

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE

DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES



Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.AGR/2022

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV Filière : Sciences Alimentaires

Spécialité : Agro-alimentaire et contrôle de qualité

Présenté par :

Touati Bouchra Yasmine et Bezzit Djamila

Thème

Elaboration d'une pâte alimentaire (couscous) à base de légumineuses destinée aux malades cœliaques.

Soutenu le:

Devant le jury composé de:

Nom et Prénom

Grade

Mme. SAYAH. S

MAA

Univ. de Bouira

Président

Mme. AMMOUCHE.Z

MAA

Univ. de Bouira

Promotrice

Mme. MOUHAMD. S

MAA

Univ. de Bouira

Examinatrice

Anné Universitaire: 2021/2022



Remerciements

Avant toute chose, nous remercions Dieu le tout puissant, miséricordieux et clément, pour nous avoir donné santé, patience, volonté et courage.

Au terme de ce travail, nous tenons à remercier notre enseignante et promotrice madame AMMOUCHE. Z pour nous avoir dirigé tout au long de la réalisation de ce travail pour son esprit scientifique, ses précieux conseils et ses encouragements.

Nous adressons aussi nos vifs remerciements à tous les membres du jury:

A madame SAYAH. S maître assistant classe A à la faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre de l'UAMOB, qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury.

A madame MOUHAMDY. S maître classe M.A.A à la faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre de l'UAMOB, qui nous a fait l'honneur d'accepter de juger ce travail.

Nos remerciements s'adressent à Mr AMMOUCHE. A de la faculté Math Informatique de Bouira pour son aide précieuse.

Nos remerciements vont à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail et à tous les amis et les collègues pour leur encouragements et leur amitiés.



Remerciements

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction 1

Partie bibliographique

Chapitre I: Maladie cœliaque et régime sans gluten

I. Maladie cœliaque et régime sans gluten	3
I.1. Définition	3
I.2. Epidémiologie	3
I.3. Définition du gluten	4
I.4. Traitement: régime sans gluten	4
I.5. Symptômes	5
I.6. Prévention.....	7

Chapitre II: Légumes secs

II. Légumes secs	8
II.1. Généralités	8
II.2. Composition et valeur nutritionnelle	8
II.3. Pois chiche	9
II.4. Composition et valeur nutritionnelle	9
II.5. Fève.....	10
II.6. Composition et valeur nutritionnelle	11

Chapitre III: Technologie de couscous

III. Technologie de couscous	13
III.1. Définition.....	13
III.2. Composition et valeur nutritionnelle	13
III.3. Place du couscous dans le régime alimentaire.....	14
III.4. Procédé de fabrication	14

Partie pratique

Chapitra IV: Matériel et méthodes

I. Matériel et méthodes.....	17
I.1. L'objectif de l'étude	17
I.2. Présentation du matériel végétal	17
I.2.1. Fève	17
I.2.2. Pois chiche.....	17
I.3. Préparation de farine	18
I.4. Méthodes d'analyses physico-chimiques	19
I.4.1. Teneur en eau.....	19
I.4.2. Le pH	20
I.4.3. Dosage des lipides	20
I.4.4. Taux de cendre des farines	21
I.5. Elaboration du couscous.....	23
I.5.1. Présentation du produit élaboré	23
I.5.2. Matériels utilisés dans le processus de fabrication	23
I.5.2.1. La guessâa.....	23
I.5.2.2. Les tamis.....	23
I.5.2.3. Cuiseur à vapeur (couscoussier)	24
I.5.3. Etapes de fabrication de couscous	24
I.5.3.1. Hydratation	24
I.5.3.2. Roulage.....	24
I.5.3.3. Tamisage.....	25
I.5.3.4. Précuisson.....	26
I.5.3.5. Séchage.....	26
I.6. Analyse de produit fini.....	27
I.6.1. Analyse physico-chimiques	27
I.6.2. Analyse sensorielle	27

Chapitre V: Résultats et discussion

II. Résultats et discussion	28
II.1. Caractéristiques physicochimique des farines étudiées	28
II.1.1. Teneur en eau	28
II.1.2. pH.....	29
II.1.3. Protéines	29

Table de matières

II.1.4. Lipides	29
II.1.5. Taux de cendre	30
II.2. Caractéristiques physico-chimiques du couscous élaboré	30
II.2.1. pH	Erreur ! Signet non défini.
II.2.2. Teneur en eau	30
II.2.3. Protéines	31
II.2.4. Lipides	31
II.2.5. Taux cendre	31
II.3. Résultats de l'analyse sensorielle.....	32
Références Bibliographiques.....	33
Annexes	
Résumé	

Liste des abréviations

Liste des abréviations

MC: Maladie Cœliaque.

OMS: Organisation Mondial de la Santé.

FAO: Food and Agriculture Organisation of the United Nation.

CCLS: Coopératives des Céréales et Légumes Sec.

TM: Tamis Mâaoudi.

TR: Tamis Reffad.

TS: Tamis Sekkat.

AFNOR: Association Française de Normalisation.

ISO: Organisation Internationale de la Normalisation.

Liste des figures

Figure 1: Atrophie villositaire totale de la muqueuse intestinale dans la maladie cœliaque.....	3
Figure 2: Fabrication du couscous au stade de pilot.	15
Figure 3: Fève (Agadulce).....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 4: Pois chiche (Flip 90).	Erreur ! Signet non défini.
Figure 5: Différentes opérations de préparation des farines de pois chiche et de fève.	18
Figure 6: Farine de fève.....	19
Figure 7: Farine de pois chiche.	19
Figure 8: Hydratation.	24
Figure 9: Roulage de la farine.	25
Figure 10: Tamisage de mélange.....	25
Figure 11: Précuisson de couscous humide.....	26
Figure 12: Séchage à l'air libre.	26
Figure 13: Présentation graphique du profil sensoriel du produit fini (couscous A).	32
Figure 14: Présentation graphique du profil sensoriel du produit fini (couscous B).	32

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Tableau 1: Manifestations cliniques de la maladie cœliaque chez l'enfant et l'adolescent.	6
Tableau 2: Manifestations cliniques de la maladie cœliaque chez l'adulte	6
Tableau 3: Composition chimique (g/100 g) de certaines légumineuses alimentaires	9
Tableau 4: Composition biochimique du pois chiche	10
Tableau 5: Valeur nutritionnelle pour 100 g de fève potagère (<i>Vicia faba</i> L.).....	12
Tableau 6: Composition globale de 100 g de couscous sec.	13
Tableau 7: Résultats des différents paramètres physico-chimique des farines étudiées.	28
Tableau 8: Résultats des différents paramètres physico-chimique du couscous.....	30

Introduction

Introduction

La maladie cœliaque est une entéropathie auto-immune induite par l'ingestion de gluten chez des sujets génétiquement prédisposés (**SCHMITZ et GARNIER-LENGLINE, 2008**). Elle se traduit par une atrophie de la muqueuse de l'intestin grêle proximal, régressive après exclusion alimentaire du gluten de blé et des prolamines équivalentes des autres céréales réputées toxiques telles que le seigle et l'orge (**CLOT *et al.*, 2001**).

La maladie cœliaque est considérée actuellement comme l'une des maladies gastro-intestinales les plus fréquentes. Elle est très répandue dans les pays européens avec une prévalence qui se situe entre 0,1 et 3,3 % et semble aussi élevée en Afrique du nord avec 1,4 % (**TALAL *et al.*, 1997**; **CLOT *et al.*, 2001**; **DENERY-PAPINI *et al.*, 2001**). Chez des enfants du Sahara Occidental, **CATASSI *et al.*, (1999)** rapportent des prévalences plus élevées avec 5 à 6 % de cas d'une moyenne d'âge de 4 à 7 ans. Cette affection reste rare en Amérique du nord et en Inde, exceptionnelle en Afrique noire et ignorée en Chine (**HADJI, 2000**).

En Algérie, une insuffisance de l'information est notée. Les seules données disponibles sont celles de **BOUDRAA *et al.*, (1996)** ainsi que **BOUDRAA *et al.*, (1997)** qui, pour la ville d'Oran, annoncent une incidence moyenne sur une période de 20 ans de 2 % de naissances vivantes et en fin de l'année 1994, une prévalence de 21,1 % chez des enfants de moins de 15 ans.

Le traitement de la maladie cœliaque est diététique et consiste à supprimer totalement le gluten de l'alimentation et à substituer les céréales essentiellement le blé, le seigle et l'orge par d'autres sources telles que le riz et les légumineuses (**DENERY-PAPINI *et al.*, (2001)**

Les légumineuses alimentaires sont cultivées depuis longtemps dans le monde et occupent une place importante dans l'alimentation humaine pour de nombreux pays en voie de développement. Riches en protéines, elles permettent dans une certaine mesure de corriger les carences en protéines animales d'une population dont l'alimentation est exclusivement à base de céréales (**AYADI, 1986**). Les légumes secs (pois chiche, fève, lentilles...) sont classés parmi les cultures les plus importantes en raison non seulement de leurs qualités nutritionnelles mais également pour leurs divers avantages agro-environnementaux. Les graines et les farines de légumineuses sont des sources importantes de protéines, glucides, vitamines, minéraux et fibres alimentaires (**BALJEET *et al.*, 2014**; **RACHWA- ROSIAK *et al.*, 2015**).

Introduction

L'intérêt de ce travail vise à améliorer la situation alimentaire des malades cœliaques Algériens, voire leur état nutritionnel, par la formulation de couscous sans gluten, pour répondre aux besoins exprimés. Il s'agit de formuler un type de pâte alimentaire (couscous) basé sur une complémentation entre deux légumineuses de terroir, la fève de variété Aguadulce et le pois chiche de variété Flip 90 ainsi pour que la valorisation des produits de légumes secs disponibles localement.

Ce travail est présenté en deux parties, la première partie regroupe les données bibliographiques sur la maladie cœliaque et le régime sans gluten par la fabrication d'une pâte alimentaire (couscous) à base de deux légumineuses, la fève et le pois chiche. Le deuxième volet décrit le matériel et les méthodes utilisées pour l'élaboration du produit fini, et l'interprétation des différents résultats obtenus.

Partie bibliographique

***Chapitre I: Maladie
cœliaque et régime sans
gluten***

I. Maladie cœliaque et régime sans gluten

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 Etats-Unis, la maladie est écrite (*Celiact*) tandis qu'en Grande-Bretagne elle est écrite (*Coeliac*) (THOMPSON, 2008).

La maladie cœliaque est une maladie chronique, auto-immune et multi-organe, affectant l'intestin grêle chez les enfants et les adultes génétiquement prédisposés, sont induite par l'ingestion d'aliments contenant du gluten (LUDVIGSSON *et al.*, 2013). Cette maladie est caractérisée par la présence d'une atrophie (Fig. 01) villositaire duodénojunale associée à des degrés divers de malabsorption et une signature immunologique (présence d'anticorps anti-endomysium et anti-transglutaminase) (NION-LARMURIER et COSSNES, 2009).

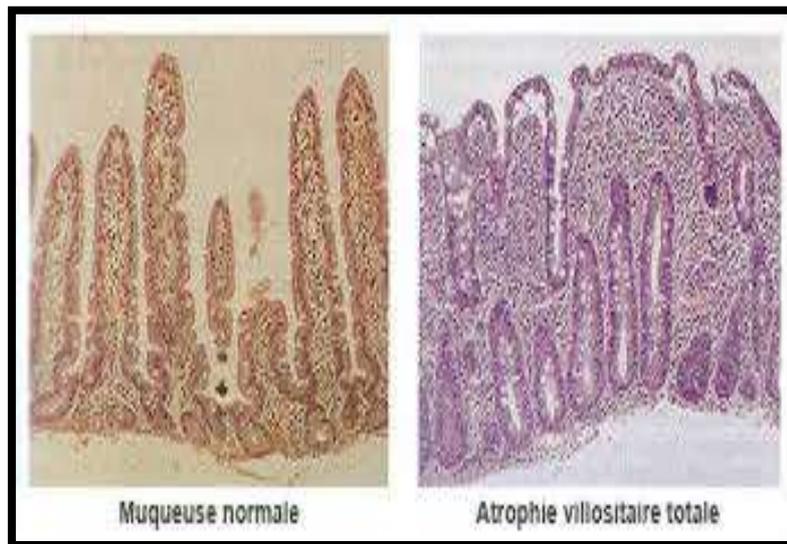


Figure 1: Atrophie villositaire totale de la muqueuse intestinale dans la maladie cœliaque (NION-LARMURIER et COSSNES, 2009).

I.2. Epidémiologie

La maladie cœliaque est fréquente dans le monde entier et sa prévalence a augmenté de façon significative ces vingt dernières années (LOHI *et al.*, 2007). Il y a eu une augmentation marquée du nombre de nouveaux cas de maladie cœliaque, en partie en raison de meilleurs outils diagnostiques et d'un dépistage approfondi chez les individus à haut risque de développer la maladie (CHOUNG *et al.*, 2012):

- ✓ Sa prévalence est d'environ 1 % dans la population générale dans les pays de l'Ouest, mais elle est actuellement en train d'augmenter de façon marquée dans d'autres régions du monde.
- ✓ Le rapport femmes-hommes est décrit de façon très variable, avec des ratios rapportés dans des études de populations prospectives.
- ✓ Il est maintenant reconnu que la maladie cœliaque peut affecter tous les groupes d'âge, y compris les personnes les plus âgées, plus de 70 % de nouveau cas sont diagnostiqués chez les patients de plus de 20 ans (**TORTRA *et al.*, 2016**).
- ✓ Le risque de souffrir de la maladie cœliaque est beaucoup plus grand chez les parents du premier degré (jusqu'à 10 %) mais est moindre chez les parents du deuxième degré ainsi que chez les individus avec un diabète sucré type 1 et d'autres maladies auto-immunes, une trisomie 21 et d'autres maladies associées (**FASANO *et al.*, 2003**).
- ✓ Il peut y avoir des manifestations cliniquement sévères pendant la grossesse ou dans le post-partum jusqu'à chez 17 % de femmes (**SMECUOL *et al.*, 1996**).

