

REPUBLIQUE ALGERIENE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTER DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE SAAD DAHLEB BLIDA



FACULTE DES SCIENCE DE LA NATURE ET DE LA VIE

Département D'agro-alimentaire

MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de MASTER en

Spécialité : Nutrition et pathologie

Filière : Science alimentaire

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Thème

**Aptitude technologique de formules à base de riz pour la
fabrication de couscous sans gluten.**

Présenté par :

BENAISSA INES

MOULAY FERIEL

Dr BENLEMANE Samira

MCB

Président

Dr ABDELLAOUI Zakia

MCB

Promotrice

Melle REBZANI Feriel

M AA

Examineur.

Année universitaire 2019-2020

REMERCIEMENTS

Nous remercions Dieu, le tout puissant de nous avoir donné la volonté, la patience et la santé pour réaliser ce travail.

Nos remerciements, avec un grand plaisir, nos enseignants et notre promotrice, Mme ABDELLAOUI. Z qui a bien voulu nous encadrer, nous orienter et a suivi notre travail avec une extrême bienveillance.

Nos sincères remerciements vont aux membres du jury pour avoir bien voulu accepter de faire partie de la commission d'examineurs.

Enfin nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail, qu'ils trouvent ici l'expression de nos parfaites reconnaissances et n'oublions pas nos chers professeurs qui nous ont transmis leur savoir pendant toutes ces années d'études à la faculté des Sciences de la nature et de la vie ainsi que nos camarades de promotion.

Ines et Ferial

Dédicace

C'est avec énorme joie et un infini plaisir, que je dédie ce
modeste Travail aux plus chères personnes de ma vie :

Que Dieu le tout puissant l'accueille en son vaste Paradis

A ma très chère mère et mon père que je ne remercierai jamais

Assez pour ses sacrifices, que Dieu lui donne longue vie

A ma sœur Abir et A mes frère Youcef, Aboubaker

Et Mohamed

A toutes Ma famille BENAÏSSA et Ma famille MEZOUARI

Benaïssa Ines

Dédicace

Ce travail est dédié à :

-Les plus chères a mon cœur mes parents, ma mère et mon père
Qui m'ont toujours Poussé et encouragé pour terminée ce
que j'ai Commencé.....

- Mes sœurs et mon frère : Imane ,
Titoum , Walid je vous remercier
Pour soutien

- A Mon amour, Mon fiancé qui m'a
toujours soutenue, encouragé, il a été Toujours à mes
cotés.

- A mon grand père Mohamed il m'est très cher.

-A mes nièces Nihal . Rahaf

Feriel

Résumé

En Algérie, les malades cœliaques se plaignent d'un manque d'aliment de consommation Courante mais ne contenant pas de gluten. Ce travail a pour objectif principal la fabrication de Couscous sans gluten à partir de deux formules à base de riz et de légumes secs : riz-féverole (RF) et riz-pois chiche (RPC) avec des taux différents d'incorporation de légumes secs dans le riz de 10%, 20% et 30%.

Nous avons évalué le différent paramètre physico-chimique et technologique des semoules de riz et légumes secs ainsi que la qualité de produit fini.

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

Les analyse technologiques effectuées sur les couscous sans gluten, nous ont permis de révéler une capacité de gonflement, un poids inférieure et une qualité organoleptique moindre notamment au niveau de la couleur et de l'odeur et cela par rapport au couscous témoin. Néanmoins le meilleur couscous sans gluten qui à été apprécié est celui de couscous riz- féverole 30%.

Mot clé : maladie cœliaque, riz-pois chiche, riz- féverole, qualité technologique.

ABSTRACT

In Algeria, celiac patients complain of a lack of gluten-free foods. The main objective of this work is the manufacture of couscous without gluten from 2 formulas based of rice and dried legumes : rice- horse beans (RF), rice- chickpea (RPC).while varying the rate of incorporation of legumes in rice (10%, 20%,30%) .

We have evaluated the various physico-chemical parameters , technological rice meal and légumes and their relationship with the quality of the finished product .

The physicochemical analyzes of meal and couscous without gluten allowed us to reveal : water contents conform to the standards which minimizes the risk of damage during packaging and Storage.

Technological analyzes of couscous without gluten allowed us to be compared with witness couscous : a lower swelling capacity, and a lower organoleptique quality, particly in the color and smell

Keywords: celiac disease, rice – horse bean, rice- chickpeas.

TABLE DES MATIERES

Introduction	1
ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	2
Chapitre I : La maladie cœliaque	
I.1 Définition.....	3
I.2 Epidémiologie	3
I.3 La physio pathogénie.....	4
I.4 Formes de la maladie cœliaque	5
I.5 Complication	7
I.6 Traitement : régime sans gluten	8
II Chapitre II .ALIMENTS PROPOSES POUR FORMULATIONS SANS GLUTEN	
II.1 Le riz.....	11
II.1.1 Généralités.....	11
II.1.2 Classification du riz.....	11
II.1.3 Structure du grain de riz.....	12
II.1.4 Traitement du riz	13
II.1.5 Valeur nutritionnelle	14
II.1.6 La qualité culinaire du riz	15
II.1.7 Les facteurs antinutritionnels	16
II.2 Les légumes secs	16
II.2.1 Généralités.....	16
II.2.2 Classification.....	17
II.2.3 Valeur nutritionnelle des légumes secs	18
II.2.4 Les facteurs antinutritionnels	19
II.2.5 Combinaison de légumes secs et de céréales	20

Chapitre III. Aptitude à la fabrication de couscous

III.1	L'origine et définition de couscous	23
III.2	Procédés de fabrication de couscous	23
III.2.1	Le procédé artisanal de fabrication de couscous.....	24
III.2.2	Procédé industriel de fabrication de couscous	26
III.3	Qualité de couscous	28

Partie expérimental

chapitre I : materiel et methode

I.1	Lieu de stage.....	30
I.2	Matières premières utilisées	30
I.2.1	Semoule de blé dur	30
I.2.2	Le Riz.....	30
I.2.3	Les légumes secs.....	31
I.2.4	L'eau	31
I.2.5	Le sel :.....	31
I.3	Préparation des matières premières pour la fabrication	31
I.4	Formulation sans gluten	33
I.5	La fabrication du couscous.....	33
I.5.1	Matériel utilisé	33
I.5.2	Les étapes de fabrication de couscous.	34
I.6	Caractérisation physico-chimique des semoules et des couscous :.....	37
I.6.1	Granulométrie	37
I.6.2	Taux d'humidité.....	38
I.6.3	Dosage des cendres	39
I.7	La qualité culinaire	40
I.7.1	Gonflement	40
I.7.2	Teste de cuisson :.....	41

I.7.3	Evaluation sensorielle des couscous cuits	41
-------	---	----

Chapitre II : Résultat et discussion

I.	Caractéristique physico-chimiques des matières premières	45
I.1	La composition chimique des matières premières.....	44
I.1.1	Teneur en eau.....	44
I.1.2	Teneur en cendres	45
I.2	Distribution granulométrique des matières premières.....	46
II	Caractéristique physico-chimiques des produits finis(couscous)	48
II.1.	Détermination de la composition chimique des produits finis.....	49
II.1.	Teneur en eau	49
II.2	Teneur en cendres	50
II.2	Distribution granulométrique des différents couscous	52
III	Etude de la qualité technologique du couscous	53
III.1	Le gonflement à froid et à chaud.....	53
III.2	Test de cuisson.....	57
III.3	Evaluation sensorielle.....	59
	Conclusion	62

Liste de figures

Figure1 : Pathogenèse de la maladie cœliaque.....	5
Figure2 : Le modèle de l'iceberg proposé pour la maladie cœliaque.....	7
Figure3 : Structure de grain de riz.....	12
Figure 4 : Usinage de riz.....	13
Figure5 : Préparation traditionnelle de couscous.....	24
Figure6 : Diagramme de fabrication artisanal de couscous.....	25
Figure7 : Diagramme de fabrication industrielle de couscous	27
Figure08 : Le riz utilisé dans la fabrication de couscous.....	30
Figure09 : Légumes secs utilisés.....	31
Figure10 : Moulin domestique à bras.....	32
Figure11 : Matériel de fabrication artisanale de couscous	34
Figure 12 : Roulage de semoule.....	35
Figure13 : Tamisage de couscous.....	36
Figure 14 : Pré cuisson de couscous.....	37
Figure15 : Séchage de l'aire libre.....	37
Figure16 : Matériel utilisé pour le tamisage de couscous.....	39
Figure17 : Matériel utilisé pour la détermination le taux humidité.....	40
Figure18 : Gonflement de couscous.....	42
Figure19 : Teneur en eau de semoules.....	45
Figure20 : Teneur en cendre de semoules.....	46

Figure21 : Granulométrie de différentes semoules étudiées.....	48
Figure22 : Teneur en eau des échantillons de couscous.....	50
Figure23 : Teneur en cendre des échantillons de couscous.....	51
Figure24 : Granulométrie de couscous témoin.....	52
Figure25 : Granulométrie de couscous riz- féverole (10% ,20%,30%)	52
Figure26 : Granulométrie de couscous riz- pois chiche (10% ,20%,30%)	53
Figure27 : Le gonflement à froid et à chaud de couscous riz-féverole de 10% (A), 20%(B), 30% (C)	55
Figure28 : Le gonflement à froid et à chaud de couscous riz-pois chiche de 10% (A), 20%(B), 30% (C)	56
Figure29 : Poids des différents couscous après cuisson.....	58

Liste des tableaux

Tableau0 1 : Les aliments autorisés et non autorisés dans un régime sans gluten.....	9
Tableau02 : Principaux des valeurs nutritionnelles de riz cru.....	15
Tableau03 : Principales familles de composés antinutritionnels présents dans les graines des légumineuses.....	20
Tableau 04 : Classification par ordre décroissant des tamis utilisées pour chaque échenillons.....	38
Tableau05 : Paramètres chimiques mesurés.....	44
Tableau06 : Paramètres chimiques des différents types de couscous	49
Tableau07 : Teste de cuisson réalisée sur les échantillons de couscous étudiée.....	57
Tableau08 : Résultat de teste de dégustation.....	60

Abréviations

C° : Degré Celsius

Um : Micromètre

AFNOR : Association Française de Normalisation

Criz-fev : couscous riz- féverole

Criz-pc : couscous riz-pois chiche

CT : couscous témoin

CRF : couscous riz-féverole

CRPC : couscous riz- pois chiche

S fév : la semoule de féverole

S pc : la semoule de pois chiche

S riz : semoule de riz

g : gramme

H : heure

IgE : Immoglobuline de type E

MC : maladie cœliaque

MG : matière grasse

mg : milligramme

Min : minute

ml : millilitre

mm : millimètre

CRF : couscous riz-féverole

CRPC : couscous riz- pois chiche

S fév : la semoule de féverole

S pc : la semoule de pois chiche

S riz : semoule de riz

Introduction

Introduction

La maladie cœliaque – ou intolérance au gluten – est une entéropathie auto-immune induite par l'ingestion de gluten chez des sujets génétiquement prédisposés (**DENERY-PAPINI *Et al*, 2001 ; MATUCHANSKY *et al*, 2004**).

La maladie cœliaque est causée par des protéines de réserve, les prolamines (gliadine, sous-unité du gluten de blé), contenues dans certaines céréales et leurs hybrides (blé, orge, seigle et probablement l'avoine) (**HEKENS, 1993 ; MATUCHANSKY, 2004**).

Les manifestations se produisent quelle que soit la forme d'utilisation des céréales. Les effets délétères sont divers : malabsorption de nombreux éléments nutritifs (fer, acide folique, calcium, vitamines liposolubles, protéines), retard de croissance chez les enfants, risque d'ostéoporose chez les adultes. Lorsque la maladie cœliaque n'est pas traitée, les risques à long terme de lymphomes, cancers de la bouche, du pharynx, de l'œsophage sont significativement augmentés (**ANCELLIN *et al*. 2004**).

En Algérie, les malades cœliaques souffrent d'un manque d'aliments sans gluten de consommation courante. Sur le marché, les produits alimentaires importés pour cette tranche de population sont onéreux, pas à la portée de tous et ne subviennent pas à la demande. Les majorités des aliments souhaités par les malades sont notamment des aliments traditionnels locaux, non disponibles sur le marché ou trop chers (**BENATALLAH *et al*. 2004**).

Conscients des difficultés d'application du régime sans gluten, et du risque de perte de la convivialité voire l'exclusion sociale des malades, cette étude se fixe pour objectif la formulation et la fabrication de couscous sans gluten à base de riz et de légumes secs. Pour répondre à cet objectif, les deux formules sans gluten qu'étaient envisagées sont ici testées. Il s'agit d'un mélange du riz avec l'un de ces deux légumes secs : féverole, pois chiche.

L'aptitude technologique des deux formules à donner un couscous est étudiée à travers une fabrication traditionnelle avec appréciation des caractéristiques technologiques des couscous obtenus avant et après cuisson.

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

I Chapitre I : La maladie cœliaque

I.1 Définition

Le mot cœliaque signifie littéralement l'abdomen. Cœliaque vient du mot latin coeliacus, qui vient du mot grec koiliakos. Koilia en grec signifie l'abdomen. Aux États-Unis, la maladie est écrite « celiac » tandis qu'en Grande-Bretagne elle est écrite « coeliac » (THOMPOSON, 2008).

La maladie cœliaque est une entéropathie auto-immune chronique induite par le gluten chez des sujets génétiquement prédisposés (LAMIREAU et CLOUZEAU, 2013). Elle se traduit par une atrophie de la muqueuse du grêle proximal, régressive après exclusion alimentaire du gluten de blé et des prolamines équivalentes des autres céréales réputées toxiques : seigle et orge (CLOT et al, 2001), (MOUTERDE et al. 2008).

I.2 Epidémiologie

Un nombre énorme d'études a récemment prouvé que la maladie cœliaque est l'un des désordres perpétuels les plus communs affectant l'homme dans beaucoup de zones du monde (CATASSI et FASANO, 2008 ; ROSTAMI et VILLANACCI, 2009).

La prévalence de la maladie a été estimée à environ 0,5 % - 1 % dans différentes régions du monde (NAIJYANA et al, 2012), elle varie d'un pays à l'autre en raison de facteurs génétiques et environnementaux (JADOUL, 2003). Elle a augmenté brusquement ces dernières années en raison d'une meilleure identification de la maladie et de ses désordres associés (MARY et NIEWINSKY, 2008).

Cette maladie touche surtout les populations d'Europe du Nord, ainsi que celles d'Afrique du nord (GEORGIA MALAMUTE et al, 2015). Des estimations de sa fréquence parmi les personnes d'origine européenne varient entre 1 sur 300 et 1 sur 500. Parmi les Irlandais la prévalence atteindrait 1 sur 132, tandis que la prévalence moyenne au Royaume-Uni serait de 1 sur 100 (ROSTOM A et al, 2006).

La maladie est exceptionnelle chez les noirs africains, les chinois et les japonais (CELLIER,2001).Les populations ayant une alimentation historiquement sans gluten (depuis plus de 2 ou 3 millénaires) sont moins touchées comme dans la corne de l'Afrique , ou bien en Asie - plus précisément en Extrême-Orient - où la population locale consomme principalement du riz.(DONALD et al, 2000).

Dans l'Est algérien, la prévalence de la maladie cœliaque en 2003 était de 1,4‰ à Guelma, 1,7‰ à Mila et 0,88‰ à Khanchela. La prévalence moyenne calculée sur les trois villes est au moins 1,33‰ (BENATALLAH, 2009).

A Oran, la prévalence de la maladie coeliaque symptomatique au 31 décembre 2007 pour des enfants de moins de 15 ans était de 1,09‰ (BOUDRAA et al, 2008).

La maladie cœliaque a deux pics de fréquence, avec une révélation soit dans la petite enfance, le plus souvent entre six mois et deux ans, c'est-à-dire après l'introduction du gluten dans le régime alimentaire, soit à l'âge adulte, le plus souvent entre 20 et 40 ans. Les formes à révélation tardive (après 65 ans) ne sont cependant pas rares (DDONALD .D et al, 2000)

Les femmes sont plus atteintes que les hommes (WINGREN CJ et al, 2012), à raison de 2 à 3 pour 1 (CELLIER, 2001).

I.3 La physio pathogénie

La cœliaquie se situe au carrefour entre auto-immunité et désordre génétique. Il s'agit d'une réponse immunitaire anormale à certains peptides contenus dans le gluten. Le gluten est une protéine de stockage que l'on trouve dans le blé, l'orge et le seigle. Durant les étapes de digestion, le gluten est fragmenté en peptides de taille variable qui ont tous un potentiel immunogène. La gliadine est l'un des peptides contenus dans le gluten survivant aux étapes de digestion et ayant la capacité de passer à travers l'épithélium digestif et stimuler le système immunitaire sous-jacent. L'affinité de la gliadine est fortement augmentée par des modifications biochimiques apportées par la transglutaminase tissulaire de type 2 (tTG2) 1 (MALAMUTE, 2012)

Chez des individus génétiquement prédisposés (HLA-DQ2/DQ8), les résidus glutamines de la gliadine ingérée sont convertis en glutamates sous l'effet de la

transglutaminase tissulaire (étape 1). La gliadine modifiée est prise en charge par les cellules présentatrices de l'antigène (porteuses des molécules HLA-DQ2/DQ8) et active des cellules T CD4+ spécifiques du gluten (étape 2). Ces cellules produisent de l'interféron γ (IFN γ) et de l'interleukine 21 (IL-21) et aident à générer des réponses =anticorps spécifiques du gluten et de la transglutaminase (étape 3). L'IFN γ et l'IL-21 induisent une production massive d'IL-15 (étape 4). L'IL-15 active les lymphocytes intra épithéliaux qui tuent les cellules épithéliales (étape 5). La destruction des cellules épithéliales conduit à l'atrophie des villi intestinaux (figure1) ;(MALAMUTE 2012).

