie alimentaire. Aujourd'hui, l'huile n'est plus produite à un niveau industriel (**García-Gómez et al, 2017**).
- En Algérie, au Maroc et dans l'est des Etats-Unis, l'huile de gland a été utilisée comme huile de cuisson et comme baume pour les brûlures et les blessures (**Bainbridge, 1987**).
- L'amidon du gland, en particulier, présente une consistance pâteuse élevée, permettant son utilisation comme ingrédient alimentaire, notamment comme agents épaississants et stabilisants. (**Vinha et al, 2016**), De plus, ce polysaccharide étant présent sous forme d'amidon résistant à un pourcentage élevé, il peut être très utile comme promoteur de croissance pré-biotique, constituant une bonne alternative aux autres agents prébiotiques actuels tels que les fructo-oligosaccharides, l'inuline, les isomalto-oligosaccharides, le polydextrose, et lactulose (**Vinha et al, 2016**).
- Dans une étude récente menée par **Masmoudi et al. (2020)**, la farine du gland était utilisée comme ingrédient sans gluten pour produire des muffins. Il a été noté que :
Le volume des muffins a augmentée de manière significative lors de l'ajout de la farine de gland.
- Les glands, une fois secs, étaient souvent moulus en farine pour la consommation humaine, il s'agissait toujours des glands doux (**García-Gómez et al, 2017**).
- En raison de l'absence de gluten, et sa richesse en quantités importantes de minéraux, elle est particulièrement excellente pour la fabrication des biscuits (**Rashid et al, 2014**).
- **Skendi et al. (2018)** ont étudié les propriétés nutritionnelles et physiques des pains sans gluten fait de la farine du gland et ont obtenu des produits finaux ayant de bonnes propriétés physico-chimiques, sensorielles et texturales. Les pains sans gluten ont été développés à

partir de farine de riz et d'amidon de maïs avec addition de farine du gland à différentes proportions (5, 15, 25%). Il a été conclu que l'incorporation de farine de glands dans la recette de pain sans gluten en combinaison avec la teneur en eau appropriée pourrait donner un produit avec une meilleure couleur, un volume et une texture de mie améliorés ainsi qu'une quantité accrue de composés phénoliques.

Chapitre III :
Le couscous

III .1.Généralités sur le couscous

Le couscous est un produit alimentaire très ancien, inventé il y a environ 3000 ans par les Berbères en Afrique du Nord (**Abecassiset al., 2012**) ; préparé par agglomération humide de semoule de blé dur ; qui a été soumise à des traitements physiques tels que la cuisson à la vapeur et le séchage. Le couscous est consommé salé, sucré, avec du lait frais et fermenté (l'ben et raib), et avec différents types de viande ou de produits à base de viande ethnique C'est un aliment constitué de protéines, fibres, phosphore, glucides et de vitamine B3, mais pauvre en lipides et en sodium. (**Arkoum, 2004**). L'Algérie est leader en matière de production du couscous (environ 1 million de tonnes/an) y compris le couscous industriel et artisanal avec une consommation de 50kg par capita/an (**D'egidro et Pagani,2010**).

Selon **Derouiche (2003)**, la consommation de couscous atteint 9.21 kg par an et par habitant à l'Est d'Algérie. De plus, le couscous est mangé au moins une fois par semaine à Constantine (Est d'Algérie) par plus de 50 % de la population (**Benlacheheb, 2008**). Par ailleurs, selon une enquête réalisée en France, le couscous constitue le troisième plat préféré des français. En effet, la France a une moyenne de consommation de 1.4kg par habitant et par an (**SIFPAF, 2012**).

Le couscous ou K'sksou est un plat traditionnel populaire en Afrique du Nord et en Europe du Sud. Il est connu sous plusieurs noms : en Turquie : Kuskus, au Maroc : Maftol, au Liban : Moghrabieh, en Berbère: Seksu, en Libye : Kusksi, chez les Tuareg : Keskesu ; en Grèce : Kouskousaki (**Coskun, 2013**). Cependant dans certains pays d'Afrique, on appelle attiéké un couscous à base de manioc (**Coulin et al., 2006**).

III.2.Place du couscous en Algérie

En Algérie, La fabrication et la consommation du couscous est le produit de pratiques sociales. C'est un savoir-faire pratiqué en famille, surtout par des femmes, et se transmet de mère en fille.

La fabrication des ustensiles et outils exclusivement liés au couscous sont produits par des artisans et des artisanes. Ce sont des savoir-faire qui se transmettent de génération en génération, généralement au sein de la même famille.

Le couscous, un plat algérien de la diète méditerranéenne qui a un mode de cuisson particulier : la cuisson à la vapeur, qui a dû être à sa découverte une véritable révolution dans l'art culinaire. C'est probablement cette particularité qui donne au couscous sa particularité depuis des siècles.

Fabriqué à l'origine par des femmes en communautés, et transmis de mère en fille, concrètement, le couscous est d'abord une semoule de blé ou d'orge roulée de façon traditionnelle avec les paumes des mains de femme, bien à plat, dans un récipient plat et doux. La semoule est transformée en

graines bien calibrées, parce que passées dans plusieurs tamis qui définissent la taille minimale et maximale, entre 1mm et 1mm et demi.



L'écuelle (djefna)



Femme qui roue



Le tamis ancien (gharbel)



Le tamis actuel

**Figure N° 10 : Les différents ustensiles traditionnel dans la fabrication du couscous
(Ouiza GALLEZE,2018)**

La semoule vient du blé moulu de façon artisanale dans une meule ou semi-industrielle au moulin du village, avant que la semoule ne devienne une production industrielle vendue de pays à pays dans le cadre du commerce international.

Il est enfin roulé dans de larges plats, des écuelles (dit Djefna ou gues'a ou autres).

Champs de blé



Figure N° 11 :le champs de blé (Ouiza GALLEZE,2018)



Meule traditionnelle



Moulin

Figure N° 12 : les moulins traditionnel de blé (OuizaGALLEZE,2018)

Une fois roulé, le couscous connaît plusieurs passages à la vapeur pour que la cuisson soit totale. Il est alors prêt à la consommation, accompagné d'une sauce préalablement préparée dans un couscoussier, avec des légumes, avec ou sans viande.

Il peut aussi être consommé sans sauce, avec des légumes coupés fins et cuits à la vapeur, ou carrément sans légume avec différents laitages, beurre et/ou miel et/ou fruits secs (raisins secs).



Partie couscous

Partie sauce



Repas de Kabylie



Saucier



Figure N° 13 : Les couscoussier et saucier du couscous (Ouiza GALLEZE,2018)

Le couscous est ordinairement consommé en famille à un rythme hebdomadaire, il sert aussi les événements les plus significatifs de la vie, généralement servi dans un grand plat, pour être consommé en groupe avec des cuillères.

il y a aussi la particularité régionale, car le couscous est marqué par la production agricole en cours, selon la région et selon la saison. C'est ainsi qu'on trouve un couscous au poisson dans les grandes villes côtières, le couscous à la viande de chameau dans le sud, le couscous au mouton ou au veau dans les régions d'élevage ovin et bovin. On a aussi affaire aux légumes de saison, au couscous au raisin, ou à la particularité du sud qui est le couscous aux dattes.

Ce plat évocateur de l'hospitalité est un indicateur privilégié des traditions d'hospitalité, avec toutes ses caractéristiques, qu'offrent les pays d'Afrique du Nord en général et l'Algérie en particulier à leurs visiteurs et leurs invités.



Couscous au poisson

Couscous au mouton

Couscous au poulet

Couscous au dattes

Figure N° 14 : les différents plats du couscous régional (Ouiza GALLEZE,2018)



Figure N° 15 : des photographies de mesfouf préparées avec (A) fève et pois ou (B) avec des fruits comme des raisins secs et des dattes. (Journal of Ethnic Foods ,2018)

III-3- La semoule

Les semoules de blé dur constituent la matière première de choix pour fabriquer des couscous (Feillet, 2000). Selon le codex stand 178-1991 la semoule est un produit de meunerie obtenu par mouture grossière, de grains humidifiés de blé dur : on a utilisé la semoule moyenne de diamètre compris 710 μm et 355 μm et la semoule fine diamètre compris entre 425 μm et 125 μm .

Selon *le codex alimentarius 202-1995* elle doit être saine et propre à la consommation humaine, exempt d'odeurs et de goûts anormaux ainsi que d'insectes vivants, la teneur en eau doit être 14.5 % maximum, et doit être exempt de métaux lourds et conformes aux limites maximales de résidus fixés, emballé dans des récipients préservant les qualités hygiéniques, nutritionnelles, technologiques et organoleptiques du produit. Selon **la Codex Stan 202-1995**:

- La semoule grosse a un diamètre compris entre 475 µm et 700 µm.
- La semoule fine a un diamètre compris entre 130 µm et 183 µm.
- La semoule grosse- moyenne a un diamètre compris 183 µm et 700 µm.
- La semoule moyenne a un diamètre compris entre 183 µm et 475 µm.
- Les proportions des semoules dans le mélange pour la fabrication 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.
- ✓ (Codex alimentaires (**norme de codex 202-1995**)). D'après (**Kellou ,2008**) ; toutes les entreprises Algériennes transformatrices du blé déclarent que:

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

- ✓ (Codex alimentaires (**norme de codex 202-1995**)). D'après (**Kellou ,2008**) ; toutes les entreprises Algériennes transformatrices du blé déclarent que:

- **Indices de coloration jaune:**

Plus la semoule est jaune plus la qualité gustative et la couleur des produits finaux seront meilleures.

- **Le taux de gluten:**

Plus les semoules à une forte teneur en gluten plus la qualité des produits finaux ne sera meilleure notamment dans la fabrication des pains traditionnels algériens.

Selon **feillet, (2000)** on peut classer les semoules en trois catégories en fonction de leur teneur en gluten sec :

- ✓ **Semoules à GS<11%** : ce sont des semoules insuffisantes qui donnent des pâtes ayant une faible résistance à la cuisson.
- ✓ **Semoules à 11%<GS<15%** : ce sont des semoules satisfaisantes, possèdent une bonne valeur plastifiante .la GS se situe entre 12 % et 13%.
- ✓ **Semoules à GS > 15%** : ce sont des semoules améliorantes, elles sont caractérisées par une couleur jaune foncée, et un temps de cuisson élevé, ce type de semoules est généralement coupé avec des semoules insuffisantes.
- ✓ **La teneur en protéines :**

Donc révélée au facteur déterminant des propriétés rhéologiques et culinaires des semoules (**Paul, 2007**). Semoule de blé dur min : 10,5% sur la base de matière sèche selon la norme **Codex Stan 178-1991 (Rév. 1 - 1995)**.

- ✓ **La teneur en cendre:**

Est l'indicateur de la qualité semoulière, c'est à dire le poids de semoule rapportes au poids du blé mis en œuvre en meunerie (**Madani, 2009**) la teneur en matières minérales varie dans le même sens que le taux d'extractions des semoules, la teneur en cendres de l'amande est d'environ 10 fois plus faibles que celle des enveloppes donc la teneur en cendres d'une semoule ne doit être inférieurs à 0.5%.

- ✓ **Teneur en eau**

Les semoules destinées à la fabrication des pâtes alimentaires doivent avoir une teneur en eau 14 à 15 %, les semoules ayant des teneurs en eau élevés donneraient des pâtes alimentaires auraient la tendance de coller et seront caractérisées par l'écoulement et les semoules possèdent des teneurs en eau faible n'absorberaient pas l'eau facilement lors de la presse (**Godon, 1998**).

III.4-L'eau de procès

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

III.4.1- Les Paramètres physico-chimiques

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:

- ✓ Chlorures.....200 mg/l(Cl)
- ✓ Sulfates250 mg/l(SO₄)
- ✓ Magnésium.....50mg/l(MG)
- ✓ Sodium.....150mg/L(Na)
- ✓ Potassium.....12mg/L(K)
- ✓ Aluminium.....0.2mg/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. (Vierling, 1998).

III.5 Le procédé de fabrication du couscous

III.5.1- La Technologie du couscous industriel :

Il y a 8 étapes dans la fabrication du Couscous :

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

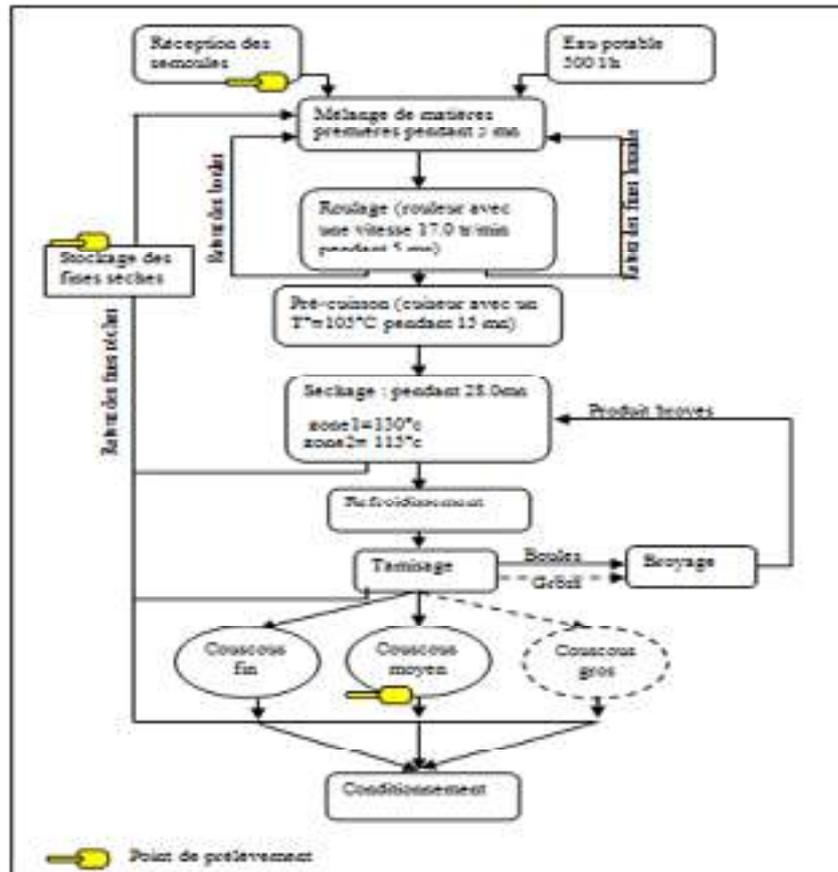


Figure N° 16: Diagramme de la chaîne de fabrication du couscous industriel selon l'unité « SOPI »

III.5.2- La Technologie du couscous artisanal

La fabrication traditionnelle du couscous exigeait l'emploi d'une main d'œuvre importante. Dans les traditions, c'est un groupe de femmes qui se rassemblaient et fabriquaient pendant plusieurs jours les quantités nécessaires à leur besoin annuel.

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 (**Boucheham, 2009**).

Le procédé de fabrication du couscous artisanal diffère d'une région à une autre, d'un foyer à un autre, voire même d'une personne à une autre, mais les principales étapes de fabrication restent les mêmes (**Aliouane et Mohammedi, 2006**).

1) Malaxage

Pour le couscous roulé à la main, la semoule utilisée est de type « grosse » (2/3) auquel on ajoute 1/3 de la semoule fine, cette dernière est arrosée avec une petite quantité d'eau salée et malaxée avec les mains, puis séchée par addition de la semoule fine. Ces étapes sont répétées jusqu'à l'obtention du diamètre souhaité. (**Anonyme, 2004**).

Le taux d'hydratation des semoules et la durée du malaxage agissent sur qualité culinaire du couscous et sur le rendement de fabrication et facilitent l'opération du roulage. **(Aliouane et Mohammedi, 2006).**

2) Roulage

Le roulage est l'opération de mise en forme du couscous par l'agglomération des particules de semoules hydratées. Il s'effectue par le mouvement de va et vient de la paume des mains afin d'assurer un bon mélange et favoriser l'absorption de l'eau ; avec une addition continue de la semoule fine jusqu'à l'agglomération de la semoule pour faire des particules grosses, homogènes et de forme régulière. **(Anonyme, 1999).**

3) Tamisage

Pour assurer l'homogénéité du couscous deux tamisages sont effectués :

- **Le 1^{er} tamisage** : on utilise un tamis de larges perforations qui vise l'élimination de gros grumeaux qui sont formés au moment de l'agglomération.
- **Le 2^{ème} tamisage** : on utilise un tamis à perforations étroites qui vise l'élimination de fines particules de semoules qui ne sont pas encore agglomérées et qui vont être recyclées.

Le taux de grumeaux dépend de la granulométrie de la semoule utilisée. **(Debbouz et al., 1994).**

4) Précuisson

La précuisson constitue le traitement hydrothermique obligatoire que l'on impose au couscous juste après l'avoir mise en forme pour gélatiser l'amidon (intérêt nutritionnel) et éviter d'autre part l'agglomération des particules du couscous au cours de la réhydratation. **(Guezlane, 1993).**

Selon **Kherrif, 1996**, il consiste à mettre le couscous dans un couscoussier constitué de deux parties : un récipient inférieur contenant de l'eau en ébullition surmonté par un autre récipient (couscoussier dont l'épaisseur est de 13 cm) percé de nombreux trous pour faciliter le passage de la vapeur et dans lequel est mis le couscous. La durée de précuisson est de 10 minutes.