I.3. Définition du gluten

Le gluten est identifié comme l'antigène alimentaire de la MC. D'un point de vue dichotomique, ce gluten est en réalité un terme général regroupant deux grandes classes de protéines de stockage énergétique retrouvées dans les céréales et classées selon leur solubilité dans l'alcool, les gluténines insolubles et les prolamines solubles. Les gluténines sont des macro-protéines polymériques généralement très peu toxiques pour le patient tandis que les prolamines sont de petites protéines monomériques et sont responsables de la toxicité du gluten pour le patient. Ce sont les prolamines du blé qui sont les mieux caractérisées, elles sont appelées gliadines et sont subdivisées en gliadines α , β , γ et ω , sur base de leur région amino-terminale et de leur mobilité électrophorétique décroissante. Les prolamines du seigle de l'orge sont respectivement les sècalines et les hordéines (**HOVHANNISYAN, 2008; SOLLD *et al.*, 2012**).

I.4. Traitement: régime sans gluten

La définition stricte d'un régime sans gluten demeure controversée à cause du manque d'une méthode précise pour détecter le gluten dans les produits alimentaires et le manque de preuves scientifiques pour ce qui constitue une quantité sûre d'ingestion de gluten. Dans le monde entier, des études scientifiques sont toujours en cours concernant un régime sans gluten, en particulier l'amidon du blé et l'avoine. Pendant longtemps, l'avoine

est considéré toxique et son élimination du régime est recommandée. Cependant, ces dernières années, des résultats obtenus à partir des études in vitro comme des investigations cliniques, en particulier chez les adultes mais également chez les enfants, permettent de conclure que l'avoine est en effet totalement sûre (**OFFENBERG et al., 2000; KEMPPAINEN et al., 2009; SAFIR, 2020**).

Actuellement, un aliment est considéré exempt de gluten selon le Codex Alimentarius standard établi par l'OMS et cité par (**CEGARRA, 2006**), s'il provient:

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

L'objectif du régime sans gluten chez le cœliaque est double, il vise à corriger les anomalies cliniques, biologiques et histologiques de la maladie et à diminuer le risque à long terme d'ostéogénies et des complications néoplasiques, notamment le lymphome malin de l'intestin grêle (**MATUCHANSKY et al., 2004**).

I.5. Symptômes

Les symptômes de la maladie varient d'une personne à l'autre et certaines personnes sont asymptomatiques, ce qui augmente la difficulté à reconnaître la maladie. De plus, celle-ci peut se déclencher à n'importe quel âge (**CICILITIRA et MOODIE, 2003; FASANO et CATASSI, 2012; GREEN et CELIER, 2007**).

❖ Chez l'enfant

Les enfants présentent une croissance altérée, une diarrhée chronique, une distension abdominale, une perte et une hypotonie des muscles, un faible appétit et une anxiété (**Tableau 01**). Dans des semaines à des mois de début de l'ingestion du gluten, la vitesse de gain de poids diminue et finalement observation d'une perte de poids. La maladie cœliaque atypique est habituellement vue chez des enfants plus âgés et les caractéristiques de la malabsorption sont absentes. Les symptômes peuvent être intestinaux ou extra-intestinaux. Ils peuvent inclure la douleur abdominale récurrente (**CATASSI et FASANO, 2008; AMMOUCHE, 2020**).

Tableau 1: Manifestations cliniques de la maladie cœliaque chez l'enfant et l'adolescent (MALAMUT *et al.*, 2009).

Manifestations	Signes cliniques
Digestives	Diarrhées, douleurs abdominales, distension abdominale, vomissements, constipation.
Générales	Anorexie (perte de poids, retard de croissance), rachitisme.
Génitales	Retard pubertaire, aménorrhée.
Neurologiques	Irritabilité, fatigue chronique.
Ostéo-articulaires	Fractures, ostéopénie, ostéoporose, arthralgies.
Biologiques	Anémie microcytaire, augmentation des transaminases.

❖ **Chez l'adulte**

Les cas symptomatiques ou classiques de la maladie peuvent se présenter avec la diarrhée chronique, la distension et la douleur abdominale (**Tableau 02**), la faiblesse et la malabsorption (**GREEN et CELLIEER, 2007**). Cependant, beaucoup de patients ont peu ou pas de symptômes gastro-intestinaux, tout en présentant des caractéristiques extra intestinales, comme la dermatite herpétiforme, l'anémie, l'ostéoporose, l'infertilité et des problèmes neurologiques (**ALAEDINI et GREEN, 2005; AMMOUCHE, 2020**).

Tableau 2: Manifestations cliniques de la maladie cœliaque chez l'adulte (MALAMUT *et al.*, 2009).

Manifestations	Signes cliniques
Digestives	Diarrhées, douleurs abdominales, météorisme, ballonnement, syndrome dyspeptique, constipation, vomissements, stéatorrhée.
Cutanéo-muqueuse	Aphthose buccale récidivante, glossite, kératose folliculaire, alopecie hippocratisme, hypoplasie de l'émail dentaire, œdèmes des membres inférieurs.
Générales	Amaigrissement malgré hyperphagie, asthénie.
Génitales	Aménorrhée, infertilité, fausses couches, ménopause précoce.
Neuromusculaires	Neuropathie périphérique, ataxie, crampes, anxiété, dépression, troubles du comportement, démence.
Ostéo articulaires	Fractures spontanées, ostéoporose, arthropathies, douleurs osseuses.

I.6. Prévention

Il n'existe pas actuellement de mesures définitives pour la prévention primaire de la maladie cœliaque basées sur le moment de l'introduction du gluten dans l'alimentation des nourrissons ou la durée de l'allaitement (**VRIEZINGA *et al.*, 2016**). Des études randomisées contrôlées n'ont pas permis de montrer qu'il est possible d'induire une tolérance au gluten par l'introduction de petites quantités de gluten dans le régime alimentaire (ou en retardant l'introduction du gluten seulement après l'âge de 12 mois) (**ANDREN ARONSSON *et al.*, 2016**; **CHMIELEWSK *et al.*, 2015**; **SZAJEWSKA *et al.*, 2016**).

Un dépistage précoce et un traitement représentent les méthodes les plus valables pour la prévention secondaire de la maladie cœliaque (**MEARIN *et al.*, 2015**).

Dans le débat concernant amélioration de la détection des maladies en relation avec le gluten, certains experts recommandent de favoriser une politique active de dépistage sérologique de la maladie cœliaque dans la population générale plutôt que la recherche de cas à haut risque (**LUDVIGSSON *et al.*, 2015**; **CATASSI et FASANO, 2014**).

Chapitre II: Légumes

secs

II. Légumes secs

II.1. Généralités

Les légumineuses (*Fabaceae*) constituent une grande famille qui regroupe des plantes à caractère ornemental, fourragère et alimentaire. Ces dernières se répartissent en 3 groupes: les légumes secs (lentilles, pois secs, pois chiches, haricots secs ...), les oléagineux (arachide, soja ...) et les légumes à gousses (petit pois, haricots verts ...) (**REMOND et WALRAN, 2017**). Elles jouent un rôle très important dans la sécurité alimentaire des pays en développement (**REMOND et WALRAND, 2017**).

Les graines de légumineuses présentent un intérêt nutritionnel, elles sont riches en protéines et apportent en même temps des sucres à digestion lente et des fibres. Elles sont utilisées en alimentation animale et humaine (**COMBE, 1991**).

II.2. Composition et valeur nutritionnelle

Les légumineuses sont cultivées principalement pour leur graines riche en protéines (fève, pois, haricot, lentille, soja, arachide...) ce qui leur donne le nom des espèces protéagineuses (**NAFTI, 2011**). Elles se répartissent en deux groupes, selon leur composition biochimique (**CARROUEE et al., 2003**).

Les graines de légumineuses représentent une part cruciale dans l'alimentation humaine, due à leurs propriétés nutritionnelles recherchées. Elles constituent une importante source de protéines pour de larges catégories de population dans le monde, en particulier, dans les pays où la consommation des protéines animales est limitée par leur non-disponibilité, leur coût élevé, ou liée à des habitudes religieuses et culturelles (**LIENER, 1962**). En plus d'être une source riche et moins chère en protéines, les légumes secs sont une excellente source de fibres, de glucides complexes, de vitamines (B9) et de minéraux (en particulier le potassium, le phosphore, le calcium, le magnésium, le cuivre, le fer et le zinc), et de composés bioactifs (**Tableau 03**).

Tableau 3: Composition chimique (g/100 g) de certaines légumineuses alimentaires (ZHOU *et al.*, 2013; NDIFE *et al.*, 2011; SANJEEWA *et al.*, 2010).

Légumineuse	Nom scientifique	Protéine	Lipide	Glucide	Fibre	Minéraux
Soja	<i>Glycine-max L.</i>	36 –39	10 -19,9	30 -36	6,5 -9,3	2,5 -4,9
Pois chiche	<i>Cicer-arietinum.</i>	19 –27	6-7,6	60-64	17,4-22	2,48 -3
Lentille	<i>Lens-culinaris.</i>	25,8	1,06	60-62	30,5	2,67
Arachide	<i>Arachis-hypogaea.</i>	20 –26	40 -49	14 -16	8,5 –10	2,33 –3
Haricot	<i>Phaseolu-svulgaris.</i>	21,6	1,42	62,36	15,2	3,6
Fèverole	<i>Vicia faba.</i>	26,12	1,53	58,29	25	3,08

II.3. Pois chiche

Le pois chiche (*Cicer arietinum L.*) est en Algérie, la seconde légumineuses alimentaires cultivée après la fève. Sa culture a connu durant la décennie (1980-1990) une certaine évolution progressive sur le plan des superficies et de la consommation et une évolution régressive en termes de production et de productivité (ANONIME, 1994).

Les causes de la faiblesse de la productivité du pois chiche en Algérie sont souvent d'ordre agronomique liées aux conditions de semis (période, mode de semis, qualité de la semence) et à l'infestation par les adventices. Avec le semis tardif (mars-avril), l'infestation de la culture du pois chiche par les adventices est certainement la cause principale du mauvais rendement (HAMADACHE *et al.*, 1997).

En Algérie, la culture des légumineuses et en particulier le pois chiche a un intérêt national car elle doit permettre de satisfaire les besoins, réduire les importations et limiter la dépendance économique vis-à-vis de l'étranger (HAMADACHE *et al.*, 1997). En effet, cette culture occupe environ 33,3 % de la superficie totale de légumineuses, avec un taux de production de 31,95 % de la production nationale des légumineuses alimentaires.

II.4. Composition et valeur nutritionnelle

Le pois chiche est un excellent aliment vu sa composition chimique (Tableau 03). C'est une source importante de protéines végétales (23 g par 100 g de graines), Le double de ce que peuvent offrir les céréales et plus que ce que l'on trouve dans la viande (BAUMGARTNER, 1998). Il compte également 64 % de carbohydrates, 47 % d'amidon, 5

% d'acide gras principalement l'acide linoléique et oléique. Sa composition minérale est riche en phosphore (343 mg/100 g), calcium (186 mg/100 g), magnésium (141 mg/100 g), fer (7 mg/100 g) et du zinc 3 mg/100 g (**PRATA et KUMAR, 2011**).

Le pois chiche est très apprécié comme aliment de santé surtout dans les pays développés vu sa faible teneur en matière grasses et sa richesse en fibres (**BAUMGARTNER, 1998**). Actuellement, il est établi que sa consommation régulière améliore la santé. Ce dernier convient au régime alimentaire pour les patients souffrant de maladies coronariennes et cardiovasculaires et aux diabétiques du type II (**TRINIDAD et al., 2010**). Ce type de céréales contrôle le taux de cholestérol et la tension artérielle (**JUKANTI et al., 2012**), et couvre largement les besoins nutritifs en acides aminés de l'homme adulte et de l'enfant selon les normes données en 1985 par la FAO (**MANSOUR, 1996**).

Le pois chiche renferme également une multitude de vitamines hydrosolubles comme la biotine qui est un cofacteur essentiel aux carboxylases et décarboxylases, enzymes clés de la majorité des cycles métaboliques (**HUDA et al., 2003**). Il contient des minéraux comme le fer, le potassium, le calcium, le magnésium et des oligoéléments (**Tableau 04**). Ce qui le rend un aliment équivalent au poisson ou à la viande bovine, surtout s'il est associé aux céréales (**ALI et al., 2008; SAFIR, 2020**).

Tableau 4: Composition biochimique du pois chiche (BAUMGARTNER, 1998).

Energie (kcal)	275	Fibres alimentaires (g)	15	Fer (mg)	70
Eau (g)	10.4	Sodium (mg)	30	Vitamine C (mg)	1.5
Protéines (g)	20.0	Potassium (mg)	700	Vitamine B6	180
Graisse (g)	4.4	Calcium (mg)	140	Vitamine B9	0.54
Glucides (g)	48	Phosphore (mg)	350	Vitamine B9	0.54
Vitamine B(mg)	0.50	Magnésium (mg)	130	Vitamine B2 (mg)	0.17

II.5. Fève

La fève est une plante herbacée annuelle de taille qui dépasse 1,80 m, présentant une tige simple, dressé, non ramifiée, creuse et de section quadrangulaire (**POERON, 2006**). Ces feuilles sont de couleur vert clair, ovales, entières et comportent 2 folioles à la base de la tige puis 3 ou 4 par la suite (**DOMONIQUE, 2010**). Selon **GALLAIS et BANNEROT (1992)**, les fleurs des légumineuses sont portées aux aisselles des nœuds reproducteurs en grappes de 2 à 12 selon le type. Les fleurs sont grandes, 2 à 3 cm, blanches tachées de noir (**PATRICK**

et al., 2008). Les fruits sont de longues gousses vertes, épaisses, contenant, selon le type, de 3 à 12 grains ovales (COUPLEN et MAEM, 2009).