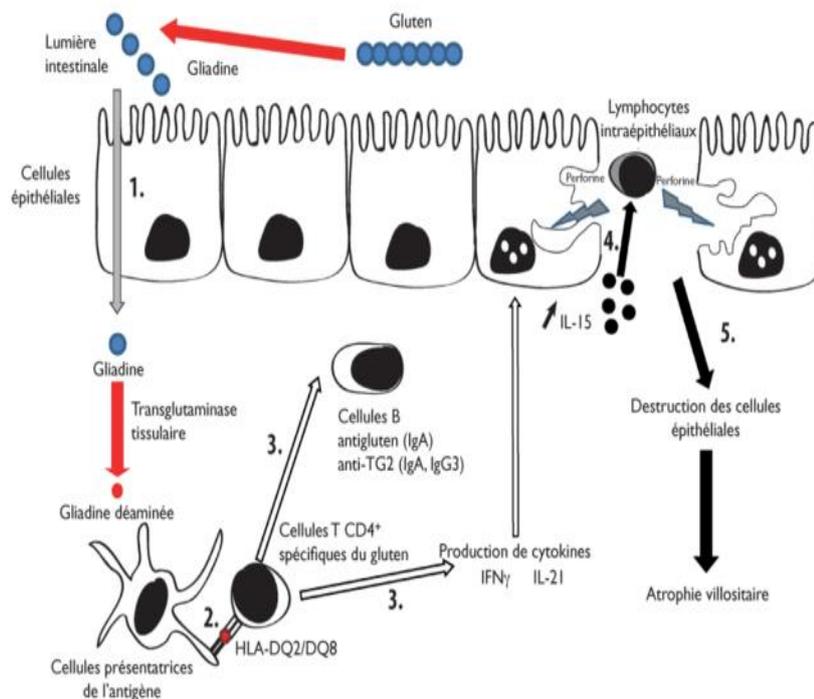


Figure 1. Pathogénèse de la maladie cœliaque

I.4 Formes de la maladie cœliaque

Cinq phénotypes de la maladie sont identifiés (ROSTOM et al. 2006 ; PWELL ,2008 ; SCHMITZ et GARNIER-LENGLINE, 2008) :

➤ **Classique (typique)**

Patients présentant des signes et des symptômes de malabsorption ou de malnutrition.

➤ **Atypique :**

Patients présentant les maladies et les désordres énumérés, ou avec courte stature, infertilité, histoire d'avortement ou des bébés de bas poids de naissance.

➤ **Silencieuse**

Patients sans symptômes ou maladies gastro-intestinales associées à la maladie cœliaque. Cette forme est caractérisée par des sérologies positives et une atrophie villositaire de sévérité variable.

➤ **Latente :**

Patients qui sont asymptomatiques, la sérologie positive est isolée et la muqueuse intestinale étant morphologiquement normale avec parfois seulement une augmentation de la proportion des lymphocytes intra-épithéliaux. La maladie est bien porteur des gènes HLA DQ2/DQ8.

➤ **Réfractaires**

Maladies cœliaques ne répondent pas à un régime sans gluten et sont sujettes pour développer une duodéno-jéjuno-iléite ulcéreuse ou des lymphomes.

Le modèle de l'iceberg (figure 2) illustre l'existence de formes atypiques, silencieuses, et même latentes, plus fréquentes que la forme typique (**FERGUSON et al, 1993**) (**WEST et al, 2007**)

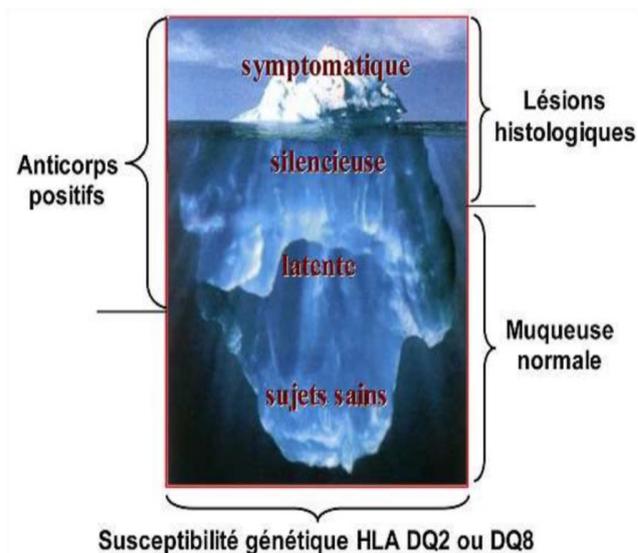


Figure (2). Le modèle de l'iceberg proposé pour la maladie cœliaque. (Gruz, 1999).

I.5 Complication

La plupart des recherches identifient la maladie cœliaque comme un désordre multi-systémique. Ceci signifie qu'il peut avoir un effet sur différents systèmes du corps (**BOWER *et al.* 2007**). Les complications de la maladie cœliaque sont nombreuses et diverses, nutritionnelles (retard de croissance chez l'enfant, dénutrition, carences vitaminiques), hématologiques (anémie), osseuses (ostéoporose fracturaire), gynécologiques (troubles de la fécondité), cardiovasculaires (coronaropathie et thromboses veineuses), neurologiques (neuropathie périphérique), et hépatiques (cytolyse, cirrhose). La maladie cœliaque est associée à un sur-risque de maladies auto-immunes (diabète type I, thyroïdites) et surtout de cancer (cancer des voies digestives supérieures, carcinome hépatocellulaire, lymphomes). Sur le plan digestif, les principales complications sont la colite microscopique et la sprue réfractaire, marquée par une résistance au régime sans gluten. Celle-ci peut s'accompagner d'une hyper lymphocytose intra épithéliale monoclonale (sprue réfractaire de type II), véritable lymphome cryptique dont le risque évolutif est le lymphome T invasif, qui complique une maladie cœliaque sur 1000. Le régime sans gluten à vie protège en grande partie de

la survenue de la plupart des complications et corrige la surmortalité associée aux complications (j.patbio, 2011)

I.6 Traitement : régime sans gluten

Le but global du traitement dans la maladie cœliaque est de soulager les symptômes, d'obtenir une régression des lésions de la muqueuse intestinale, de corriger les anomalies biologiques, et de prévenir le risque des complications néoplasiques à long terme notamment celui de lymphome intestinal.

Le traitement actuel de la maladie cœliaque repose sur un régime sans gluten à vie. Ce régime permet dans la plupart des cas d'obtenir la guérison clinique, la normalisation histologique et de prévenir les complications.

Le régime sans gluten consiste à supprimer de l'alimentation tous les ingrédients contenant l'une des céréales toxiques : le blé, le seigle et l'orge. Ces céréales seront substituées par d'autres céréales comme le riz ou le maïs.

Le régime sans gluten signifie une élimination complète du gluten de l'alimentation car même des traces peuvent être toxiques.

La dose quotidienne de gluten « tolérable » n'est pas définie et elle varie sûrement d'un patient à l'autre. Mais elle est certainement très basse, de l'ordre de plusieurs milligrammes de gluten (10 à 100mg) par jour, qui pourraient être consommés a priori sans danger (AKOBENG et THOMAS ,2008).

D'après le codex alimentaire de l'organisation mondiale de la sante (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 des pois sec, soit 10mg de gliadine pour 100 g de poids secs.
- ✓ d'un amidon préparé à partir de graines de céréales contenant moins 0.3% de protéines dans l'extrait sec (CEGARRA, 2006)

Le régime sans gluten est parfois difficile à mettre en place. Un suivi avec un diététicien ou un médecin nutritionniste peut aider au démarrage d'une alimentation sans gluten. Il est en effet essentiel de respecter ce régime pour améliorer sa qualité de vie. Différentes initiatives permettent aujourd'hui de faciliter le quotidien des malades. Aujourd'hui, différentes gammes de produits sans gluten sont disponibles en supermarchés ou magasins bio mais il faut rester vigilant au quotidien, notamment lorsque l'on mange en communauté (cantine, restaurants...) ou que l'on fait ses courses.

Des examens de contrôle seront sûrement mis en place par le spécialiste, il s'agit en général de prises de sang, de biopsie de l'intestin grêle ainsi que l'observation des effets du régime sans gluten sur l'organisme. Avec une bonne prise en charge et des conseils, vous vous sentirez mieux et apprendrez à bien vivre avec cette intolérance **(JACQUELINE et al, 2019)**

Tableau 1 : 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 • Emmer • Farro • Gluten, farine de gluten • Farine complète • Kamut • Avoine • Seigle • Semoule blé dur • Eprautre • Triticale • Germe de blé l'amidon de forment, 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 montina • Farine de noix • Avoine (pure) • Fécule de pomme de terre • Quinoa • Riz de toutes sortes • Farine de sorgo • Farine de soja • Tapioca • Farine de teff

Chapitre II .ALIMENTS PROPOSES POUR FORMULATIONS SANS GLUTEN

Les aliments proposés pour la fabrication de produits sans gluten sont le riz en tant que céréale et deux légumes secs, le pois chiche et la féverole :

II.1 Le riz

II.1.1 Généralités

Le riz est une céréale de la famille des poacées. Il existe deux grands espèces cultivées : *Oryzasativa* et *Oryzaglaberrima* .(COYEN et MASTER,2017).

Le riz (*Oryzasativa L.*) est culture céréalière la plus importante dans le monde en développement et il constitue la denrée alimentaire de base de plus de la moitié de la population du globe. Le riz généralement considéré comme une graminée annuelle semi-aquatique. Une vingtaine d'espèces du genre *Oryza* ont été identifiées, mais la presque totalité du riz cultivé est de l'espèce *OryzasativaL.* En Afrique, on cultive de petites quantités de *Oryzaglaberrima* , qui est une espèce pérenne. La plante dite « riz sauvage » (*Zizania aquatic*), cultivée dans la région des Grands lacs aux Etats-Unis, est apparentée plus étroitement à l'avoine qu'au riz. (BIENVENIDO, 1994).

II.1.2 Classification du riz

Le comité de la Codex Alimentarius propose une classification de riz usiné selon la longueur et le rapport longueur /largeur du grain (Codex Alimentarius, 1995) :

- Riz à grain moyen ;a une longueur moyenne du grain de plus 6.0 mm et un rapport longueur /largeur 3 ou plus.
- Riz a grain moyen ; a des graines d'une longueur supérieure à 5.2 mm mais inférieure ou égale à 6.0 mm et un rapport longueur/largeur de moins 3.
- Riz à grain court ; a des grains d'une longueur moyenne de 5.2 mm ou moins et un rapport longueur /largeur de 2.

Selon les traitements effectués sur les enveloppes des grains de riz, on distingue (JULIAONO 1994 ; LE GOFF 1997) :

- Le riz paddy : c'est riz qui n'a subit aucune opération technologique après sa récolte.
- Le riz cargo : c'est riz paddy débarrassé de ses balles plus ou moins adhérentes

II.1.3 Structure du grain de riz

La connaissance de la structure du grain est capitale pour comprendre le choix des procédés utilisés en matière de transformation du riz.

A la récolte, le riz est vêtu appelé paddy ou le grain encore entouré de ses glumes (ou balles). Sa transformation nécessite d'abord une élimination de ces enveloppes extérieures pour récupérer le riz brun (appelé aussi riz cargo) puis une usure du péricarpe et du germe pour obtenir le riz blanc, forme sous laquelle il est le plus souvent consommé. (GRUZ,2005)

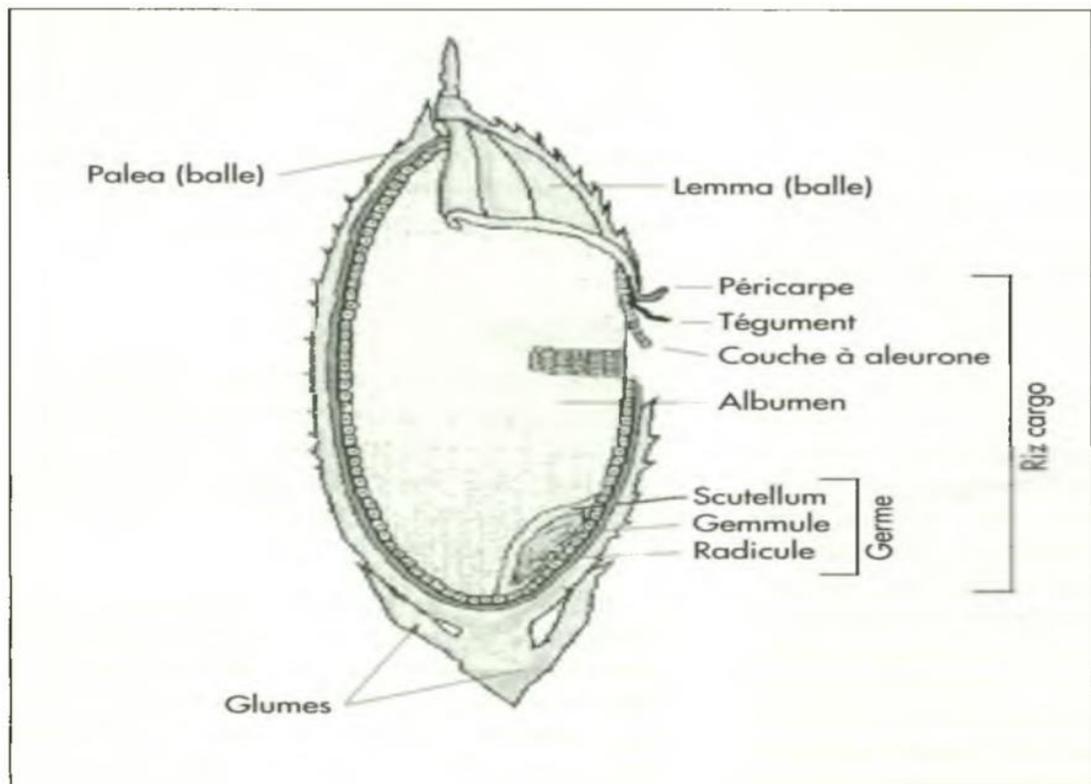


Figure (3).Structure du grain de riz.(Gruz,1999).

II.1.4 Traitement du riz

➤ Usinage

Pour pouvoir être consommé, le grain de riz vêtu « riz paddy » doit être séparé de ces balles par décortiquage ; au cours de cette opération on obtient du « riz décortiqué » ou « riz cargo » ou « riz brun » et un sous produit, les balles (figure4).

Après décortiquage, le riz est très souvent soumis au blanchiment qui a pour effet de retirer les différentes couches du péricarpe ainsi que les téguments séminaux, la couche à aleurone et le germe pour partie. On obtient ainsi le « riz blanchi » ou « riz blanc » et un sous produit, les issues ou les farines de blanchiment. Au cours de ce traitement, des grains de riz se fragmentent en proportion plus ou moins élevée, produisant des brisures. On regroupe l'ensemble de ces opérations sous le terme d'usinage (MOHTADJI-LAMBALLAIS, 1989 ; ALARY et LAIGNELET, 1991 ; BIENVENIDO, 1994).

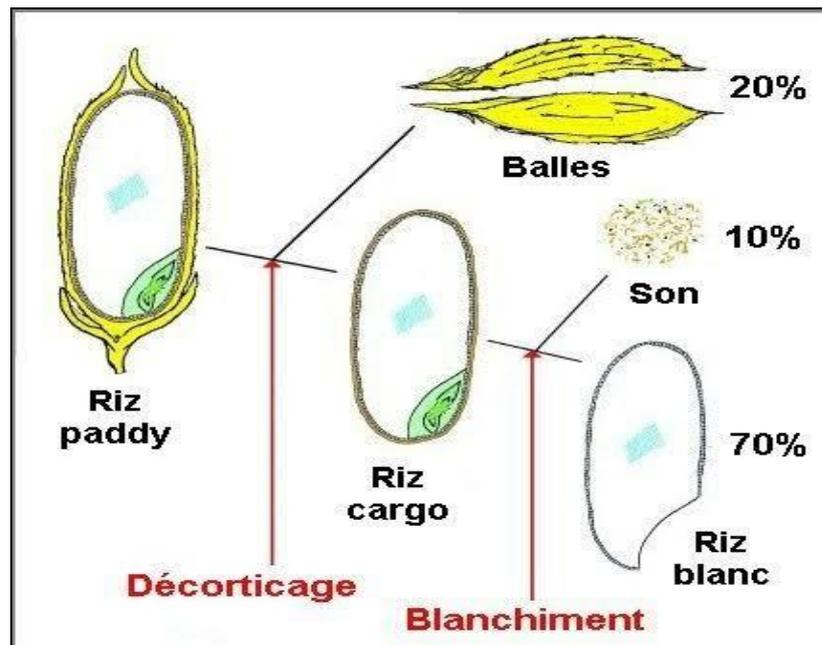


Figure (4). Usinage de riz (GRUZ ,2005)

➤ L'étuvage

L'étuvage est une technologie appliquée au riz paddy . L'étuvage améliore également la qualité nutritionnelle et qualité culinaire du riz. (GRUZ, 2005).ce procédé consiste en un trempage préliminaire et la paddy dans l'eau, puis un passage à la vapeur, et en fine séchage. l'étuvage entraîne une gélatinisation de l'amidon et désintégration des fraction protéique, facilitant ainsi leur digestibilité en plus, il provoque une migration des vitamines, des protéines et des élément minéraux vers l'intérieur du grain, en réduisant la perte de ces constituants au cours de l'usinage (**FAVIER ,1989 ;FAO ,1990. ALARY ET LAIGNELET, 1998**).