5) Séchage

Le séchage consiste à abaisser le taux d'humidité du couscous de 30% après sa précuisson jusqu'à 12 à 15% en fin de séchage de manière à stabiliser le produit fini et à lui assurer une meilleure conservation. Le séchage est réalisé et réalisé par étalement du couscous sur une ligne propre, à la température ambiante et à l'abri des poussières. La durée est en fonction de la température ambiante et de l'humidité relative. (Aliouane et Mohammedi, 2006).

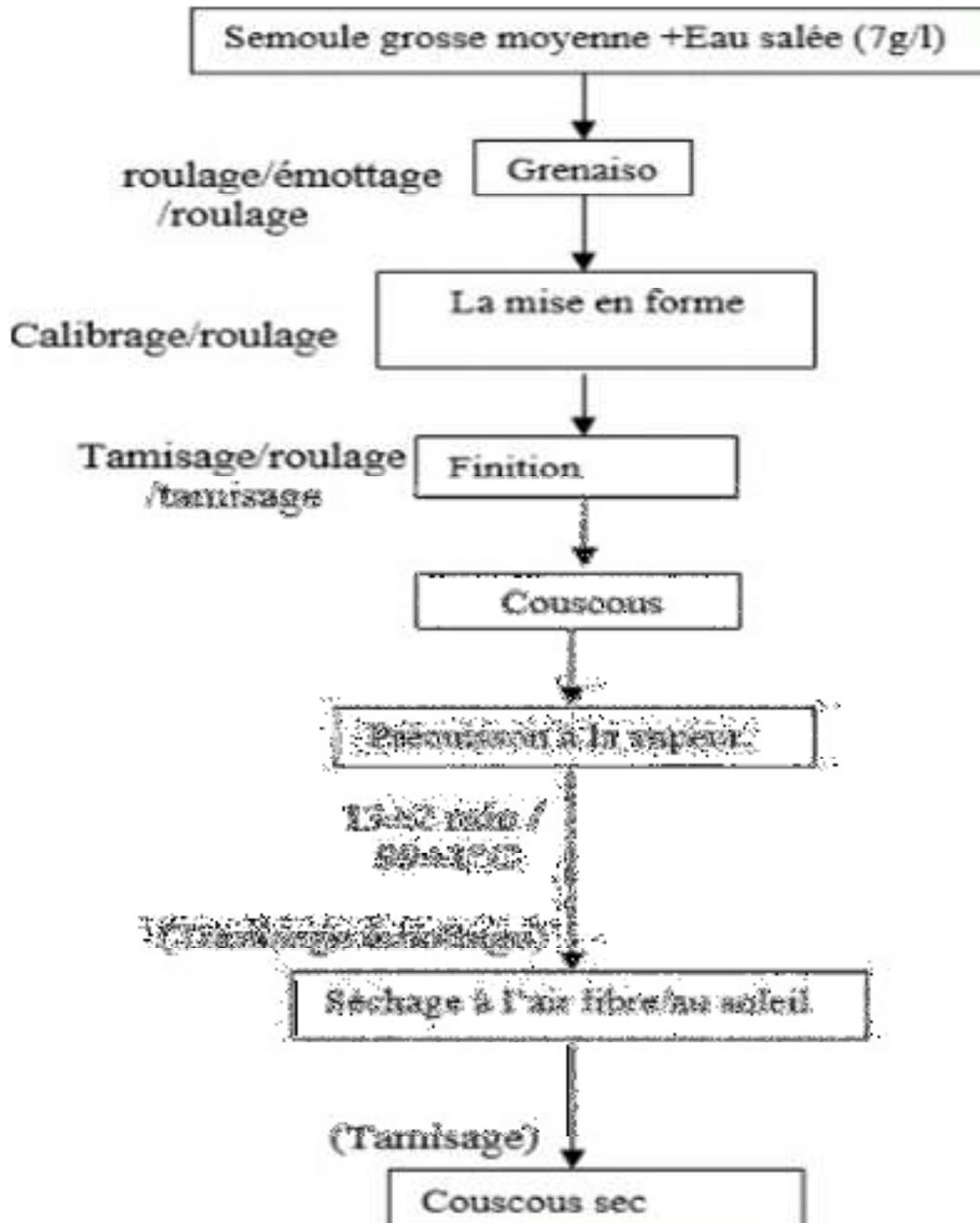


Figure N° 17 : Diagramme traditionnel adopté pour le couscous (REBZANI et al,2020)

III.6- La qualité de couscous

III.6. 1-La 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).

III.6.2-La 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.

III.6.3-La qualité organoleptique

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 sa consommation, le couscous ne doit pas apparaître asséché ni donner l'impression d'un produit manque de sauce ou de cuisson(GUEZLANE et ABECASSIS, 1991;YOUSFI, 2002; DEROUICHE, 2003).

Les critères retenus pour l'évaluation de la qualité sont : la granulométrie du couscous, sa couleur, sa texture, son gonflement, et sa prise en masse après réhydratation (GUEZLANE et ABECASSIS, 1991 ; AFNOR NF V 50-001 1992).

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.)

III.6.4- La qualité commerciale :

▪ Couleur du couscous

Les grains de couscous sont caractérisés par une couleur jaune-claire (GUEZLANE, 1993) .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 (MEZROUA ,2011) . La couleur des grains de couscous dépend en grande partie de la couleur initiale de la semoule de blé dur (DEBBOUZ et al., 1994).

▪ Granulométrie des particules

Le codex alimentarius(**norme de codex 202-1995**) indique que la granulométrie decouscous doit être comprise entre 630 et 2000 µm.il existe un effet très hautement significatif du procédé sur la granulométrie du couscous. Certains procédés technologiques semblent mieux adaptés que d'autres

et la conduite des opérations de fabrication au sein d'un même procédé influe sur la granulométrie du couscous (YETTOU, 1998).

▪ **Forme des particules**

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

Les grains de couscous artisanal sont des particules irrégulières, avec une forme plus ou moins sphérique et de surface rugueuse (DEBBOUZ et DONNELLY, 1996). Le couscous industriel présente des surfaces rugueuses et des formes hétérogènes (GUEZLANE et al., 1986 ; Boudreau et al., 1992). Cependant d'après DEBBOUZ et DONNELLY (1996), Les grains de couscous industriel sont des particules plus régulières avec une forme plus homogène et plus sphérique et de surface lisse.

□ **Masse volumique de couscous**

La masse volumique est mesurée en remplissant un cylindre gradué (GUEZLANE, 1993 ; DEBBOUZ et DONNELLY, 1996). La masse volumique des grains est influencée par l'espace intergranulaire (SCOTTI, 1984) qui est influé par la forme des particules et leur hétérogénéité de taille (GUEZLANE, 1993). Les valeurs de la masse volumique s'étendent entre 0,60 g/cm³ pour le couscous artisanal, et 0,79 g/cm³ pour le couscous industriel (DEBBOUZ et DONNELLY, 1996). DEROUCHE

(2003) a souligné que le couscous de la semoule supérieure présente une masse volumique légèrement supérieure à celle du couscous de la semoule courante, elle est de l'ordre de 0,75 g/cm³ pour le couscous issu de la semoule supérieure (DEROUCHE, 2003 ; BOUCHEHAM, 2009) et de 0,71 g/cm³ pour son homologue de la semoule courante.

3-1-La qualité culinaire

La qualité culinaire d'un produit alimentaire correspond au comportement de l'aliment pendant et après sa cuisson (YETTOU, 1998). Par ailleurs, selon le même l'auteur, la cuisson des produits céréaliers a pour but de gélatiniser l'amidon pour le rendre hydrophile, de modifier l'aspect textural des produits de manière à leur conférer les caractéristiques souhaitées et d'élever la température des produits.

La qualité culinaire de couscous est appréciée par sa tenue à la cuisson telle que reflétée par l'état de surface qui doit être non collant et par la délitescence qui traduit la désintégration des particules de couscous (BOUDREAU et GERMAIN, 1992). Par ailleurs, GUEZLANE (1993) a indiqué que le couscous de bonne qualité culinaire doit présenter un bon gonflement, une consistance qui n'est pas trop ferme, un aspect moelleux, une facilité à la mastication.

III.7. Etude des effets technologiques

III.7. 1- Effet de la matière première mise en œuvre :

Les caractéristiques des semoules sont déterminantes pour la coloration des produits finis. Les caractéristiques de semoules interviennent aussi dans le réglage des lignes de production en raison de différence de propriétés d'hydratation des semoules mises en œuvre pour la fabrication du couscous s'avère extrêmement utile pour maîtriser la phase initiale du procédé de fabrication. **(Guezlane, 1993).**

Effet de la granulométrie des particules

Le couscous fabriqué à partir de semoules fines a un meilleur aspect. Les grains de couscous obtenus se caractérisent par : un aspect lisse et grains ronds, l'absorption d'eau est plus rapide, le couscous obtenu au roulage est plus fin, le volume spécifique après cuisson et séchage est plus élevé. **(Anonyme, 1996).**

Dexter et Matsuo (1978), constatent que la taille des particules de semoules ne semble pas exercer d'influence ni sur la couleur ni sur la qualité culinaire des produits finis.

Manser (1985), montre que des semoules ayant une granulométrie inférieure à 350 μ m (moyennes et fines) sont plus faciles à transformer en pâtes alimentaires, et elles donnent des produits finis homogènes, translucides et de première qualité. Et les grosses sont préférées en couscous (>500 μ m).

III.7.2- Effet des conditions d'hydratation et du malaxage:

III.7.2-1- Taux d'hydratation :

Selon **Guezlane (1993)**, le paramètre le plus influant sur le rendement de l'opération de roulage est le taux d'hydratation des semoules. En effet, une hydratation insuffisante a pour effet de diminuer de manière très importante le taux de roulage au profil des fractions fines. Par contre, l'accroissement du taux d'hydratation des semoules engendre sans doute une augmentation sensiblement égale des fractions moyennes et grosses.

La forte hydratation a une influence marquée sur : la facilité de roulage, le rendement en couscous, l'indice de gonflement et sur la délitescence. **(Aluka et al., 1985).**

III.7.2-2- Durée de malaxage

L'opération du malaxage ne modifie que très partiellement les propriétés physico-chimiques des protéines et se limite à permettre une hydratation progressive et homogène des semoules de manière à obtenir des grumeaux de tailles variables (2 à 3mm de diamètre), fonction en particulier de la durée de malaxage ainsi que des caractéristiques des matières premières mises en œuvres. **(Anonyme, 1999).**

En effet, l'augmentation de la durée de malaxage se révèle extrêmement bénéfique pour le rendement de l'opération de roulage du couscous dans la mesure où elle diminue à la fois les pourcentages des fractions grosses et fines. (**Guezlane, 1993**).

La durée optimale de malaxage, permettant d'obtenir des grains homogènes et un rendement élevé, se situe dans les conditions de travail à 10 mn environ. Un malaxage prolongé au-delà de cette durée engendre :

- Une hétérogénéité de la taille des grains au roulage.
- Une baisse de l'indice de gonflement.
- Une augmentation de la délitescence par rupture d'un équilibre à l'interface protéines-amidon entre les protéines hydratées liées aux particules d'amidon. (**Aluka et al., 1985**).

Il ressort d'après les travaux de **Guezlane (1993)**, que la granulométrie médiane (D50) et l'écart-type géométrique augmentent avec l'action continue de taux d'hydratation et la durée de malaxage, en revanche, l'indice de prise en masse met en évidence un effet défavorable.

III.7-3- Effet des conditions de roulage :

Le roulage est une étape qui agit de façon primordiale sur la qualité culinaire du couscous. C'est une opération de mise en forme du couscous par agglomération des particules de semoules hydratées. Le rendement de cette opération est très important, il détermine celui du reste de la ligne de fabrication. En effet, les semoules non agglomérées sont obligatoirement recyclées en tête de mélangeuse. Les semoules ayant formées de très gros agglomérats doivent être déchetées avant d'être tamisées. Il est donc clair que dans la maîtrise de l'opération de roulage réside un élément clé de la productivité d'une ligne de fabrication. (**Guezlane, 1993**).

La qualité de roulage par rouleuse est liée aux déchets recyclés. La diminution des déchets non roulés et l'augmentation de ces derniers dans le couscous hydraté révèlent que l'obstruction des tamis de la rouleuse est très poussée. L'hétérogénéité de la granulométrie est la conséquence du non stabilité de la qualité du roulage. (**Yousfi, 1984**).

III.7.4.- Effet des conditions de la précuisson:

Les traitements hydrothermiques appliqués pendant la précuisson à la vapeur du couscous provoquent des modifications considérables des caractéristiques des produits finis. Les granulés de couscous deviennent plus hydrophiles et leur tendance à s'agglomérer diminue. Sur le plan physico-chimique, ces traitements entraînent des bouleversements des constituants de la semoule : dénaturation des protéines et gélatinisation de l'amidon. (**Anonyme, 1996**).

III.7.4-1- Sur l'indice de gonflement

L'indice de gonflement dépend à la fois de la durée et des conditions d'application du traitement hydrothermique. La précuisson du couscous a pour effet de gélatiniser l'amidon, qui

devient hydrophile. Sa capacité de fixation d'eau froide dépend de manière très significative des conditions de réalisation de précuisson. L'utilisation d'une pression de vapeur et /ou d'une durée de cuisson plus importante a pour effet d'accroître le gonflement à l'eau chaude n'a pas pu être mis en évidence. La pression de vapeur exerce aussi une grande influence sur la valeur de cet indice, les traitements par vapeur de 3 bars et sous pression conduisent à un produit possédant une plus grande capacité de gonflement. (**Guazlane, 1993**).

III.7.4-2- Sur la prise en masse

L'opération de précuisson vise à réduire, voir supprimer, la prise en masse des particules de couscous.

Les résultats de **Yousfi (1984)**, montrent que l'état d'agglomération du couscous est faible à des temps de cuisson (TC) intermédiaires ($10 \leq TC \leq 14$) et de part et d'autre, cet état est plus ou moins prononcé. Deux causes sont à l'origine de ce comportement :

- Au temps de cuisson faible (<10mn) : l'optimum de cuisson n'est pas atteint, les grains d'amidon (humide et chaud) se trouvent prêt à se coller les uns aux autres.
- A la surcuisson (>14 mn) : cette phase correspond aux pertes en gonflement suite à un éclatement des grains d'amidon, libérant ainsi des sucres (mono et disaccharides) qui s'accumulent à la surface des grains de couscous et accentuent par conséquent la reprise de l'agglutination du couscous.

Selon les travaux de **Guezlane (1993)**, la prise en masse est influencée par les conditions de précuisson. Cependant, il est nécessaire de réaliser un traitement thermique à forte humidité (précuisson à la vapeur) pour diminuer la prise en masse.

III.7.5- Effet des conditions de séchage

Le séchage est une opération qui limite souvent la qualité des aliments et à l'avantage lorsqu'elle est bien conduite de maintenir les caractéristiques physiques (couleur, forme,...) et les propriétés physico-chimiques (élasticité, consistance,...) de l'aliment.

La qualité du produit dépend non seulement de la matière première mise en œuvre, mais aussi de la conduite du processus de séchage. Une particule de couscous, séchée normalement : gonfle bien à la cuisson, conserve ses formes, la surface est lisse, ne colle pas et l'eau de cuisson reste claire, non laiteuse sans apparence visqueuse. Un séchage effectué dans des conditions défectueuses et surtout trop rapidement donne des résultats moins satisfaisants. (**Anonyme, 1996**).

III.7. 5-1- Sur l'indice de gonflement

Le séchage est un des facteurs du procédé de fabrication qui modifie la capacité d'hydratation du couscous.

Selon **Badaoui (1984)**, l'indice de gonflement est élevé aux basses températures (séchage) jusqu'à atteindre un maximum.

Selon **Cheftel (1979)**, un traitement thermique très élevé conduit à l'hydrolyse partielle des molécules constituantes de l'amidon, il y aura donc une diminution du gonflement des granulés d'amidon.

III.7.5-2- Sur la délitescence

Selon **Badaoui (1984)**, l'évolution de la température de séchage augmente proportionnellement le degré de délitescence du couscous, ceci s'explique par l'action de la température de séchage sur le gluten. Le réseau protéique trop lâche, suite à une dénaturation laisserait s'échapper les granulés d'amidon qui contribuerait à une perte importante de matières sèches (délitescence).

Selon **Cheftel (1979)**, plus le traitement hydrothermique est poussé, plus les pertes en matières sèches seront importantes.

III.7.5-3- Sur la prise en masse

Selon **Badaoui (1984)**, l'état d'agglutination augmente avec l'augmentation de la température de séchage, et le degré d'individualisation des particules augmente avec la diminution des températures de séchage.

III.7.6- Comportement de l'amidon (Guezlane, 1993)

L'amidon est le constituant major de la semoule et de ses dérivés (pâtes alimentaires, couscous,...). Il se trouve sous forme des particules insolubles qui peuvent être endommagées sous l'effet de traitement mécanique (transformation de blé en semoule) et des traitements hydrothermiques qui peuvent mener à la gélatinisation.