II.6. Composition et valeur nutritionnelle

D'après LARRALDE et MARTINEZ (1991), la valeur nutritionnelle de la fève est attribuée à sa teneur élevée en protéines (25 % à 35 %), la plupart de ces protéines sont des globulines (60 %), des albumines (20 %), des glutélines (15 %) et des prolamines. Contrairement aux céréales, les graines de fève contiennent des protéines riches en lysine et faibles en méthionine, cystéine et tryptophane. De ce fait, les fèves sont introduit dans les régimes alimentaires (CREPON *et al.*, 2010).

Les fèves sont aussi une bonne source de glucides (50 % à 60 % d'amidon), de minéraux (leur teneur varie entre 1 % et 3,5 %, et particulièrement riche en calcium et en fer), de fibres (7 %) et de vitamines (les quantités de thiamine tocophérols, niacine et l'acide folique sont élevées alors que la vitamine C, la riboflavine et d'autres vitamines liposolubles sont faibles) (Tableau 05). Par contre, la teneur en lipide de la fève est faible environ (1 % - 2,5 %) et particulièrement riche en acide gras linoléique (LARRALDE et MARTINEZ, 1991).

La fève est considérée comme une source importante d'énergie (344 Kcal/100 g) et peut efficacement remplacer les protéines animales dans les pays pauvres (CHAIIEB *et al.*, 2011). Cependant, KÖPKE et NEMECEK (2010), signalent que les graines de fève contiennent des substances anti-nutritionnelles tels que: les tannins qui réduisent la digestibilité des protéines et les dérivés de la vicine et convicine qui causent le favisme seulement chez les personnes ayant un déficit en glucose-6-phosphate déshydrogénase dans le sang. La plupart de ces substances sont éliminées par la cuisson ou par simple trempage, elles sont aussi enlevées par des traitements physico-chimiques ou par la sélection de nouveaux cultivars à faible teneur en vicine et convicine (CREPON *et al.*, 2010).

Tableau 5: Valeur nutritionnelle pour 100 g de fève (*Vicia faba* L.).

Kcal	64	K	210 mg
Eau	82 g	Mg	18 mg
Protéines	5,4 g	P	105 mg
Glucides	10 g	Ca	24 mg
Lipides	0,3 g	Fe	1 mg
Fibres	6,5 g	VitamineB1	0,3 mg
Vitamine B2	0.2 mg	Vitamine C	28 mg

***Chapitre III:
Technologie de couscous***

III. Technologie de couscous

III.1. Définition

Le couscous est le plat traditionnel de l'Algérie, c'est un produit composé de la semoule de blé dur (*Triticum durum*) dont les éléments sont agglomérés en ajoutant de l'eau potable, soumis à des traitements physiques tels que la cuisson et le séchage (CODEX ALIMENTARIUS, 1995).

Selon GUEZLANE (1993), le couscous de "bonne qualité" est un produit jaune ambré, d'une capacité d'absorption d'eau élevée, ses grains restent individualisés et fermes une fois hydratés. La qualité organoleptique du couscous regroupe la qualité commerciale qui concerne l'aspect du couscous (couleur, granulométrie, forme des particules, etc) et la qualité culinaire qui représente le comportement des grains du couscous au cours de la cuisson (gonflement, prise en masse, délitescence, fermeté).

III.2. Composition et valeur nutritionnelle

Le Codex Alimentaires (1995) indique que la teneur en humidité du couscous ne doit pas dépasser 13,5 %, avec une teneur en cendres au maximum de 1,1 %. La composition biochimique du couscous industriel est semblable à celle de la semoule de blé dur utilisée comme matière première (Tableau 06).

Tableau 6: Composition globale de 100 g de couscous sec (FAO, 1997).

Composition	Valeur (g)
Humidité	13.2
Protéines	12.0
Lipides	1.1
Cendres	1.2
Glucides	75.5

D'après DAGHER en 1991, l'apport protéique est important, il est de 12 g/100 g (MS) et 13,2 % (MH), mais avec un déficit en lysine qui constitue le facteur limitant dans la composition du couscous (AUTRET, 1978).

La teneur en lipides du couscous est relativement faible, elle est de l'ordre de 1,1 g/100 g et ne présente pas un intérêt nutritionnel élevé (DAGHER, 1991).

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

Le couscous fournit une part importante de l'apport énergétique de la ration vue sa richesse en glucides qui représente environ 75 g /100 g). La valeur énergétique apportée par le couscous est importante (350 kcals pour 100 g de MS) (**DAGHER, 1991**).

III.3. Place du couscous dans le régime alimentaire

Le couscous est un plat qui paraissait mystérieux par suite de la variété de ses préparations et de ses présentations (**MOREAU et ARDRY, 1942**).

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

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

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

III.4. Procédé de fabrication

Le processus de fabrication du couscous diffère d'une région à une autre. Cependant les quatre principales étapes de fabrication sont schématisées dans la (**Fig. 2**).

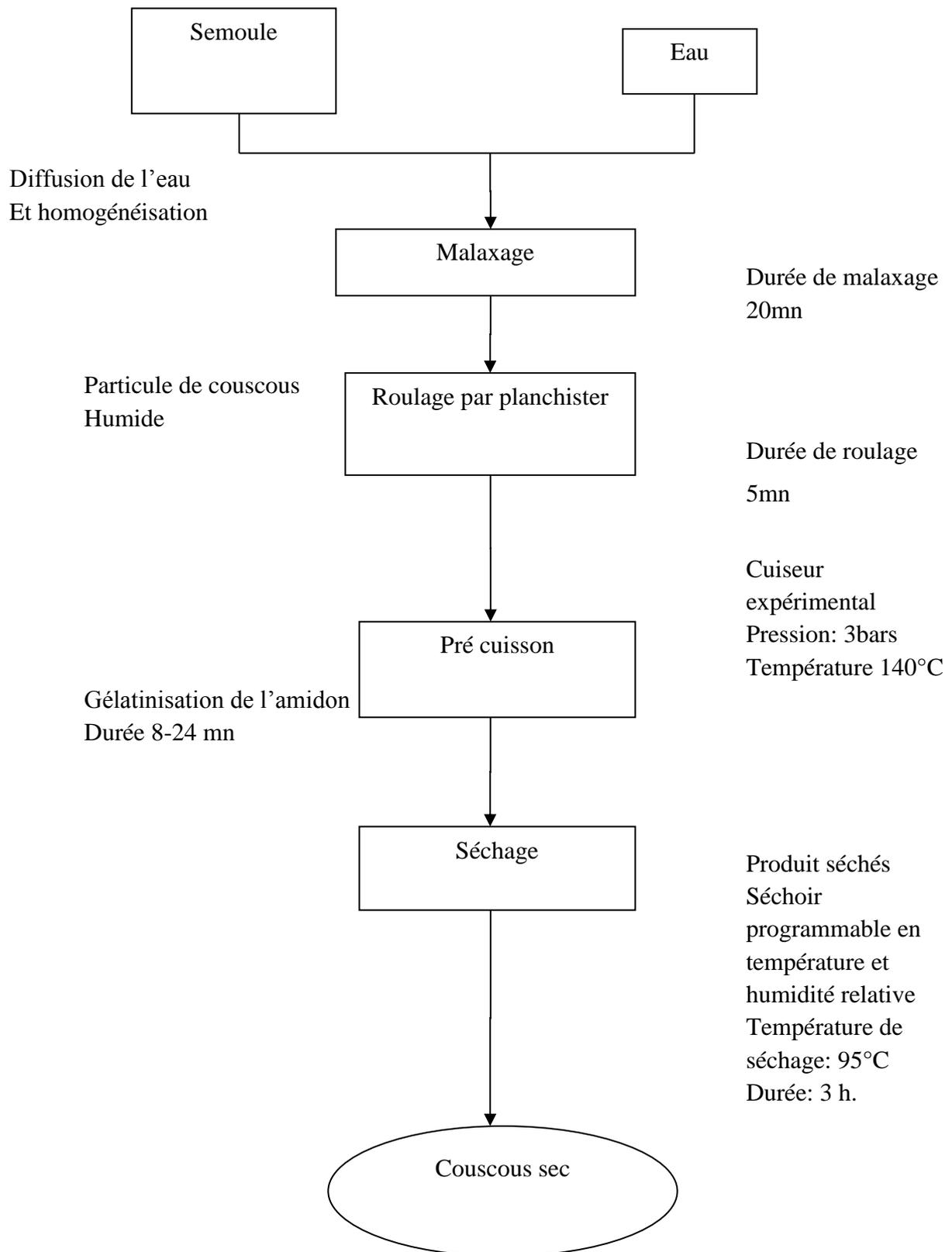


Figure 2: Fabrication du couscous au stade de pilot (AMMOUCHE, 1994).

❖ **Hydratation et malaxage**

La semoule est hydratée et malaxée à température ambiante. Ce mélange semoule-eau est disposé dans la cuve du malaxeur. La quantité d'eau ajoutée est déterminée de manière à ce que la teneur en eau finale du mélange soit de l'ordre de 30 % MH. Le malaxage se fait pendant 20 minutes à la vitesse de 120 rmp.

❖ **Roulage**

Cette opération permet d'agglomérer entre elles des particules de semoule pour en faire de plus grosses appelées couscous. Le roulage par planchister comprend trois tamis en acier inoxydable disposés les uns sur autres. L'ouverture de maille respectivement égale à 2000,1500 et 1000 µm. Les produits hydratés sortant du malaxeur sont uniformément disposés sur le tamis supérieur et mis à tamiser pendant 5 minutes. Les produits calibres sont récupérés dans les deux derniers tamis.

❖ **Précuisons**

La précuisons du couscous est réalisé a une température de 140° C pendant 8 à 24 minutes à pression constante (3 bras) dans un cuiseur comprenant une chaudière électrique et une enceinte de cuisson. Il permet également le contrôle et l'étude des différents paramètres de cuisson (**GUEZLANE, 1993**).

❖ **Séchage**

Le couscous précuit doit subir un séchage. Ce dernier est réalisé pour 1 kg de couscous frais, étalé en couche mince sur des clayettes, le diagramme de séchage retenu est celui utilisé pour le séchage des pâtes alimentaires à haute température (95° C) (**ABECASSIS et al., 1985; AIT MOUH, 1989**).

Partie pratique

Chapitre IV: Matériel et méthodes

I. Matériel et méthodes

I.1. L'objectif de l'étude

L'objectif de ce travail est la formulation d'un couscous sans gluten à base de farine de fève et farine de pois chiche (50 % pois chiche et 50 % fève, 70 % fève et 30 % pois chiche), visant comme consommateur final les malades cœliaques.

I.2. Présentation du matériel végétal

I.2.1. Fève

La farine de fève, *vicia faba major*, utilisée dans la présente étude est de variété (Aguadulce). C'est une production locale qui nous a été fournie par la CCLS de Bouira, récoltée en 2019. Ce sont des graines moyennes de taille, de couleur marron foncée (**Fig. 3**).

I.2.2. Pois chiche

La farine de pois-chiche, *cicer arietinum*, utilisée dans l'étude est de variété (Flip 90), fournie par la CCLS de Bouira. Elle présente une forme anguleuse et une couleur beige (**Fig. 4**).



Figure 3: Févé (Aguadulce)

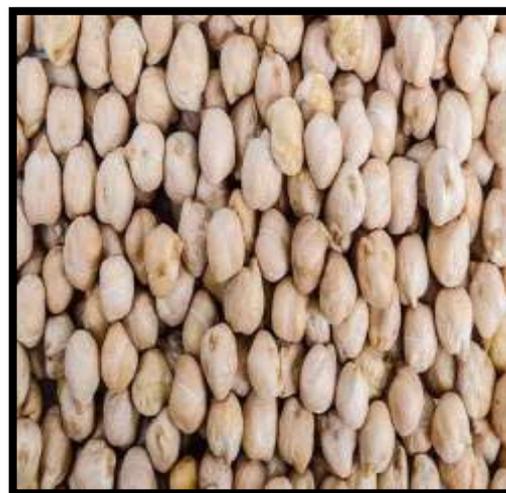


Figure 4: pois chiche (flip 90).

I.3. Préparation de farine

Le diagramme suivant résume les différentes opérations de préparation des farines de pois chiche et de fève (Fig. 5).

