

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة 8 ماي 1945 قالمة
Université 8 Mai 1945 Guelma
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la terre et de l'Univers



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine: Science de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité/Option: Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire

Département: Biologie

Thème

Fabrication de pâte alimentaire enrichie en farine de pois chiche et de fève

Présenté par : BENTEBOULA Imen

SAIDIA Chafia

Devant la commission composée de :

Président :	Mr. GUEROUI Y. (M.C.B)	Université de Guelma
Examinatrice :	M^{me}. BEDIQUI S. (M.C.B)	Université de Guelma
Encadreur :	Mr. MEZROUAA L. (M.A.A)	Université de Guelma
Membre :	Mr. MERZOUG A. (M.C.B)	Université de Guelma
Membre :	Mr. GHRIEB L. (M.C.A)	Université de Guelma
Membre :	M^{me}. LAKSIR C. (M.A.A)	Université de Guelma

Juin 2017

Remerciements

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

Nos vifs remerciements pour Monsieur GÜEROUI Yacine, Maitre de conférences classe B à Université 8mai 1945 Guelma, pour l'honneur qu'il nous a fait de présider ce jury.

Nous remercions également chaleureusement Madame BEDILOUI S, Maitre de conférences classe B à Université 8mai1945 Guelma, pour son acceptation de nous faire l'honneur d'examiner ce mémoire.

Nous exprimons nos profonds remerciements notre enseignant Monsieur MEZROUA El Yamine, Maitre Assistant classe A à Université 8mai1945 Guelma, pour m'avoir dirigée tout au long de la réalisation de ce travail, pour son esprit scientifique, sa disponibilité et son œil critique qui nous a été très précieux pour structurer et améliorer notre mémoire.

Nous exprimons notre gratitude à tous les membres du jury de l'année 2017 de l'université 8mai1945 Guelma, en particulier Monsieur GHERIB L Maitre de conférences classe A, Madame LAKSIR Choubeila, Maitre assistant classe A, et à notre chère enseignante en master (option Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire), Monsieur MERZOUG A Maitre de conférences classe B, de nous faire l'honneur de siéger au sein du jury de ce mémoire. Veuillez accepter notre sincère gratitude.

Chaleureux remerciements vont également à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire, Madame KAHLARASSE chef de service du laboratoire d'analyses du moulin AMOR BEN AMOR qui nous a permis d'intégrer le laboratoire, et l'aide précieuse de toute l'équipe du moulin ABA.

Je tiens à exprimer de manière particulière mon sincère remerciement avec gratitude à Monsieur BOUDALIA Sofiane pour l'aide qu'il nous a apporté et à KASSEM, sa sympathie, ces conseils et sa motivation m'ont été d'une grande aide.

LISTE DES FIGURES

N°	Titre	Page
<u>Matériels et méthodes</u>		
1	Échantillons de pois chiche et de la fève avant le prétraitement.....	23
2	Principaux ustensiles utilisés pour la Fabrication de la pâte « Rechta »...	27
3	Processus de fabrication de la pate alimentaire « Rechta » enrichie en mode artisanal.....	30
4	Mise en forme et séchage de la pâte « Rechta »	32
<u>Résultats et discussion</u>		
5	Teneur en cendres des différentes matières premières utilisées pour la fabrication de la pâte alimentaire type « Rechta ».....	38
6	Taux du gluten humide et sec dans les différentes matières premières de la pâte alimentaire.....	40
7	Indice du gluten humide et sec dans les différentes matières premières de la pâte alimentaire.....	41
8	Teneur en eau de matière première de la pâte alimentaire.....	42
9	Analyse colorimétrique de la matière première de la pâte alimentaire.....	44
10	Temps optimal de cuisson (TOC) et l'épaisseur des différentes pâtes enrichies.....	49
11	Indice de gonflement des différentes pâtes fabriquées (ordinaire et enrichies).....	51
12	Taux de cendres de la pâte témoin et les pâtes enrichies.....	52
13	Analyse colorimétrique de la pâte témoin et des pâtes enrichies.....	53
14	Evaluation sensorielle des pâtes de type « Rechta » enrichies en farine de poids chiche et de fève.....	56