III.7. 6-1- La gélatinisation de l'amidon

La gélatinisation est un phénomène physique survenant au cours d'une cuisson ou précuisson en milieu humide. Le grain d'amidon perd sa configuration native et acquiert une structure plus lâche exposant les fonctions hydroxyles en milieu extérieur. Dans ce cas, le caractère hydrophile du polymère se développe et se traduit par une fixation d'eau ce phénomène se caractérise par un gonflement et une solubilisation de l'amidon.

III.7.6-2- La solubilisation de l'amidon

Les amidons des céréales sont caractérisés par une première étape de gonflement, limitée à température de gélatinisation et une faible solubilité. Une deuxième étape de gonflement, accompagnée d'une solubilisation plus marquée du contenu granulaire, au-delà de 90°C et d'une libération d'amylose principalement.

**PARTIE
EXPERIMENTALE**

Chapitre I : **Matériel et Méthodes**

I. Chapitre : matériel et méthodes

I-1. Objectif du la partie expérimentale

Notre étude porte sur l'essai de formulation et la caractérisation physico-chimique et sensorielle d'un couscous à base de la semoule du gland artisanalement préparé. Ce travail est fondé sur :

- ❖ Le contrôle de la qualité physico-chimique de la semoule du gland et sa comparaison avec la semoule de blé dur.
- ❖ Le contrôle de la qualité physico-chimique et sensorielle du couscous à base de la semoule du gland et sa comparaison avec le couscous de blé dur .

Le présent travail a été effectué à SARL« **SOPI** » la **Société des Pates Industrielles** à BLIDA. Au cours de notre stage nous avons suivi le procédé du transformation du blé en semoule, et celui de la fabrication du couscous industriel (couscous MAMA) .et au niveau de laboratoire de contrôle de qualité de l'unité nous avons réalisé des analyses physicochimiques (teneur en eau, et taux de cendres), les analyses technologiques (granulométrie, et teneur en gluten) sur la matière première (semoule du gland et semoule de blé dur) et le produit fini (couscous à base de la semoule du gland et couscous à base de la semoule de blé dur) ainsi que d'autres paramètres qui déterminent la qualité culinaire du couscous (gonflement).

I-2- Matières premières

Le matériel végétal utilisé lors de cette présente étude est composé de :

- Pour la préparation du couscous du gland , nous avons utilisé la semoule de gland sans gluten préparée au niveau de la région de **samiane-TIPAZA** , préparée par une artisane qui fabrique Le couscous artisanal de blé dur et d'autre tel que le couscous du gland de.
- La semoule de blé dur(type SM)fournie a base de blé dur par société MAMA.
- Le couscous de blé dur fabriqué à 100% de semoule de blé dur.
- L'eau de fabrication de couscous est une eau de robinet.
- Le sel utilisé est un sel de cuisine iodé produit par l'ENSAL.

Les couscous ont été préparés par une ménagère selon la méthode artisanale.

I.3- Matériel de laboratoire

- ✓ **Verrerie** : Epruvettes gradués de 250ml, bécher, creuset, dessiccateur et autres.

Matériel et Equipements :, étuves isotherme, four à moufle, centrifugeuses, balance analytique et pince métallique, les nacelles en quartz, plaque thermorésistante, les tamiseurs.

I.4- Les Ustensiles utilisés et diagramme traditionnel de fabrication de couscous

I.4-1- Ustensiles de fabrication de couscous

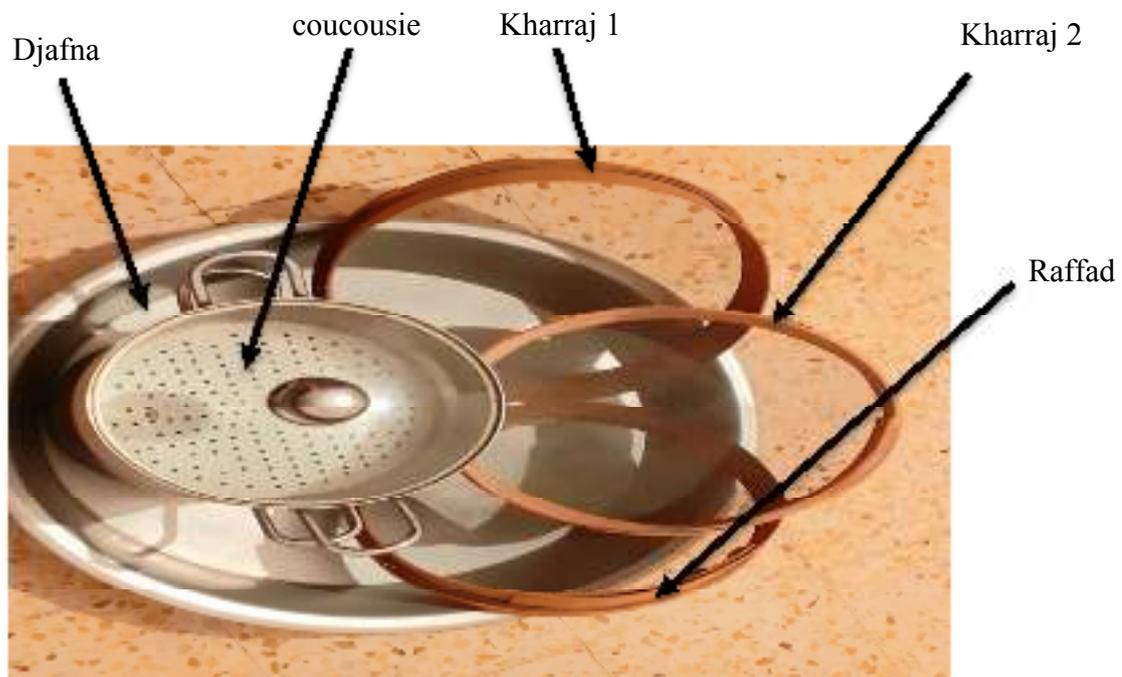


Figure N° 18 : Les différents ustensiles utilisés pour la fabrication de couscous traditionnel (photo originale).

I.4.2- Le diagramme de préparation de couscous artisanal

Le processus de fabrication du Couscous Artisanal diffère d'une région à une autre, d'un foyer à un autre, voire même d'une personne à une autre. Cependant les principales étapes de fabrication sont les mêmes et qui sont les suivantes (voir annexe 02 pour le couscous de gland):

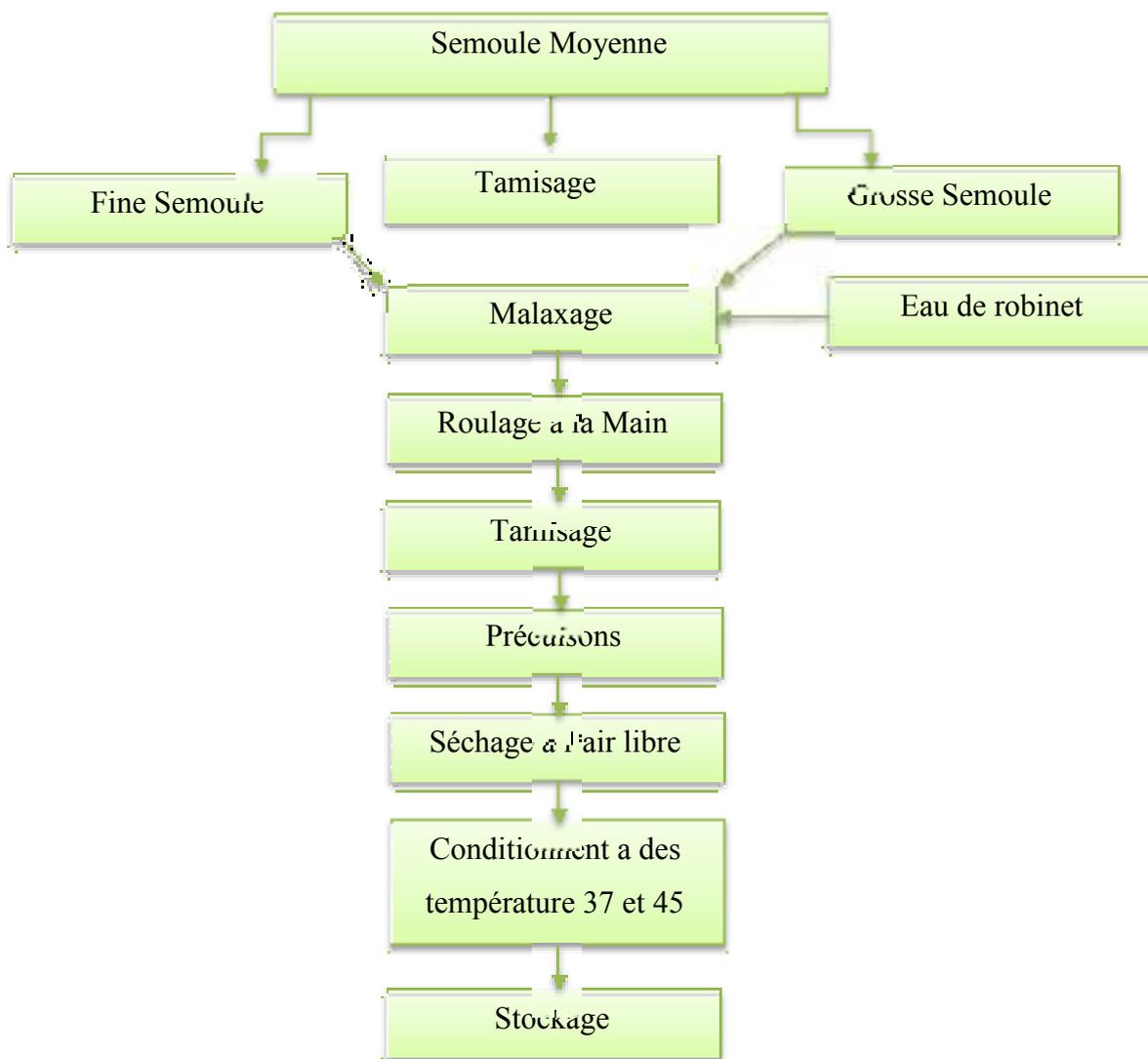


Figure N° 19 : Diagramme traditionnel de la fabrication des couscous.

Le diagramme traditionnel de la fabrication de couscous est composés par les étapes suivantes :

1) **Malaxage**

D'abord il faut séparer entre la semoule grosse et fine, la semoule utilisée est de type moyenne et de la semoule fine ou « fetla ». La semoule moyenne est disposée dans la Djéfna puis hydratée avec une quantité appropriée d'eau salée malaxée avec les mains avec l'addition de la semoule fine.



Figure N° 20 : Hydratation de la semoule moyenne (photo originale)..

2) Roulage et calibrage

La semoule malaxée dans la « jaffna » ou Guessâa » avec la semoule restant fine par le mouvement de va et vient des mains ouvertes, paumes vers le bas avec un léger écartement des doigts 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.



A-Roulage de la semoule moyenne.



B-Addition de la semoule fine

(photo originale).

Figure N° 21 : Roulage de la semoule.

L'étape de roulage qui s'en suit, se fait par la paume de la main et par les doigts en appliquant une légère pression sur les particules dans un mouvement de va et vient, cette partie ce fait à l'aide

de trois tamis dans un ordre décroissant d'ouvertures de mailles nommée : « Khareje meftouh », « Khareje moyenne » et « Reffad ».

Après chaque étape de roulage les graines sont contrôlées par sassage et calibrage dans les trois tamis.

3) 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) et le second (Reffad) a des ouvertures des mailles inférieures à la granulométrie désirable d'éliminer les fines particules de semoule non agglomérée et les agrégats insuffisamment agglomérés, les deux produit séliminés subissent un recyclage.



Figure N° 22 : Premier tamisage et Deuxième de couscous (photo originale).

4) Précuisson et calibrage du couscous humide

Le couscous est récupéré dans «Reffad», ces derniers sont cuits à la vapeur pendant 10mn, le passant dans «Khareje» pour captées le couscous humide est faire recyclé les extrais de «Reffad» nommé «fetla» par l'addition de l'eau salé et de semoule.

Généralement, nous déterminons le temps de précuissons par :

-l'apparition de la vapeur d'eau à la surface de couscous.



Figure N° 23 : Pré cuisson de couscous humide(photo originale).

5) Séchage du couscous

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 . 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. Lors que 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 N° 24 : Séchage de couscous(photo originale).

I.5- RENDEMENT EN COUSCOUS

Le rendement en couscous sec (RCS) est calculé selon la formule suivante :

$$\text{RCS}(\%) = \frac{\text{MCS} \times 100}{\text{MGFS}}$$

RCS : rendement en couscous sec.

MCS : masse de couscous sec.

MGFS : masse des grosses et fines semoules utilisées.

I.6- Caractérisation physico-chimiques des matières premières et couscous :

I.6.1- Détermination de la teneur en eau (humidité)

La détermination de la teneur en eau est effectuée selon la méthode normalisée céréale et produits céréaliers Détermination de la teneur en eau-Méthode de référence : NA1132(2012) en ISO 712(2009) et JORA n°08 2013 .

➤ Principe

Séchage d'une prise d'essai à une température comprise entre 130-133°C .

➤ Matériel

Le matériel utilisé pour la détermination de la teneur en eau est composé d'une balance analytique de précision #0.001 gr, d'une capsule métallique, d'une étuve isotherme et un dessiccateur et pince métallique.

➤ Mode opératoire

- ✓ Sécher les capsules avec leurs couvercles à l'étuve pendant 15 mn à 130°C, puis refroidir dans un dessiccateur jusqu'à la température de laboratoire (entre 30 min et 45 min)
- ✓ Bien homogénéiser l'échantillon
- ✓ Peser la capsule+couvercle à 0 .001 gr près :m₀
- ✓ Tarer la capsule et Peser une prise d'essai d'environ 5 g ±1gr :m₀ de l'échantillon

- ✓ Introduire la capsule découverte contenant la prise d'essai et son couvercle dans l'étuve et le laisser séjourner pendant 02 heures à une température 130 à 133°C.

- ✓ Retirer rapidement la capsule de l'étuve, la couvrir rapidement et la placer dans le dessiccateur jusqu'à atteindre la température ambiante (30min à 45 min), peser la capsule à 1 mg près :m1

➤ **Expression des résultats**

la teneur en eau ;exprimée en gramme pour 100gr du produit tel quel ,est donnée par la formule suivante :

$$T H(\%) = \left[1 - \frac{M_1}{M_0}\right] \times 100$$

T : Teneur

H : humidité

M₀ : la masse (g) de la prise d'essai.

M₁ : la masse (g) de la prise d'essai après séchage.

I.6.2- Détermination de la teneur en cendre

La détermination de la teneur en cendre est faite selon la méthode NA733(2016) en ISO 2171(2007) ,qui est en coordinance avec celle JORADP n°35du (7juillet 2013).

➤ **Principe**

Incinération d'une prise d'essai jusqu'à combustion complète des matières organiques dans une atmosphère oxydante à une température de 550 ± 10°C puis pesée du résidu obtenu.

➤ **Matériel**

Le matériel utilisé pour la détermination de la teneur en cendres est composé d'un four à moufle à la température de 550°C ±10°C,d'une étuve pour séchage des nacelles ,d'une balance analytique précise à 0.01mg, des nacelles en quartz à incinération, dessiccateur à robinet ,, de pince en acier,spatule, plaque thermorésistante et un réactifs ;éthanol à 95%.

➤ **Mode opératoire**

- ✓ Détermination de la teneur en eau; procéder préalablement à la détermination de la teneur en eau de la prise d'essai.
- ✓ Nettoyer et placer les nacelles dans une étuve durant le temps nécessaire au séchages.
- ✓ Retirer les nacelles et les laisser refroidir à la température ambiante dans un dessiccateur et les peser à 0,1mg près

- ✓ Peser la prise d'essai 4.9gr à 5.1gr d'échantillon
- ✓ Répartir la matière en une couche d'épaisseur uniforme sans la tasser
- ✓ Ajouter des gouttes d'éthanol pour les enflammer.
- ✓ La porte du four étant ouverte, placer les nacelles et leurs contenu à l'entrée du four préalablement chauffé à $550 \pm 10^\circ\text{C}$.
- ✓ Une fois le produit brûlé, introduire les nacelles à l'intérieur du four à l'aide d'une pince ,en prenant le soin de ne pas toucher le contenu des nacelles.
- ✓ Fermer la porte du four .Une fois la température affichée atteint les 550°C ;lancer le chronomètre pendant une durée de 4 heures.
- ✓ Retirer les nacelles du four et les déposer 1min sur un support thermorésistant puis les mettre refroidir dans un dessiccateur à la température ambiante environ (60min à 90min), et puis les peser rapidement à 0.1mg.

➤ **Expression des résultats**

Le taux de cendres, exprimé en fonction massique par rapport à la matière sèche, exprimé en % est donné par l'équation suivante :

$$T_c (\%) = (M_2 - M_1) \times \frac{100}{M_0} \times \frac{100}{100 - TH\%}$$

T_c : taux de cendres

TH% : Teneur en eau de l'échantillon analysé exprimé en %.

M₀ : la masse (g), de la prise d'essai.

M₁ : la masse (g), de la nacelle.

M₂ : la masse (g) , de la nacelle et du résidu d'incinération.