II.1.5 Valeur nutritionnelle

Le riz est un aliment énergétique de bonne valeur nutritionnelle avec une prédominance glucidique. L'amidon de riz constituant glucidique majeur, se caractérise par une digestibilité élevée, raison pour laquelle le riz est utilisé, généralement sous forme de farine, dans les aliments infantile (**LAUREYS et GEEROMS, 2002**). Les protéines du riz sont d'un point de vue nutritionnel parmi celles qui sont les moins mal équilibrées chez les céréales avec une teneur en lysine (facteur limitant pour les protéines céréalières).plus élevée (**JULIANO ,1994 ; LAIGNELET, 1998**). En plus, le riz se distingue des autre céréales par sa teneur élevée en glutélines (solubles dans les bases diluées) et faibles en prolamines (solubles dans les solutions alcoolique).

La composition protéique du riz diffère cependant de celle de la plupart des céréales. Se rapproche plus des légumes. (**OSZVALD et aL., 2008**). En effet, elle ne présente pas l'épitope toxique responsable de la maladie cœliaque (**KAMATSU ET HIRANO ,1992**).

Les lipides du riz sont constitués principalement d'acides gras insaturés. Ils sont concentrés surtout au niveau du germe et d'assise protéique. Le riz est une bonne source de vitamines du groupe B (thiamine, riboflavine et niacine) mais contient peu ou pas de vitamines A et C et D. La plus grande partie des vitamines se trouve dans la couche à aleurone et le germe d'où une perte vitaminique importante du fait de l'usinage. Outre le silicium, le riz contient des quantités assez importantes de magnésium et potassium et il est particulièrement pauvre en sodium qui en fait un aliment conseillé pour des régimes désodés (**MOHTADJI-LAMBALLAIS, 1989 ; LAIGNELET, 1998**).

Tableau (2). Principaux des valeurs nutritionnelle du riz cru (**SOUCI et al,1994**)

Nutriments	Teneur pour 100 g de matière sèche
Protéines(g)	6.3 – 7.1
Lipides (g)	0.3 – 0.5
Glucides(g)	77 – 89
Fibres (g)	0.2 – 0.5
Minéraux(g)	0.3 – 0.8

II.1.6 La qualité culinaire du riz

La qualité culinaire d'un lot de riz peut être définie comme un ensemble de caractéristiques séparées dont la combinaison détermine son acceptabilité par le consommateur (**BERNARD et RENE, 1983**).

Les propriétés physiques, telles que la longueur, la largeur, la translucidité, le degré d'usinage, la couleur et l'âge du riz usiné sont des indicateurs de la qualité du grain. La teneur de l'amidon de riz en amylose est le principal facteur de qualité à la consommation (**JULIANO, 1994**). Cette teneur varie entre 0 et 33%. En Europe, la majorité des riz produits ont une teneur comprise entre 10 et 25 %. Au niveau des transitions internationales, on sépare des autres, les riz 11 cireux « waxy » avec moins de 2 % d'amylose et donc avec un amidon composé presque exclusivement d'amylopectine (**LAIGNELET, 1997**).

Le contenu en amylose est directement en corrélation avec le gonflement du riz et l'absorption d'eau au cours de la cuisson et aussi la dureté, la blancheur et la texture du riz cuit. Ainsi les riz cireux gonflent peu et ont une forte tendance à se désagréger. Un riz riche en amylose est plus ferme et colle moins (**JULIANO, 1994 ; LAIGNELET, 1997**).

Le degré de cuisson du riz est influencé par la température de gélatinisation des granules d'amidon. Cette température est définie comme étant celle à laquelle au moins 90 % des granules d'amidon sont gélatinisés ou ont perdu leur biréfringence. Pour les granules d'amidon de riz, cette température est classée comme suit: faible (55-69,5 °C),

intermédiaire (70-74 °C) et élevée (74,5-80 °C) (**JULIANO, 1994 ; LAIGNELET, 1997**).

II.1.7 Les facteurs antinutritionnels

Les facteurs antinutritionnels dans le grain de riz sont concentrés dans la fraction constituant le son. Ils comprennent la phytine (phytate), l'inhibiteur de la trypsine, l'oryzacystine et l'hémagglutinine (lectine) (**JULIANO, 1985**). Tous les facteurs antinutritionnels sont des protéines et tous, à l'exception de la phytine sont sujets à dénaturation par la chaleur

II.2 Les légumes secs

II.2.1 Généralités

Les légumineuses ou Fabacées constituent une vaste famille de plantes cultivées pour l'alimentation humaine et animale. Sur le plan botanique, elles sont souvent des fleurs en formes de papillons (papilionacées) évoluant vers un fruit de type gousse ou légume. (**SIRET, 2000**). Les légumes secs sont classés en quatre grands familles : lentilles, haricots les pois et fèves. Ils sont particulièrement riches en amidon et à teneur peu élevée en lipides. Elles sont caractérisées par une forte teneur en protéines (**SNAPP, 2018**).

Au niveau mondial, le Canada constitue le premier exportateur. Les plus grands importateurs sont l'Espagne et l'Inde. Cette dernière est le plus important acheteur de légumineuses destinées à la consommation humaine, tandis qu'en Espagne, la légumineuse la plus importée est le pois fourrager (**GORDON, 2002**).

Les légumineuses sont, aussi, consommées dans tous les continents, la demande à l'importation provient principalement des pays de Moyen-Orient, de l'Afrique du Nord, de l'Amérique latine (**FAO, 2001**).

En Algérie, la superficie réservée aux légumineuses représente près de 102.000 hectares (moyenne de la période 1990-1996), soit 1,26 % de la superficie agricole utile du pays et 4,3 % de la superficie totale des céréales. Les différentes cultures pratiquées sont : la fève, principalement la fèverole, et le pois chiche qui constituent les cultures les plus

importants (plus de 80 % de la superficie nationale), le pois sec (9,7 %), la lentille et la gesse (KARALI, 2000).

La production locale de légumes secs pour l'année 1998 ne dépassait guère les 45.000 tonnes, tandis que les chiffres des importations étaient environ trois fois plus importantes (146.485 tonnes) (BOUMGBAR, 2000).

II.2.2 Classification

- **La féverole**

Légumineuse annuelle très anciennement cultivée dans le bassin méditerranéen, appartenant à la famille des papilionacées (MAZOYER, 2002). Les fèves et les féveroles sont des cultivars d'une même espèce, *vicia faba* L. Les dimensions de la fève conduisent à distinguer deux sous espèces :

- ✓ *V.faba major*, ou fève proprement dite, dont la grosse graine, aplatie ; peut mesurer 2 à 3 cm de long et porte un long hile noir.
- ✓ *V.fabaminor*, ou equina, la féverole, dont la graine plus petite est plus ou moins cylindrique ou ovoïde, légèrement comprimée.

La culture de la féverole s'est progressivement étendue en Europe de l'ouest, Le moyen orient, surtout l'Egypte et le Maghreb en sont de gros consommateurs. (BOYLEDIEAU, 1991)

En Algérie, la féverole a été l'une des espèces les plus utilisées dans les régions montagneuses, particulièrement en Kabylie, pour l'alimentation humaine et animale. (CHOUAKI, 2006).

- **Le pois chiche**

Le pois chiche, *Cicer arietinum*, n'est pas connu à l'état sauvage ; il semble être originaire d'Asie occidentale. Cependant, il est connu comme la légumineuse typique du bassin méditerranéen (FAO, 1990).

Il existe de nombreuses variétés de pois chiche (plus de 20.000 dans le monde) qui peuvent se classer en deux grands types (PLANCQUAERT et WERY, 1991) :

- ✓ *DESI* : graines assez petites, (poids de mille grains < 300 g), ridées, de couleur jaune noire. Il représente environ 85 % de la production mondiale, et est surtout cultivé en Asie ;
- ✓ *KABULI* : graines moyennes à assez grosses (poids de mille grains > 250 g), ridées, de couleur claire ; il est cultivé surtout dans le bassin méditerranéen.

En Algérie, où le marché du pois chiche de type *kabuli* est très porteur, l'accroissement de la production est limité par la faiblesse des rendements, rendant le pois chiche peu compétitif par rapport aux autres cultures (**PLUVINAGE, 1990**)

II.2.3 Valeur nutritionnelle des légumes secs

Les légumineuses incluent diverses sources végétales d'aliments traditionnels et plus récemment d'ingrédients alimentaires (protéines, lipides, fibres, composés phytochimiques) (**MARINANGEL et al, 2018**). Les graines de légumineuses sont caractérisées à la fois par une forte densité énergétique et une forte densité nutritionnelle (**DIDIER REMOND, STEPHANE WALRAND, 2017**)

- **Les protéines**

La principale caractéristique des graines de légumineuses est leur teneur élevée en protéines (20-40% du produit sec, 7-15% du produit prêt à consommer) Les protéines de légumineuses sont généralement riches en acides aminés indispensables et en particulier en lysine, mais elles sont relativement pauvres en acides aminés soufrés et en tryptophane (**DIDIER REMOND, STEPHANE WALRAND, 2017**)

- **Les lipides**

Les légumineuses ont des teneurs naturellement faibles en acides gras saturés, et parce qu'elles sont des aliments végétaux, elles sont également exemptes de cholestérol. (**DIDIER REMOND, STEPHANE WALRAND, 2017**)

- **Les fibres végétales**

Les légumineuses sont riches en fibres (jusqu'à 25 % de leur poids) (**FRED, 2017**). Les fibres qui les composent sont surtout de la cellulose et de la lignine. Ce

sont des fibres dures, insolubles. Elles ont la capacité d'absorber une grande quantité d'eau (3 à 25 g d'eau par gramme de fibre) **(ISABELLE ,2018)**

- **Les minéraux et vitamines**

Une quantité appréciable des vitamines du groupe B, des minéraux comme le magnésium (30 à 50 mg pour 100 g) ou encore le fer (2 à 3 mg pour 100 g) sont présents. Les légumineuses sont aussi les championnes du potassium. La teneur en potassium des légumes secs est supérieure à celle des fruits et des légumes. Tout comme les fruits secs, 100 g de légumes secs apportent environ 1 g de potassium, un minéral dont presque tout le monde manque **(FRED ,2017)**.

II.2.4 Les facteurs antinutritionnels

Les protéines n'ont de valeur biologique que dans la mesure où elles sont absorbées et retenues dans l'organisme. Or, les légumineuses renferment d'autres protéines que celles citées et les accompagnent à l'intérieur des corps protéiques et qui interfèrent sur leur digestibilité et leur absorption. Elles sont rassemblées sous le nom de « facteurs antinutritionnels ». Parmi ces derniers, les principaux sont les inhibiteurs de la trypsine et les phyto-hémagglutinines (ou léctine). Les premiers entravent l'action d'hydrolyse des protéases (trypsine, chymotrypsine) en les complexant. Les seconds altèrent et atrophient les villosités de la muqueuse intestinale et ont la propriété immunologique de précipiter les globules rouges (anémie).

D'autres éléments non protéiques apparaissent également comme antinutritionnelles (tanins, pectines, cellulose, etc.). Ils interfèrent avec les antitrypsines et les léctines dans la digestibilité des protéines. Les graines décortiquées en sont plus pauvres que les graines entières.

La faible digestibilité des légumes secs n'est pas due seulement à la présence des antinutritionnelles, mais aussi à la structure de leurs protéines elles-mêmes et l'enveloppe glucidique qui les protège (6.5% de sucre protège les globulines des protéases) **(CALET, 1992)**.

Tableau (3): Principales familles de composés antinutritionnels présents dans les graines des légumineuses (CUQ ET LEYNAUDROUAUD, 1992).

	Origine	Principales actions
Protéines Inhibiteurs de protéases lactine protéines allergique acides amines toxique.	Soja, pois chiche, fève, lentille, féveroles , pois. Soja, fève, haricot , lentille, féverole, pois. Soja .haricot.	Inhibition des protéases Troubles de l'absorption. Allergies Troubles neurologique
Poly phénols : Tanins	Fève, féveroles	Action anti vitaminique
glycosides : saponines glycosides cyanogénique glucosinolates agent de favisme phytates	Soja Haricot, lentille. Soja, colza, pois chiche, fève, haricot, lentille, pois. Soja, colza, pois chiche, fève, féverole	Altération du gout, inhibition des enzymes Altération du gout, action goitrigène et carcinogène. Anémie hémolytique Chélation de minéraux.

II.2.5 Combinaison de légumes secs et de céréales

Depuis les débuts de l'agriculture ; on a toujours cultivé ensemble les céréales et les légumineuses alimentaires. Ces dernières constituant après les céréales, les plantes les plus cultivées dans le monde. Associées et consommées ensemble, les protéines des légumes secs et des céréales se complètent et fournissent des protéines correspondantes aux besoins de notre organisme (MAZARI et OURAHMOUNE, POISSON ,2005).

Chez les légumes secs, la méthionine constitue l'acide aminé limitant. Chez les céréales c'est la lysine qui est l'acide aminé limitant. La complémentarité améliore la valeur biologique des deux protéines (**CUQ ET L EYNAUD-ROUAUD, 1992**). Les légumes secs complètent les céréales non seulement pour les protéines, mais aussi pour les minéraux et les vitamines du complexe B cela revêt une importance particulière quand des céréales raffinées telles que le riz ou la farine blanche du fortement sont utilisées dans un régime pauvre ne comportant guère d'aliments d'appoint (**FAO,**

Chapitre III. Aptitude à la fabrication de couscous

III.1 L'origine et définition de couscous

Il n'existe pas de définition spécifique du couscous dans la réglementation, celui-ci est simplement apparenté à la famille des produits issus du blé dur tels que, les pâtes alimentaire (**GUEZLANE et al., 1998**). Le couscous est un produit composé de semoule de blé dur auxquelles est ajouté, pour les agglomérations, de l'eau potable et soumis à des traitements physiques (malaxage et roulage) et à des traitements thermiques (pré-cuisson et séchage). Aucun additif alimentaire ou aucun autre ingrédient n'entre dans la composition de ce produit sauf le sel éventuellement présent dans l'eau d'hydratation utilisée pour l'agglomération de la semoule (**AFNOR ,1991**). Selon **YOUSFI (2002)**, le couscous est une pâte alimentaire granuleuse préparée à partir d'agglomération de semoule additionnée d'eau. Il est ensuite précuit à la vapeur puis séché. Ce produit est par la suite conditionné et stocké. Pour sa consommation, il est réhydraté avant être cuit deux à trois fois à la vapeur. Le terme générique de couscous englobe deux produits dérivés : le couscous humide, tel qu'il résulte de l'agglomération de quelques grains de semoule de blé dur par procédé industriel ou artisanal et que l'en emploie tel quel. Le couscous sec, résultant des mêmes procédés de fabrication mais qui a subi un séchage avant son utilisation (**GUEZLANE et al., 1986**)

Le couscous est un produit alimentaire très ancien , inventé il ya environ 3000 ans par les Berbères en Afrique du Nord (**ABECASSIS et al,2012**) . L'origine du mot couscous est moins sûre, il viendrait de l'arabe kouskous et du berbère k'seksu, il pourrait provenir également d'un terme arabe kaskasa, qui signifie piler ou d'un autre qui désigne la becquée de l'oiseau à ses petits (**ANONYME,2001**). Egalement, l'appellation de ce produit diffère selon les régions et la matière première utilisée, il est appelé maftoulmoghrabiyyeh dans les pays de l'Est de la méditerranée et suksukaniyyah au soudan (**DAUGHER, 1991**).

III.2 Procédés de fabrication de couscous

Le couscous est préparé avec la semoule de blé dur, comme il peut être fabriqué avec d'autres céréales (maïs,...). Les processus de fabrication du couscous Algérien, Tunisien et Marocain se ressemblent beaucoup (**KAUP et WALKER ,1986**).

La fabrication du couscous est une activité ancienne en Algérie. Elle est caractérisée par une production artisanale non négligeable (YOUSFI, 2002). En effet, le ménage rural algérien, tient à préparer lui-même son couscous. Cependant, dans les grandes villes et dans les foyers où la femme travaille, le couscous industriel est de plus en plus consommé la fabrication de ce derniers a été industrialisée grâce aux frères FERRERO. Nous notons que dans le monde, il se produit environ 300.000 tonnes de couscous. Aux Etats Unis, la première usine de production industrielle de couscous a commencé à produire à la fin de 1993 et à doubler sa capacité deux ans plus tard. En 2000, l'Amérique du Nord s'équipait d'une nouvelle unité de 1200 kg/h. La plus part des lignes de productions industrielles sont vendues par Afrem International domiciliée en France (DESOUSA, 2001).

III.2.1 Le procédé artisanal de fabrication de couscous

La préparation du couscous demeure globalement identique : le grain de couscous est fait à partir de la semoule, de l'eau et du sel, hydraté et roulé avec les mains en utilisant 5 types des tamis. Il est ensuite précuit puis séché sur une ligne à l'air libre, (DAUGHER, 1991). Les traitements artisanaux se distinguent uniquement par la nature du roulage et de précuisson par rapport aux traitements industriels. Ils sont mieux adaptés à la fabrication d'un couscous de qualité, (YOUSFI, 2002). Le couscous artisanal est fabriqué selon le diagramme illustré dans la figure 06



Figure(5). Préparation traditionnelle du couscous(YOUSFI, 2002).