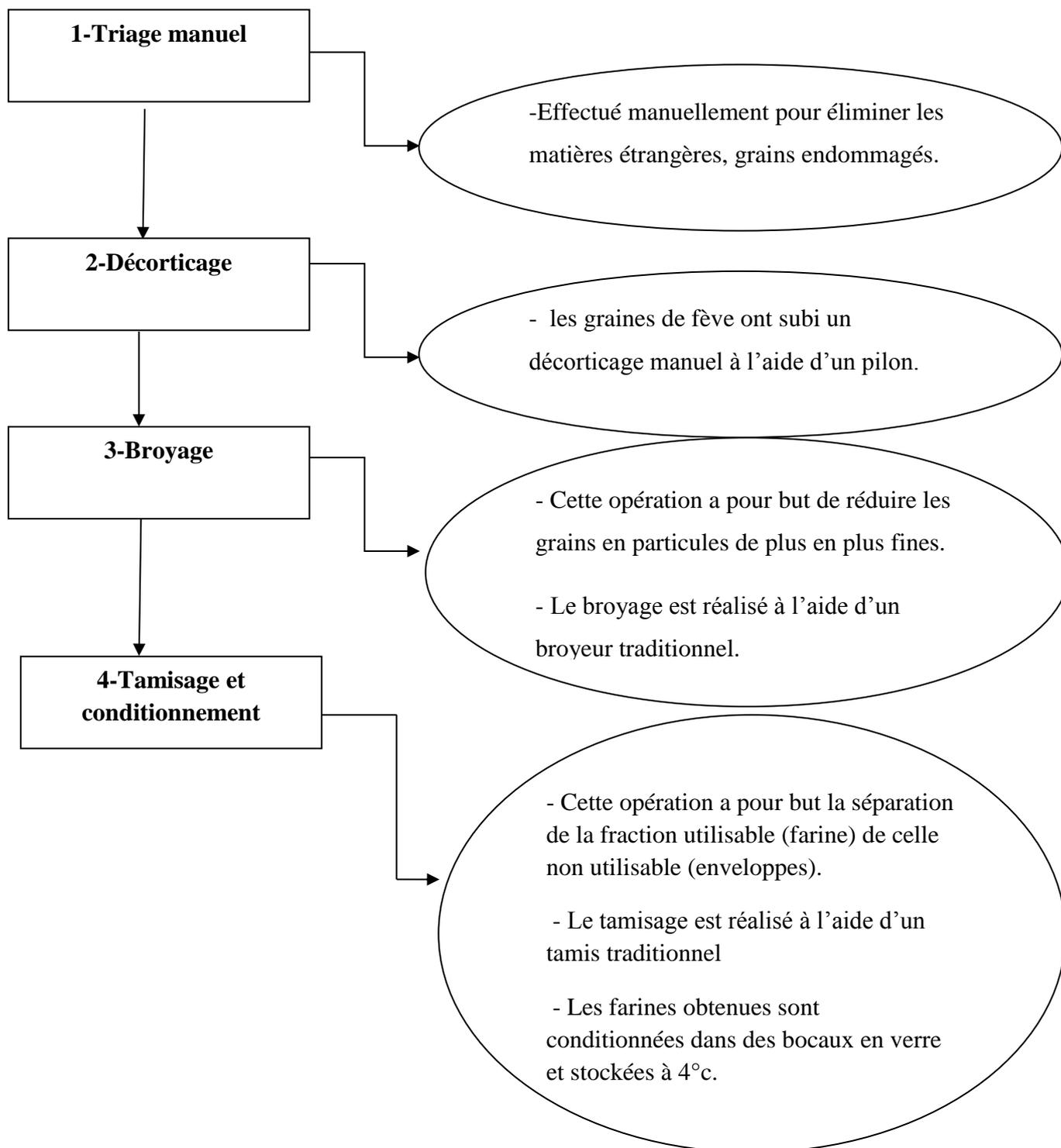


Figure 5: Différentes opérations de préparation des farines de pois chiche et de fève (SAFIR, 2020).

Les figures 6 et 7 montrent l'aspect des farines de fève et de pois chiche obtenues:



Figure 6: Farine de pois chiche (Original).



Figure 7: Farine de fève(Original).

I.4. Méthodes d'analyses physico-chimiques

I.4.1. Teneur en eau

➤ Principe

La teneur en eau des produits broyés est déterminée par séchage dans une étuve réglée à 103°C pendant une heure et demie sur 5 g de produit **AFNOR (NF VO56-105 (1974))**.

❖ Mode opératoire

- ✓ Lavage de verre de montre avec de l'eau distillée.
- ✓ Sécher à l'étuve durant 15 minutes à 103° C.
- ✓ Refroidir dans le dessiccateur 30 à 45 min.
- ✓ Dans une balance analytique, peser à l'état vide.
- ✓ Peser 5 g de produit à analyser.
- ✓ Introduire le contenant la prise d'essai dans une étuve réglée à 103° C, laissé séjourner une heure et demie.
- ✓ Retirer rapidement de l'étuve et le placer dans le dessiccateur pendant 30 à 45 min pour refroidir, ensuite le peser.

❖ **Expression des résultats**

$$H\% = (M1 - M2) / (M1 - M0) \times 10020$$

Où:

H%: L'humidité.

M0: Masse en gramme de bécher vide.

M1: Masse en gramme de bécher + la prise d'essai avant étuvage.

M2: Masse en gramme de bécher + la prise d'essai après étuvage.

I.4.2. Le pH

❖ **Principe**

La détermination du pH par la méthode potentiométrique, est réalisée à l'aide d'un pH mètre.

❖ **Mode opératoire**

- ✓ Peser 5g de produit (farine de fève et farine de pois chiche) à analyser dans un bécher rempli d'eau distillée jusqu'à 50 ml.
- ✓ Agiter pour homogénéiser le mélange.
- ✓ Avant de mesurer le pH de produit, il faut étalonner l'appareil.
- ✓ Une fois le pH-mètre équilibré, introduire l'électrode dans le bécher contenant le produit.

❖ **Expression des résultats**

Lire directement le résultat sur l'écran du pH-mètre.

I.4.3. Dosage des lipides

❖ **Principe**

L'échantillon sec est extrait à l'aide de l'éther de pétrole avec un appareil de type Soxhlet, le solvant est évaporé, l'échantillon est séché et pesé (**arrêté du 01 /03/2016 J.O.N 24**).

❖ **Mode opératoire**

- ✓ Sécher un ballon de 500 ml à 150° C pendant 1h, refroidir au dessiccateur pendant 30 min, puis peser.
- ✓ Peser 10 g de produit dans la cartouche du Soxhlet et placer à l'intérieur de l'extracteur.
- ✓ Verser 200 ml d'éther du pétrole dans le ballon et 50 ml dans le compartiment et cartouche.
- ✓ Le ballon est ensuite chauffé pendant 4 h à 180° C
- ✓ Le solvant est éliminé du ballon par distillation.

- ✓ Le résidu du ballon est séché dans une étuve à 80° C, après refroidissement au dessiccateur pendant 30 min.
- ✓ Le ballon contenant les lipides est pesé.

❖ **Expression des résultats**

Le taux de la matière grasse est calculé par la formule suivante:

$$\text{MG (\%)} = ((\text{P2} - \text{P1}) / \text{ME}) \times 100$$

Où:

P1: poids du ballon vide (g).

P2: poids du ballon après évaporation(g).

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

MG: taux de la matière grasse(%).

100: pour exprimer le pourcentage.

I.4.4. Taux de cendre des farines

❖ **Principe**

La teneur en matière minérale existante dans les différentes farines est déterminée par incinération d'une prise d'essai de 5 g dans un four à 900° C selon la norme (**ISO 2171:2007**).

La minéralisation est poursuivie pendant 3 heures jusqu'à combustion totale de la matière organique et apparition d'un résidu blanchâtre.

❖ **Expression des résultats**

La teneur en impuretés minérales d'origine terreuse, exprimée en pourcentage en masse, est donnée par la formule:

$$(\text{M2} - \text{M1}) \times 100/\text{M0}$$

Où:

M0: la masse, en gramme, de la prise d'essai.

M1: la masse, en gramme, de la capsule vide.

M2: la masse, en gramme, de la capsule contenant le résidu après incinération.

I-2-5- Dosage des protéines

Le dosage des protéines totales est réalisé par la détermination de l'azote total selon la méthode de KJELDAHL (**AFNOR, 1991**). Le coefficient de conversion de l'azote total en protéines est de 6,25 pour les légumes sec.

❖ **Principe**

Le principe de la méthode consiste à une minéralisation à chaud de la matière organique par l'acide sulfurique concentré en présence d'un catalyseur, une alcalinisation des produits de la réaction (sulfate d'ammonium) par la lessive de soude concentrée, une fixation de l'ammoniac entraîné par la vapeur par l'acide borique et une titration par l'acide sulfurique. La méthode comporte les étapes suivantes:

❖ **Minéralisation**

Sous l'effet de la chaleur, l'acide sulfurique concentré (95 %, d = 1.83) en présence de catalyseur oxyde et détruit la matière organique, l'azote organique est transformé en sulfate d'ammonium.

❖ **Distillation**

Le minéralisât est alcalinisé par la soude NaOH (10N) et l'ammoniac est libéré de son sel.

Au cours de la distillation, les molécules d'ammoniac (NH₃) libérés sont entraînés par la vapeur et fixées dans une solution de volume connu d'acide borique (4 %).

❖ **Titration**

Le distillat récupéré est titré par l'acide sulfurique (0,01 N) en présence d'un indicateur coloré (rouge de méthyle). Le titrage soit complet au virage de la couleur du jaune au rose.

❖ **Expression des résultats**

La teneur en azote total (N) est exprimée en g pour 100 g de produit humide:

$$N = (A \times V / pe) \times 100$$

Où:

A: quantité d'azote en gramme neutralisée par 1 ml de solution de H₂SO₄ à 0.01 et est égale à 0,0014g.

V: volume en ml de H₂SO₄ versé à la titration.

pe: prise d'essai en gramme.

La teneur en protéines (P) est exprimée en pourcentage par rapport à la matière sèche:

$$P = (N \times K / 100 - H) \times 100$$

Où:

N: teneur en azote en % du produit.

K: coefficient de conversion de l'azote en protéines 6,25.

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

I.5. Elaboration du couscous

I.5.1. Présentation du produit élaboré

Le produit élaboré est une forme de pâte sans gluten (couscous) à base de farine de pois chiche et farine de fève (50 % pois chiche et 50 % fève «couscous A», (30 % pois chiche et 70 % fève «couscous B»). Pour la préparation du couscous, nous avons utilisé le mode traditionnel, réalisé à partir de la farine de pois chiche et de la farine de fève, de l'eau et du sel, hydraté et roulé avec les mains en utilisant 3 types des tamis ensuite, il est précuit dans un couscoussier puis séché en l'étalant à l'air libre.

- ✓ **Matière première:** la matière première utilisée est un mélange de farine de pois chiche de variété (Flip 90) et de farine fève de variété (Aguadulce).
- ✓ **Ingrédients utilisés:** utilisation du sel iodé produit par l'ENASEL et commercialisé pour les usages culinaires.
- ✓ **Hydratation:** L'eau utilisée dans la fabrication du couscous est une eau potable (eau de robinet).

I.5.2. Matériels utilisés dans le processus de fabrication

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

I.5.2.1. La guessâa

La (*guessâa*) utilisée est un récipient d'un diamètre de près de 60 cm, et d'une profondeur de 9 cm. Elle est utilisée pour le pétrissage des pâtes traditionnelles (chekhchoukha, trida, pain galette etc) et pour la fabrication du couscous.

I.5.2.2. Les tamis

Les tamis utilisés ont leur importance également. Ils sont utilisés pour obtenir une granulométrie moyenne, fine ou grosse. En fonction d'ouverture des mailles (**YOUSFI, 2002**), nous citons trois types de tamis:

Tamis Sekkat (TS): d'ouverture de maille moyenne entre 1600 µm et 2500 µm.

Tamis Mâaoudi (TM): d'ouverture de maille entre 1130 µm et 1400 µm, pour calibrer et homogénéiser la matière première.

Tamis Reffad (TR): d'ouverture de maille fine entre 1000 µm et 1100 µm.

I.5.2.3. Cuiseur à vapeur (couscoussier)

Il s'agit d'un ustensile dénommé aussi couscoussier. Il est utilisé pour la cuisson du couscous et se compose de deux parties. La partie inférieure permet de faire bouillir l'eau ou de préparer une sauce et ce qui produit de la vapeur servant à la cuisson des aliments dans la partie supérieure. Cette dernière est un récipient dont le fond est criblé de petits trous permettant la montée de la vapeur produite dans la couche de couscous ou d'aliment mis à cuire.

I.5.3. Etapes de fabrication de couscous

I.5.3.1. Hydratation

Cette opération permet de préparer la farine par l'addition de l'eau légèrement froide et salée (**Fig. 8**). Grâce à l'hydratation, des liens se forment entre les particules de farine.



Figure 8: Hydratation (Original).

I.5.3.2. Roulage

Cette étape se fait dans un récipient en bois appelée «*guessâa*», assurée par le mouvement de va et vient des mains ouvertes, paumes vers le bas avec un léger écartement des doigts afin de garantir un bon mélange et faciliter l'absorption de l'eau par les particules de la farine. L'addition de la farine fine se fait progressivement en fonction de taux d'hydratation qui doit être toujours convenable jusqu'à l'obtention de granulation désirable (**Fig. 9**).



Figure 9: Roulage de la farine (Original).

I.5.3.3. Tamisage

L'homogénéité et la granulométrie recherchée sont assurées par le choix des ouvertures des mailles du tamis (**Fig. 10**). Pour répondre à ces critères de qualité, il faut faire un double tamisage ou l'utilisation de deux tamis dont le premier a des ouvertures des mailles supérieures à la granulométrie désirée pour éliminer les gros agglomérats et le second a des ouvertures des mailles inférieures à la granulométrie désirable afin d'éliminer les fines particules de la semoule non agglomérée.



Figure 10: Tamisage de mélange (Original).

I.5.3.4. Précuisson

Le couscous à granulométrie recherchée est mis dans une passoire d'un couscoussier contenant de l'eau portée à ébullition (100° C), le couscous est précuit à la vapeur d'eau pendant 20 min (**Fig. 11**).



Figure 11: Précuisson de couscous humide (Original).