I.6.3- Détermination de la granulométrie

Définition :

La granulométrie est la détermination de l'homogénéité en la grosseur ou la finesse d'un produit

Principe

L'opération consiste à un classement des particules selon leurs tailles. L'échantillon est placé sur une série de tamis et sous l'effet vibratoire de l'appareil ; le produit est classé selon l'ouverture des mailles.

➤ **Matériel**

Le matériel utilisé est composé de :

- Tamiseuse de laboratoire
- Balance analytique de précision à 0,01 grammes près.
- Petite pèle
- Série de tamis :
- Tamis 160 ;250 ;335 ;450 ;500 ;630 ;750 ;900 ;1000 ;1225 ;1400 ;1600 ;1800 ;2000
extraction µm (pour la semoule et couscous)

➤ **Mode opératoire**

- ✓ Sélectionner les tamis selon le produit à analyser. Les disposer dans un ordre croissant
- ✓ Peser 100g de semoule à l'aide de la balance précise à 1 mg près ;
- ✓ Verser l'échantillon dans le tamis supérieur ;
- ✓ Fermer bien le couvercle de tamiseuse et lancer l'opération durant 10 mn ;
- ✓ Peser le refus de chaque tamis

I.6.4- Dosage de gluten :

La détermination de la teneur en gluten selon la norme ISO 21415-2/2015.

➤ **Objet**

Le présent mode opératoire a pour objet de définir la méthode à suivre pour déterminer la qualité du gluten dans la semoule moyenne.

➤ **Définitions et abréviations :**

- **Glutenhumide (GH)**:Substances viscoélastiques, composée principalement de deux fractions protéiques (Glidiadine et Gluténine) sous forme hydratée, obtenus comme spécifier dans le mode opératoire.

- **Gluten index (GI)** : Défini comme le pourcentage de gluten humide qui est resté fixé sur un tamis spécial lorsqu'il est préparé et centrifugé conformément à la méthode standardisée.

➤ **Principe**

La préparation d'une pâte à partir d'un échantillon de semoule et d'une solution de chlorure de sodium dans une chambre de l'appareil .le gluten humide obtenu est centrifugé. Il est placé dans une cassette à tamis spécialement conçu à cet effet. Le pourcentage de gluten humide qui reste sur le tamis après la centrifugation est défini comme le gluten index.

➤ **Matériel**

Le matériel utilisé pour la détermination de la teneur en gluten est composé d'une balance analytique à 0.01 gr, d'une centrifugeuse PERTEN ,dispenseur,bidon en plastique pour contenir la solution de chlorure de sodium, cassette pour gluten index, spatule en acier inoxydable, pince(brucelles), eton a utilisé aussi comme réactif une solution de chlorure de sodium (Na Cl à 20g/l).

➤ **Mode opératoire**

- Avec une prise d'essai de 10 g d'échantillon à analyser près à 0.01 g, placer la prise d'essai dans la chambre de lavage qui est équipée d'un tamis propre et humidifié et ajouter 4.8 ml de la solution de na cl à l'aide du dispenseur ensuite une fois le temps écouler, l'appareil lance une opération de lavage de la pâte,
- Retirer le gluten humide à l'aide de la pince et placer les cassettes dans la centrifugeuse et et appuyer sur START, démarre pendant 1 minute à une vitesse de 6000±5 tours/min.
- Retirer la cassette et à l'aide d'une spatule , racler et récupérer la fraction qui est passée à travers le tamis de cassette et le peser à 0.01 g près et noter M2(laissée la sur le plateau de la balance) et par des brucelles, récupérer la fraction n'ayant pas traversé le tamis, l'ajoutée à la balance (on obtient la masse totale du gluten humide M1)

➤ **Expression des résultats**

La teneur en gluten humide « GH % », exprimée en pourcentage et calculé par la formule suivante :

$$\text{GH}(\%) = M1 \times 100$$

- L'indice de gluten « le gluten index », exprimé en pourcentage, est donné par la formule suivante :

$$GI(\%) = \frac{M1 - M2}{M1} \times 100$$

GH: gluten humide.

GI : gluten index

I.7- Les analyses technologiques sur les produits finis

I.7.1-Le gonflement à froid :

la détermination de l'indice de gonflement selon la norme NF V50-001(1992)

➤ **Définition**

l'indice de gonflement « IG » : c'est la capacité du couscous à s'hydrater et à devenir volumineux.

➤ **Principe**

Appréciation de la capacité du couscous à s'hydrater et à devenir volumineux.

- #### ➤ **Matériel**
- Eprouvettes graduées de 250 ml , chronomètre, eau potable, balance précise à 0.1 g, tige d'agitation en acier inoxydable de diamètre de 6 mm et de longueur de plus de 10 cm.

➤ **Mode opératoire**

- ✓ Peser 50gr±0.5 g de couscous
- ✓ Vider par gravité dans l'éprouvette ; **V1** la valeur du volume occupé lue sur l'éprouvette
- ✓ Remplir une éprouvette avec 200 ml d'eau à température 20°C±2
- ✓ Verser rapidement et en pluie la prise d'essai dans l'éprouvette
- ✓ Remuer deux à trois à l'aide de la tige d'agitation
- ✓ Déclencher le chronomètre
- ✓ Après 30 min ±1 min, relever le volume **V2**

➤ **Expression des résultats**

L'indice de gonflement (IG) est déterminé par la relation suivante :

$$IG = \frac{V2}{V1}$$

IG: indice de gonflement.

V₁: Volume initial

V₂: volume après 30 min

I.7.2- Test de cuisson

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

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

- **Le 1^{er} mouillage** : mouiller le couscous avec de l'eau puis faire égoutter tout de suite et laisser le pendant 10mn pour que les grains de couscous absorbent l'eau ajoutée ;
- **La 1^{ère} évaporation** : faire cuire le couscous à la vapeur pendant 15mn ;
- **Le 2^{ème} mouillage** : arroser progressivement le couscous d'une certaine quantité d'eau ;
- **La 2^{ème} évaporation** : faire cuire une deuxième fois à la vapeur pendant 15mn ;
- On pèse le couscous après chaque étape de préparation.

Alors la cuisson est réalisée à l'aide d'un petit couscoussier sur un échantillon de 200g de produit sec selon le diagramme représenté par la figure 25

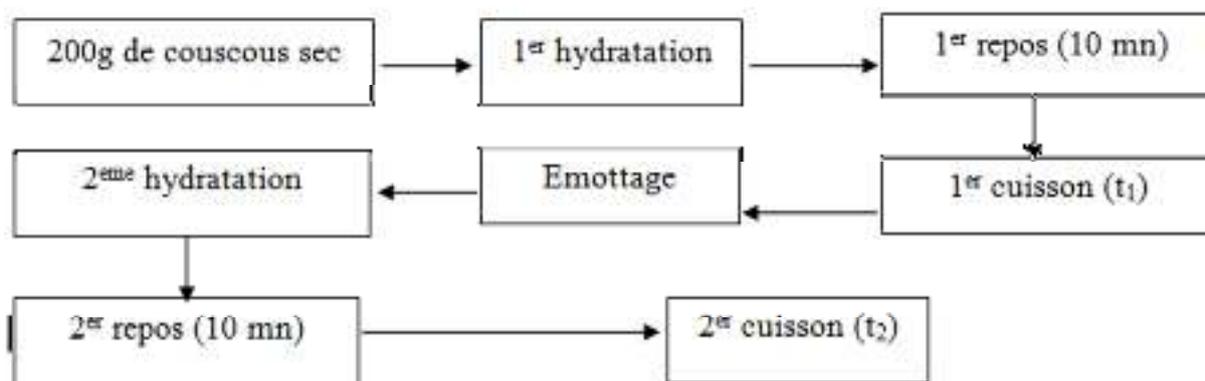


Figure N° 25 : diagramme de cuisson du couscous

I.7.3- L'évaluation sensorielle :



Figure N° 26 : les deux types de couscous pour la dégustation(photo originale).

la fiche de dégustation des deux couscous sur le quelle a effectué l' évaluation sensorielle sur (l'aspect, la couleur, l'odeur, le collant, goût et la texture) , elle est réalisé par un panel de 20 personnes qui représente le staff de laboratoire de contrôle de qualité de **SOPI** par déférents âges et sexe , les deux types de couscous ont servi dans des petites assiettes , 2 assiettes pour une personnes . D'une façon bien organisée

DEGUSTATION DE COUSCOUS

Nom : /
 Prénom : /
 Sexe : /
 Age : /

DATE : 08/06/2021

Deux échantillons de couscous-vous sont proposés. Jugez cinq de leurs caractères en les plaçant sur les échelles ci-dessous :

	CBD	CG
ASPECT	X	X
COLLIANT	X	X
COULEUR	X	X
GOUT	X	X
TEXTURE	X	X
ODEUR	X	X

AVEC

CBD : Couscous de blé dur 100%.

CG : Couscous de gland 100%.

NOTATION : Les résultats sont notés de 1 à 5.

Figure N° 27 :Fiche de dégustation (originale)

Analyses statistiques des résultats

L'interprétation des données a été réalisée à l'aide de logiciel : EXCEL. L'analyse de la variance permet de déterminer l'influence du facteur étudié sur les différents paramètres étudiés, suivant le niveau de significativité :

- **P < 0,001** la différence entre les traitements est très hautement significative.
- **P < 0,01** la différence entre les traitements est hautement significative.
- **P < 0,05** la différence entre les traitements est significative.
- **P > 0,05** la différence entre les traitements est non significative.

Si cette analyse révèle des différences significatives entre les traitements, une comparaison des moyennes est faite à l'aide du test de FISHER qui permet de faire un classement des valeurs à un seuil de 5%.

Chapitre II : **Résultats et discussions**

II.1- Appréciation de la qualité organolytique des semoules :

ci-joint le tableau 11 ,et la figure n° :28

Tableau N° 11: l'analyse organolytique des deux semoules utilisés

Semoules Analyse	Couleur	Aspect
Semoule de blé dur	Jaune ambré	Homogène
Semoule du gland	Marron	Homogène



A) Semoule de gland

B) Semoule de blé dur

Figure N° 28: Les deux types de semoules utilisées (photo originale).

Ca dépend des conditions de mouture et la variété et la couleur être influencer par la présence des pigments caroténoïdes et d'autres pigments,et la semoule du gland peut être influencer par sa composition par les enveloppes ce qui lui confère un aspect foncé .voir la figure n° :28

Généralement, une teneur élevée en pigments caroténoïdes associée à de faibles activités lipoxygénasique est recherchée dans les blés pour fabriquer des pâtes s pâtes claires et possédant une belle couleur jaune ambré . FEILLET, P(1986) et DEMARCHI, F(1994)

II.2- L'aspect des couscous sec fabriqués

Les deux de couscous sont présentés par la figure n° :29, une très grande différence de couleur est observée entre les deux types fabriqués :

- le couscous de la semoule du gland : marron,
- le couscous de blé : jaune ambré.



A: Le couscous sec du gland

B : Le couscous sec de semoule blé dur.

Figure N° 29 : L'aspect des couscous sec fabriqués (photographie original).

La couleur est un facteur déterminant de la qualité organoleptique de couscous, elle est la première caractéristique qui a été généralement perçue. Les deux formules de couscous ont une très belle couleur, qui attirant les consommateurs pour déguster ces plats.

La couleur jaune ambré de couscous ou pâtes alimentaires est le critère immédiatement perceptible par le consommateur et qui influence l'achat en dehors des considération du prix et de la marque (Belaide et *al.*, 1994).

II.3- Rendement en couscous

Le rendement exprimé en g de couscous sec/100g de matière première est représenté pour l'ensemble de nos couscous dans le tableau n°12.

Tableau N° 12 : Le rendement en couscous

Quantité \ Types	Couscous de la semoule du gland	Couscous de blé dur
Quantité totale de semoule (g)	4000g	4000g
Quantité de couscous sec (g)	3300g	2900kg
Rendement (%)	82.5%	72.5%

Le rendement des deux couscous est dépassé le 50% pour le couscous de gland a un rendement plus élevée 82.5% que le couscous de blé 72.5%. ; La différence de rendement peut être dû à des différences dans le diagramme de fabrication appliqués, mais le facteur peut être le plus important de cette petite variance c'est le nombre de recyclage ou /et le pourcentage du son dans les deux semoules ainsi que leur granulométrie.

- Selon Aluka et al., (1985) et Guezlane (1993), le paramètre le plus influant sur le rendement de l'opération de roulage est le taux d'hydratation des semoules.

II.4-Les résultats physico-chimiques

II.4.1- Les résultats physico-chimiques des semoules

II.4.1.1-- La teneur en eau

Les résultats obtenus sont montrés dans le tableau 13 et la figure n°:30

Tableau N° 13 : Teneur en eau des semoules de blé dur et du gland (annexe04).

	L'humidité (%)	
	Moyenne	Norme (NA)
Semoule du gland	9,88±0.01	/
Semoule de blé dur	14,2	<14,5

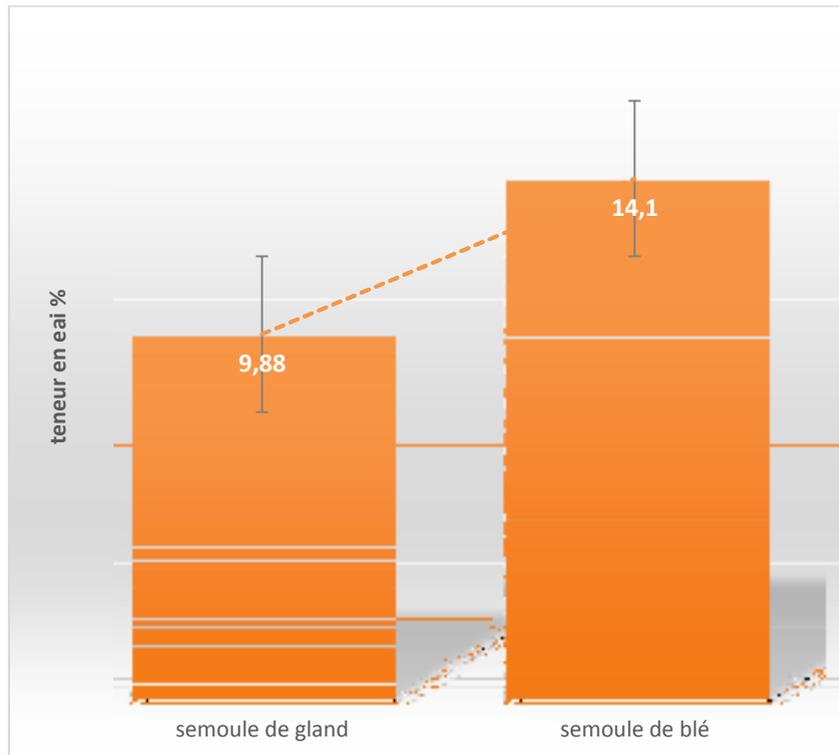


Figure N° 30: Teneur en eau de semoules de blé dur et de la semoule du gland.

D'après le tableau n° :13

la teneur en eau des échantillon de la semoules étudiée est conforme aux normes algériennes <14,5.

On remarque qu'il y a, une différence non significatif (p=0.08)

Dans le cas de la semoule du gland on a remarqué une teneur moyenne de 9.88%±0.01. Par ailleurs, en absence de normes caractérisant l'humidité de la semoule du gland, il est impossible de qualifier les résultats obtenus. voir la figure n° :30

On peut conclure que le taux d'humidité de blé dur est un facteur important tant dans le commerce du blé que dans les industries de transformation, qui voudraient que le contenu soit aussi bas que possible (Généralement entre 10 et 16%)(Abecassis et al.,2012).Selon (NF ISO712-1989). L'humidité des grains nous permet de déterminer la quantité d'eau à ajouter lors du conditionnement pour ramener celle-ci à 16.5%, afin de conférer aux blés une humidité optimale ; et faciliter la séparation entre l'amande et les enveloppes .

Et d'après **Feillet (2000)**, l'humidité est un facteur crucial dans l'évolution des phénomènes biologiques. Le contrôle de l'humidité de la farine du gland et de la semoule permet de minimiser le risque d'altération lors du conditionnement et du stockage, plus la teneur en eau est faible, plus la qualité des semoules est meilleure. Il est à noter que **Multon et Martin (1980)**, ont classé le fruit de chêne parmi les semences réputées très sensibles à la dessiccation et qu'on peut prolonger la viabilité en les déshydratant partiellement et en les plaçant à une température basse.

II.4.1.2- La teneur en cendre

A partir du tableau n° 14

la matière minérale dans la semoule de blé dur analysée est acceptable et conforme à la norme, elle est de l'ordre de 0.99%. Mais l'évaluation statistique de P est non significatif (P=0.46)

D'après **Motquin (2007)**, le taux des minéraux de la semoule est un critère d'appréciation de leur pureté, varie selon les facteurs suivant :

- Efficacité de l'opération de nettoyage de blé dur .
- Conditionnement et le respect de la durée de repos de blé avant la trituration .
- La maîtrise du conduit de la mouture .

Les résultats obtenus sont figurés dans le tableau n°14 .

Tableau N° 14 : Teneur de cendre de semoules de blé dur et de la semoule du gland (annexe04).