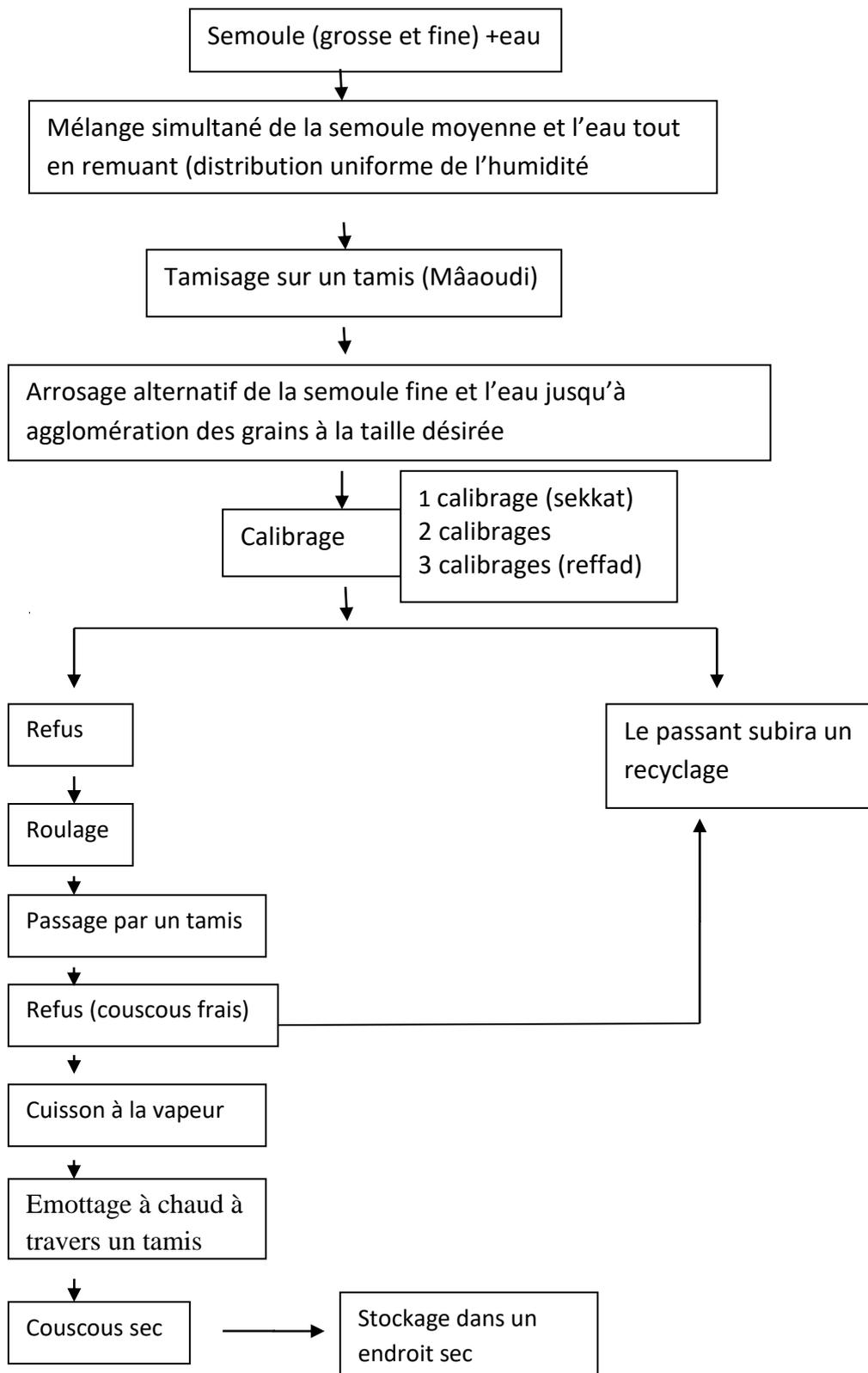


Figure (6).Diagramme de fabrication artisanal de couscous (ANONYME, 2001)

III.2.2 Procédé industriel de fabrication de couscous

Les étapes de fabrication sont semblables mais la technologie de leurs modules et les conditions opérationnelles sont différentes (YOUSFI, 2002). La fabrication industrielle du couscous met en œuvre les six étapes suivantes :

- mélange de semoule de blé dur, d'eau et parfois de sel. Cette opération dure environ 15 à 25 min (FEILLET, 2000). Cette opération est réalisée dans une presse comportant : un agitateur doseur semoule, une centrifugeuse horizontale, une mélangeuse double et une centrifugeuse verticale. La presse permet le brassage du mélange semoule/eau grâce à une turbine à palettes ayant une grande vitesse (250 tr/min dans la centrifugeuse horizontale et 750 tr/min dans la centrifugeuse verticale). Elle assure l'homogénéité de l'humidification et l'agglomération en petites boulettes (BAKECHE, 1994) ;
- roulage des particules de semoule pour les agglomérer en grains de dimension variable, habituellement comprise entre 500 et 800 μ m, parfois plus. Cette opération est réalisée dans des cylindres alvéolés rotatifs (rouleurs) ou de simples plansichters. (FEILLET, 2000). Les cylindres alvéolés sont des tambours rotatifs dans les quels la semoule est roulée par frottement des palettes sur une toile en sens inverse du tambour. Le module a pour fonction de rouler et de tamiser en même temps le produit (YOUSFI, 2002). Alors que, le plansichter est composé de deux tamis munis d'un mouvement circulaire. Il assure le roulage et le calibrage simultané du produit (BAKECHE, 1994) ;
- cuisson à la vapeur pendant une dizaine de minutes ;
- séchage à 50-70°C pendant quelques heures pour atteindre une humidité finale de 12-14 % mais, suivi d'un refroidissement (FEILLET, 2000) ;
- calibrage sur des tamis on obtient deux catégories de couscous, gros dont la grosseur est comprise entre 1.25 mm et 2.24 mm et moyen dont la grosseur est comprise entre 0.65 mm et 1.25 mm (BAKECHE, 1994); recyclage des grains trop fins ou trop gros .Le couscous industriel est fabriqué selon le diagramme illustré dans la figure 7.

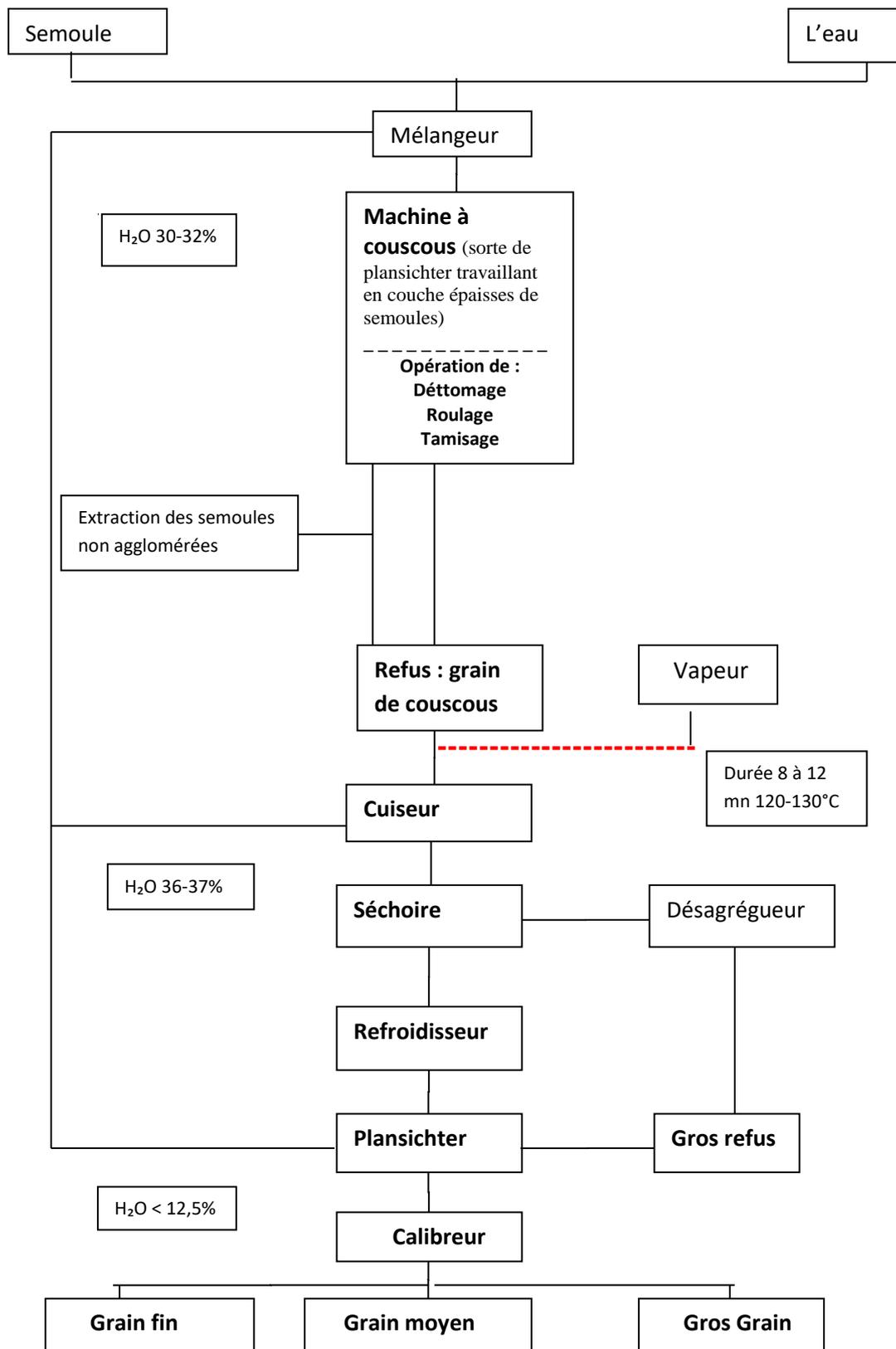


Figure (7) .Diagramme de fabrication industrielle de couscous (JEANATET R et al ,2007).

III.3 Qualité de couscous

Selon **KAUP et WALKER (1986)**, un couscous de qualité doit avoir :

- Des grains de couleur jaune doré, de diamètre uniforme et contenant le moins possible de débris de son.
- Des grains qui conservent leur intégrité au cours de leur cuisson à la vapeur et au moment de leur mélange à la sauce.
- Des grains à taux d'absorption en sauce élevé.
- Des grains qui ne collent pas entre eux.

GUEZLANE (1993) l'a défini comme étant un couscous de granulométrie régulière et homogène. A l'état sec, il doit être de couleur jaune ambrée, possédant une capacité d'absorption suffisante et qui après cuisson, ses grain doivent rester bien individualisés sans se déliter, ni coller entre eux.

Les ménagères préfèrent un produit de granulométrie moyenne et homogène, de forme arrondie et de couleur jaune claire ou ambrée (**DEROUICHE, 2003**).

Matériel et méthodes

I.1 Lieu de stage

Cette étude à été réalisée au niveau de l'unité SIM à Mouzaia (Wilaya de Blida), ou nous avons effectué les analyses physico-chimiques et l'analyse technologique sur les matières premières et le produit fini à s'avoir l'analyse déterminante de la qualité culinaire du couscous. Les différentes analyses ont été réalisées durant le mois de mars.

I.2 Matières premières utilisées

I.2.1 Semoule de blé dur

La semoule de blé dur (*triticum durum*) est considérée comme le témoin auxquels sont comparées les autres matières premières. La semoule utilisée pour la fabrication de couscous issue du blé locale. Elle a été produite par l'ERAD.

I.2.2 Le Riz

Le riz utilisé est un riz blanchi acheté du commerce. Il est d'origine thaïlandaise récolté en 2019. C'est un riz importé dont nous ignorons l'origine variétale mais ses caractéristiques dimensionnelle mesurées sur cinq petites lots de 10 grains pris au hasard sont : une longueur moyenne 6.1 ± 0.2 mm et un diamètre moyen 1.9 ± 0.05 mm. Les rapports entre la longueur et le diamètre est supérieur à 3 permet de classer notre échantillon comme étant riz long (FAO, 1996).



Figure08 : Le riz utilisé dans la fabrication de couscous

I.2.3 Les légumes secs

Les légumes secs utilisés (féverole, pois chiche) (figure 1) sont de variétés connues, issues de la station expérimentale de l'Institut Technologique des Grandes Cultures (I.T.G.C.) pour le pois chiche et de l'O.A.I.C de Cheraga pour la féverole :

- **Le pois chiche** : la variété **Flip-90-13**, récoltée en 2019
- **La féverole** : la variété **Sidi Aich**, récoltée en 2019



Figure 9 : Légumes secs utilisés

I.2.4 L'eau

L'eau utilisée pour la fabrication du couscous est une eau distillée.

I.2.5 Le sel :

Le sel utilisé est un sel fin iodé du commerce pour les usages culinaires, produit par l'Entreprise Nationale Algérienne du Sel (E.N.A.Sel).

I.3 Préparation des matières premières pour la fabrication du couscous

- **Triage :**

Pour la préparation des matières à étudier, nous avons procédé tout d'abord à un triage Manuel des grains dans le but d'éliminer les grains endommagés, les pierres et les corps Étrangers.

La féverole et le pois chiche ont subi un dé pelliculage et un dégermage manuel après un court trempage dans l'eau à température ambiante.

- **Broyage**

Les grains de riz sont broyés chacun à l'aide d'un broyeur électrique (marque PHILIPS, AC 230 volt 50Hz).

Les grains des légumes secs sont ensuite broyés chacun à l'aide d'un moulin domestique à bras (**figure : 10**) Cette opération a pour but de réduire les grains en particules de plus en plus fines.



Figure 10 : moulin domestique à bras

- **Tamisage**

Après chaque broyage, les produits de mouture sont passés à travers le tamis d'ouverture 1000 μ m pour éliminer les enveloppes et les grosses particules.

La fraction qui passe au travers du tamis 200 μ m est considérée l'équivalente de la farine.

Enfin un tamisage des produits de mouture du riz et des légumes secs est réalisé à l'aide d'un tamis d'ouverture de maille 500 μ m pour séparer les deux fractions : grosse semoule ou « *fetla* » (≥ 500 μ m) et fines semoule ou *dkak* (< 500 μ m) utilisées traditionnellement dans la fabrication du couscous.

Les deux fractions «*fetla* » et «*dkak* » sont conditionnées dans des sacs en fibres synthétiques et conservées à température ambiante jusqu'à utilisation.

I.4 Formulation sans gluten

Nos formules sans gluten sont basées sur la supplémentation d'une céréale exempte de Gluten qui est le riz par un des deux légumes secs : féverole et pois chiche.

La supplémentation a été réalisée avec des mélanges de 10%, 20% et 30% de légumes sec dans le riz.

I.5 La fabrication du couscous

I.5.1 Matériel utilisé

Les ustensiles utilisés pour rouler le couscous sont ceux habituellement employés au Niveau domestique et sont ci-dessous décrits :

La guessâa: la «*guessâa* » utilisée est un récipient en bois d'un diamètre de près de 60 cm, et d'une profondeur de 9 cm. Elle est utilisée couramment pour le pétrissage des pâtes boulangés ou pastières traditionnelles (*chekhchoukha*, *trida*, etc) et pour la fabrication du couscous et rarement utilisé pour servir les plats traditionnelles pendant les grandes fêtes afin de manger en ensemble.

Tamis : les tamis utilisés sont classés selon leurs produits finis. Ils sont convenablement adaptés pour l'obtention de la granulométrie désirée.

- tamis Sekkat (TS) : il s'agit du tamis possédant les plus larges mailles (1600 μm) il sert au calibrage du couscous.
- tamis Mâaoudi (TM) : tamis de mailles un peu plus serrées que le précédent (1250 μm), il sert au tamisage et au calibrage du couscous.
- tamis Reffad(TR) : tamis d'ouverture de maille 1000 μm , utilisé pour séparer le couscous de la semoule ou des grains imparfaits et trop fins.
- tamis Dekkak (TD) : tamis plus fin encore (500 μm), utilisé pour la séparation de la grosse semoule et de la fine semoule, et pour éliminer les traces de semoule ou débris de grains du couscous final après séchage.

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



figure11 : Matériel de fabrication artisanale de couscous

I.5.2 Les étapes de fabrication de couscous.

La fabrication des couscous a été réalisée hors laboratoire, par une praticienne expérimentée qui a opéré dans les conditions habituelles avec le même matériel connu et employé dans les traditions. La confection du couscous est pratiquée à partir de quantités de matières premières telles que fixées par les usages et les dimensions des ustensiles et dans l'environnement habituel.

- **Le roulage**

La semoule est disposée dans la *guessâa* puis hydratée avec une quantité appropriée d'eau salée. L'eau et la semoule sont mélangées avec les doigts puis la paume de la main est utilisée avec une très légère pression selon un grand mouvement circulaire pour favoriser l'absorption de l'eau par les particules de semoules. Elles sont ensuite nourries peu à peu par addition de semoule fine. Un roulage est effectué avec grande pression du plat des mains et selon un mouvement de va et viens. Les fines particules adhèrent aux grains primaires



Figure 12. Roulage de la semoule (originale)

- **Le tamisage**

Les graines de couscous sont passées au *sekkat* pour calibrer les grains, briser ceux qui sont trop grands ou qui se sont agglutinés. Pour réduire les grumeaux qui peuvent se former au fond du tamis, on y jette un peu de semoule fine et l'on roule sous la paume des mains. Pendant cette étape seule la semoule fine est ajoutée.

Enfin, le couscous est passé au tamis *reffad* pour éliminer la semoule restée libre ou les grains trop fins qui sont roulés à nouveau dans la *guesâa* et nourris des dernières traces de semoule fine. C'est une « finition » des grains de couscous formés.



Figure 13 : Tamisage de couscous (originale)

- **Pré cuisson**

Un traitement, avant séchage du produit, à la vapeur pendant environ 10min dans un Couscoussier est utile pour permettre le maintien de la forme du couscous roulé.