I.5.3.5. Séchage

Le couscous est bien étalé sur un linge propre, à température ambiante. Le produit commence à perdre son humidité progressivement. Le temps de séchage est fonction de la température ambiante et de l'humidité relative de l'air. Lorsque le produit est bien sec, nous passons le couscous au séchage à l'aire libre (durée limitée) (**Fig. 12**).



Figure 12: Séchage à l'air libre (Original)

I.6. Analyse de produit fini

I.6.1. Analyse physico-chimiques

Les deux mélanges à des taux différents (50 % de pois chiche et 50 % de fève) et (30 % de pois chiche et 70 % de fève) sont analysés: teneur en eau (humidité), taux de cendre, pH, en plus dosages des protéines et des lipides. Les mélanges sont analysés avant et après la fabrication de couscous.

I.6.2. Analyse sensorielle

L'analyse sensorielle du couscous est faite par un test de dégustation au biais d'un jury composé de 20 personnes choisies au hasard de sexe masculin et féminin et d'âge différent (18- 53 ans).

Pour réaliser cette analyse organoleptique, nous avons effectué un test de notation. Chaque dégustateur donne son jugement séparément des autres et apporte une note sur une fiche de dégustation (**Annexe 02**) comportant les critères suivants: la couleur, l'aspect, l'odeur et le goût.

Chapitre V: Résultats et discussion

II. Résultats et discussions

II.1. Caractéristiques physicochimique des farines étudiées

Les résultats de la caractérisation de certains paramètres physico-chimiques des farines utilisées (farine de fève et farine du pois chiche) et de leurs mélanges sont résumés dans le (Tableau 07).

Tableau 7: Résultats des différents paramètres physico-chimique des farines étudiées.

Echantillons Paramètre	Farine de fève	Farine de pois chiche	Farines de Pois chiche et Fève (50 %/50 %)	Farines de fève et de pois chiche (70 % et 30 %)
pH	6,57	6,69	6,20	6,34
Teneur en eau (%)	11,5	10,15	10,7	10,46
Protéines en (%)	30,32	21,97	24,20	28,4
Lipides en (%)	1,77	5,52	5,75	5,36
Taux de cendres	2,9	3,5	3,8	3,68

Le tableau si dessus résume les résultats des différentes paramètres Physico-chimiques des farines, les paramètres sont: humidité, ph, cendre, protéines, lipides.

II.1.1. Teneur en eau

Selon **BENATALLAH et al., (2006)**, la teneur en eau dépend principalement des conditions de déroulement de l'opération de séchage qui constitue l'un des principes généraux sur lesquels est basée la conservation des aliments.

Le Codex Alimentarius (**FAO, 1996**), fixe des limites maximales d'humidité de 15 % pour la farine de fève et de 14 % pour la farine de pois chiche. Les trois farines étudiées (farine de fève et du pois chiche ainsi que leurs mélanges) présentent des valeurs au-dessous de ces limites.

La farine de fève présente une teneur en eau proche de celle trouvée par **AMMOUCHE en 2002**, (11,5 %). Alors que la farine de pois chiche a un taux d'humidité de (10,15 %) voisin de ceux donnés par **CUQ** et (**LEYNAUD-ROUAUD, 1992**), (11 % et 10 %) et corrobore avec les résultats trouvés par (**BENATALLAH,2009; BENKADRI, 2010**) et (**AMMOUCHE, 2002**) qui sont respectivement de 10,77 %, 11,13 % et 12,10 %.

II.1.2. pH

Le pH des produits alimentaires est mesuré à la fois pour des raisons de contrôle de qualité et pour des raisons de sécurité. En particulier, il joue un rôle important dans la préservation de la qualité des produits alimentaires ainsi pour la détection de l'ajout des additifs modificateurs de pH (l'acide citrique, le citrate trisodique, etc.) qui sont souvent utilisés en industrie alimentaire (MAPAQ, 2018).

Les deux farines étudiées (farine de fève et farine de pois chiche) présentent des valeurs de pH qui sont respectivement de 6,57 et 6,69. Ces valeurs sont acceptables et elles sont proches de la neutralité.

II.1.3. Protéines

La farine de pois chiche présente un taux de protéines de 21,97 %, ce taux se situe dans l'intervalle de 13,7 - 27,2 % donné par (CALET, 1992) et de 12,4 - 30,6 % donné par (GUEGUEN et LEMAIRE, 1996) et proche de celui donné par (SCHAKEL *et al.*, 2004) qui est de l'ordre de 22,22 %. Concernant la teneur en protéine de la farine de fève, elle est de 30,32 %, cette valeur se situe dans l'intervalle signalé par (MOSSE BAUDET, 1977) qui est de 23,1 – 38,1 % et supérieure à la valeur trouvée par (El SAYED *et al.*, 1982) qui est de 24 %.

La teneur en protéine du mélange (fève-pois chiche 50 et 50 %) est 24,20 %, et elle est de 28,4 % pour le mélange (fève-pois chiche 70 et 30 %).

La farine de fève a considérablement amélioré la teneur en protéines de mélange, farine de pois chiche et farine de fève. La teneur en protéine varie d'une année à une autre, car elle est influencée par les conditions de culture, du précédent cultural, de la fertilisation azotée ainsi que des différences variétales.

II.1.4. Lipides

Selon la FAO (1982), la teneur en lipides doit être comprise entre (5 % - 5,6 %) pour la farine de pois chiche et environ de 1,5 % pour la farine de fève. D'après les résultats trouvés, les teneurs en lipides de la farine de pois chiche et de la farine de fève sont respectivement de 5,52 % et de 1,77 %, donc elles répondent aux normes fixées.

Les teneurs en lipides totaux de différentes farines utilisées sont regroupées dans le (Tableau 04). Les mélanges de farines étudiées (70 % fève et 30 % pois chiche, 50 % fève et 50 % pois chiche) présentent des teneurs en lipide variant entre 5,36 % (MS) et 5,75 % (MS) respectivement. Ce qui favorise leur stockage sans qu'il y ait un risque de rancissement.

II.1.5. Taux de cendre

La teneur en cendres est un indicateur de la pureté de la farine. Elle est en relation avec son taux d'extraction et la minéralisation des grains mis en mouture. Elle définit, en outre, les types commerciaux des farines (COLAS, 1998; FEILLET, 2000). Ainsi, la farine de fève présente un taux de cendres de 2,9 % (MS) du même ordre de grandeur que celle trouvée par D'AYKROYD et DOUGHTY, 1982) qui ont rapporté la valeur de 3,4 %.

Quant à la farine de pois chiche, celle-ci en contient 3,5 % (MS), cette teneur égale à celle trouvée par (BRIDJAG et HAHO GHALEM, 2006). La farine de mélange des deux variétés présente une teneur de 3,8 % pour le mélange de 50 % fève et 50 % pois chiche et 3.68 % pour le mélange de 70 % fève et 30 % pois chiche.

II.2. Caractéristiques physico-chimiques du couscous élaboré

Les résultats de la caractérisation de certains paramètres physico-chimiques du couscous élaboré sont présentés dans le (Tableau 08).

Tableau 8: Résultats des différents paramètres physico-chimique du couscous.

Paramètres Echantillons	pH	Teneur en eau (%)	Protéine (%)	Lipide (%)	Taux de cendres
Couscous (A)	6,278	9,12 %	21,87 %	14,3 %	3,22 %
Couscous (B)	6,014	8,16 %	24,55 %	12,62 %	3 %

Les tableaux obtenus montrent les résultats des différentes paramètres Physico-chimiques du deux couscous A et B, Concernant les paramètres on ph, cendre, humidité, protéine, lipides.

II.2.1. pH

D'après les résultats donnés dans le (Tableau 07), nous constatons que les produits élaborés (couscous A, B) présentent des valeurs de pH qui sont respectivement de 6,278 et 6,014. Ces valeurs sont acceptables et elles sont proches de la neutralité.

II.2.2. Teneur en eau

Le dosage de l'humidité permet de diminuer les risques d'altération lors du conditionnement et du stockage car ce paramètre est un facteur essentiel dans la prolifération des micro-organismes. Des taux d'humidité supérieurs à 12,5 % exposent le couscous aux altérations des moisissures et rendent l'opération de conditionnement et de stockage difficile.

Nous avons remarqué aussi une légère différence entre la teneur en eau de la farine de mélange (pois chiche et fève 10,7 % pour le mélange de 50 et 50 % et 10,46 % pour mélange de 70 et 30 %), et celle des produits finis (couscous A et couscous B respectivement 9,12 % et 8,16 %), Ce qui est dû aux conditions de séchage (à l'air libre). Cette faible teneur en eau favorise une bonne conservation du produit fini «couscous».

II.2.3. Protéines

Il a été montré que le taux de protéines de couscous dépend d'une part de la qualité de ces composants biochimiques présents dans la farine ayant servi à fabriquer un couscous de bonne qualité (YOUSFI, 2002 et DEROUICHE, 2003).

A partir du (Tableau 07) nous constatons que la transformation de mélange de farines en couscous présente une légère diminution de taux des protéines totales 21,87 et 24,55 respectivement pour les couscous A et B. Cette diminution est justifiée par la dénaturation des protéines sous l'effet de la chaleur. La cuisson d'aliments riches en protéines à des températures élevées conduit à leur dénaturation d'où une baisse de la valeur nutritionnelle du produit élaboré (NOUT *et al.*, 2003)

II.2.4. Lipides

Le couscous est un aliment riche en glucides, fibre, phosphores et en vitamine B, mais pauvre en lipide, sodium et en certains acides aminés essentiels tel que la lysine (BOISSEAU et BIGARD, 2005).

En effet les résultats trouvés concernant la matière grasse des couscous A et B élaborés sont successivement de 14,3 % pour couscous (A) et 12,62 % pour couscous (B). Ces valeurs sont conformes aux normes algériennes.

Les taux élevés en lipides des produits élaborés sont dus à la richesse des farines de légumineuses (fève et pois chiche) en matières grasses et aussi à l'ajout du gras (l'huile de soja) lors du processus de fabrication du couscous.

II.2.5. Taux cendre

Le taux de cendres représente les résidus inorganiques restant après l'incinération de la matière organique dans les produits alimentaires. C'est le contenu total en minéraux (HARBERS, 1998).

La teneur et la composition en matière minérale des grains sont fixes quel que soient les conditions externes de culture (GODON et WILLM, 1998). Les résultats du taux de cendre présentés dans le tableau 04 indiquent une valeur de 3,22 % pour le couscous (A) et 3 % pour le couscous (B), ce qui est conforme à la norme Algérienne.

II.3. Résultats de l'analyse sensorielle

La qualité organoleptique joue un rôle très important dans la valeur commerciale du couscous (Fig.13), (Fig. 14).

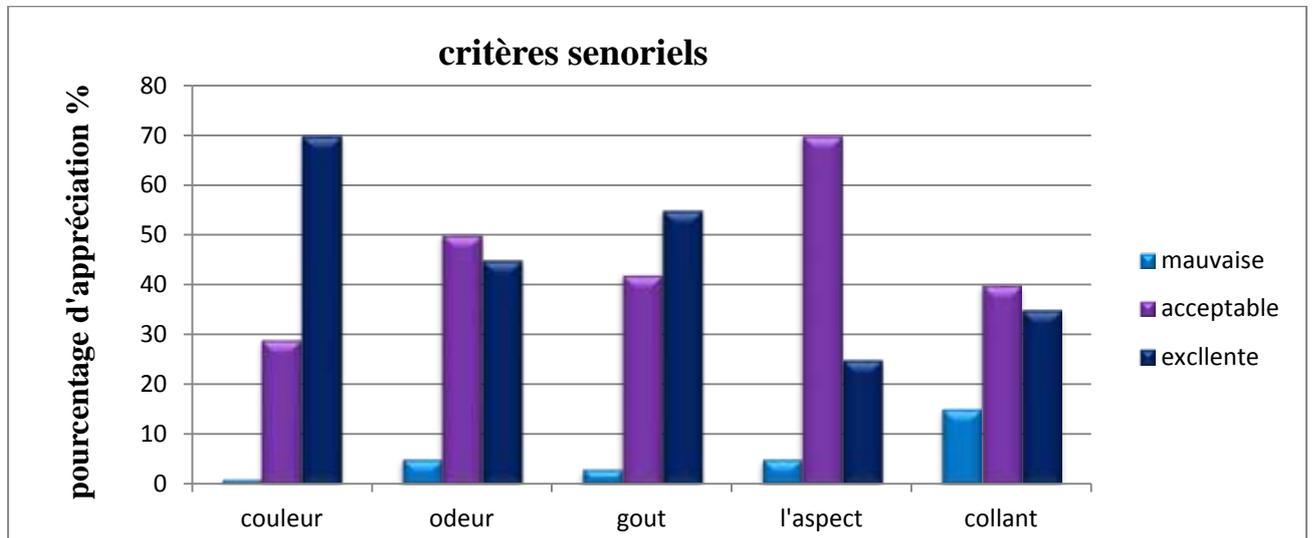


Figure 13: Présentation graphique du profil sensoriel du produit fini (couscous A).