	Moyenne	Norme (NA)
Semoule du gland	2.06 ± 0.1	/
Semoule de blé dur	0.99	0,8-1,1

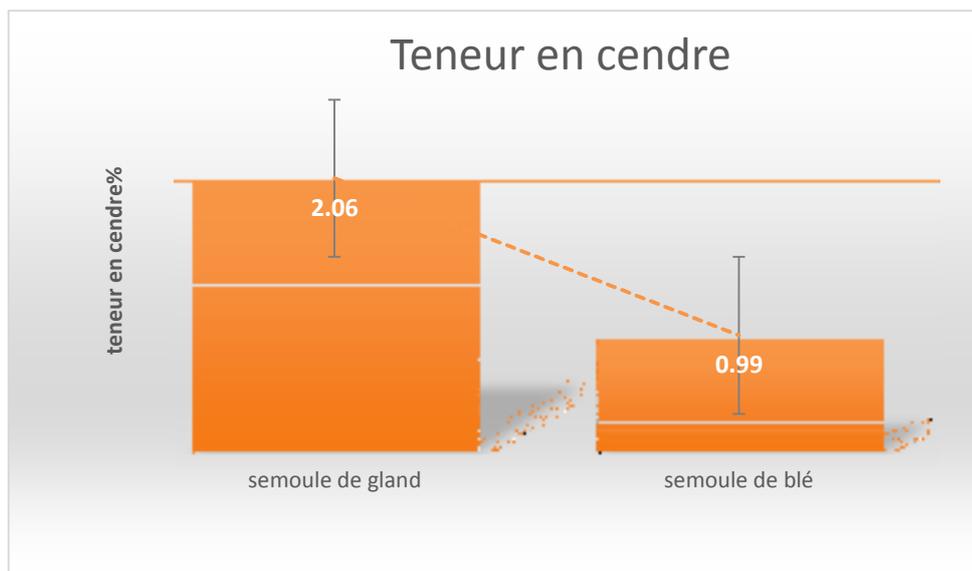


Figure N° 31 : Teneur en cendre de semoules de blé dur et de la semoule du gland.

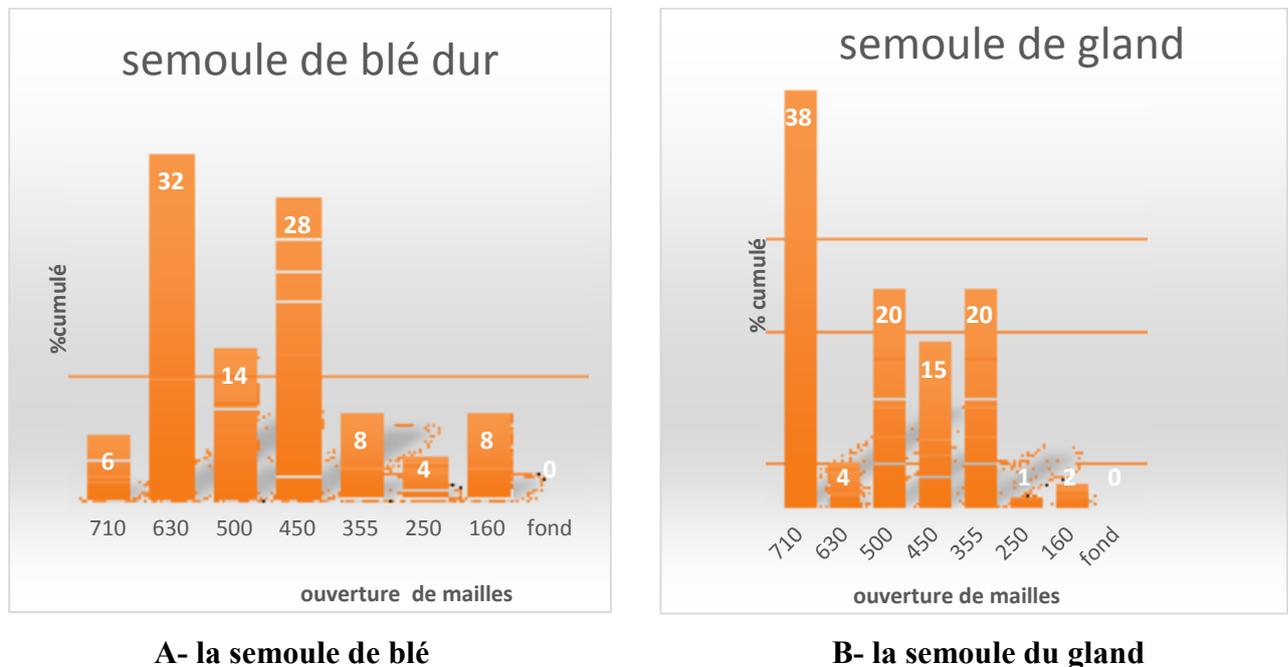
On observe que le taux des cendres de la semoule du gland est de l'ordre de 2.06%, cette valeur est presque en accord avec celle rapportée par **Piccolo et al., (1983)**, qui trouvent que les glands de chêne vert renferment des teneurs faibles en cendres variantes 1,6 à 2,2%. Voir la figure n° :31

Selon Abecassis (1993), le taux des cendres reste le moyen officiel utilisé pour caractériser la pureté des semoules. La détermination de ce paramètre offre la possibilité de connaître la teneur en matière minérale globale des céréales et de leurs sous-produits (**Godon et Willm, 1991**). Et le taux de sels minéraux de la farine et de la semoule de blé est fonction du degré de minéralisation du grain, mais surtout des paramètres du conditionnement et du diagramme de mouture (taux d'extraction), mis en œuvre par le meunier ou le semoulier (**Boudreau et Ménard, 1992**).

On conclure que la teneur en cendre des semoules signifie leurs taux en matières minérales. Il donne une indication sur la quantité de matière minérale existante. Il permet de contrôler la pureté des produits de mouture. (**Feuillet, 2000**)

II.4.1.3- la granulométrie des semoules

-Les résultats relatifs à la granulométrie sont présentés dans la figure n° :32
Et l'analyse statistique est significatif dont le (P=0.035)



A- la semoule de blé

B- la semoule du gland

Figure N° 32: Granulométrie des semoules de blé dur et de la semoule du gland en fonction des ouvertures des mailles.

D’après l’histogramme présenté par la figure n° :32

la granulométrie de la semoule de blé dur varié entre (630 et 450 μm) qui renferme une proportion élevé de 74 % . La semoule appartient au type semoule moyenne qui est destiné à la fabrication de couscous et La semoule du gland renferme une proportion très élevée en fraction (710 à 355 μm) dont la plage granulométrique est de pourcentage de 97% (figure). Les deux semoules ont une plage granulométrique différente.

- La détermination de la taille des particules est un critère déterminant de l’homogénéité des particules des semoules. La granulométrie de la semoule peut influencer la vitesse d’hydratation et La granulation du couscous .

. La différence de répartition des particules des semoules utilisées pourrait être due à la composition, la texture et l’humidité de ces substrats ainsi qu’à la performance des broyeurs utilisés (Melcion, 2000).

II.4.1.4- La teneur en gluten

Les résultats des teneurs en glutens des semoules de la fabrication sont consignés dans le tableau 15.

Tableau N° 15: Teneur en gluten des semoules de la fabrication(annexe04).

	Semoule du gland	Semoule de blé dur	
	Moyenne	Moyenne	Norme (NA)%
Teneur en gluten sec (%)	/	11,3 ±0,85	11-13%
Teneur en gluten humide (%)	/	28 ±3,18	-
Teneur en gluten index (%)	/	38.16 ±0,04	-

-A partir du tableau n° :15

les résultats acquis sont conformes aux normes algérienne (11 – 13%), on observe que le pourcentage du gluten sec de la semoule de blé dur est de 11.3%, la semoule de blé dur est la plus riche en gluten, renferme la valeur 28 % du gluten humide, l’ensemble de ces résultats sont conformes à la norme et indique que la semoule de blé dur possède une bonne qualité culinaire.

-la semoule du gland est dépourvue de gluten. En l'occurrence, la semoule du gland peut être utilisée dans la fabrication d'un couscous diététique destiné aux malades cœliaque.

Selon Godon (1991), la teneur en gluten sec peut varier de 10 à 17%, mais la valeur optimale pour la fabrication des pâtes alimentaires est de l'ordre de 13% et **Matveef (1966)**, les variétés de blé présentant une teneur en gluten sec inférieure à 11% mais sont considérés comme des blés de force et toute variétés présentant une teneur comprise entre 11 et 15% mais sont considérées comme blés de bonne qualité pastière et les blés > 15% comme de très bonne valeur pastifiante. **Selon Cheftel et al. (1997)**, Il y a une relation entre la force de gluten (force de la pâte) et la qualité culinaire du produit fini(couscous) ;et le gluten est formé au cours du pétrissage par des liaisons disulfures (interaction hydrophobe) entre les glutenines et les gliadines (protéine) ; il se caractérise par des propriétés viscoélastiques (élasticité, plasticité, ténacité), il permet à la pâte de gonfler au cours de la cuisson. L'importance du gluten réside lors de la cuisson où il forme un réseau qui emprisonne les grains d'amidon afin qu'il ne soit pas libérés dans l'eau et par la suite le couscous devient collant. Selon **Godon (1991)**, la teneur en gluten sec peut varier de 10 à 17%, mais la valeur optimale pour la fabrication des pâtes alimentaires est de l'ordre 13%. Le coefficient d'hydratation de la semoule de blé dur est 60,12%. Cette valeur est conforme à la norme. Il est à souligner que le taux d'hydratation influence sur le rendement de l'opération de roulage (**Guezlane, 1993**).

-L'expression «sans gluten» doit figurer à proximité immédiate du nom du produit dans le cas des produits diététiques. Un aliment pouvant naturellement être utilisé dans le cadre d'un régime sans gluten ne devrait pas être qualifié par les expressions «diététique», «de régime» ou tout autre terme équivalent. Toutefois, un tel aliment peut porter une mention sur son étiquette, précisant que «Cet aliment est naturellement sans gluten».

II.4.2- Les résultats des analyses physico-chimiques des produits finis (les deux types de couscous)

II.4.2.1- La teneur en eau (l'humidité)

Les résultats de la teneur en eau du couscous sont présentés dans le tableau n° :16 et la figure n° :33 suivantes :

Tableau N° 16 : Teneur en eau des couscous(annexe04).

	L'humidité (%)		
	Moyenne	Norme (NA)	NA(%)
Couscous de semoule du gland	8.34 ± 0.49	/	/
Couscous de blé dur	12.41± 0.12	<13	9-12,5 %

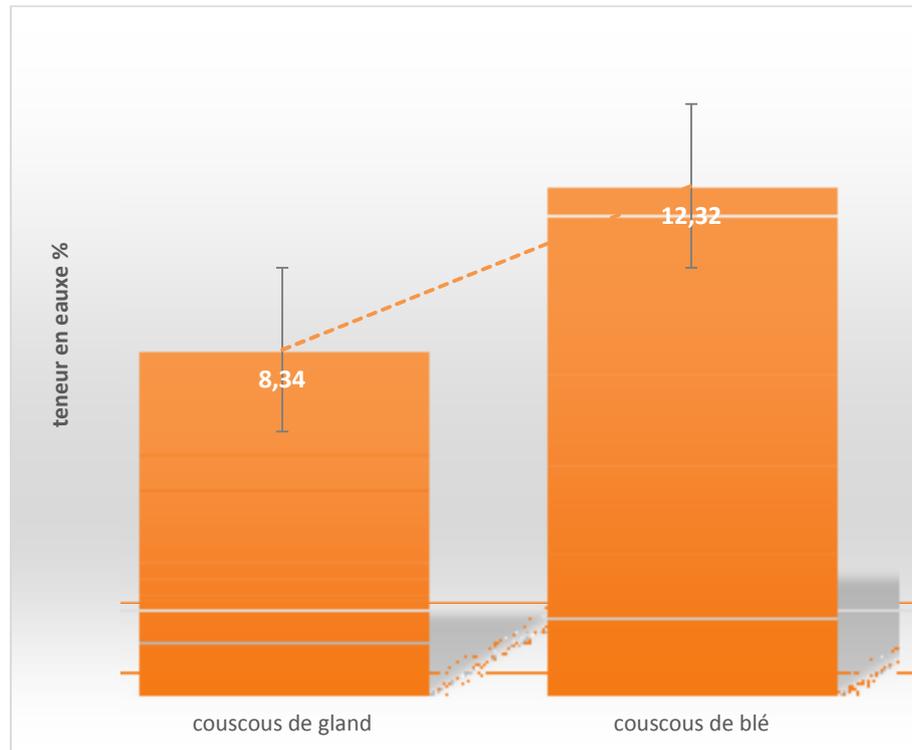


Figure N° 33 : Teneur en eau de couscous de semoules de blé dur et couscous de semoule du gland.

D’après le tableau n°16

La teneur en eau des deux couscous est conforme à la norme algérienne (12.41%)± 0.12), ce qui permet le bon conditionnement du couscous et une valeur de P=0.29 qui est non significatif par l’évaluation statistique .

- la teneur en eau de couscous de gland est 8.34% et en absence des normes on ne peut pas dire qu’il sont conforme ou pas ; En règle générale, plus l’humidité est faible plus la conservation est meilleur, les deux couscous possèdent une humidité acceptable. La différence entre les résultats est due probablement au temps de séchage à l’air ambiant car la teneur en eau du couscous dépend principalement des conditions de déroulement de l’opération de séchage et /ou la période de cette dernière.

-L'activité de l'eau permet de prévoir les échanges d'eau entre un produit et son environnement. Elle influe sur le développement microbien, les réactions enzymatiques, le brunissement non-enzymatique et l'oxydation des lipides. L’activité de l’eau du couscous du gland relativement faible par rapport à celle du couscous de blé dur montre qu’il est moins exposé à la contamination par les microorganismes d’où sa longue durée de vie (intérêt commercial) .(Doukani K., 2013)

On note cependant que les différents couscous ont des humidités inférieures à celle donnée par la FAO (1991) (13,2%) et la norme du Codex Alimentarius (FAO, 1996), exige une humidité

inférieure à 13,5%, ce qui signifie que le couscous a été dans des conditions de stockage favorables et de même il a une bonne aptitude d'être conservé.

Selon Feillet (2000), l'humidité est un facteur crucial dans l'évolution des phénomènes biologiques, le contrôle de l'humidité des semoules permet de minimiser le risque d'altération lors de conditionnement et du stockage, plus la teneur en eau est faible plus la qualité des semoules est meilleure.

Selon K doukani, 2013, Cette différence peut être due à la nature de la matière première, la technique de séchage et les conditions de stockage. La recherche de la teneur en eau a un intérêt commercial afin de limiter la durée de stockage ou la date limite de consommation.

II.4.2..2- Le taux de cendres

Les résultats des taux de cendres obtenus sont donnés voir le tableau n°17 : suivant, l'analyse statistique est très hautement significatif, le ($P=0<0.001$).

Tableau N° 17 : Taux de cendres des couscous(annexe04).

	Moyenne	Norme NA(%)
Couscous de semoule du gland	2.575	/
Couscous de blé dur	0.99± 0.007	0,8-1,1 %

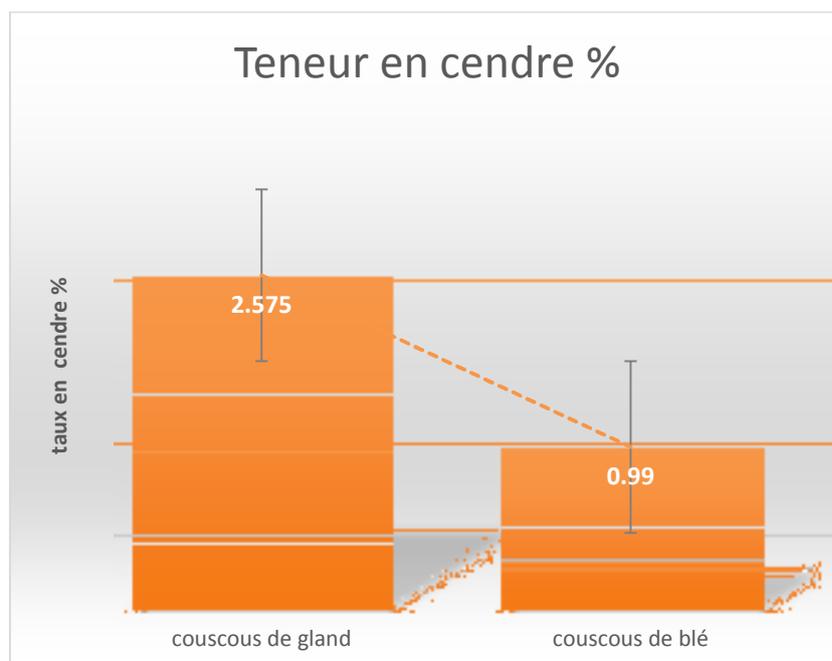


Figure N° 34 : Teneur en cendre de couscous de blé dur et couscous de semoule du gland.