Figure 14 : Pré cuisson de couscous (original)

- **Séchage**

Le séchage constitue la dernière opération de la fabrication du couscous. Il consiste à un séchage en couche mince à l'air libre



Figure15: Séchage à l'air libre (original)

I.6 Caractérisation physico-chimique des semoules et des couscous :

I.6.1 Granulométrie

La granulométrie est déterminée par le tamisage de $100 \text{ g} \pm 0.1 \text{ g}$ de semoule ou de couscous sec par un tamiseur qui permet de séparer les graines selon leurs tailles pendant 5 min.

- **Appareillage**
 - ✓ Balance analytique
 - ✓ Tamiseur à base des tamis de différentes ouvertures des mailles
- **Mode opératoire**
 - ✓ Peser 100 g d'échantillons à l'aide d'une balance analytique.
 - ✓ Classer les tamis utilisés selon l'ordre décroissant des ouvertures des mailles des tamis utilisés (tableau).

- ✓ Mettre la prise d'essai dans le tamiseur pendant 5 min.
- ✓ Après le tamisage de la prise d'essai, peser le refus de chaque tamis par la balance analytique.

Tableau 4 : Classification par ordre décroissant des tamis utilisés pour chaque échantillon.

Echantillon	Tamis utilisés (μm)
Semoule fine	525, 450, 350, 250,150.
Semoule grosse	1450, 1290, 950, 730, 614,554.
Couscous sec	



Figure 16 : Matériel utilisé pour le Tamisage de couscous (originale)

I.6.2 Taux d'humidité

La teneur en eau est déterminée selon la norme AFNOR (NF V 03-707 .1989) par un séchage dans un étuve à 130°C pendant 2 heures, sur 5 g de produit pesé à 1 mg près jusqu'au poids constant. Les pesées sont mesurées par une balance analytique.

Humidité (H) pour 100 gramme d'échantillon est donnée par formule suivante :

$$H \% = \frac{(P_0+P_1)-P_2 \times 100}{P}$$

- ✓ H % : humidité du produit.
- ✓ P0 : poids de la capsule vide en fer avant le séchage.
- ✓ P1 : poids du produit analysé (prise d'essai) avant le séchage.
- ✓ P2 :(p0+p1) après le séchage.



Figure 17 :.Matériel utilisé pour la détermination de taux humidité

I.6.3 Dosage des cendres

Selon AFNOR (NF.V036-720, 1981), Les cendres sont le résidu minéral obtenu après incinération du produit à une température de 900°C.

- **Principe**

Cette analyse est réalisée par incinération d'une prise d'essai de 5 g, dans un four à moufle réglé à 900°C pendant 2 heures. La teneur en cendres est déterminée par la pesée du résidu obtenu.

- **Matériel :**

- ✓ Nacelle à incinération
- ✓ Four électrique
- ✓ Balance analytique

- **Expression des résultats :**

Le pourcentage des cendres par rapport à la matière sèche (C) est calculé par la relation :

$$C = \frac{R_i \times 100}{PE} \times \frac{100}{(100 - H)}$$

- ✓ **R_i** : résidu après incinération en g ;
- ✓ **PE** : prise d'essai d'échantillon humide en g ;
- ✓ **H** : humidité de l'échantillon de l'échantillon en p100 de matière humide.

I.7 La qualité culinaire

I.7.1 Gonflement

Le gonflement renseigne sur la capacité d'absorption d'eau du couscous. Il est évalué selon la méthode décrite par **GAUZLANE et ABECASSIS (1991)** dans un bain – marie à 25°C ou 100°C. Il est mesuré par les changements du volume apparent d'un échantillon de couscous une fois immergé dans l'eau froide (à 25°C) ou chaude (à 100°C).

- **Appareillage :**
 - ✓ 06 Eprouvette graduées de 250 ml.
 - ✓ Chronomètre.
 - ✓ Eau potable
- **Mode opératoire :**
 - ✓ Peser 50 g de couscous.
 - ✓ Vider 50 g de couscous dans l'éprouvette, V1 valeur de volume.
 - ✓ Remplir l'éprouvette avec l'eau jusqu'à 250 ml.
 - ✓ Lire V2 après 1 heure.

❖ Indice de gonflement **IG** :

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

V1 : volume initiale.

V2 : volume après 1 heure.



Figure18 : Gonflement de couscous (Originale)

I.7.2 Test de cuisson (poids du couscous) :

La cuisson ménagère du couscous consiste à hydrater et à réchauffer alternativement le Produit, généralement deux fois, en vue de sa consommation. Il est nécessaire donc de suivre les modifications rapportées sur le poids après chaque étape de préparation. La cuisson est réalisée à l'aide d'un petit couscoussier sur un échantillon de produit sec.

I.7.3 Evaluation sensorielle des couscous cuits

La qualité culinaire (tenue à la cuisson, couleur, collant et fermeté) des couscous est évaluée par notation tel que décrit par la norme AFNOR NF V09 - 014 d'avril 1982 (AFNOR, 1995). Les sujets doivent exprimer leurs avis concernant les critères de l'échantillon sur une Échelle de cotation à neuf points. Les critères choisis sont : le gout, la couleur, la texture, l'odeur et l'aspect.

Un jury composé de 300 sujets, déjà familiarisés avec les produits, a été invité à l'évaluation sensorielle des couscous cuits. Avant évaluation, les caractères sensoriels optimums ont été décrits et expliqués aux sujets.

Les essais de dégustation ont été réalisés le matin. Chaque assiette contenait environ 20 à 30g de couscous cuit et sans sauce.

RESULTATS
&
DISCUSSION

I Caractéristique physico-chimiques des matières premières

I.1 La composition chimique des matières premières

I.1.1 Teneur en eau

La teneur en eau des semoules est un paramètre important qui se situe entre 10 à 16% pour que la semoule se conserver convenablement CHENE (2001) au-delà il y a risque d'altération.

La détermination de l'humidité est importante puisque elle conditionne d'une part la précision des divers résultats analytiques rapportés à la matière sèche et d'autre part celle de la mise en œuvre des tests technologiques.

La semoule de blé dur utilisée pour la fabrication de couscous témoin présente une humidité de 13.45%. Ce résultat concorde avec celui obtenu par SOUCI et al, (1194), soit 13.10%.

Nos résultats montrent qu'il y a une différence significative ($p < 0,05$) des valeurs des humidités des différents types de semoules. Le taux d'humidité le plus élevé (13.45%) est observé chez la semoule de blé dur (ST). En revanche le taux minimale (10.36%) obtenu chez la semoule de féverole (SFEV)

Les teneurs en eau enregistrées pour les ingrédients sans gluten sont 12.71 %, 10.36 % et 10.59% respectivement pour les semoules de riz, de féverole et de pois chiche. Ces résultats concordent avec ceux obtenus par **BENTALLAH (2009)**. Cependant, elles sont inférieures à 15.5 % , maximum fixé par Codex Alimentarius.

Tableau 5 : Paramètres chimiques mesurés.

Facteur étudié	Les traitements	Teneur en eau %	Cendres %
Types de semoules	ST	13.45 a	0.73 b
	SRIZ	12.71 a	0.36 b
	SFEV	10.36 b	1.12 a
	SPC	10.59 b	1.09 a

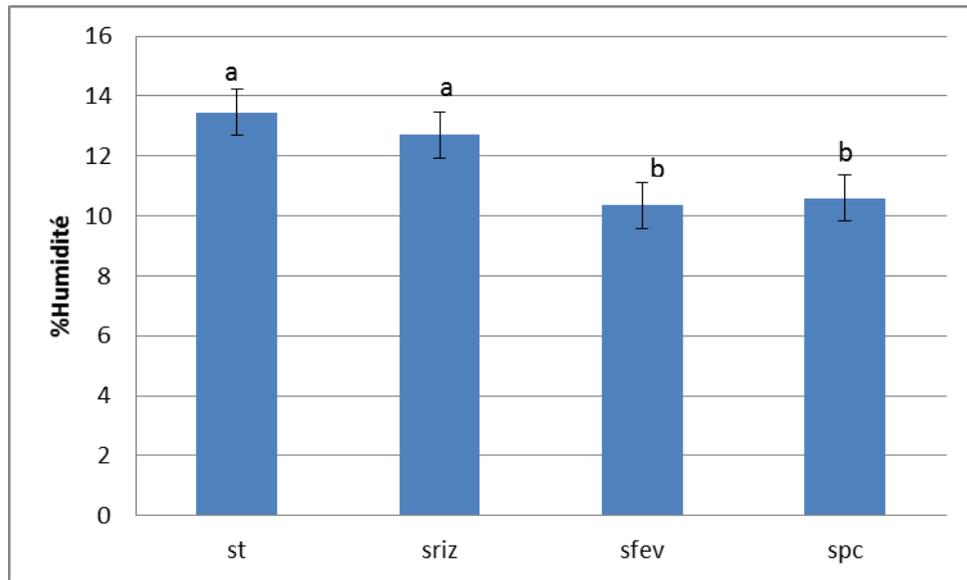


Figure19 : Teneur en eau des semoules

I.1.2 Teneur en cendres

Le mesure du taux de cendres à un intérêt essentiellement réglementaire et permet de classer les semoules et semoules selon leur degré de pureté (ICTF,2001).

Notre semoule de blé dur présent un taux de cendre de 0.73 % MS.IDIR (2000) a noté qu'une belle semoule doit avoir une teneur en cendres comprise entre 0.75% et 0.95% MS.

La semoule de riz a présenté un taux de cendres de 0.36 % qui est légèrement supérieure à celui trouvé par BENTALLAH (2009) qui est de 0.29%.

Les cendres contenues dans la SFEV et SPC semblent être légèrement supérieures à ceux de la SRIZ, et cela est probablement dû à la présence des enveloppes connues pour leur richesse en minéraux.

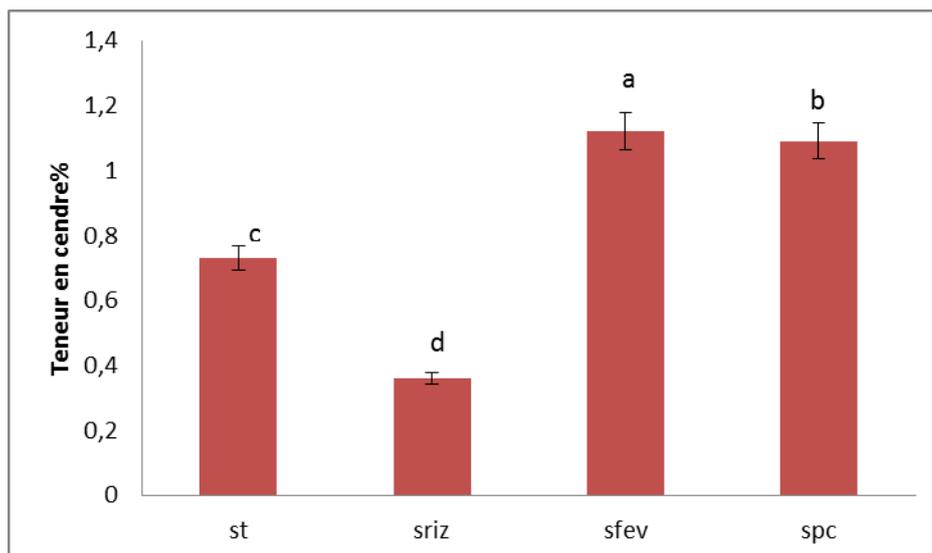


Figure 20. Teneur en cendres des semoules

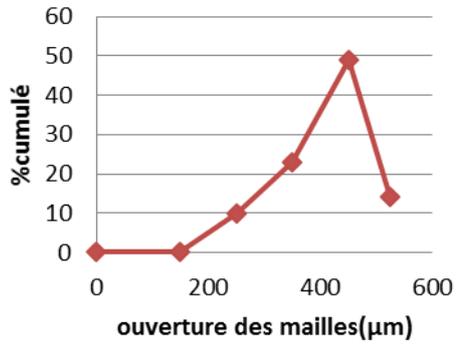
I.2 Distribution granulométrique des matières premières

Les résultats de la granulométrie des semoules étudiées sont représentés sur la figure 21. D'après les résultats obtenus, nous constatons qu'il y a une différence dans la distribution granulométrique des semoules légumes secs (féverole, pois chiche) et de riz par rapport à celle du blé dur.

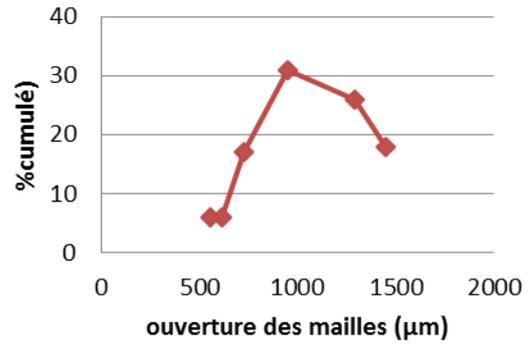
Les différents semoules fines étudiées sont principalement constituées de particules de diamètre inférieur à 525 μ m. La proportion des particules les plus importants des échantillons étudiés se situe dans l'intervalle [250-450 μ m] avec respectivement 49% pour la semoule blé dur contre 49.7% pour semoule de riz, 42.7%, pour la semoule féverole, et 41.1 % pour la semoule pois chiche. Dans le large intervalle qui définit la grosse semoule [525-1000 μ m], la proportion des particules les plus importants des échantillons se situe dans l'intervalle [525- 730 μ m] et qui représente environ 3.8% pour la semoule blé dur, 11.6% pour le riz, 9% pour féverole et 1.5 % pour la semoule de pois chiche.

On note plus de grosse semoule pour le blé dur contre de fine semoule pour les produits de mouture de riz et de légumes secs et cette différence peut être due au fait que les graines légumineuses sont plus friables.

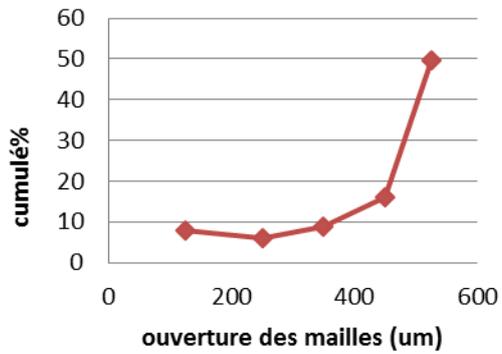
granulométrie de la semoule blé dur



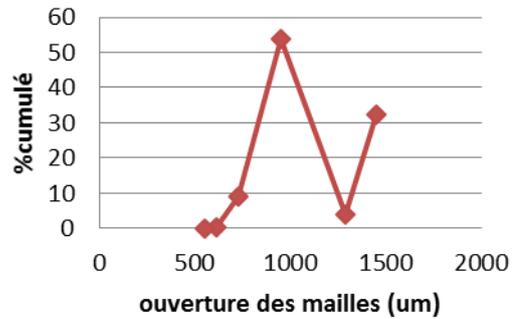
granulométrie de gros semoule de blé dur



Granulométrie de la semoule fine de riz



Granulométrie de la semoule grosse de riz



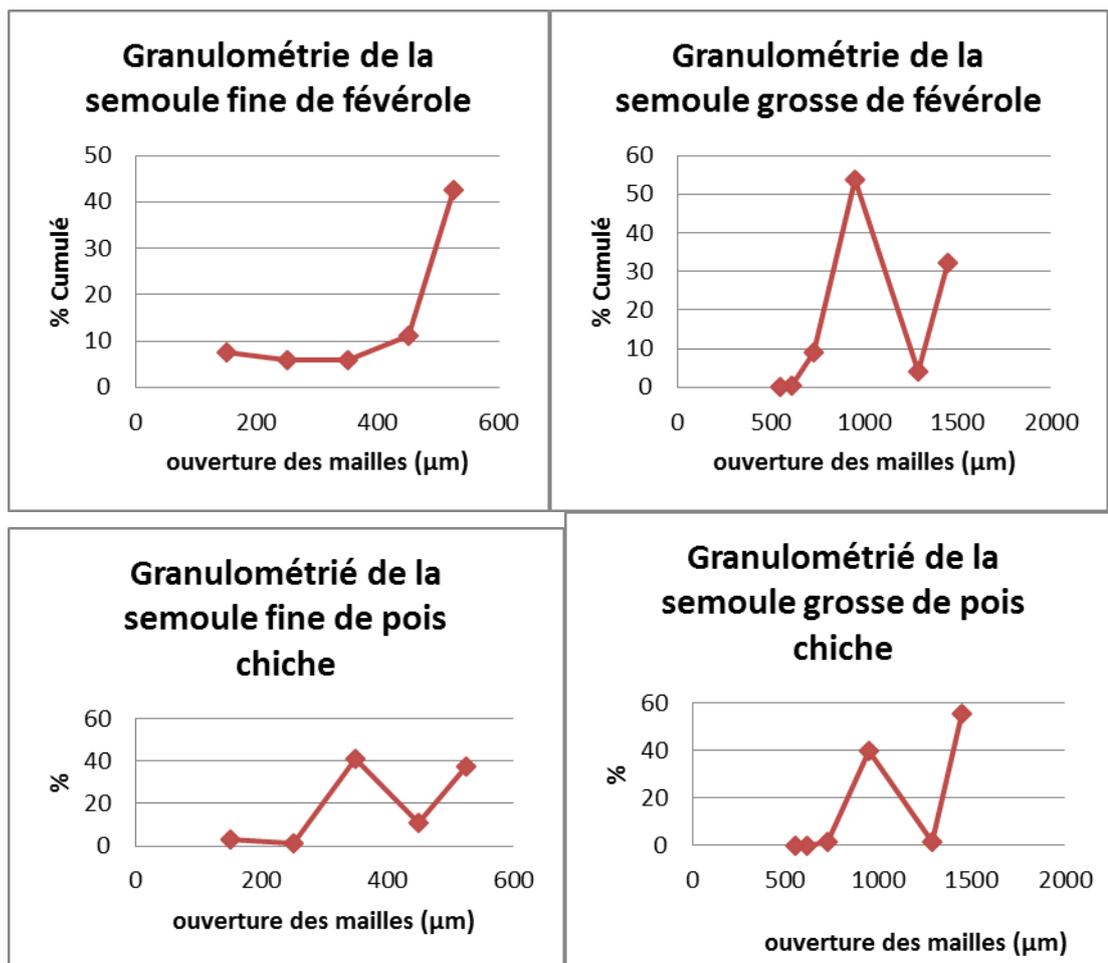


Figure21 : Granulométrie des différentes semoules étudiées

II Caractéristique physico-chimiques des produits finis(couscous)

II.1 La composition biochimique des produits finis

Les différents résultats obtenus sont consignés dans le tableau 6.