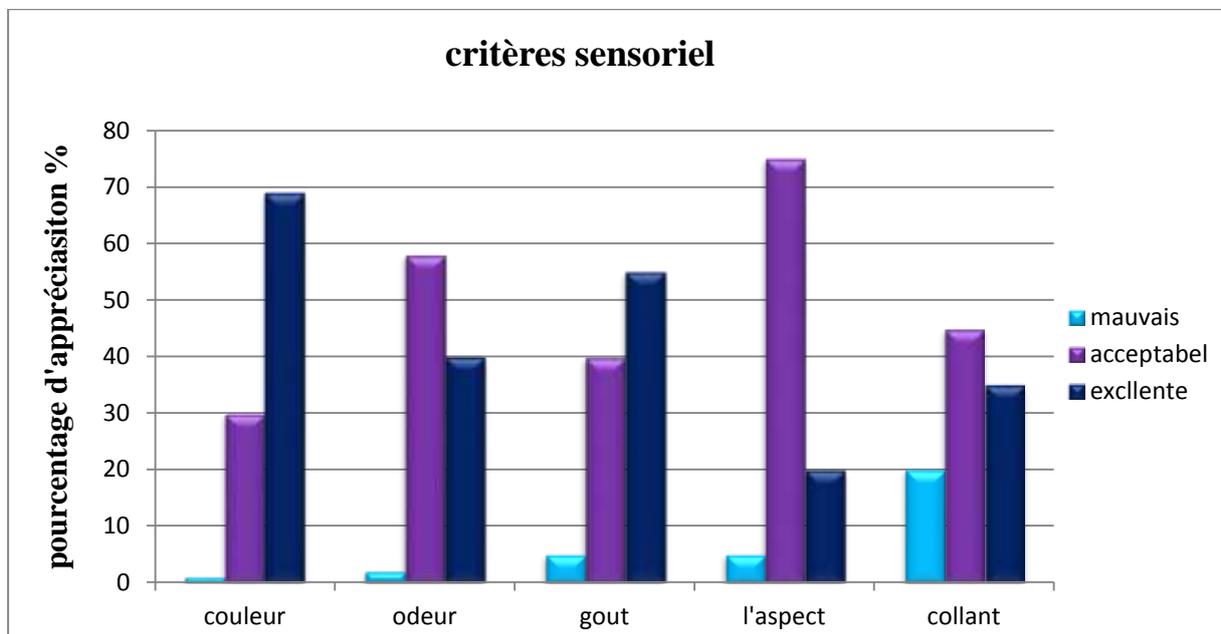


Figure 14: Présentation graphique du profil sensoriel du produit fini (couscous B).

D'après les résultats des figures ci-dessus (**Fig. 12**) et (**Fig. 13**), les résultats de deux couscous sont presque proches. La majorité des dégustateurs donnent les opinions suivantes:

❖ **Couleur**

La couleur est le premier paramètre observé par le dégustateur, il lui accorde une grande importance et ceci pour apprécier la qualité d'un produit.

A partir des résultats obtenus, nous remarquons que le critère couleur des deux couscous (A) et (B) ont été jugés «Excellent» par l'ensemble des dégustateurs avec un taux de 65 à 70 %.

❖ **Odeur**

L'odeur apporte aux dégustateurs de nombreux renseignements sur l'état d'un produit et sa comestibilité, 50 à 60 % des dégustateurs ont jugé l'odeur du couscous (A et B) «Acceptable».

❖ **Goût**

Le couscous (A et B) a été jugé «Excellent» par la majorité des dégustateurs, 55 à 65 % des dégustateurs, et «Acceptable» entre 40 et 45 %.

❖ **L'aspect**

Les deux couscous ont un aspect «Acceptable» par l'avis de 70 à 75 % des dégustateurs, donc l'aspect du couscous est moyen ni lisse ni dure.

❖ **Collant**

Concernant la texture des deux couscous, nous signalons que les échantillons étudiés sont un peu collant «Acceptable» 40 % et 45 % par l'avis des dégustateurs.

Conclusion générale

Conclusion générale

Le but principal de ce travail est l'élaboration d'une pâte alimentaire «couscous» sans gluten à base de farine de pois chiche et de farine de fève destinés aux malades cœliaques Algériens, en testant la faisabilité technologique d'un mélange de farine de fève et de farine de pois chiche dans la production des pâtes.

Cette étude a permis de mettre en évidence la valorisation de deux légumineuses (de terroir) cultivées en Algérie la fève et le pois chiche, par leur transformation en farines. Le choix de la matière première revient d'une part à la richesse nutritionnelle de ces variétés surtout en protéines et d'autre part à leur disponibilité et à leur faible coût.

Les analyses physico-chimiques de la matière première utilisée (farine de pois chiche et farine de fève) montrent que leurs teneurs en humidités sont conformes aux normes exigées, ce qui permet une longue durée de conservation, une teneur en protéines élevée et une faible teneur lipidique ce qui favorise un stockage sans qu'il y ait un risque de rancissement.

La farine de pois chiche présente une teneur en lipide de l'ordre de 5,52 % MS, une teneur en protéine de 21,97 % MS, un taux de cendre de 3,5 % et un pH proche de la neutralité (6,69). Alors que la farine de fève donne une teneur élevée en protéine 30,32 % MS, un taux en lipide d'ordre 1,77 % MS, un taux de cendres de 2,9 % et un pH proche de la neutralité (6,57).

Concernant la farine du mélange (farine de fève et farine du pois chiche), nous remarquons une diminution de pH due à une augmentation de l'acidité au cours de stockage pour les deux mélanges utilisés (50/50 % et 70/30 %) et une légère diminution de la teneur en protéines par rapport aux farines initiales (farine de fève et farine de pois chiche) due à la dégradation de la matière protéique au cours de stockage.

Les résultats de l'analyse physicochimique du produit fini «couscous» indiquent que le produit élaboré a une teneur d'humidité et un pH conformes aux normes exigées ce qui le rend favorable à une bonne conservation.

Le test de dégustation effectué sur les différents échantillons du couscous à l'état cuit par le jury montre que les deux couscous (A et B) élaborés présentent une bonne qualité organoleptique, caractérisée par une couleur excellente (75 %), une odeur agréable (80 %), et un excellent goût (70 %).

En perspectives, ce travail mérite d'être complété par:

- ✓ Détermination des autres caractéristiques physico-chimiques (teneur en acide aminé, teneur en amidon, en fibre et glucides).

Conclusion générale

- ✓ Etude de la faisabilité d'autres rapports de pois chiche, fève.
- ✓ Contact industriel en vue de l'industrialisation des produits sans gluten à base de farine de pois chiche et de farine de fève afin d'améliorer et de diversifier l'alimentation des malades cœliaques.

Faire une étude économique sur le coût de ces produits élaborés.

*Références
bibliographiques*

Références Bibliographique

- ✓ **ABECASSIS, J., CHEVALIER, F., AIT MOUH, O., MATENCIO, F., FAIRE, J., FEUILLET. (1986).** Amélioration de la qualité des pâtes alimentaires par traitement thermique des produits secs.ind. Céréales 41.13-17p.
- ✓ **AIT MOUH, O. (1989).** Influence des conditions de séchage à très haute température sur les propriétés des pâtes alimentaires. thèse de doctorat.montpellier.franc
- ✓ **ALAEDINI, A., GREEN, P.H. (2005).** Narrative review: celiac disease: understanding a complex autoimmune disorder. Ann Intern Med, 142: 289-298. AME (Agence Méditerranéenne de l'Environnement 2003. Alimentation et santé des lycéens et des collégiens. Guide ressources pour agir. AME, France, 132 p.
- ✓ **ALI S, A., TAYYAB, H., SHEIKH, R. (2008).** Assochyta blight of chickpea: Production of phytotoxins and disease management .Biotechnology advaces. 26(6):511-515 p.
- ✓ **AMMOUCHE, F., DIGUER, R. (2020).** Élaboration d'un biscuit "cookies" sans gluten à base de farine de fève et de pois chiche. NSA. Université de Boumerdes 6 P.
- ✓ **ANDREN ARONSSON, C., LEE, H.S., KOLETZKO, S., UUSITALO, U., YANG, J., VIRTANEN, S.M. (2016).** Effects of gluten intake on risk of celiac disease: a case-control study on a Swedish birth cohort. Clin Gastroenterol Hepatol; 14(3):403–409.
- ✓ **ANONYME, A. (1994).** Analyse statistique de l'évolution de la culture des principaux produits agricoles durant la période 1964_ 1994.DSAEE ministère de l'agriculture, Alger.
- ✓ **AYADI, A.L. (1986).** Analyse agronomique des différents types de pois chiche; influence de la date de semis (cicer arietinum 1.). DAA. ENSA, INRA, LECSA, montpellier, france. 72 p.
- ✓ **BALJEET, S.Y., RITIKA, B.Y., REENA, K. (2014).** Effect of incorporation of carrot pomace powder and germinated chickpea floer on the qaualité characteristics of biscuits. International food research journal, (21), 217-222p.
- ✓ **BAUMGARTNER, A. (1998).** Laviande des pauvres. Tabula, 3 : 16-19p.
- ✓ **BEJIBECHEUR,A.(2008).**Couscousconnexion:l'histoired'unplatmigrant.Session2.P: 1-17.
- ✓ **BEN SALAH, T. (2000).** L'industrie des pâtes alimentaires en Tunisie. Agro ligne. 5 p.

Références bibliographique

- ✓ **BENATALLAH, L., ZIDOUNE, M.N., OULAMARA, H., AGLI, A. (2006)** .Formulation et fabrication de couscous à base de riz et de légumes secs pour malades cœliaques. Actes SAR GP3A, Tunis: 160-164 p.
- ✓ **BENATALLAH. (2009)**. Couscous et pain sans gluten pour malades cœliaques : Aptitude technologique de formules à base de riz et de légumes secs. Thèse de Doctorat, Option Sciences Alimentaires, INATAA, Université Mentouri de Constantine, 173 p.
- ✓ **BENMANSOUR, F.Z., TOUHAMI, M. (1996)**.Prevalence of celiac disease in diabetic children and their first degree relatives in West Algeria: Screening with serological markers. Acta paediatr suppl: 58-60.
- ✓ **BOUDRAA, G., HACHELAF, W., BENBOUABDELLAH, M., BELKADI M., BOUDRAA, G., TOUHAMI, M. (1997)**. La maladie cœliaque de l'enfant au Maghreb Médecine et Nutrition Clinique, N°1: 7-18.
- ✓ **BRIDJUA, M., BACHIR, R., GHALEM. (2006)**. Contribution à l'étude de l'influence d'intégration de la farine de pois chiche en panification.
- ✓ **CALET, C. (1992)**. Les légumes secs, Apport protidique. Cah. Nut. Diét. 2, 99-108 p.
- ✓ **CALET, C. (1992)**. Les légumes secs, apport protidique. Cah. Nut.Diet, 2: 99-108 p.
- ✓ **CATAASI, C., FASANO, A. (2014)**. The debate on coeliac disease screening we there yet? Nat Rev Gastroenterol Hepatol; 11(8):457–8 p.
- ✓ **CATASSI, C., 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, 454p
- ✓ **CATASSI, C., RATSCH, I.M., GANDOLFI, L. (1999)**.Why is celiac diseaseendemic in the people of Sahara? Lancet, 354: 647-648.
- ✓ **CEGARRA, M. (2006)**. Le régime sans gluten: difficultés du suivi Archives de pédiatrie, 13 :576-578 p.
- ✓ **CHAIEB, N., BOUSLAMA, M., MARS, M. (2011)**. Growth and yield parameters variability among faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes. J. Nat. Prod. Plant Resour. 1 (2): 81-90 p.
- ✓ **CHAKEL, S.F., VAN HEEL, N., HARNACK, J. (2004)**. Appendix 1. Grain compositiontable. In Encyclopedia of Grain Science. Editors: WRIGLEY, C., CORKE, H., WALKER, E.C. Edition: Elsevier. Volume 3. 441p.

Références bibliographique

- ✓ **CHMIELEWSKA, A., PIESCİK –LECH, M., SZAJEWSKA, H., SHAMIR, R. (2015-2016).** Primary prevention of celiac disease: environmental factors with a focus on early nutrition. *Ann Nutr Metab*; 67 Suppl 2:43–50 p.
- ✓ **CHOUNG, R.S., DITAH, I.C., NADEAU, A.M, RUBIO–TAPIA, A., MARIETTA, E.V., BRANTNER, T.L. (2012).** Trends and racial/ethnic disparities in gluten-sensitive problems in the United States: findings from the National Health and Nutrition Examination Surveys from 1988 to 2012. *Am J Gastroenterol* 2015; 110(3):455–61 p.
- ✓ **CICLITIRA, J., MOODIE, J. (2003).** Coeliac disease. *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology* 17: 181-195 p.
- ✓ **CLOT, F., BABRON, M.C., CLERGET-DARPOUX, F. (2001).**La génétique de la maladie cœliaque. *Médecine thérapeutique/Pédiatrie*, 4: 263-267.
- ✓ **CODEX ALLIMENTARIUS.** Normecodex202 1995. Norm ecodex pour le couscous. P:1-3.
- ✓ **CODEX DEX ALIMENTARIUS (1995).** Norme codex pour le couscous. P: 1-3 p.
- ✓ **COLAS, A. (1998).** Définition de la qualité des farines pour les différentes utilisations. In, Godon, B., Willm, C. *Les industries de première transformation des céréales.* Lavoisier. Tec et Doc/Apria. Paris: 579-589. 679 p.
- ✓ **COMBE, E., ACHI, T., PION, R., VALLUY, M., HOULIER, M., SALLAS, M., SEELLE, A. (1991).** Utilisations digestive et métabolique comparées de la fève, de la lentille et du pois chiche chez le rat. *Reproduction Nutrition Développement*, 31(6), 631-646 p.
- ✓ **COUPLÉN, A., MARM, C. (2009).** Jardiner au naturel. *Le jardin plus bio facile*, 249 p
- ✓ **CREPON, K., MARGET, P., PEYRONNET, C., CARROUEE, B., ARESE, P., DUC, G. (2010).** Nutritional value of faba bean (*Vicia faba* L.) seeds for feed and food. *Field Crops Research*.115: 329-339 p.
- ✓ **DAGHER, S.M. (1991).** Traditional food in the Near East, FAO, food and nutrition paper 50, Rome, 161 p.
- ✓ **DENERY-PAPINI, S., POPINEAU, Y., GUEGUEN, J. (2001).** Implication des protéines de céréales dans la maladie cœliaque. *Cah Nut Diet*, 36: 43-51.
- ✓ **DOMINIQUE, M. (2010).** Les productions légumières. *Educagri*. Dijon, 163 p.