D'après la figure n° 34

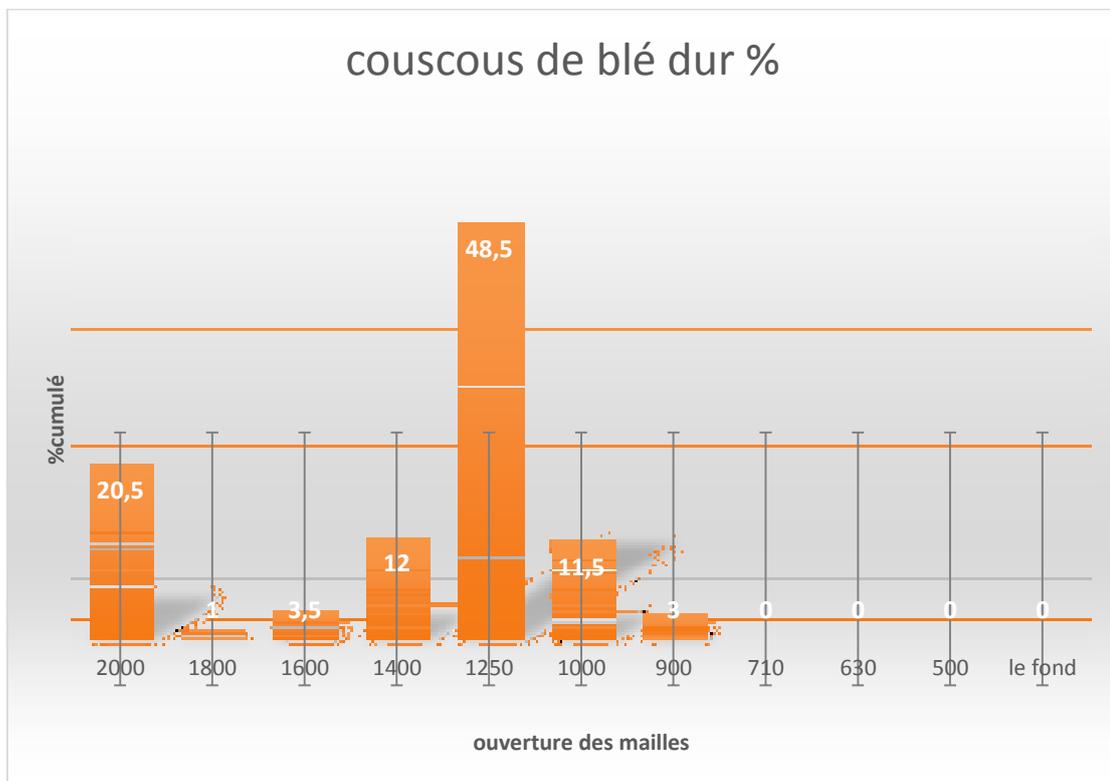
- Le taux de cendre de couscous témoin est acceptable et conforme à la norme, avec une teneur de 0.99%, et le taux des cendres de couscous de gland est de l'ordre de 2.57%, Le couscous de gland est plus riche en cendre, qui peut être causé par la proportion de son dans la semoule en absence de norme de gland. On Remarque que le taux de cendre de couscous de glands est le plus élevé par rapport au couscous témoin. Cette différence est expliquée premièrement par le degré de pureté du produit à analyser, deuxièmement elle revient à la proportion des enveloppes présente dans le produit, car les glands sont plus vêtus en enveloppes que le blé (la matière minérale se concentre beaucoup plus dans les enveloppes). D'autres facteurs de différence : la variété, le stade de maturité des grains, les conditions de la mouture. La recherche de la teneur en cendres présente une importance réglementaire par la mesure du degré de pureté (K doukani ,2013).

Généralement la proportion des matières minérales des céréales est inégalement réparties (80% dans les enveloppes contre 20% dans l'amande). (Doumandji et al., 2003).

II.4.2..3- La granulométrie

Les résultats de la granulométrie pratiqué à l'aide des tamis allant du 2000µm à <500µm, sont illustré dans les histogrammes suivants :(figure n°35)

L'évaluation statistique est hautement significatif (P=0.003)



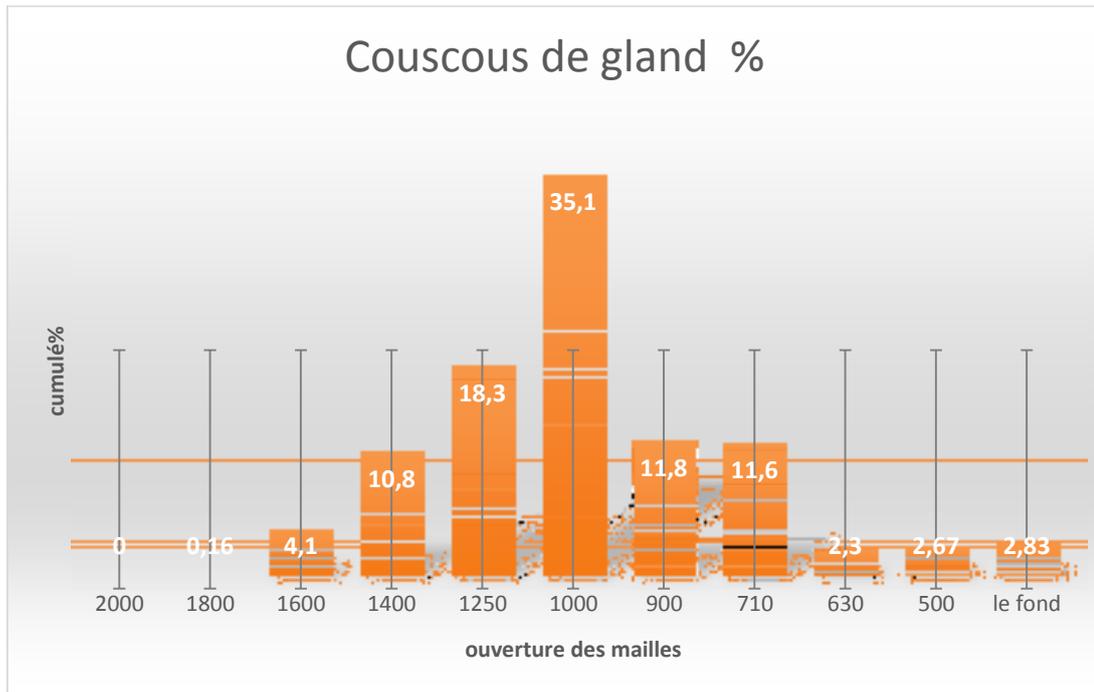


Figure N° 35: Granulométrie de couscous de semoule du gland et couscous de semoule de blé dur en fonction des ouvertures des mailles.

D'après la figure n°35 on remarque que :

- le couscous de blé dur (témoin étudiée présente une granulométrie plus au moins homogène dans une plage granulométrique (2000 à 1000 µm) en pourcentage de 97 % par rapport au couscous de gland étudiée présente une granulométrie un peu hétérogène dans un intervalle de (1400 à 710 µm) de pourcentage est 87.6%.

L'étude comparative de la granulation entre les deux couscous secs des deux couscous, montre qu'il ya une large différence entre les couscous. Dont la granulation des semoules utilisées n'est pas identique. La taille des particules de semoule est un critère déterminant de l'homogénéité des grains de couscous après séchage, ce critère est en fonction des conditions de l'opération du roulage. La granulométrie du couscous est un critère important d'évaluation de la qualité du couscous à l'état sec ; la régularité et l'homogénéité des particules sont des paramètres désirables par le consommateur.

Selon K. DOUKANI,(2013),L'intérêt de détermination de la granulométrie est de savoir le degré d'homogénéité du produit fini selon la préférence de consommateur. une granulométrie homogène conduit à une bonne préparation d'où intervient le rôle du calibrage. Un couscous de qualité est défini par la majorité des consommateurs comme étant un produit fin de granulométrie homogène, donc la granulométrie est un critère d'évaluation de qualité ,et la taille des particules et

leur homogénéité dépend pour une large part des conditions de l'opération du roulage. **Guezlane, (1993)**.

II.4.2.4- Le gonflement à froid de couscous

Les résultats du gonflement à froid des deux couscous sont illustrée respectivement par les figures n° 36:

Le gonflement à froid est 2.35 pour le couscous témoin, et pour le couscous de gland 1.58 .

Le test statistique de P est non significatif :(P=0.08)

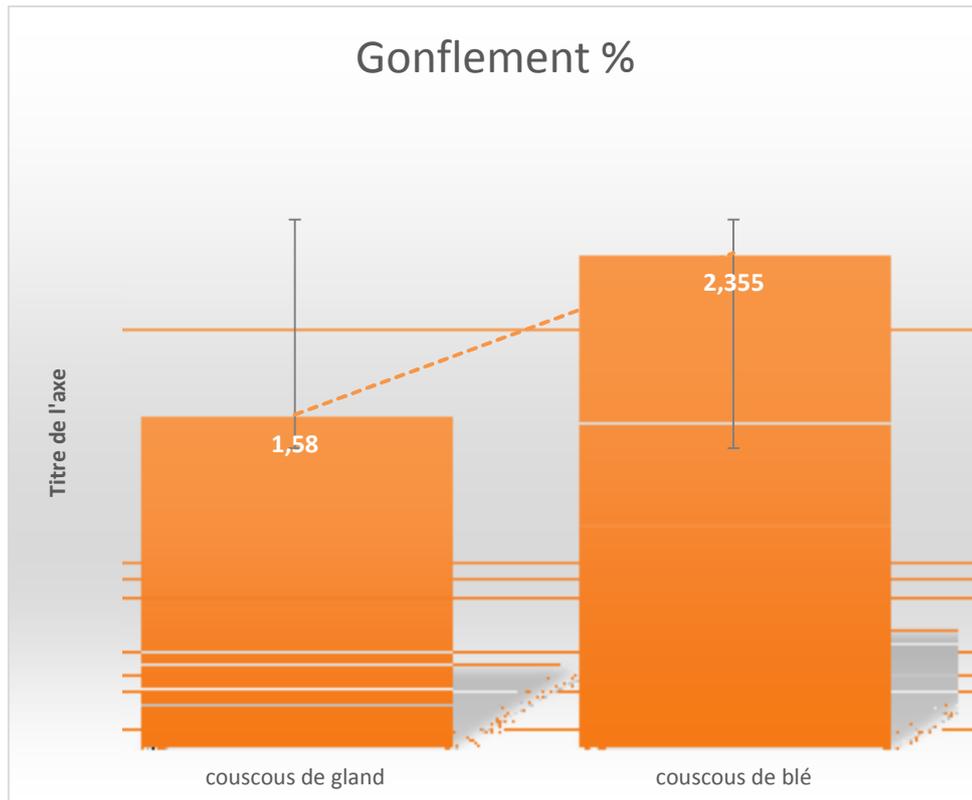


Figure N° 36 : Gonflement à froid des deux types de couscous.

Les valeurs du gonflement de couscous de blé dur peuvent être due à la granulométrie de ce couscous. L'indice de gonflement correspond à la capacité d'absorption d'eau par le couscous pendant la cuisson. Il est mesuré par les changements du volume des particules de couscous une fois immergé dans l'eau froide (à 25°C). les valeurs élevées du gonflement de couscous sont indicatives d'un produit de haute qualité (**Ounane et al., 2006**).

Debbouz et Donnelly (1994), confirment que la quantité d'eau absorbée augmente avec le degré de gélatinisation de l'amidon. Egalement, la force de gonflement indique la capacité de l'amidon à s'hydrater sous des conditions spécifiques (temps/température) (**Singh et al., 2006**). Le comportement de gonflement dépend aussi de l'espèce botanique et du type cristallin de l'amidon natif (**Buleon et al., 1990**).Des différences dans la nature des amidons et dans le degré de

gélatinisation des différentes matières premières seraient à l'origine de cette différence de comportement entre les couscous fabriqués et entre les températures de 25°C et 100°C.

Alors à froid, les deux types de couscous présentent un bon gonflement, mais à des vitesses faibles. Le gonflement de couscous de blé dur est le meilleur ; cela peut s'expliquer par sa richesse en amidon (80% et en protéines (11,78%) par rapport au couscous de semoule du gland de chêne vert renfermant 6,02% de protéines et dont la composition en amidon selon **Keddam, (2001)** est de 57%. L'amidon joue un rôle important en technologie alimentaire grâce à leurs constituants (**Cheftel, 1992**). De plus les protéines ont un pouvoir fixateur d'eau, elles peuvent fixer 2 à 3 fois leur poids en eau (**Godon, 1991**).

D'après K doukani,2013 , le phénomène de gonflement résulte de l'absorption de différentes quantités d'eau par les éléments constitutifs des grains de couscous. Il a trouvé que le couscous du blé semble absorber le plus d'eau et gonfler à un niveau supérieur à ceux observés pour les couscous sans gluten (trois formulations du couscous : Rizpois chiche, riz-pois protéagineux et riz-févérole). Ceci pourrait être expliqué essentiellement par la présence de gluten dans le couscous témoin et son absence dans les trois autres types de couscous étudiés et serait un bon indicateur et un bon élément de distinction du comportement de plusieurs couscous dans des conditions expérimentales simplifiées.

la force de gonflement indique la capacité de l'amidon à s'hydrater sous des conditions spécifiques (temps / température) . Le comportement de gonflement dépend aussi de l'espèce botanique et du type cristallin de l'amidon natif . L'absorption de l'eau ou le degré d'hydratation est influencé par la technique de transformation utilisée (industrielle, traditionnelle) ou la quantité d'eau ajoutée par l'industriel au cours du mélange . Ce paramètre présente deux objectifs ; l'un est de connaître son comportement lorsqu'il ya un contact avec les liquides (sauce, lait.....etc.) .

II.4.2.5- Test de cuisson des couscous

Les résultats de test de cuisson sont représentés dans le tableau n° 18:.

Tableau N° 18 : Le test de cuisson des deux types de couscous.

	Test de cuisson	
	Couscous de blé dur	Couscous de gland
Temps de cuisson (mn)	20 mn	30 mn
Poids initial (g)	200g	200g
Poids final (g)	540g	410g
Comportement lors de la réhydratation	Ne colle pas, un bon gonflement	Ne colle pas, un gonflement moyen
Tenue à la cuisson	Bonne	Très bonne
Granulométrie observée	Très uniforme	Très uniforme

Selon les résultats voir (tableau n°18)

le comportement du couscous témoin lors de sa cuisson indique des particules uniformes, non collantes avec un gonflement acceptable.

Concernant le couscous de gland , il présente, des particules uniformes, non collantes et un gonflement moyen .Le couscous de gland prend plus de temps pour une bonne cuisson (30 mn), alors que le couscous de blé dur prend un temps de 20 mn pour une bonne cuisson.

Le couscous de blé dur n'est pas collant, le degré d'individualisation des grains est satisfaisant et le gonflement est élevé ce qui permet une bonne absorption de la sauce. Ces propriétés le rendent très apprécié par le consommateur.

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

II.4.2.-6- Evaluation sensorielle

Les résultats de notation (sur une échelle de cinq points) des caractéristiques sensorielles des couscous fabriqués concernant : l'aspect, la couleur, le collant, goût et la texture , elle est réalisé par un panel de 20 personnes .

Les résultats sont consignés dans le tableau n° 19:

Tableau N° 19 : Résultats du test de dégustation

Echantillons	Caractéristiques %	1/5	2/5	3/5	4/5	5/5
Couscous du blé dur	La texture	1	1	2	8	8
	odeur	0	1	6	4	9
	le gout	2	1	3	4	10
	La couleur	2	0	4	6	8
	Aspect	2	0	4	6	8
	Collant	10	4	3	3	0
Couscous du gland	La texture	1	2	2	7	8
	odeur	1	2	4	6	7
	le gout	3	3	3	3	8
	La couleur	0	1	0	8	11
	Aspect	0	1	4	7	8
	Collant	9	3	3	5	0

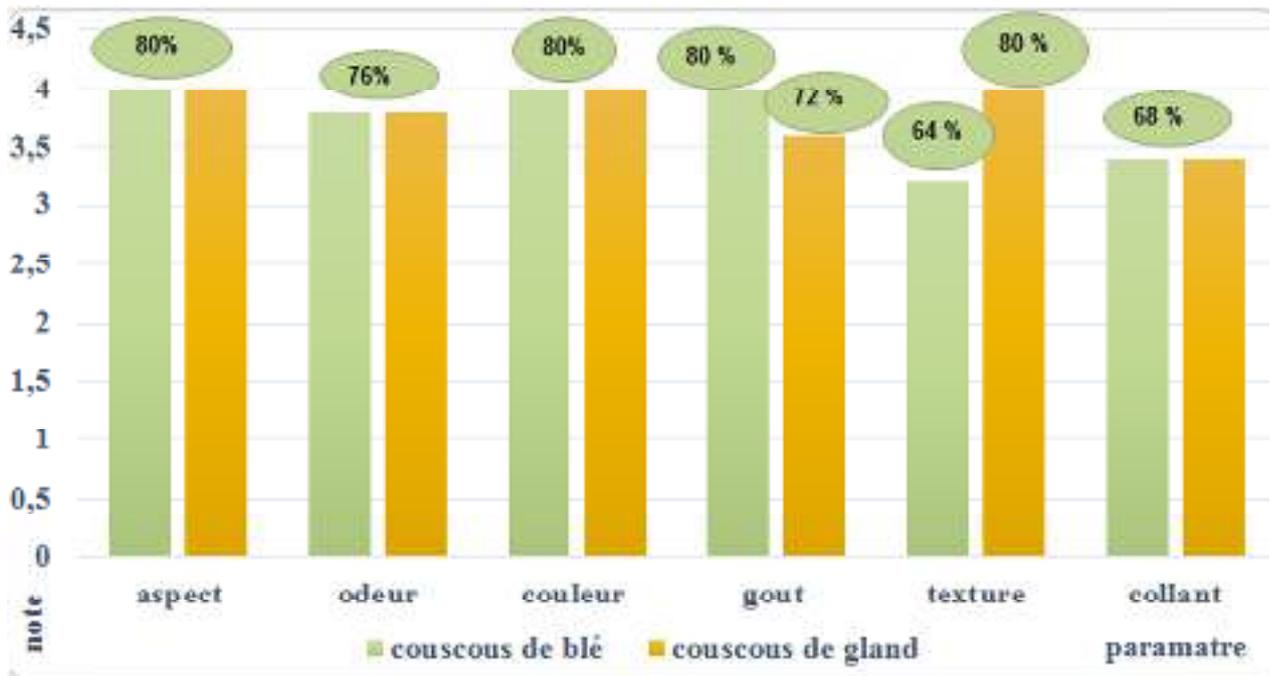


Figure N° 36 : Notes moyenne de l'aspect ,odeur, couleur, gout, texture et collant des couscous

D'après les résultats du test de dégustation qui représentés par la figure n°36

la majorité des dégustateurs ont donné les observations suivantes :

- **80 %** sont satisfaisantes de L'aspect et la couleur des deux couscous.
- **L'Odeur**; 76 % donnent une bonnes appréciation pour les deux couscous.
- **Gout** ;le couscous de blé dur est classé en 1^{er} place par 80 % après le CG par 72%
- **La texture** : excellente pour les deux couscous, la granulation des deux est homogène, le gonflement est meilleur. Evalué de 64 % CB et 80% CG .
- **Collant** : 68% des résultats d'observation montrent que les deux couscous sont pas collant..