Tableau 6 : Paramètres chimiques des différents types de couscous

	Les traitements	Teneur en eau %(ms)	Cendres % (ms)
Type de couscous	CT	11.4	0.77
	CRF 10%	9.49	1.03
	CRF 20 %	9.81	1.12
	CRF 30%	9.39	1.30
	CRPC 10%	9.09	0.64
	CRPC 20%	9.60	1.02
	CRPC30 %	9.39	1.14

II.1.1 Teneur en eau

D'après les résultats regroupés dans la figure 22 montrent que les différents couscous sans gluten ont des humidités inférieures à celle donnée par FAO(1991) (13.2%). La norme du codex Alimentarius (FAO, 1996), exige une humidité inférieure à 13.5%. Une teneur en eau moindre peut être exigée pour certaines destinations, compte tenu du climat, de la durée de transport et de celle du stockage.

Le couscous témoin a une humidité plus élevée. Nos résultats corroborent avec ceux de BENTALLAH(2009) pour le couscous témoin mais plus faibles pour les couscous sans gluten.

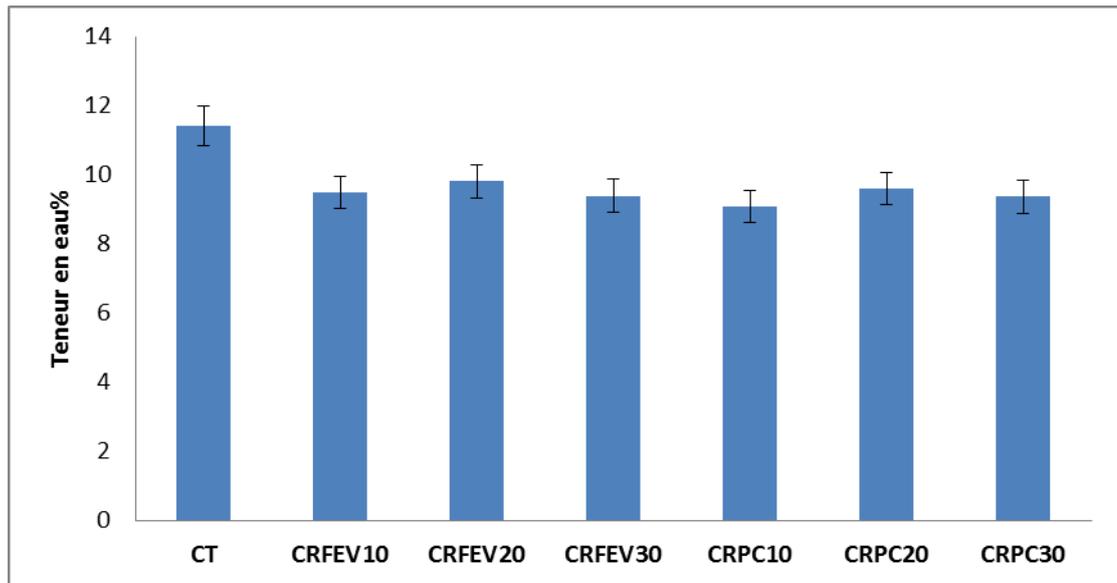


Figure22.Teneur en eau des échantillons de couscous.

II.1.2 Teneur en cendres

Le teneur en cendres de couscous témoin est de 0.77% MS. Nous constatons que ce taux a augmenté avec l'augmentation de la granulométrie et il est nettement supérieur à celui de la semoule. Ce résultat concorde avec celui des travaux de ANGAR et BELHOUCHE (2002).GUEZLENE et al, (1986) qui ont souligné qu'une nette augmentation du taux de cendre est enregistrée sur le couscous par rapport à la semoule dont il est issu. Cette augmentation est essentiellement due à l'apport des éléments minéraux contenus dans l'eau ajouté au stade de roulage

La figure (23) montre une augmentation de la teneur en cendres avec l'accroissement du taux d'incorporation de légumes secs des échantillons de couscous riz-fêverole et riz-pois chiche.

La teneur en cendres chez le couscous incorporé de fêverole est plus élevée que celui incorporé de pois chiche. Cela est dû à la richesse en fibres de la fêverole.

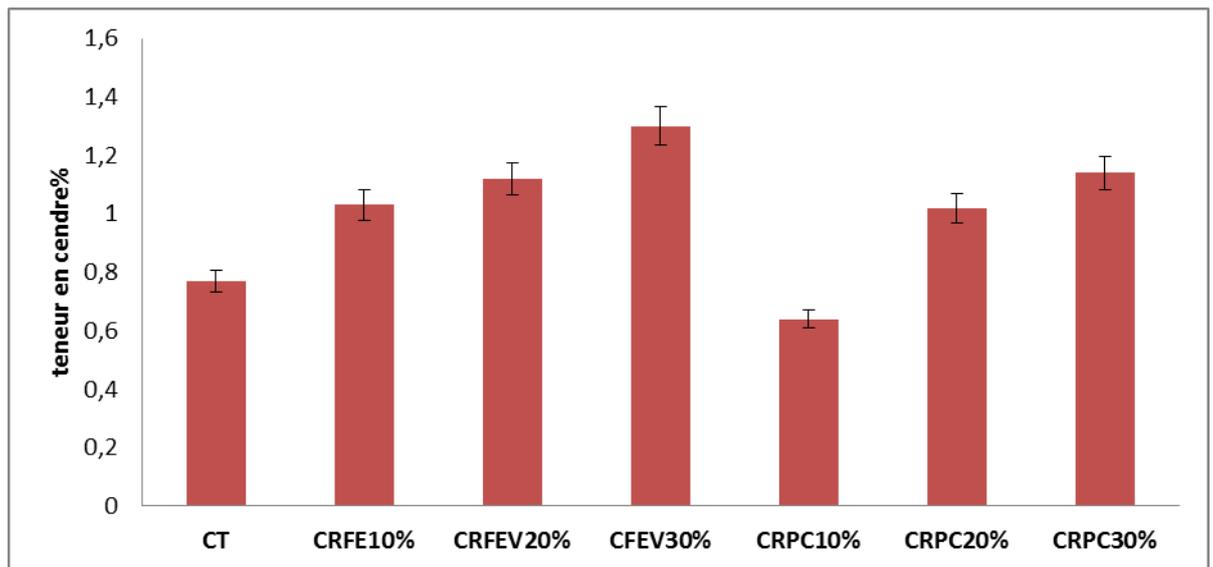


Figure23.Teneur en cendres des échantillons de couscous.

II.2. Distribution granulométrique des différents couscous

Les résultats de la comparaison de la granulation des couscous des différents échantillons sont consignés dans les figures (24), (25) et (26). Les conditions de fabrication et granulation des semoules utilisées sont identiques. La granulométrie à un rôle important dans le comportement de l'échantillon lors de son hydratation et à la cuisson.

D'après les résultats obtenus. Nous constatons qu'il y a une différence dans la distribution granulométrique des couscous sans gluten par rapport au couscous du blé dur.

La granulométrie du couscous blé dur montre qu'il est constitué principalement une fraction plus importante située dans l'intervalle $[1290.950[\mu\text{m}$ (56%).

La composition granulométrique des couscous riz-féverole (10%, 20% ,30%) et riz-pois chiche (10%,20%,30%) sont presque rapprochées et sont caractérisées par une fraction grosse plus importante.

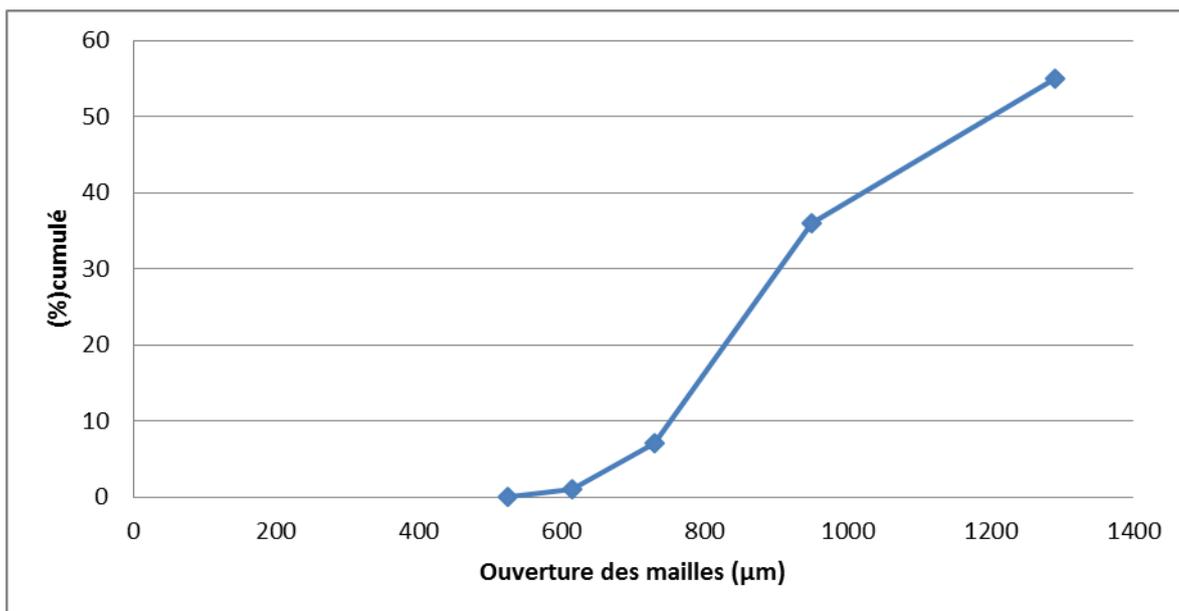


Figure24. Granulométrie du couscous témoin

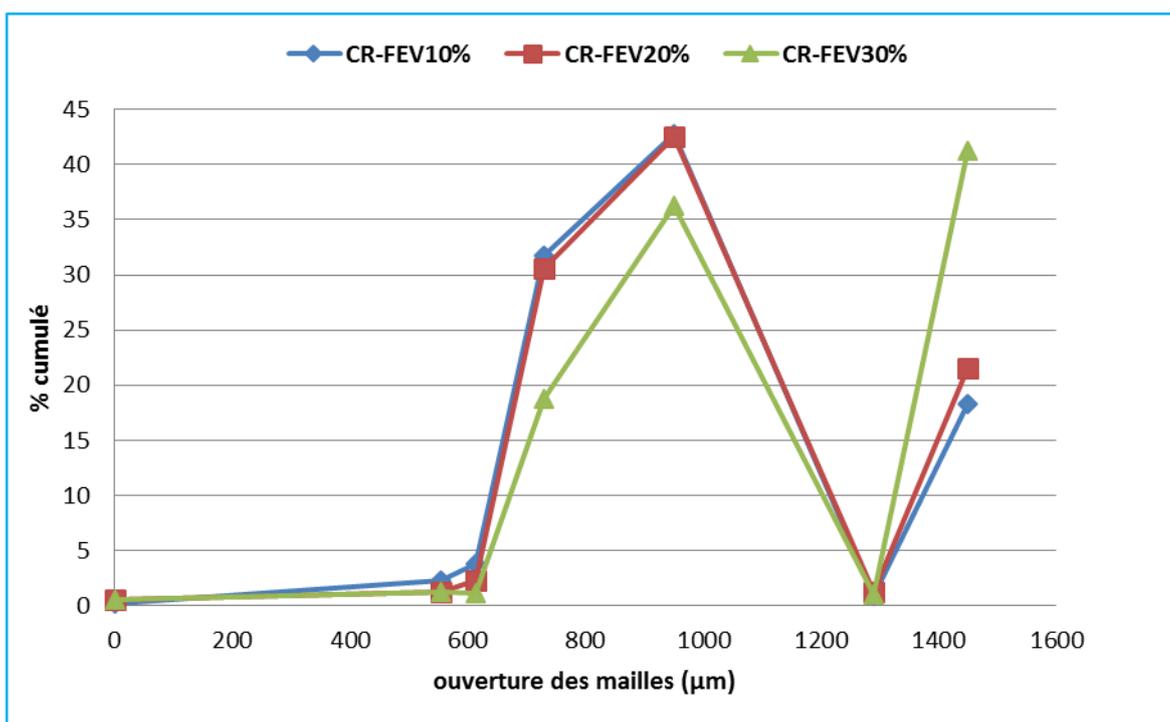


Figure 25. Granulométrie du couscous de riz incorporé de féverole (10%,20%,30%)

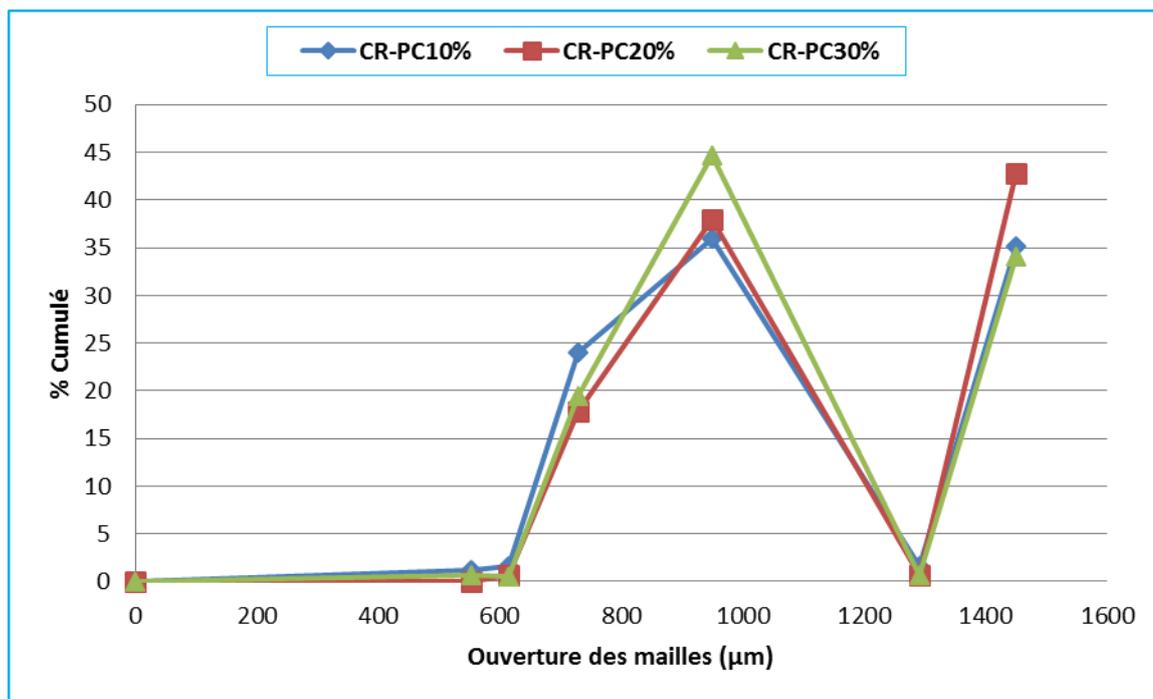


Figure 26. Granulométries des différents échantillons de couscous de riz-incorporés de pois chiche (10%, 20%, 30%)

III Etude de la qualité technologique du couscous

III.1 Le gonflement à froid et à chaud

Les résultats de gonflements à froid et à chaud des différents échantillons de couscous étudiés sont représentés par les figure (27) et (28).

Les valeurs élevées du gonflement sont indicatives d'un couscous de haute qualité **OUNANE et al (2006)**.

Le gonflement à froid est compris entre 66 et 130% pour le couscous riz-féverole (10%), entre 69 et 130% pour le couscous riz-féverole (20%), entre 70 et 132% pour le couscous riz-féverole (30%), entre 66 et 130% pour le couscous riz-pois chiche (10%), entre 68 et 134% pour le couscous riz-pois chiche (20%), entre 69 et 128% pour le couscous riz-pois chiche (30%).

Globalement le gonflement augmente avec l'accroissement des taux d'incorporation des légumes secs.

L'évolution du gonflement à chaud est comprise entre 68 et 160% pour le couscous riz-féverole (10%), entre 68 et 142% pour le couscous riz-féverole (20%), entre 68 et 140% pour le couscous riz-féverole (30%), entre 68 et 140% pour le couscous riz-pois chiche (10%), entre 68 et 145% pour le couscous riz-pois chiche (20%), entre 69 et 142% pour le couscous riz-pois chiche (30%).

Notre résultat montre que la température à chaud (100°C) augmente plus l'absorption des couscous sans gluten en eau par rapport à la température à froid (25°C).

PEPLINSKI et PFEIFER (1970) cité par **DEBBOUZ et DONNELLY (1996)** confirment que la quantité d'eau absorbée augmente avec le degré de gélatinisation de l'amidon. Également, 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)**.

La nature des amidons et 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 et 100°C.