Références bibliographique

- ✓ **EL SAYED, M., HEGAZY, A. (1982).** Effect of germination on the carbohydrate protein and amino acid contents of broad beans. ZEITSCHFT fur emhrungswssenschait, band 13, heft 4, 200-203 p.
- ✓ **EI SEEYED, M., HEGAZY, A. (1982).** Effect of germination on the carbohydrate, protein and amino acid contentes of board beans. ZEITSCHFT fur emhrungswssenschait, band13, heft4, 200-203.
- ✓ **FAO. (1982).** Les graines de légumineuses dans l'alimentation humaine. FAO. Alimentation et nutrition 20. Rome.152 p.
- ✓ **FAO. (1982).** Les graines de légumineuses dans l'alimentation humaine. FAO. Alimentation et nutrition 20. Rome.152 p.
- ✓ **FAO. (1996).** Codex Alimentarius: Céréales, légumes secs, légumineuses, produits dérivés et protéines végétales. FAO. Vol 7. 2 ème édition. Rome, 164 p.
- ✓ **FAO. (1996).** **CODEX DES ALIMENTARIUS:** Céréales, légumes secs, légumineuses, produits dérivés et protéines végétales. FAO. Vol. 7. 2ème édition. Rome. 164 p.
- ✓ **FASANO, A., BERTI, I., GERARDUZZI, T., COLLETTI, R.B., DRAGO, S. (2003).** Prevalence of celiac disease in at-risk and not-at-risk groups in the United States: a large multicenter study. Arch Intern Med; 163(3):286–92 p.
- ✓ **FASANO, A., CATASSI, C. (2001).** Current approaches to diagnosis and treatment of celiac disease: an evolving spectrum. Gastroenterology 2001; 120(3):636–51 p.
- ✓ **FASANO, A., CATASSI, C. (2012).** Celiac disease. New England Journal of Medicine 367: 2419-2426 p.
- ✓ **FEILLET, P. (2000).** Le grain de blé, composition et utilisation. INRA. Paris. 308p.
- ✓ **FEILLET. (2000).** Le grain de blé, composition et utilisation. Ed: INRA Kaup S.M. et Walker C.E., 1986. Couscous in North Africa. Cereal Foods World, Vol. 31. P: 179-182 p.
- ✓ **FRANCONIE, T., MATVEEF, M., ALAUSE, J. (2010).** Microtest des pâtes alimentaires appliquées à la sélection des blés durs, Bull.E.N.S.M.I.C. Vol. 217. P: 11-17 p.
- ✓ **GALLAIS, A., BANNEROT, H. (1992).** Amélioration des espèces végétales cultivées objectifs et critères de sélection. Paris: INRA, 768 p.
- ✓ **GREEN, P., CELLIER, C. (2007).** Celiac disease. New England Journal of Medicine 357: 1731-1743 p.

Références bibliographique

- ✓ **GREEN, P.H., CELLIER, C. (2007).** Celiac disease. *N Engl J Med*, 357 (17): 1731-1743 p.
- ✓ **GUEGUEN, J., LEMARIE, J. (1996).** Composition, structure et propriétés physicochimiques des protéines de légumineuses et d'oléagineuses. In : *Protéines végétales*. GODON B. 2ème édition. Tec et Doc. Lavoisier. Paris, 657p.
- ✓ **GUENGUEN, J., LEMARIE, J. (1996).** Composition, structure, et propriétés physicochimiques de légumineuses et d'oléagineux. In, Godon, B. *Les protéines végétales*. Lavoisier Tec et Doc. Paris: 80-110. 666 p.
- ✓ **GUEZLANE, L. (1993).** Mise au point de la méthode de caractérisation physico-chimiques sous l'effet des traitements hydro thermiques en vue d'optimiser la qualité du couscous de blé dur. Thèse de doctorat INA. El Harrach.
- ✓ **GUEZLANE, L. (1993).** Mise au point de méthodes de caractérisation et étude des modifications physico-chimique sous l'effet de traitement hydro thermique en vue d'optimiser la qualité du couscous du blé dur. Thèse de Doctorat. INA. El Harrach.
- ✓ **HADJI, C. (2000).** évaluations: règles du jeu, paris, ESF
- ✓ **HAMDACHE, A., BOULAFI, H., AKNINE, M. (1997).** Mise en évidence de la période de sensibilité maximal du pois chiche d'hiver envers les mauvaises herbes annuelles dans la zone littorale. *Céréaliculture*. 31,25 _28 p.
- ✓ **HARBERS. (1998).** Ash analysis. In *Food analysis*. Ed. NIELSEN S.S. 2 nd Edition. Aspen publishers, pp. 141-150 Godon B., et Willm C., 1998: *Les industries de première transformation des céréales*. Paris: Technique et documentation. Lavoisier. , p60, p65, p786, 373
- ✓ **HOFFENBERG, E.J., HAAS, J., DRESCHER, A. (2000).** A trial in children with newly diagnosed celiac disease. *J Pediatr*, 137: 361-366 p.
- ✓ **HOVHANNISYAN, Z. (2008).** The role of HLA-DQ8 beta57 polymorphism in the anti-gluten T- cell response in coeliac disease. *Nature* 456, 534-538p.
- ✓ **HUDA, S., SIDDIQUE, N.A., KHATUN, N., RAHMAN, M.H., MORSHED, M. (2003).** Regeneration of shoot from cotyledon derived callus of Chickpea. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 6(15): 1310-1313 p.
- ✓ **JUKANTI, A., GAUR, C., GOWDA, A., CHIBBAR, R. (2012).** Nutritional quality and health benefits of chickpea (*cicer arietinum*): a review. *British Journal of Nutrition*, 108(1): 11-26 P.

Références bibliographique

- ✓ **KEMPPAINEN, T., HEIKKINEN, M., RISTIKANKARE, M., KOSMA, V.M., JULKUNEN, R. (2009).** Effect of unkilned and large amounts of oats on nutritional state of celiac patients in remission. *The European Journal of Clinical Nutrition and Metabolism*, 4: 30-34 p.
- ✓ **KÖPKE, U., NEMECEK, T. (2010).** Ecological services of faba bean. *Field Crops Research*. 115 p.
- ✓ **LABDI, M. (1990).** Chickpeain Algeria. *CIHEAM – Options Mediterranean n°9*: 137-140 p.
- ✓ **LARRALDE, J., MARTINEZ, J.A. (1991).** Nutritional value of faba bean: effects on nutrient utilization, protein turnover and immunity. *Options Méditerranéennes*. No. 10: 111-117 p.
- ✓ **LIENER, I.E. (1962).** Toxic factors in edible legumes and their elimination. *American Journal for Clin Nutrition*, 1, 281-98 p.
- ✓ **LIONETTI, E., CASTELLANETA, S., FRANCAVILLA, R., PULVIRENTI, A., TONUTTI, E., AMARRI, S. (2014).** Introduction of gluten, HLA status, and the risk of celiac disease in children. *N Engl J Med*; 371(14):1295–303.
- ✓ **LIONETTI, E., CATASSI, C. (2011).** New clues in celiac disease epidemiology, pathogenesis, clinical Manifestations, and treatment. *Int Rev Immunol* 2011; 30(4):219–31 p.
- ✓ **LOHI, S., MUSTALAHTI, K., KAUKINEN, K., LAURIAL, K., COLLIN, P., RISSANEN, H. (2007).** Increasing prevalence of coeliac disease over time. *Aliment Pharmacol Ther* 2007; 26(9):1217–25 p.
- ✓ **LUDVIGSSON JONAS, F., LEFFLER, D., BAI, J., BIAGI, F., FASANO, A., GREEN, P., HADJIVASSILIOU, M., KAUKINEN, K., KELLY, C., LEONARD, J. (2013).** The Oslo definitions for coeliac disease and Related terms. *Gut* 62: 43-52 p.
- ✓ **LUDVIGSSON, J.F., CARD, T.R., KAUKINEN, K., BAI, J., ZINGONE, F., SANDERS, D.S. (2015).** Screening for celiac disease in the general population and in high-risk groups. *United Eur Gastroenterol J*; 3(2):106–20 p.
- ✓ **M.A.D.R. (2015).** Ministère de l’agriculture et du développement rural. Direction des zones arides et semi-aride ; services statistiques agricoles.
- ✓ **MALAMUT, G., MERESSE, B., CELLIER, C. (2009).** a future without gluten-free diet, *Gastroenterologie Clinique et Biologique*, Août 2009, Volume 33, Pages 635-647 p.

Références bibliographique

- ✓ **MANSOUR, R.H. (1996).** Biological and chemical evaluation of chickpea seed proteins as affected by germination, extraction and amylase treatment .Plant foods for Human Nutrition, 49: 271-282 p.
- ✓ **MAPAQ. (2018).** Caractérisation et identification d'un aliment potentiellement dangereux. 2018-10-25.
- ✓ **MATUCHANSKY, C., ROUSSEAU, S., MORIN, M.C. (2004).** Maladie cœliaque de l'adulte : Actualités du régime sans gluten, 39 : 311-317 p.
- ✓ **MEARIN, M.L. (2015).** The prevention of coeliac disease. Best Pract Res Clin Gastroenterol; 29(3):493–501 p.
- ✓ **MOREAU, J., ARDRY, R. (1942).** Un aliment Nord Africain: le couscous composition, fabrication, préparation. Archive de l'institut Pasteur. Tunis. T. 31. P: 301-310p.
- ✓ **MOSSE, J., BAUDET, J. (1977).** Relationship between amino acide composition and nitrogen contents of broad bean seed. IN “protein quality from leguminous cros”, 5686: 48-57 p.
- ✓ **NAFTI, Y. (2011).** cours de 3^{ème} année biologie, option .C.Q.A. Université de Djelfa. Édition Biohay.
- ✓ **NION-LARMURIER, I., COSNES, J. (2009).** Maladie cœliaque. Gastroentérologie clinique et Biologique 33: 508-517 p.
- ✓ **NOUT, R., HOUNHOUGAN JOSEPH, D., TINY VAN, B. (2003).** Les aliments, transformation, Conservation et Qualité. BaeckhysPublishers, Wageningen, Netherlands.
- ✓ **PATRICK, M. (2008).** Le Truffaut: Encyclopédie pratique illustrée du jardin. 41^{ème} édition. Larousse. Paris, 850 p.
- ✓ **PERON, J.Y. (2006).** Références. Production légumières. 2eme Ed, 613 p.
- ✓ **PRATA, P., KUMAR, J. (2011).** Biology and breeding of food legumes Centre for Agriculture and Biosciences International, 432 p.
- ✓ **RABANY, M. (2010).** Le couscous: la tradition et la modernité d'une graine millénaire, CLEXTRUSION oct 2010-N°19.13 p.w.w.w.clextral.com.
- ✓ **REMOND, D., WALIRRAND, S. (2017).** Les graines de légumineuses: caractéristiques nutritionnelles et effets sur la santé. Innovations Agronomiques, INRA, 60, 133-144 p.

Références bibliographique

- ✓ **RINIDAD, T.P., MALLILLIN, A.C., LOYOLA, A.S., SAGUM, R.S., ENCABO, R. (2010).** The potential health benefits of legumes as a food source of dietary fibre. *British Journal of Nutrition*, 103(04): 569-574 p.
- ✓ **SAFIR., S. (2020).** Élaboration d'un biscuit "cookies" sans gluten à basé de farine de pois chiche et farine de fève. TAA. Université de Bouira. 4-8-19 p.
- ✓ **SCHAKEL, S.F., VAN HEEL, N., HARNACH, J. (2004).** Appendix 1. Grain composition table. In *Encyclopedia of Grain Science*. Editors: WRIGLEY, C., CORKE, H., WALKER, E.C. Edition: Elsevier. Vol 3, 441 p.
- ✓ **SCHMITZ, J., GARNIER-LENGLINE, H. (2008).** Diagnostic de la maladie cœliaques en 2008. *Archives de pédiatrie*, 15: 456-461.
- ✓ **SMECUOL, E., MAURINO, E., VAZQUEZ, H., PEDREIRA, S., NIVELONIE, S., MAZURE, R. (1996).** Gynaecological and obstetric disorders in coeliac disease: frequent clinical onset during pregnancy or the puerperium. *Eur J Gastroenterol Hepatol*; 8(1):63–89 p.
- ✓ **SOLLID, L.M., QIAO, S.W., ANDERSON, R.P., GIANFRANI, C., KONING, F. (2012).** Nomenclature and listing of celiac disease relevant gluten T-cell epitopes restricted by HLA-DQ molecules. *Immunogénétiques* 64, 455-460 p.
- ✓ **SZAJEWSKA, H., SHAMIR, R., MEARIN, L., RIBES –KONINCKX, C., CATASSI, C., DOMELLOF, M. (2016).** Gluten introduction and the risk of coeliac disease: a position paper by the European Society for Pediatric Gastroenterology, Hepatology, and Nutrition. *J Pediatr Gastroenterol Nutr*; 62(3):507–13 p.
- ✓ **TALAL, A.H., MURRAY, J.A., GOEKEN, J.A., SIVITZ, W. L. (1997).** Celiac Disease in an Adult Population with Insulin-Dependent Diabetes Mellitus: Use of Endomysial Antibody Testing. *The American Journal of Gastroenterology*, Vol 92, 8:1280-1284.
- ✓ **THOMPSON, T. (2008).** The gluten-free nutrition guide. McGraw-Hill Edition, USA, 245 p.
- ✓ **TORTORA, R., ZINGONE, F., RISPO, A., BUCCI, C., CAPONE, P., IMPERATORE, N. (2016).** Coeliac disease in the elderly in a tertiary centre. *Scand J Gastroenterol*; 51(10):1179–83 p.
- ✓ **VRIEZINGA, S.L., AURICCHIO, R., BRAVI, E., CASTILLEJO, G., CHMIELEWSKA, A., CRESPO ESOBAR, P. (2014).** Randomized feeding

Références bibliographique

intervention in infants at high risk for celiac disease. N Engl J Med; 371(14):1304–15 p.