A- Le couscous cuit à base de gland.

B- Le couscous cuit a base de blé dur.

Figure N° 37 : Présentation des deux plats étudiés de couscous après cuisson (photographie originale).

Conclusion

Le but de ce travail est de contribuer à la diversification de l'alimentation d'une population cœliaque algérienne et entrainer un produit qui a déjà une grande popularité en Algérie pour cette raison ,on a tester la qualité physico-chimique et organoleptique d'un couscous à base de semoule 100 % de gland sans gluten .

Selon Les résultats obtenus. l'évolution de la qualité de couscous a été faite selon les paramètres utilisé : taux de cendre, l'humidité, dosage du gluten, la granulation, test de cuisson, le gonflement et test de dégustation.

- Les analyses effectuées montrent que les deux variétés de couscous possèdent une humidité acceptable et conforme à la norme, ce qui assure un bon stockage et conservation.

-Sur le plan nutritionnel, les analyses effectuées sur la semoule du gland aboutissent à la conclusion suivante : un plat de couscous de gland nous apporte un taux élevé de cendres soit 2.35% ainsi dont le rôle est prépondérant dans l'accélération du transit intestinal, d'autre part l'absence totale du gluten fait que le couscous de gland peut présenter l'une des solutions pour les malades cœliaques.

-La qualité organoleptique de nos couscous sans gluten a été évaluée par analyses sensorielle, comparée à celle du couscous de blé dur. En effet, c'est le couscous témoin qui a été le mieux appréciée au niveau du goût et de l'odeur.

L'analyses de gonflement permettent d'apprécier la qualité culinaire du couscous, les résultats obtenus montrent que le pourcentage du collant est faible dans les deux couscous (CG :1.58% , CBD : 2.35%) ce qui favorise une bonne individualisation des grains de couscous lors de la réhydratation.

Après le test de cuisson, nous avons constatés que le couscous de gland analysé présente un bon gonflement lors de la réhydratation et une bonne absorption d'eau et surtout il ne colle pas, ce qui permet de dire qu'il est d'une bonne qualité culinaire et proche à celle du couscous témoin.

Enfin, il est souhaitable de poursuivre cette étude dans le cadre d'une étude nutritionnelle. Ce qui permettra de déterminer l'efficacité des produits obtenus sur le plan de la nutrition préventive.

Perspectives :

En terme de perspectives, ce travail mériterait d'être complété par :

- La réalisation d'essais produits a base de gland tels que la panification, les biscuit, les muffins, les boissons et les soupes.

- Faire des études techniques et économiques préalable afin de trouver des moyens permettant de diminuer les coûts de production pour assurer une qualité supérieure à des prix compétitifs.
- Le contact d'industriel en vue de l'industrialisation des produits sans gluten fabriqués et participer ainsi réellement à la diversification de l'alimentation des malades cœliaques algériens.

Références bibliographiques

Ouvrages

1. **Abecassis J.**, (1991) : Qualité du blé dur, de la semoule et des pâtes alimentaires. Industries des céréales 72 :p7-11.
2. **Abecassis, J.** (1987). La mouture d'essai du blé dur : Recherche et applications industrielles. Mémoire d'ingénieur. Ed. Ecole nationale supérieure de meunerie et des industries céréalières.158p.
3. **Abecassis, J.** (1996) : nouvelles possibilités d'apprécier la valeur meunière et la valeur semoulière des blés .Ind . Céréale, 81, pp : 25-28.
4. **Ait saada D., Ait chabane O., Selselet-attou G., Boudroua K et Kedam R.,** 2017. Essais nutritionnels de la farine des glands en alimentation du poulet de chair (caractéristiques organoleptiques- biochimiques- digestives et diététiques). Salon National sur l'investissement dans le Domaine des forets .p1-29.
5. **Al-Rousan W.M., Ajo R.Y., Al-Ismail K.M., Attlee A., Shaker R. R. and Osaili T. M.,**2013. Characterization of Acorn Fruit Oils Extracted from Selected Mediterranean QuercusSpecies.554-560.
6. **Aluka, K., Faure, J. et Miche, J.C.,** (1985) : « Conditions d'une fabrication mécanique du couscous de maïs en Afrique de l'ouest »
7. **Baghem O.,** 2012 - Effet des Techniques Culturelles sur la Biodiversité Faunistique des céréales dans la zone Semi-aride. Mém. Magister Université Ferhat Abbas Setif Faculté des sciences de la nature et de la vie. 53 p.
8. **BahmaniMahmoud., ForouzanShirin., Fazeli-MoghadamEzatollah.,RafieianKopaei Mahmoud.,Adineh Ahmad and SaberianpourShirin,** 2015. Oak (Quercusbranti): An overview. Journal of Chemical and Pharmaceutical Research, 7(1), p 634-639.
9. **Bailly P.,** (1985) : Le blé dur. La semoulerie, industries des céréales, 36, pp5-12.
10. **Bainbridge David A.,** 1987. Use of Acorns for Food in California: Past, Present, Future. Dry
11. **Belaide, M.R., Belarbi, A. et Khendek, D.,** (1994) : « Rôle des mono glycérides dans l'expression de la qualité du couscous de blé dur complexation anylose-mono glycérides » ING INA El Harrach.
12. **Bernardo-Gil, M. G., Lopes, I. M. G., Casquilho, M., Ribeiro, M. A., Esquivel, M. M.,&Empis, J.,**2007. Supercritical carbon dioxide extraction of acorn oil.The Journal of SupercriticalFluids, 40(3), 344–348.

13. **Bonfils M.**, 2012. Les glands de chêne. Las Encatadas 011300 Festes ST. André. France. Boudy P., 1952 : Guide du forestier en Afrique du Nord, Ed : librairie agricole, horticole, forestière et ménagères, Paris, 505p.
14. **Boudreau A et Menard G**, (1992) : Le blé, éléments fondamentaux et transformation. 437p.
15. **Boukezoula F. et Zidoune M. N.** (2016). Le régime sans gluten en Algérie : observance, difficultés et problèmes d'application chez les malades cœliaques. *Annales des sciences de la santé*. 6(1): 12-20.
16. **Bowden WM.**, (1959)-The taxonomy and nomenclature of the wheats, berleys and ryes and their wild relatives", *Canadien journal of botany*, pp 657-684.
17. **Brink, M., Belay, G.** (2006). Ressources végétales de l'Afrique. Tropical 1 : céréales et légumes secs. Editeur, La dernière page, Pays-Bas.
18. **Calvel R.**, 1984 : La boulangerie moderne 10ème édition : Eryolles, Paris : 459p.
19. **Cheftel J.C.**, (1992) : Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. Techniques et documentation, V.I, pp.105-145.
20. **D. Dahmani-Megrerouche Malika.**, 2002. Typologie et dynamique des chênaies vertes en Algérie. Article forêt méditerranéennes t. XXIII, n° 2, p 117-132.
21. **D'egidio M.G., Pagani M.A.** (2010). Pasta and couscous: basic food of Mediterranean tradition. *Technica Motiloria International*. p61, 104-115.
22. **Dacosta Y.**, (1986) : Le gluten de blé et ses applications APRIA-Association pour la promotion industrielle agriculture.
23. **Dagher, S.M.** (1991). Traditional food in the Near East FAO food and nutrition paper 50, Rome, 161p.
24. **Debbouz A., Dick J.W., et Donnelly B.J.**, 1994. Influence of raw material on couscous quality. *Cereals food World*. n°39, PP :231- 236
25. **Derouiche M. (2003)**. Couscous. Enquête de consommation dans l'est algérien, fabrication traditionnelle et qualité. Thèse de Magister. INATAA. Université de Constantine. 125 p.
26. **Dexter J.E et Matsuo P.R.**, (1977): influence of protein contain on some durum wheat quality, *parametus can j plan SCI* 57, pp.712-727.
27. **E. Fredot**, *Connaissance des aliments*, ed., Lavoisier, Paris, 397 p, 2005.
28. **Feillet P.**, (1977) : La qualité des pâtes alimentaires : cahier NutDiet. pp 229-310.
29. **Feillet, P.** (2000). Le grain de blé, composition et utilisation, INRA, Paris, 308- 303P
30. **Feldman M.**, 2001 - Origin of cultivated Wheat. In Bonjean A.P. et W.J. Angus. Ed. *The world wheat book : a history of wheat breeding*. Intercept Limited. Andover. Angleterre : 3-58 p.

31. **FREDOT, E.** (2005). « connaissance des aliments ». Pages : 157 à 199. Edition TEC et DOC. Lavoisier-Paris.
32. **García-Gómez, E., Pérez-Badia, R., Pereira, J., & Puri, R. K.,** 2017. The Consumption of Acorns (from *Quercus* spp.) in the Central West of the Iberian Peninsula in the 20th Century. *Economic Botany*, 71(3), 256–268.
33. **Godon B. et Willm C.** 1998 : les industries de première transformation des céréales. 2^e tirage. Edition Tec & Doc, Lavoisier, Paris, pp 59-578.
34. **Godon, B et Willm, C.** (1991). Biotransformation des produits céréaliers: les constituants des céréales : nature, propriétés et teneurs. (Collection sciences et techniques agro-alimentaires). Paris, Lavoisier, p: 1-22.
35. **GODON, B. et WILLM, C.,** ‘‘Les industries de 1^{ère} transformation des céréales’’, Paris, Technologie et documentation, Lavoisier, (1998), 786p
36. **Godon, B. Willim, C.** (1988).Les industries de première transformation des céréales, 561p.
37. **Green, P.H., Jabri, B.**(2003). Coeliac disease. *Lancet*; 362: 383–91.
38. **Jeantet R., Croguennec T., Schuck P., Brule G.,** (2007) : La science des aliments : Stabilisation biologique et physico-chimique. Paris : Technique et documentation. Lavoisier. 452p
39. **Jolivet, B.**(2002). Le gluten, journal de pédiatrie et de puériculture n°3. Association française des intolérances au gluten (AFDIAG), 173p.
40. **Korus, A., Gumul, D., Krystyjan, M., Juszczak, L., & Korus, J.,** 2017.Evaluation of the quality, nutritional value and antioxidant activity of gluten-free biscuits made from corn-acorn flour or corn-hemp flour composites. *European Food Research and Technology*, 243(8), 1429–1438.
41. **L. CHARBONNIER, J. JOS, J. F. MOUGENOT, J. MOSS_E, Claude DEMARTEAU,** et al. Toxicite comparée de differentescereales pour les sujets intolerants au gluten. *Reproduction Nutrition Developpement*, 20 (4B), pp.1369-1377 (1980).
42. **Lecoq R,** (1965). Manuel d’analyse alimentaire et d’expertise usuelle. Paris Doin, pp 941-979.
43. **Lopes, I. M. G., & Bernardo-Gil, M. G.,** 2005.Characterisation of acorn oils extracted by hexane and by supercritical carbon dioxide. *European journal of lipid science and technology*, 107(1), 12–19.
44. **Malamut G. et Cellier C.** (2013). Manifestations de la maladie cœliaque de l’adulte. *Patho. Biol. Paris. ElsevierMasson* .61(3). 47–51

45. **Marsh. M.N.**(1992). Gluten major histocompatibility complex, and the small intestine. *Gastroenterology* ; 102: 330–54.
46. **Marché du blé dur - France**, Union européenne, Monde (2019-2020)
47. **Matuchansky C., Vahedi K., Morin M.C., Bonthnik Y.** Régime sans gluten et maladie cœliaque de l'adulte *Gastroenterol. Clin Biol* ; 23 :B115-B123 (1999).
48. **Michel et et Rousset** 1998, Amélioration de la qualité des farines, publiées dans *Les industries de premières transformations des produits céréaliers*, Lavoisier, chap.2 p 36, chap.4 p 97.
49. **Mouterde O., Dumant C. et Mallet E.** (2011). Les manifestations de la maladie cœliaque chez l'enfant. *Patho. Biol. Paris. Elsevier Masson* 61
- 50.
51. **Motquin, B** (2007) : « Guide pratique-manuel suisse des denrées alimentaires » 8p.
52. **Naik D, Seidner L, et Adams D.** (2018). Nutritional consideration in celiac disease and nonceliac gluten sensitivity. *Gastroenterology clinics of north America* volume 47 issue 1 2018 page 139-154.
53. **NIQUE, G., ET LASSERAN, J.C.**, 1989. « Guides pratiques, stockage et conservation des grains à la ferme ».
54. **Padilla M.**, Oberti B., (2000), *Alimentation et nourritures autour de la Méditerranée*, Karthala – Ciheam, Paris
55. **Parabhasankar P., Haridas P.**, 1999: lipids in wheat flower streams. *J. cereal- Sci.* 30 (3): p 315.
56. **Pasqualone, A., Makhoulouf, F. Z., Barkat, M., Difonzo, G., Summo, C., Squeo, G., & Caponio, F.**, 2019. Effect of acorn flour on the physico-chemical and sensory properties of biscuits. *Heliyon*, 5
57. **Paul, A. F., Houssu.** (2007). Segla.W .PADONOU, Mariene C.D.N.VODOUHE, Hermine.A.F.HOUSSU, Segla.W..PADONOU, Mariene
58. **Pignone, D., & Laghetti, G**, 2010. On sweet acorn (*Quercus* spp.) cake tradition in Italian cultural and ethnic islands. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 57(8), 1261–1266.
59. **Pujade-Villar Juli., Boukreris Fatima., Saimi Fethi., Bouhafs Fatima et Bouhraoua Rachid-tarik.**, 2010. Cynipidés gallicoles (Hymenoptera, Cynipidae) trouvées sur *Quercus suber* et *Q. faginea* dans le massif forestier de Hafir-Zarieffet (Tlemcen, Algérie) Et mise à jour de la connaissance des Cynipidés algériens. *Articulo de investigacion*, 34 (1-2), p183-198.

60. **Rakić S., Povrenović D., Tešević V., Simić M &Maletić R.,** 2006. Oak acorn, polyphenols and antioxidant activity in functional food. *Journal of Food Engineering*, 74(3), 416–423.
61. **Rashid Rafiq Mohamed Salih., SabirDlir Amin and Hawramee Othman K.,** 2014. Effect of sweet acorn flour of common oak (*Quercusaegilops L*) on Locally Iraqi pastry (Kulich) products. *Journal of ZankoySulaimani-Part A, Special Issue, Vol. 16, 2014. P* 244-249.
62. **Rossel P., Hubert C.,** 2002: les pains français évolution, qualité, production. Ed. MAE-ERTI.
63. **SarirRazika et BenmahioulBenamar.,** 2017. Etude comparative de la croissance végétative et du développement de jeunes semis de trois espèces de chênes (chêne vert, chêne liège et chêne zéen) cultivés en pépinière. *Agriculture and Forestry Journal. Vol. 1, Issue 1, pp.* 42-48.
64. **Salmi, M., Merbah, S.** (2015). Etude de la qualité globale des semoules du commerce algérien. Mémoire d'ingénieur. Université UMMTO, Tizi-Ouzou. 87P.
- 65.
66. **Silva S., Costa E M., Borges A., Carvalho A. P., Monteiro, M. J., &Pintado, M. M. E.,**2016. Nutritional characterization of acorn flour (a traditional component of the Mediterranean gastronomic folklore). *Journal of Food Measurement and Characterization*, 10(3), 584–588.
67. **Skendi, A., Mouselimidou, P., Papageorgiou, M., &Papastergiadis, E.,** 2018. Effect of acorn meal-water combinations on technological properties and fine structure of gluten-free bread. *Food Chemistry*, 253, 119–126.
68. **Vahedi, K.**(2001). Régime sans gluten : comment le faire ? Comment le suivre ?*Gastroenterol pratique*;130.
69. **Vinha, A. F., Barreira, J. C. M., Costa, A. S. G., & Oliveira, M. B. P. P,** 2016. A New Age for*Quercusspp.* Fruits: Review on Nutritional and Phytochemical Composition and Related Biological Activities of Acorns. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(6), 947–981.
70. **VizireanuCamelia., Istrati Daniela Ionela., Pricop Eugenia., ConstantinOana Emilia., Dima Felicia.,** 2018. Farine : production, variétés et nutrition. modern technologies, in the food industry. p 323.
71. **Zarroug-WederniYoukabed., MejriJamel., Bouanzi Hanna., El felahMouldi., HassounaMnasser.,** 2015. Caractérisation biochimique et valorisation de la farine du gland de chêne vert en panification. p1-9.