En effet, plusieurs auteurs confirment qu'il n'existe pas un seul mais plusieurs amidons

ayant des propriétés voisines mais différents selon leurs origines botaniques **CHAMP et FAISANT (1992)** ; **BULEON et al (1990)**. Les amidons des légumineuses sont de type cristallin C, alors que la plupart des amidons des céréales sont de type A (**CHAMP et FAISANT, 1992**). Les amidons des légumineuses se caractérisent par rapport aux amidons des céréales par une teneur élevée en amylose. **CHEFTEL (1984)** confirme que du fait de sa nature cristalline l'amylose ne gonfle qu'à une température élevée.

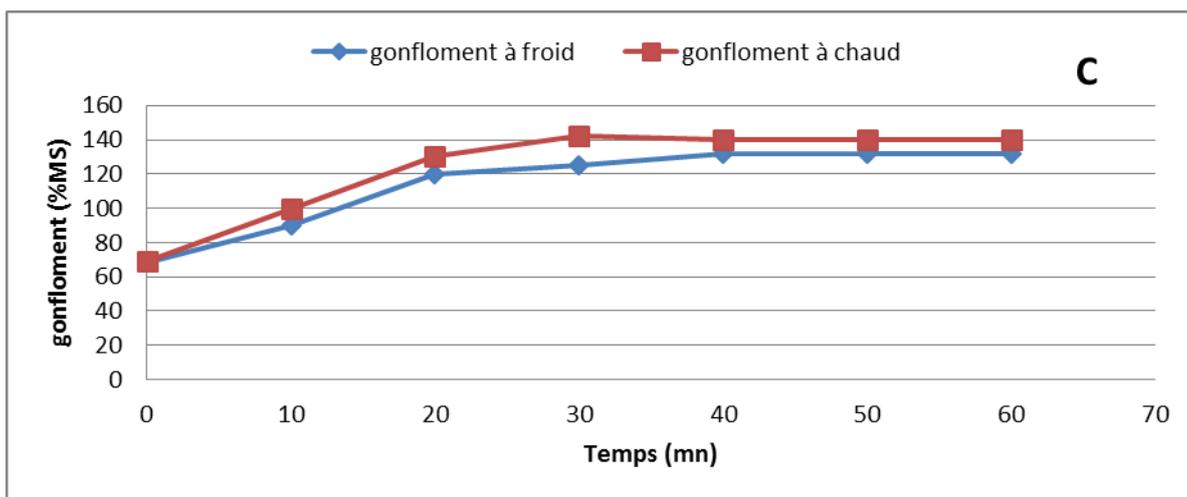
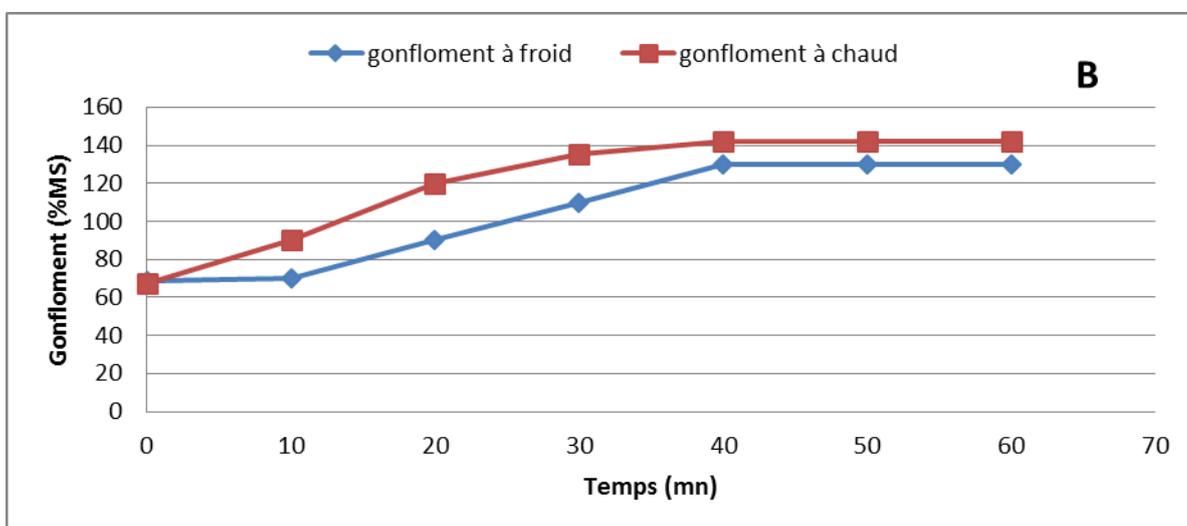
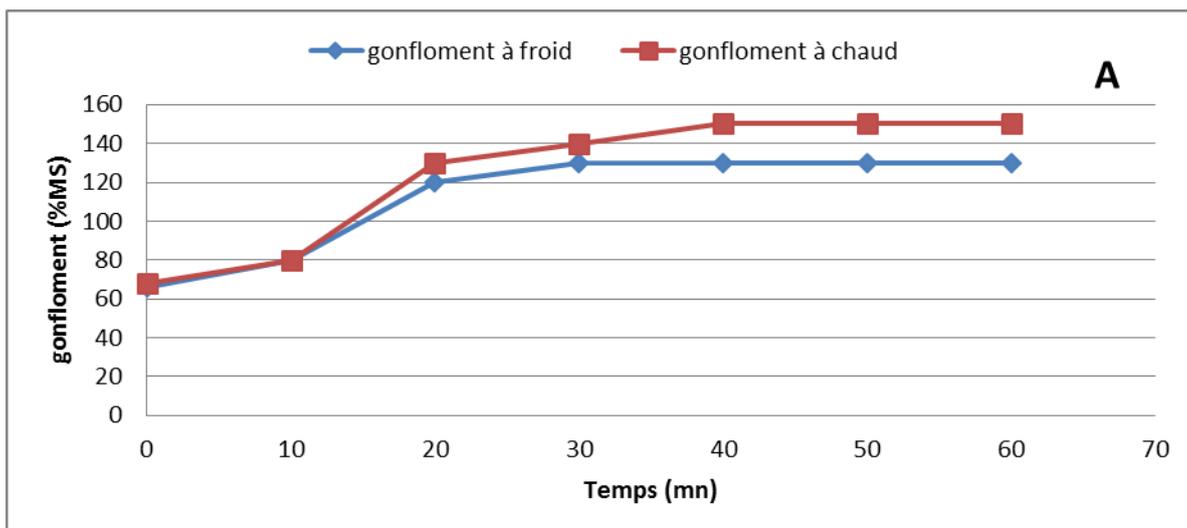


Figure 27. Le gonflement à froid et à chaud de couscous riz de 10% (A) , 20% (B) et 30% (C)d'incorporation de semoule de féverole.

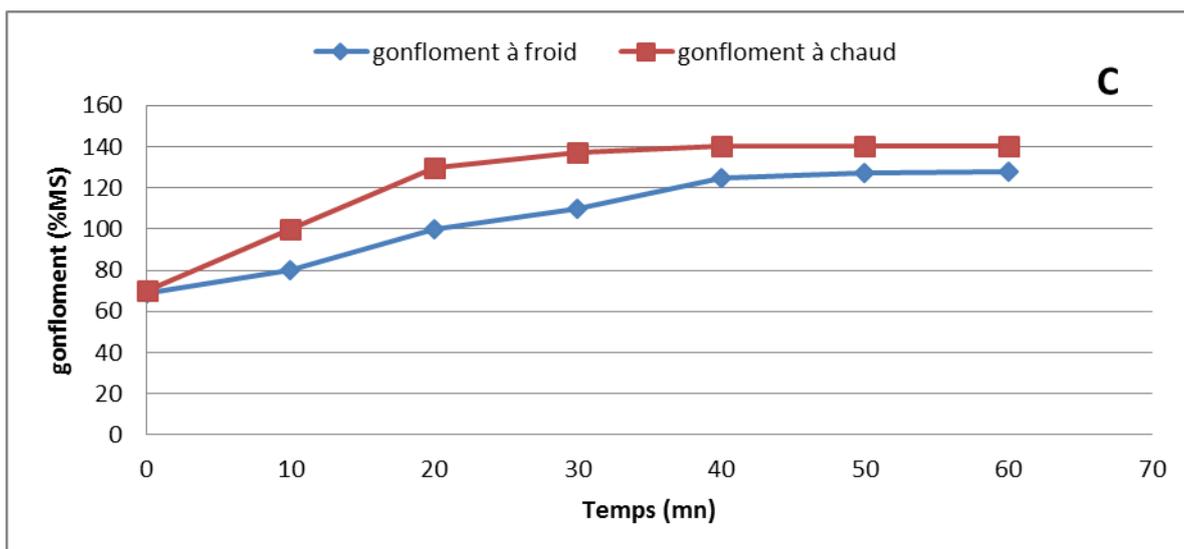
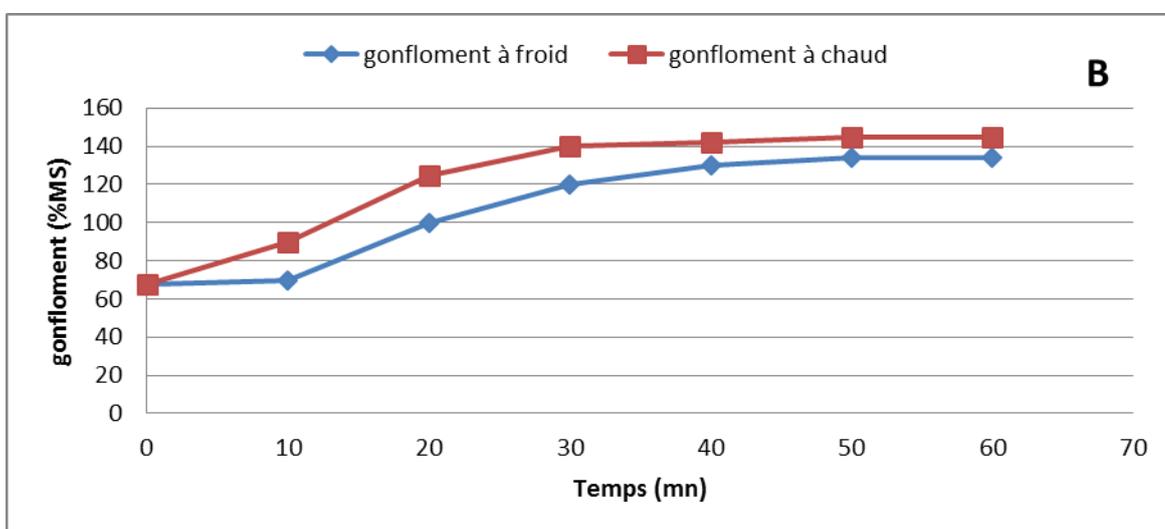
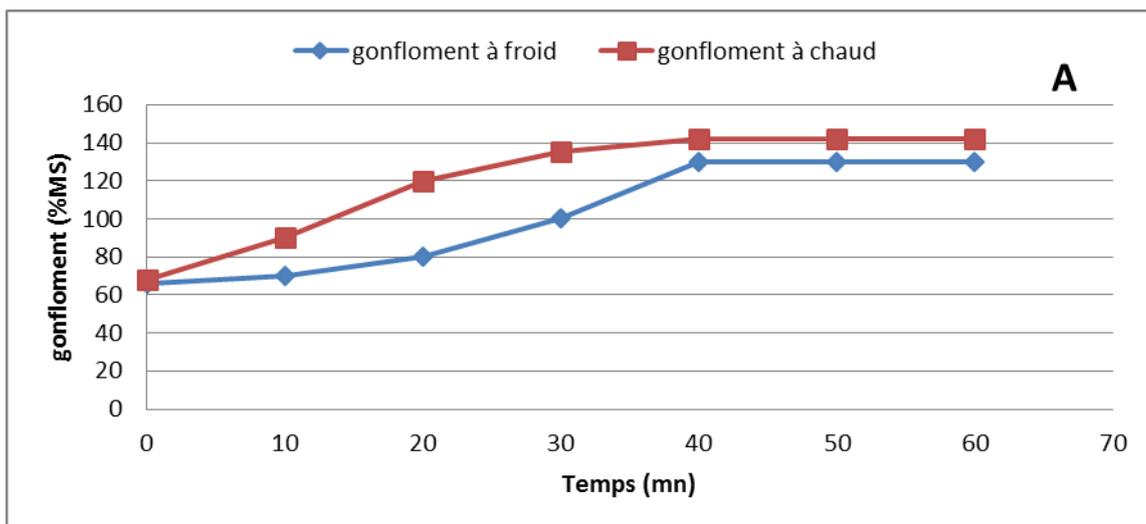


Figure 28. Le gonflement à froid et à chaud de couscous riz de 10% (A) , 20% (B) et 30% (C) d'incorporation de semoule de pois chiche.

III.2 Test de cuisson

Les résultats du test de cuisson sont consignés dans le tableau 7. Le comportement du couscous à la cuisson va déterminer le degré du collant qui reste le problème majeur dans l'industrie du couscous précuit.

Tableau7 : Test de cuisson réalisé sur les échantillons de couscous étudiés :

Echantillons	Temps de cuisson	Poids initial	Poids Final	Le gonflement	Comportement lors de la réhydratation
CT	30min	50g	240	Très bon	Non collant
C riz-Pc (10%)	30min	50g	147g	moyen	Non collant
C riz-Pc (20%)	30min	50g	138g	moyen	Non collant
C riz-Pc (30%)	30min	50g	135g	faible	Peu collant
C riz-fev (10%)	30min	50g	157g	Moyen	Non collant
C riz-Fev (20%)	30min	50g	143g	moyen	Non collant
C riz- fev (30%)	30min	50g	145g	faible	peu collant

Le comportement du couscous lors de sa cuisson indique des particules uniformes, non collantes et un gonflement moyen pour les couscous avec 10% et 20% d'incorporation de pois chiche et féverole dans le riz.

Cependant les couscous de 30% d'incorporation de légumes secs dans le riz présente des particules uniformes, peu collante et un faible gonflement

Le comportement du couscous témoin de blé dur lors de sa cuisson indique des particules uniformes, non collantes et un gonflement acceptable.

Le poids du couscous cuit diminue avec l'incorporation des légumes secs (figure29).

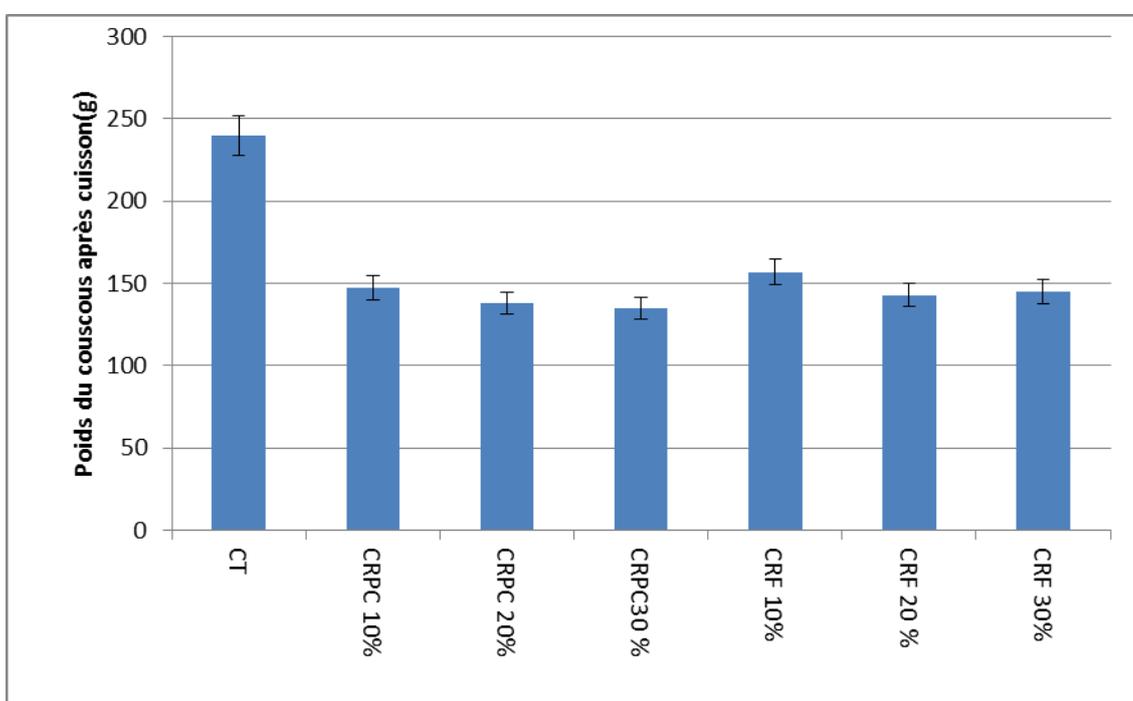


Figure 29. Poids des différents couscous après cuisson

III.3 Evaluation sensorielle

L'évaluation des paramètres organoleptiques est une condition très importante pour l'acceptabilité, néanmoins, elle est insuffisante pour refléter ce que perçoit le consommateur sur le plan sensoriel.

L'analyse sensorielle des couscous fabriqués a concerné quatre critères; la couleur, la texture, le goût, et l'aspect. Elle est réalisée par un panel de 300 personnes.