- ✓ **YOUSFI, L. (2002).** Influence des conditions de fabrication sur la qualité du couscous industriel et artisanal. Thèse de Magister. DNATTA. Université de Constantine .141p.
- ✓ **ZHOU,K.,SLAVIN,M.,LUTTERODT,H.,WHENT,M.,ESKINZ,M.,YU,L. (2013).** Cerealsandlegumes: Biochemistryof Foods.Elsevier, 46 p.

Annexes

Annexe 01 :

Tableau 01: Aliments autorisés et aliments interdits dans le régime sans gluten

(CEGARRA, 2006).

Aliments	Autorisés	Interdits
Laits	Entier, demi-écrémé, écrémé, lait croissance, liquide, concentré, frais, pasteurisé, en poudre, stérilisé UHT Lait de chèvre et brebis, lait fermenté nature.	Laits parfumés.
Dérivés du lait	Yaourts, suisses, fromages blancs nature et aromatisés Fromages: pâte molle, pâte cuite, fermentés.	Yaourts aux fruits, fromages à tartiner et fromage fondus, desserts frais lactés, desserts lactés à base de céréale.
Viandes	Fraîche surgelée au naturel consERVE au naturel.	Cuisinée (du traiteur, surgelée, en conserve), viande panée.
Produits de la mer	Poissons frais, salés, fumés, poissons surgelés au naturel, poissons en conserve: au naturel, à l'huile, crustacés et mollusques.	Poissons, mollusques ou crustacés cuisinés (du traiteur, commerce ou surgelés).
Œufs	Tous autorisés.	
Matières grasses	Beurre, margarine, huile, crème fraîche, suif.	Matières grasses allégées.
Féculeux, farineux et céréales	Pommes de terre fraîches, précuites, fécule de pomme de terre. Riz et ses dérivés. Légumes secs frais, en conserve au naturel, farine de légumes secs. Soja et farine de soja. Châtaignes et leurs farines. Maïs et dérivés: fécule de maïs, semoule, germes, grains. Sarrasin et farine pure, galettes pures faites maison. Millet et dérivés: semoule manioc et dérivés: tapioca, crème de tapioca sorgho. Extrait de malt. Amidon issu d'une céréale autorisée.	Pommes de terre cuisinés du commerce en boîte ou surgelées. Autres préparations à base de pommes de terre (traiteur, surgelées ou en conserves), chips, purée en flocons blé et ses dérivés: farine, semoule, couscous, pâtes alimentaires, tous les produits de boulangerie, pain de mie, gâteaux secs sucrés et salés, pâtisseries, chapelure. Orge et dérivés. Seigle et dérivés. Céréales soufflées triticales. Amidon issu de céréales interdites (blé) ou sans origine précisée.

Tableau 01 (Suite):Aliments autorisés et aliments interdits dans le régime sans gluten

(CEGARRA., 2006).

Aliments	Autorisés	Interdits
Légumes	Tous les légumes verts: frais, surgelés au naturel, en conserve au naturel.	Légumes verts cuisinés: du traiteur, en conserve ou surgelés potage et soupe en sachet ou en boîte.
Fruits frais, fruits oléagineux	Tous autorisés frais, en conserve, confits noix, noisettes, cacahuètes, amandes, pistaches: frais ou grillés, nature ou nature + sel olives.	Figues sèches en vrac.
Produits sucrés	Sucre de betterave, de canne blanc et roux, fructose, caramel liquide, miel, confiture et gelées pur fruit, pur sucre, pâtes de fruits cacao pur.	Sucre glace, dragées, nougats, chewing- gum. Autres chocolats et friandises.
Desserts	Sorbets de fruits.	Pâtes surgelées ou en boîte pour tarte, dessert glacé, préparations industrielle en poudre pour dessert lacté (crème, flan).
Boissons	Eau du robinet, eaux minérales et de source, jus de fruits, sodas aux fruits, sirops de fruits, limonade, tonic, sodas au cola.	Poudre pour boissons.
Divers	Fines herbes, épices pures sans mélange, cornichons. Levure du boulanger. Thé, café, chicorée, infusions, café lyophilisé.	Condiments et sauces moutarde, levure chimique, épices en poudre.
Produits infantiles	Aliments lactés diététiques 1er et 2e âge, farine et aliments en petits pots portant la mention: sans gluten.	

Annexe 02 :

Fiche de profil sensoriel du produit élaboré

Fiche analyse sensorielle

Nom et prénom :

Age :

Veillez examiner et value chaque d'échantillon de pâtes alimentaires traditionnelles couscous et donner une note de 1 a 10

- Les plates enrichis a 30% de poudre de pois chiche et 70% fève sont code par A
- les pâtes enrichis 50% in de poudre de pois chiche et 50% fève sont code par B

La Couleur : (1 :nonsatisfaisante.5 acceptable , 10 très bonne).

Le gout :(1 désagréable, 5. acceptable .10 agréables)

Arrière gout :(1 désagréable, 5. acceptable .10 agréables)

l'odeur :(1 forte. 5 moyen.10 léger)

Texture : (1 mole .5 moyen .10 ferme)

Collant ou bien l'adhésion : (1 faible.5 moyenne .10 forte)

L'aspect ou bien la délitescence : (1 : lisse .5 moyen .10 dure)

L'acceptabilité globale : Donner votre avis sur le produits, détesté l'égerment aimé. adoré.

Caractères	Produit A 50% /50%	Produit B 30% /70%
couleur		
Gout		
odeur		
texteur		
collant		
L'aspect		
L'acceptabilité globale		

Tableau 02: Résultats de l'évaluation de la qualité organoleptique de couscous B.

Dégustateur	Couleur	Odeur	Gout	L'aspect	collant
1	10	05	10	05	10
2	10	05	10	05	10
3	10	05	10	05	01
4	10	05	10	05	10
5	10	05	10	05	10
6	10	10	10	05	10
7	05	05	10	05	05
8	05	05	10	10	05
9	05	05	10	10	05
10	10	05	05	10	10
11	10	05	05	10	01
12	10	05	10	05	05
13	10	10	05	05	05
14	10	10	10	05	05
15	05	10	05	05	10
16	05	10	10	05	10
17	10	10	10	05	01
18	10	10	10	05	10
19	05	10	05	05	05
20	10	10	05	10	05

Annexes

Tableau 03: Résultats de l'évaluation de la qualité organoleptique de couscous A.

Dégustateur	Couleur	Odeur	Gout	L'aspect	collant
1	10	05	10	05	10
2	10	05	05	05	10
3	10	10	05	05	01
4	10	05	05	05	10
5	10	05	05	05	01
6	10	10	05	05	10
7	05	05	05	05	05
8	05	05	10	01	05
9	05	05	10	10	05
10	10	05	05	01	10
11	10	05	05	10	01
12	10	05	10	05	05
13	10	10	05	05	05
14	10	10	10	01	05
15	05	10	05	01	01
16	05	05	10	05	10
17	10	05	05	05	01
18	10	10	10	05	10
19	05	10	05	05	05
20	10	10	05	10	05



Figure 01:Détermination de l'humidité.



Figure 02: Détermination de pH.



Figure 03: Détermination de taux de cendre.

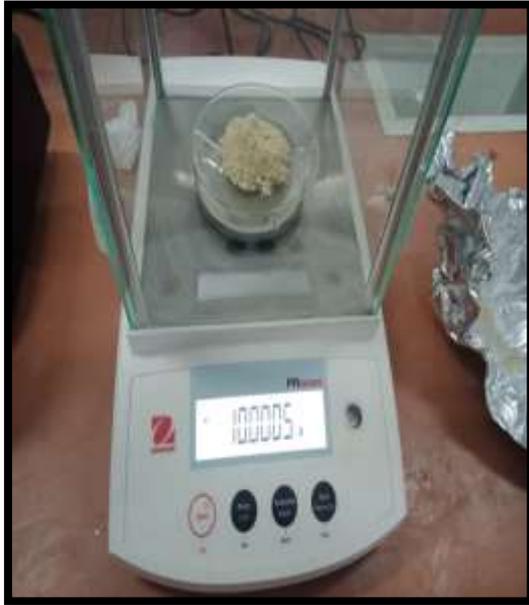


Figure 04: Détermination de protéine.

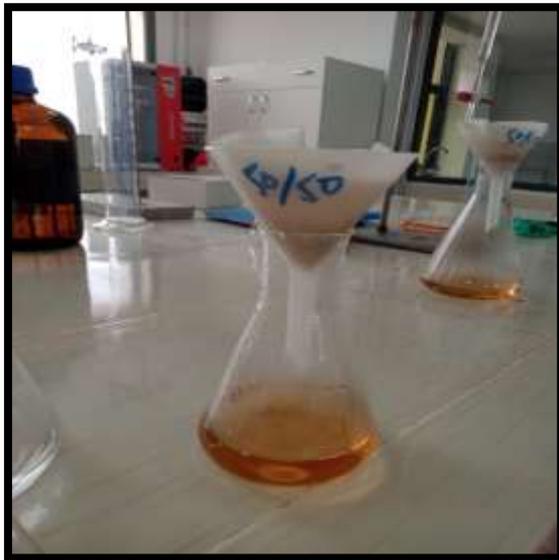
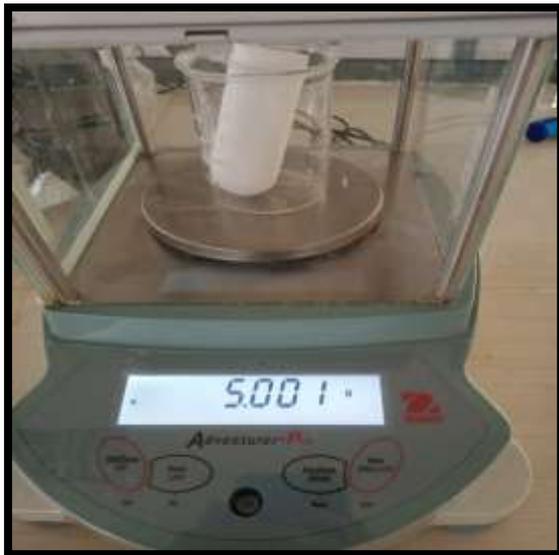


Figure 05: Détermination de lipide.

❖ **Matériel utilisé pour la préparation des couscous.**

✓ **Matériel et méthode**

- Etuve.
- Agitateur.
- Appareil de Soxhelt.
- Broyeur à épices.
- Balance à précision.
- Dessiccateur.
- Distillateur.
- Rampe de minéralisation.
- Tamis.

✓ **Verreries**

- Verre de montre
- Fioles jaugé 100 ml et 200 ml.
- Boîtes de pétries en plastique 90 ml de diamètre.
- Erlen Meyer de 250 ml 500 ml.
- Pipettes 0,1 ml.
- Pipettes pasteur.
- Tubes à essai stériles.

✓ **Réactifs**

- Ether de pétrole.
- Rouge de méthyle.
- Soude NaOH.
- Acide sulfurique.
- Acide borique.

Résumé

Notre travail consiste à l'élaboration d'une pâte alimentaire traditionnelle « couscous » à base de la farine de pois chiche et la farine de fève, afin d'améliorer et de diversifier la situation alimentaire des malades cœliaques Algériens, et mettre en évidence une valorisation de deux légumineuses cultivées localement.

Dans ce travail nous avons utilisés un mélange de farine de deux variétés de légumineuses connues «Aguadulce» pour la fève et «Flip 90» pour le pois chiche.

Les résultats d'analyses physico-chimiques sont conformes aux normes, ce qui garantit la qualité du produit fini.

Les mots clés: couscous, malades cœliaques, analyses physico-chimiques, variétés de légumineuses.

Abstract

Our work consists in the development of a traditional food paste "couscous" based on chickpea flour and bean flour, in order to improve and diversify the food situation of Algerian celiac patients, and highlight a valorization of two locally grown legumes.

In this work we used a flour mixture of two known legume varieties "Aguadulce" for the bean and "Flip 90" for the chickpea.

The results of physico-chemical analyzes comply with the standards, which guarantees the quality of the finished product.

Key words: couscous, celiac patients, physic-chemical analyses, legume varieties.

ملخص

تمثل عملنا في تطوير عجيبة غذائية تقليدية "الكسكس" تعتمد على دقيق الحمص ودقيق الفول، من أجل تحسين وتنوع الوضع

الغذائي لمرضى اضطرابات الهضمية الجزائريين ، وتسليط الضوء على اثنين اثنين من البقوليات المزروعة محليا.

في هذا العمل، استخدمنا خليط دقيق من نوعين من البقوليات المعروفة "أغوادولس" للفول و" فليب 90 " للحمص.

تتوافق نتائج التحليلات الفيزيائية والكيميائية مع المعايير التي تضمن جودة المنتج النهائي.

الكلمات المفتاحية: الكسكس، اضطرابات الهضمية ، تحليلات فيزيائية كيميائية. البقوليات المتنوعة.