Articles et revues

1. **Arkoune. (2004).** L'ajout de la farine de blé tendre passé au crible. Revue RIA Avril 2009 par LATERCHE S.
2. **Benatallah Le, Zidoune M N, Oulamara H. et Agli A. (2006).** Formulation et fabrication de couscous à base de riz et de légumes secs pour malades coeliaques. Séminaire d'Animation Régional ' Technologies douces et procédés de séparation au service de la qualité et de l'innocuité des aliments ' INSAT – Tunis, Tunisie / 27 – 28 – 29 novembre 2006.
3. **Berrah, M., Benhassine, M.N. et Chaoui, N., (2000)** :« Actualités sur la maladie coeliaque de l'enfant », Société algérienne de pédiatrie, Table ronde, 9 nov. Alger.
4. **Boukezoula F. et Zidoune M. N. (2016).** Le régime sans gluten en Algérie : observance, difficultés et problèmes d'application chez les malades coeliaques. Annales des sciences de la santé. 6(1): 12-20.
5. **Brink, M., Belay, G. (2006).** Ressources végétales de l'Afrique. Tropical 1 : céréales et légumes secs. Editeur, La dernière page, Pays-Bas.
6. **Chandra, R. (1997).** Five-year follow-up of high-risk infants with family history of allergy who were breast-fed or fed partial whey hydrolysate, soy, and conventional cow's milk formulas. Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition;24(4):380-388.
7. **Codex Alimentarius 178-1991.** Norme codex pour la semoule et la farine de blé dur.
8. **Codex alimentarius.** Norme codex 202-1995. Norme codex pour le couscous
9. **Codex stand 178-1991. (Rév-1-1995)** Norme codex pour la semoule et la farine de blé.
10. **Codex stand 202-1995.** Norme codex pour le couscous.
11. **CODEX-ALIMENTARIUS, (2007).** OMS sur les normes alimentaires : Céréales, légumes secs, légumineuses et matières protéiques végétales, norme codex pour la semoule et la farine de blé dur. . Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires commission du codex alimentarius.
12. **Coskun F. (2013).** Production of couscous using the traditional method in Turkey and couscous in the world. Afr. J. Agric. Res. 8 (22), 2609-2615,
13. **Coulin P., Farah Z., Assanvo J., Spillmann H. And Puhani, Z. (2006).** Characterisation of the microflora of attieke, a fermented cassava product, during traditional small scale Sifpaf. (2012). La filière semoule, pâte et couscous. Comité française de la semoulerie industrielle.
14. **Doukani K, 2015,** Etude comparative entre le couscous industriel et le couscous à base de glands. Revue « Nature & Technologie ». B- Sciences Agronomiques et Biologiques, n° 13/ Juin 2015.

15. **Dube C, Rostom A, Sy R, Cranney A, Saloojee N, Garrity C, et al.** The prevalence of celiac disease in average risk and at-risk western European populations: a systematic review. *Gastroenterology*; 128:S57-S67 (2005)..
16. **Feillet P.**, 2000 : Le grain de blé: Composition et utilisation. INRA édition, Paris..
17. **Feldman M.**, 2001 - Origin of cultivated Wheat. In Bonjean A.P. et W.J. Angus. Ed. The world wheat book : a history of wheat breeding. Intercept Limited. Andover. Angleterre : 3-58 p .
18. **FRA (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture)**, Rapport national, Algérie.2010.
19. **Herbert Tilq, Robert Koch, Alexander R. Moschen.** Proinflammatory Wheat attacks on the intestine: Alpha-Amylase Trypsin Inhibitors as new players. *Gastroenterology*:144(7):1561-1563 (2013).
20. **ITGC.** (2014). Bulletin des grandes cultures N° 1 - m a r s 2 0 14.
21. **Keller R.**, 1987. Différentes variétés de chênes et leur répartition dans le monde.Écolenationale du génie rural, des eaux et des forêts. Laboratoire de recherches sur les produits forestiers I.N.R.A. - C.R.F. 14, rue girardet, 54042 nancy cedex (france). *Connaissance Vigne Vin*, 21, N° 3.
22. **Korus Jaroslaw., Witczak Mariusz., ZiobroRafał., JuszcakLeslaw.,** 2015. (The influence of acorn flour on rheological properties of gluten-free dough and physical characteristics of the bread. *Eur Food Res Technol*) . DOI 10.1007/s00217-015-2417-y.
23. **Kupper, C.(2.005)** Dietary guidelines and implementation for celiac disease. *Gastroenterology* ; 128 (4 Suppl 1): S121–7.
24. **Lebwohl, Sanders, et Green.** (2017). Coeliac disease.*The Lancet*. 6736(17)31796-8
25. **LIONETTI E, CATASSI C, Co-localization of gluten consumption and HLA-DQ2 and - DQ8** genotypes, a clue to the history of celiac disease, *Digestive and Liver Disease*, December 2014, Volume 46, Issue 12, Pages 1057-1063
26. **Lohi S, Mustalahti K, Kaukinen K, Laurila K, Collin P, Rissanen H, et al.** Increasing prevalence of celiac disease over time. *Aliment Pharmacol Ther*; 26:1217-25 (2007).
27. **Malamut G. et Cellier C. (2013).** Manifestations de la maladie cœliaque de l'adulte. *Patho. Biol. Paris. ElsevierMasson* .61(3). 47–51
28. **Madani, M.** (2009). Qualité technologique de quelques céréales (blé tendre, blé dur, orge et triticales) C /S du laboratoire de technologie de L'ITGC.

29. **Makhlouf, F. Z., Squeo, G., Difonzo, G., Faccia, M., Pasqualone, A., Summo, C., Barkat, M., Caponio, F.**, 2020. Effects of storage on the oxidative stability of acorn oils extracted from three different *Quercus* species, *Journal of the Science of Food and Agriculture*.
30. **Marché du blé dur** - France, Union européenne, Monde (2019-2020)
31. **Masmoudi, M., Besbes, S., Ali Bouaziz, M., Khlifi, M., Yahyaoui, D., & Attia, H.**, 2020. Optimization of acorn (*Quercus suber* L.) muffin formulations: Effect of using hydrocolloids by a mixture design approach. *Food Chemistry*, 127082.
32. **Melcion J.P.**, 2000. La granulométrie de l'aliment : principe, mesure et obtention. *INRA Prod. Anim. Paris*. vol. 13, n°2.
33. **Mouterde O., Dumant C. et Mallet E.** (2011). Les manifestations de la maladie cœliaque chez l'enfant. *Patho. Biol. Paris. Elsevier Masson* 61
34. **Naik D, Seidner L, et Adams D.** (2018). Nutritional consideration in celiac disease and nonceliac gluten sensitivity. *Gastroenterology clinics of north America* volume 47 issue 1 2018.
35. **OCDE/FAO (2018)**, « Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO », *Statistiques agricoles de l'OCDE (base de données)*,
36. **Rewers M.** Epidemiology of celiac disease: what are the prevalence, incidence, and progression of celiac disease. *Gastroenterology*; 128: S47-S51 (2005).
37. **Tkoub E.M. (2008)**. Maladie cœliaque de l'adulte. *Revue française d'allergologie et d'immunologie clinique Elsevier Masson* .48 .S27-S31
38. **Tkoub E.M. (2008)**. Maladie cœliaque de l'adulte. *Revue française d'allergologie et d'immunologie clinique Elsevier Masson* .48 .S27-S31
39. **Vader W, Stepniak D, Kooy Y, et al.** The HLA-DQ2 gene dose effect in celiac disease is directly related to the magnitude and breadth of gluten-specific T cell T responses. *Proc Natl Acad Sci USA*;100:12390-12395 (2003)
40. **VIERLING ,E(1998)**: expression ;purification et activité chaperon moléculaire des petites protéines de choc thermique recombinants de plantes.29:350-365
41. **Zarkadas, M., Scott, F., Salminen, J., Ham Pong, A.**(1999). Etiquetage des aliments allergènes courants au Canada - *Revue de la littérature. Canadian Journal of allergy and clinical immunology*;4(3):118-141.

1. **Aliouane N et Mohammedi Z**, (2006) : Aptitude de quelques variétés de blé dur algérienne et à la fabrication du couscous artisanal. Mémoire Ing, Biologie, Univ Blida.89p
2. **Benia Farida.**, 2010. Étude de la faune entomologique associée au chêne vert (*Quercus ilex*L.) dans la forêt de Tafat (Sétif, Nord-est d'Algérie) et bio-écologie des espèces les plus représentatives. Thèse de Doctorat d'état es- sciences. Université Ferhat Abbas. Sétif. 229 p.
3. **Berrichi M.**, 2011. Détermination des aptitudes technologiques du bois de *Quercus rotundifolia* Lamk et possibilités de valorisation. Thèse Doctorat en forestier. Univ. Abou Bakr Belkaid Tlemcen Algérie, 149 p.
4. **R. Benlachehab** (2008). Scores lipidiques de certains plats traditionnels consommés à Constantine, Thèse de Magister, INATAA. Université de Constantine, 175 p, 2008
5. **E. Fredot , Connaissance des aliments, ed., Lavoisier, Paris, 397 p ,2005.**
6. **Boucheham N.**, (2009) : Aptitude technologique de trois formules à base de riz pour la fabrication de couscous sans gluten. Mémoire de Magister, université de Mentouri de Constantine (INATAA), 71p.
7. **Derouiche M.**, (2003) : « Couscous- Enquête de consommation dans l'Est algérien, fabrication traditionnelle et qualité », Thèse de Magistère, DNATAA, Université de Constantine, 125p.
8. **Guezlane L et Abecassis J.**, (1991) : « Méthodes d'appréciation de la qualité culinaire du couscous de blé dur », IAA Novembre, 66-71p.
9. **Guezlane L**, (1993) : Mise au point de méthodes de caractérisation et étude des modifications physico-chimiques sous l'effet de traitement hydrothermique en vue d'optimiser la qualité du couscous du blé dur. Thèse de Doctorat. INA. El Harrache.
10. **Hubert François.**, 2013. Reconstructions phylogénétiques du genre *Quercus* à partir de séquences du génome nucléaire et chloroplastique. Thèse de doctorat, université de Bordeaux I, 285p.
11. **Keddou, R.**, (2001) « Acceptabilité, ingestibilité et digestibilité des glands de chêne vert et chêne liège ». Thèse magistère, INA EL Harrach, pp9-47.
12. **Kellou, R.** (2008). Analyse du marché algérien du blé dur et les opportunités d'exportation pour les céréales françaises dans le cadre de pôle de compétitivité quali- méditerranée, le cas des coopératives sud céréales, groupe coopératif occitan et Audecoop, Master of Science, n°93, 169p.
13. **Kellou, R.** (2008). Analyse du marché algérien du blé dur et les opportunités d'exportation pour les céréales françaises dans le cadre de pôle de compétitivité quali- méditerranée, le

cas des coopératives sud céréales, groupe coopératif occitan et Audecoop, Master of Science, n°93,169p.

14. **Kherrif A.**, (1996) : Effet de la variation protéique sur l'expression de la qualité technologique du couscous du blé dur. Thèse magistère, INA EL harrach, 61p.
15. **Lands Research Institute**, University of California, Riverside. From the Selected Works of David A Bainbridge. Pp. 453-458.
16. **Mariche O.**,(2000) : Effet de la fertilisation azotée sur la qualité technologique de deux variétés de blé dur. (Triticum durum desf). Mémoire Ing. Blida
17. **Mezroua L.**, 2011. Etude de la qualité culinaire de quelques couscous industriels et artisanaux et effet d'adjonction de la matière grasse durant la cuisson .Thèse de Magister en science alimentaire .option Technologie alimentaire ,INTAA . Université de Constantine .PP :117..
18. **R. Benlachehab** (2008). Scores lipidiques de certains plats traditionnels consommés à Constantine, Thèse de Magister, INATAA. Université de Constantine,175 p, 2008
19. **S. Camara** , Composition chimique des glands de chêne vert crus autoclavés à 80°C et 110°C pendant 1 heure, Thèse d'ingénieur d'état en Agronomie, Université de Mostaganem, 82 p, 1992
20. **Salmi, M., Merbah, S.** (2015). Etude de la qualité globale des semoules du commerce algérien. Mémoire d'ingénieur. Université UMMTO, Tizi-Ouzou. 87P.
21. **Valero Galván.**, 2012. Variabilidad poblacional en encina (quercus ilex subsp. ballota (desf.)samp.): morfometría, espectroscopía de infrarrojo cercano y proteómica. these doctorat. Université de cordoba.179p.
22. **Yousfi L.**, (2002) : « Influence des conditions de fabrication sur la qualité du couscous industriel et artisanal », Thèse de Magistère, DNATAA. Université de Constantine, 141p.

Site internet

1. Anonyme., (2003) : « les céréales en Algérie » www.lefinancier-blé.com
2. Dossier de presse A.F.D.I.A.G. Association française des intolérants au gluten. www.afgiag.fr (2014),
3. ITGC., 2018 - <http://www.itgc.dz/>.
4. www.larousse.fr/encyclopedie/divers
5. www.snv.jussieu.fr/bmedia/fruits/gland.htm (Biologie et Multimédia -UFR des sciences de la vie - Sorbonne université).
6. **Anonyme** ,2009 : santé canada maladie coéliqua lien au gluten p8.
7. **Anonyme** ,1999 :influence de la granulométrie sur le couscous Ing.INA ELharrache.

Annexes

Annexe 1: Appareillage, verrerie.

Appareillage :

- Tamis granulométrique Balance
- Dessiccateur Étuve
- Broyeur Four à moufle

Verreries :

- Tube à essai
- Béchers
- Capsules en porcelaine (pour le four à moufle)
- Pipettes graduées
- Burette
- Éprouvette graduée

Annexes 02 :



1-semoule de gland



2 -hydratation de semoule



3- roulage



4-tamisage



5-hydratation2



6-tamisage2



7-précuisons de couscous humide



8- tamisage de couscous

Annexes 03 : Appareillages utilisés



Balance analytique



Dessiccateur



Etuve multicellulaire



Four à moufle pour le dosage de l'eau le dosage des cendres



L'infratech



Balances



Plansichter avec tamis « granulométrique »



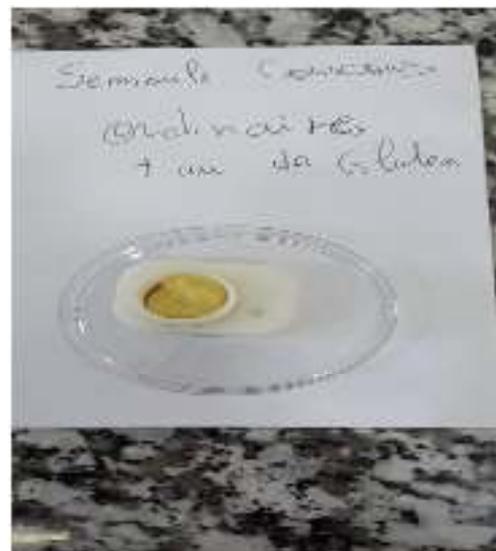
Glutorex pour le séchage du Gluten humide



Incinération de l'échantillon



Gluten sec



gluten humide

Annexe 04 : Etudes statistiques

Humidité:

production couscous	1	2	3	Moyenne	témoin
essai1	6,2	9,97	9,9	8,69	12,5
essai2	7,8	6,2	9,98	7,9933333333	12,15
MOY				8,341666667	12,325

production semouleE	1	2	3		témoin
essai1	9,86	9,86	9,88	9,866666667	14,2
essai2	9,89	9,89	9,9	9,8933333333	14
MOY				9,88	14,1

Cendre:

Production couscous	1	2	3	MOY des MOY des essais	Couscous de blé
essai1	2,06	2,06	2,06	2,06	0,99
essai2	2,06	2,06	2,06	2,06	1
MOY				2,06	0,995

semoule	1	2	3	MOY des MOY des essais	semoule de blé
essai semoule 1	2,15	2,17	2,12	2,146666667	0,92
essai semoule 2	2,2	2,15	2,17	2,1733333333	0,89
semoule de gland				2,16	0,905

Gluten:

gluten sec Témoin	
E1	10,7
E2	11,9
Moy gluten sec	11,3

GLUTEN INDEX Témoin	
E1	38,19
E2	38,13
Moy gluten index	38,16