Les résultats sont consignés dans le tableau (8) et révèlent que :

- ✓ La texture de couscous témoin est excellente, alors qu'elle est bonne pour tous les types de couscous sans gluten à l'exception de couscous 20% d'incorporation.
- ✓ 90% de dégustateurs ont jugé que l'odeur de couscous témoin excellente alors que La majorité des dégustateurs ont qualifié l'odeur de couscous de riz à incorporation de 10% ,20% et 30% de pois chiche et de couscous de riz à incorporation de 10% de féverole; de moyenne.
- ✓ L'odeur du couscous de riz- féverole 20% a été jugé de médiocre, par contre les couscous riz- fev 30% a été jugé bon.
- ✓ Le goût de couscous de riz-féverole 20% est excellent, alors que les couscous de riz-pois chiche (10% 20% 30%) et le couscous de riz- féverole (10% 20%) ont été jugés de bon.
- ✓ La couleur de couscous témoin est excellente, celle de 10% et 20% d'incorporation de pois chiche et 10% d'incorporation de féverole est bonne, alors qu'elle est moyenne pour les couscous de riz- pois chiche de 20% et 30% et pour le couscous de riz- féverole de 30%.
- ✓ L'aspect a été jugé par la majorité des dégustateurs comme étant bon pour les différents échantillons de couscous sans gluten.

Tableau 8. Résultats du test de dégustation

Echantillons	Caractéristiques %	Inacceptable %	Médiocre %	Moyen %	Bon %	Excellent %
CT	La texture	0	0	0	35	65
	Odeur	0	0	0	10	90
	Le gout	0	0	0	65	35
	La couleur	0	0	0	45	55
	Aspect	0	0	30	60	10
C riz-pc (10%)	La texture	0	0	20	60	20
	Odeur	0	0	45	40	15
	Le gout	0	0	35	60	5
	La couleur	0	0	40	50	10
	Aspect	0	0	15	65	20
C riz-pc (20%)	La texture	0	10	40	45	5
	Odeur	0	5	60	30	5
	Le gout	0	5	50	40	5
	La couleur	0	0	25	70	5
	Aspect	0	10	15	70	5
riz-pc (30%)	La texture	0	15	10	70	5
	Odeur	0	0	70	20	10
	Le gout	0	10	35	50	5
	La couleur	0	5	55	10	30
	Aspect	0	0	0	60	40
C riz-fev (10%)	La texture	0	15	30	40	15
	Odeur	0	5	55	30	10
	Le gout	0	5	30	60	5
	La couleur	0	5	40	55	0
	Aspect	0	5	20	60	15
C riz-fev (20%)	texture	0	20	30	40	10
	Odeur	5	60	30	5	0
	Le gout	0	0	10	25	65
	La couleur	0	15	45	30	10
	Aspect	0	0	0	35	65
C riz-fev (30%)	La texture	0	0	10	60	30
	Odeur	0	0	5	80	15
	Le gout	0	0	0	60	40
	La couleur	0	5	65	25	5
	Aspect	0	5	50	40	5

Conclusion

Conclusion

Notre travail avait pour objectif principal de contribuer à la diversification de l'alimentation d'une population cœliaque Algérienne et de tester la fabrication de couscous sans gluten à partir d'une formulation à base de riz et de légumes secs. Deux formules ont été étudiées : riz – féverole et riz - pois chiche tout en variant le taux d'incorporation de légumes secs dans le riz soient 10%, 20%,30%.

Le suivi des étapes de fabrication des deux couscous sans gluten selon un diagramme traditionnel a permis de comparer l'aptitude des différentes matières premières mises en œuvre à donner un couscous.

- L'ajout de semoules de légumes secs dans les deux formules a aussi apporté des corrections intéressantes de couleur en atténuant le blanc du riz
- Les qualités des couscous sans gluten qui sont quelques fois meilleurs que celles du Couscous témoin sont confirmées par l'analyse sensorielle. Le jury a jugé que le couscous riz- féverole est le Mieux appréciée au niveau de gout et de l'odeur avec le pourcentage 30 qui présente la meilleure odeur et le pourcentage 20 qui représente le meilleur gout, mais de couleur plus sombre.

Par ailleurs, Le couscous riz- pois chiche qui ont été jugée avoir l'odeur et le gout les Moins bons et la couleur meilleur. Nos couscous sans gluten sont de qualité nettement Inferieure que le couscous témoin notamment au niveau du gout et de l'odeur.

- Les couscous sans gluten gonflent à 25°C et à 100°C moins que le couscous témoin
-

En conclusion nos résultats montrent la possibilité de fabriquer des couscous de bonne Qualité à partir de nos formules sans gluten. L'acceptabilité des couscous obtenus a été confirmée par le jury de l'analyse sensorielle même pour le C RPC qui a présenté des qualités relativement basses par rapport aux autres couscous. Ce dernier a été préféré par un membre de jury de dégustation.

Pour compléter cette étude, il serait intéressant d'élargir les perspectives du projet et de

S'intéresser aux volets suivants

- Etude microscopique approfondie afin de définir la nature de cohésion des Particules de semoule participant à la formation des grains de couscous au cours de La fabrication.
- Comparaison de plusieurs variétés de matière première notamment le riz.
- Etude des autres diagrammes traditionnels de fabrication du couscous notamment Ceux qui ne prévoient pas l'étape de précuisions de la semoule.
- Détermination des conditions optimales, du temps, des quantités d'eau, des Quantités de la semoule fine pour obtenir les meilleurs rendements et meilleures Caractéristiques des couscous.
- Etude de la faisabilité industrielle.

Les références :

- ABECASSIS J, 1991. Les technologies de mouture ; B- la mouture de blé dur, pp ; 362-394, in « Les industries de premières transformation des céréales GODONB., WILL M.C, Lavoisier Tec.et Doc. /Apria, Paris. 679 Pages
- AFNOR, 1991. Contrôle de la qualité des Produits Alimentaire. Recueil des normes françaises .3ème Edition.AFNOR, France.360 pages
- AKOBENG AK, THOMAS AG. (2008) :Systemtic review :celiac disease : tolerble amount of gluten for people with coeliac disease.Aliment Phrmacol Ther 1;20(11):1044-52.
- AMAMRA.S(2017) ;prévalence de la maladie cœliaque à Mostganam (1996-2008) et diététique associés auprès des patients de l'EPH ain Tedeles de Mostagnem.Memoire de fin d'études En vue de l'obtention d'un diplôme de master .Université Abdelhamid iben badis-Mostagnem .
- BAKECHE, C.(1994) Etude de la chaine de fabrication du couscous industriel .rapport de DEUA. INATAA. Université de Constantine 23p
- BENATALLAH Le. 2009. Couscous et pain sans gluten pour malades coeliaques : aptitude technologique de formules à base de riz et de légumes secs. Thèse de Doctorat d'état en science. Spécialité : Sciences Alimentaires. INATAA.
- BENKADRI, S.(2010). Contribution à la diverfication de l'alimentation pour enfants cœliaque : fabrication de farine biscuits sans gluten .Mémoires de magister. Université Mentouri de Constantin
- BERNARAD, L. RENE, M. (1983) Fluctuation de la qualité technologique de riz en fonction du génotype et du milieu. Agronomie.6 p.
- BIEVENIDO O.J. (1994) Le riz dans la nutrition humaine.FAO.Alimentation et nutrition 26.Rome.180 p.
- BOUDRAA G., BESSAHRAOUI M., BOUZIANE NEDJADI K., NIAR S., NACEUR M., BOUCHETARA A., BENMANSOUR A. et TOUHAMI M. (2008).Evolution de l'incidence de la maladie coeliaque chez l'enfant de l'ouest algérien (1975- 2007). SFP 013 : 949
- BOUDOUIRA .N.(2014)Mise en point d'une méthode d'aprophe de l'interaction impliquée dans la constitution d'agglomérats de couscous. Mémoire de l'obtention du diplôme de magister. Université Constantine.

- BOUDREAU A., MATSUO R.R., LAING W., 1992. L'industrie des pâtes alimentaires: Le blé, éléments fondamentaux et transformation. Les presses de l'université. Laval. Sainte-Foy. Canada. 439 pages
- CALET C. (1992) Les légumes secs, Apport protidique. Cahier nutrition et diététique 2 : 99-108
- CATASSI C. et FASANO A. (2008). Coeliac disease, pp 1-27, In : gluten free cereals products and beverages. ARENDT E. et DAL BELLO F., Food Science and Technology. International Series, Academic Press-Elsevier Edition, USA, 454 p.
- CHOUAKI, S. (2006)Deuxième rapport national sur l'état des ressources phytogénétiques INRAA. 92 p.
- CHRISTOPHE CELLIER, « Maladie coeliaque de l'adulte », La Revue du Praticien, vol. 51, n° 9, 15 mai 2001, p. 959-963.
- CRUZ.J. (2005) Usinage du riz au Burkina Faso. Diagnostic techniques des rizeries.25 p.
- DAGHER S.M., 1991. Traditional food in the Near East, FAO, food and nutrition paper Vol. 50. Rome. 161 pages
- DEROUICHE M., 2003. Couscous: enquête de consommation à Constantine, fabrication artisanal et qualité. Mémoire de Magister. Université Mentouri Constantine. Algérie. 125pages
- DESOUSA A., 2001. Le couscous. Tradition et Modernité, Agro-Ligne. Vol. 16. P: 32- 35.
- DIDIER REMOND, STEPHANE WALRAND. Les graines de légumineuses: caractéristiques nutritionnelles et effets sur la santé. Innovations Agronomiques, INRA, 2017, 60. fhal-016
- FAO (1982) Les graines de légumineuses dans l'alimentation humaine. FAO. Alimentation et nutrition 20.Rome.152 p.
- FAO (2001) Légumineuses. FAO/SMIAR. Perspectives de l'alimentation N°4. 15 p.
- FAVIER J.C. (1989) Valeur nutritive et comportement des céréales au cours de leurs transformations. Céréales en régions chaudes. AUPELF-URELF. Edition. John Libbey Eurotext. Paris : 285-2985940f
- FEILLET/P.2000. les grains de blé, composition et utilisation INRA. paris 308p
- Fred-Mon régime méditerranéen.fr | le samedi 10 juin 2017.
- GEORGIA MALAMUT ET CHRISTOPHE CELLIER, « Maladie cœliaque », *La Revue du Praticien*, vol. 65, décembre 2015, p. 1299-1300

- GOYON, A., MASTER, C.(2017)Le riz : bénéfiques et risque pour la santé. Cahier de nutrition et diététique .9 p
- GUEZLANE L., SELSELAT-ATTOU G., ET SENZTOR A., 1986. Etude comparée du couscous de fabrication industrielle et artisanale .Industrie des Céréales. Vol. 43. P : 25-29.
- ISABELLE, Tout Savoir Sur Les Légumes Secs ,2018
- JEANTET R., CROGUENNEC T., SCHUCK P., BRULE G., 2007. Science des aliments. Lavoisier. Paris. 456 pages
- J.PATBIO.2011.Pathologie Biologie Volume 61, n° 2pages e21-e26 (avril 2013)
- JULIANO B.O. (1994) Le riz dans la nutrition humaine.FAO.Alimentation et nutrition 26.Rome.184 p.
- JULIANO, B.O. (1985) Rice: chemistry and technology, Usa.774 p.
- KAUP S.M., and WALKER C.E., 1986. Couscous in North Africa. Cereal Food World. Vol. 31. P : 179-182
- KARALI R. (2000) Les légumineuses alimentaires en Algérie : état actuel et perspectives de développement. Agroligne, 7 :15 p
- MARINANGELI et AL. Enhancing nutrition with pulses: defining a recommended serving size for adults. Nutrition Reviews 2018, 75(12):990–1006
- MARY M. et NIEWINSKY M. S. (2008). Advances in celiac disease and gluten-free diet. J Am Diet Assoc, 108 : 661-672.
- MAZOUZI.KH et BELMOKHTAR.S(2018).ETUDE prospective sur les intolérances au gluten et au lait dans la wilaya de Ain Defla .Mémoire de fin étude En vue de l'obtention d'un diplôme de master .Université Djilali Bounaama Khemis Miliana.
- MERESSE G MALAMUT CERF-BENSUSSAN N. Celiac disease : An immunological jigsaw. Immunity 2012
- MERTENS,C.(2009) Contribution à l'étude du vieillissement physico-chimique de produits pré-gélatinisés obtenus par technologie roller et développement d'une méthode analyser de leur volatils par TD0. Travail de la fin d'étude en obtention garde bio- ingénieur. Université Gembloux

- MOHTADJI-LAMBALLAIS C. (1989) Les aliments. Editions Maloine. Paris. 203 p.
- NAIYANA GUJRAL, HUGH J FREEMAN et ALAN BR THOMSON, « Celiac disease: Prevalence, diagnosis, pathogenesis and treatment », *World J Gastroenterol*, vol. 18(42): 6036-6059, 14 novembre 2012
- PLANCQAERT Ph. et WERY J. (1991) Le pois chiche : Culture Utilisation, Publications sur les protéagineux. ITCF. Paris. 12 p.
- ROSTROM A, MURRAY JA, KAGNOFF MF. « American Gastroenterological Associate (AGA) Institute technical review on the diagnosis and management of celiac disease » *Gastroenterology*2006;131:1981-2002
- SNAPP, S.RAHMANIAN, M., BATELLO, C. (2018) Légumes secs et exploitation durable en Afrique subsaharienne. Rome, FAO. 69 p.
SOUCI S.W., FACHMANN W. et KRAUT H., (1994)La composition des aliments: Tableaux des valeurs nutritives. Medpharm Scientific publishers. 5ème édition. Stuttgart. Germany. 1091 p
- T.LAMIREAU, H.CLOZEAU « Epidémiologie de la maladie cœliaque »Volume.61, N°2, Avril 2013, Page1-4.
- WINGREN CJ, AGARDH D, MERLO J. « Sex differences in coeliac disease risk: a Swedish sibling design study » *Dig Liver Dis.* 2012;44(11):909-13
- YOUSFI L., 2002. Influence des conditions de fabrication et des modes de préparation sur la qualité du couscous industriel et artisanal. Thèse de magister, université Mentouri Constantine, Algérie. 140 pages

Annexes

Annexes :

I. Appareillages utilisés



Figure1:Un moulin domestique à bras (Originale)



figure2 : balance électrique (originale)



Figure3 : tamiseur (originale)



figure4 : balance analytique (originale)



Figure5 : dessiccateur (originale)



figure6 : four à moufle (originale)



Figure 7 : Etuve (originale)

Keterangan no. - gelas	10%		20%		30%	
	Asap	lendir/gula/okar	lendir	Asap	lendir	Asap
1. Bonanza Abu						
2. Bonanza Abu/okar						
3. Bonanza gula						
4. Bonanza, MOHAMMED						
5. Bonanza, IBRAHIM						
6. Megawan Abu						
7. Megawan FARIDA						
8. Megawan HAMID						
9. Megawan masamud						
10. Megawan AHMED						
11. Megawan KAMEL						
12. Megawan ZULHA						
13. Megawan Bedaunim						
14. Megawan Husein						
15. Megawan Haidarun						
16. Megawan Mubdillah						
17. Megawan HANIFA						
18. Megawan KHALID						
19. Megawan Aisyah						
20. Megawan RABIK						
21. Megawan-ahmadsham						
22. Megawan ANISA						
23. Megawan ADEM						
24. Megawan AMIR						
25. Megawan BANCA						
26. Megawan MANEEL						
27. Megawan SAHER						
28. Megawan KHALIDIN						
29. Megawan LILIANA						
30. Megawan SAUMBA						
31. Megawan DILLIANE						
32. Bonanza Aisyah						
33. Bonanza HABIB						
34. Bonanza NASSIR						
35. Bonanza masamud						
36. Megawan masamud						
37. Bonanza IZANAL						
38. Bonanza DILLIANE						
39. Bonanza MATHANED						
40. Bonanza shafika						
41. Megawan AMEL						
42. Megawan RADA						
43. Sahlin NAIMA						
44. Sahlin SYARIFA						
45. Sahlin HANIMA						
46. Zamsia NAWAMA						
47. Bonanza KURNIA						
48. Bonanza ZHARA						
49. Bonanza ENYA						
50. Sahlin NADIA						
51. Bonanza AISYA						
52. Bonanza MUSTAFIDA						

figure8 : Fiche d'évaluation sensorielle (originale)

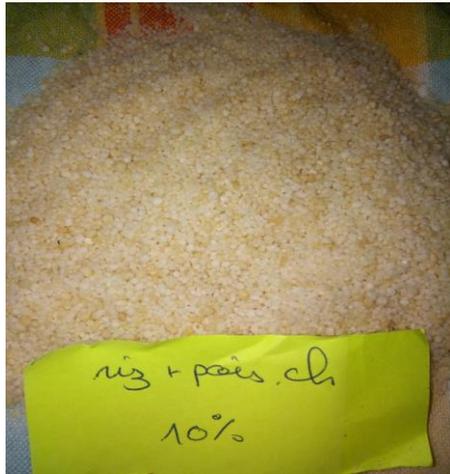


Figure8 : couscous riz-pois chiche
(10%) (Originale)



figure10 : couscous riz-pois chiche
(20%) (Originale)



Figure10: couscous riz-pois chiche
(30%) (Originale)



figure11 : couscous riz-féverole
(10%) (Originale)

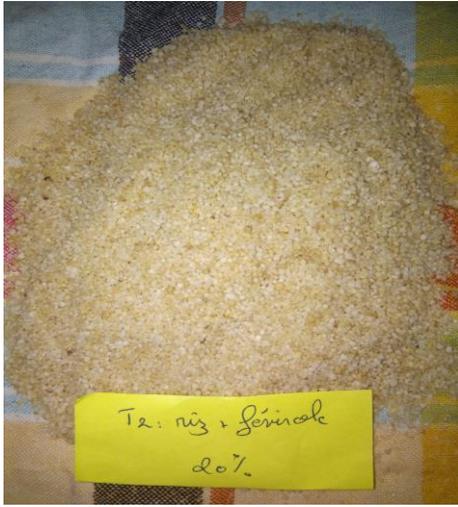


Figure12 : couscous riz-féverole
(20%) (Originale)



figure13 : couscous riz-féverole
(30%) (Originale)