LISTE DES TABLEAUX

N°	Titre	Page
<u>Synthèse bibliographique</u>		
1	La classification botanique du blé dur (Feillet, 2000).....	3
2	Teneurs en minéraux et en vitamines (mg/100g) du grain de blé (Prats, 1960 ; Crête ,1965 ; Feillet, 2000).....	6
3	Principaux types de semoules fabriquées en Algérie (BENBELKACEM <i>et al.</i> , 1995)	7
4	Composition biochimique en g pour 100g de matière sèche de la semoule de blé dur (SOUCI <i>et al.</i> , 1994).....	8
5	Classification botanique du pois chiche (USDA, 2008)	16
6	Composition du pois chiche pour 100 g (BAUMGARTNER, 1998).....	18
7	Classification botanique de la fève (DAJOZ, 2000)	20
8	Composition nutritionnelle de la fève pour 100 g	21
<u>Matériel et méthodes</u>		
9	Formulation des pâtes alimentaires fabriquées type « Rechta ».....	29
<u>Résultats et discussion</u>		
10	Granulométrie des matières premières utilisées.....	45
11	Résultats des analyses sensorielles ^a des pâtes alimentaires de type « Rechta » enrichies en farine de légumineuses (pois chiche, fève) à différentes doses.....	54
12	Analyse statistique Anova et Dunnett à $p < 0.05$ d'évaluation sensorielle des différentes pâtes alimentaires (enrichies et ordinaire).....	55

LISTE DES ABREVIATIONS

°C	degré Celsius
/h	par heure
%	pourcent
µm	micromètre
µm	microgramme
L*	indice de clarté
a*	indice de brun
b*	indice de jaune
Afnor	Association française de la normalisation
Ca	calcium
D	diamètre
DD	degré de délitescence
DLC	date limite de conservation
Fe	fer
FF	farine de fève
FPC	farine de pois chiche
g	gramme
G.H	gluten humide
G.S	gluten sec
Iso	international standard organisation
Kcal	kilo calorie

Kg	kilogramme
MAB	moulins amor benamor
Mg	magnesium
Mg	milligramme
H°	humidité
min	minute
s	seconde
TC	taux de cendres
MTQ	masse totale de charge
ml	millilitre
mm	millimètre
ms	matière sèche
NF	norme française
NS	non significatif
P	potassium
RT	refus de tamis
TOC	temps optimal de cuisson
I.G	indice de gonflement
VF	version française
Zn	zinc

Table de matière

Liste des abréviations

Listes des figures

Liste des tableaux

Introduction.....1

PEMIERE PARTIE

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE 1 : LE BLE DUR ET LES PATES ALIMENTAIRES

1. Blé dur.....	3
1.1. Définition.....	3
1.2. Classification botanique	3
1.3. Composition de blé dur	4
1.3.1. Protéines.....	4
1.3.2. Lipides.....	4
1.3.3. Glucides	4
1.3.4. Minéraux.....	5
1.3.5. Vitamines.....	6
1.3.6. Enzymes.....	6
1.4. Utilisation de blé dur.....	7
1.4.1. Semoule de blé dur.....	7
1.4.1.1. Classification.....	7
1.4.1.2. Propriétés physico-chimiques de la semoule.....	8
2. Pâtes alimentaires.....	9
2.1. Origine des pâtes alimentaires.....	9

2.2. Classification des pâtes alimentaires.....	10
2.3. Constituants de la pâte alimentaire.....	10
2.3.1. Semoule.....	10
2.3.2. L'eau.....	10
2.4. Fabrication des pâtes alimentaires.....	10
2.4.1. Pâtes alimentaires industrielles.....	10
2.4.2. Pâte alimentaires traditionnelles.....	11
2.5. Rôle des constituants de la semoule en pastification.....	11
2.5.1 Rôle des protéines.....	11
2.5.2. Rôle de l'amidon.....	11
2.5.3. Rôle des lipides.....	11
2.6. Qualité des pâtes alimentaires.....	11
2.6.1. Qualité organoleptique.....	11
2.6.2. Qualité culinaire des pâtes alimentaires.....	13
2.6.3 Qualité nutritionnelle.....	14

CHAPITRE 2 : LES LEGUMINEUSES

1. Généralités.....	15
2. Pois chiche.....	15
2.1 Origine.....	16
2.2. Classification botanique.....	16
2.3. Valeur nutritionnelle.....	17
2.4. Valeur nutritive.....	17
2.5. Place du pois chiche en Algérie.....	19
3. La fève.....	19
3.1. Origine.....	19
3.2. Classification botanique.....	20
3.3. Composition chimique de la fève.....	20

DEUXIEME PARTIE
ETUDE EXPERIMENTALE

I. Matériel et méthodes

1. Mise en place de l'expérimentation.....	20
2. <i>Matières premières de l'étude</i>	20
2.1. Semoule de blé dur.....	20
2.2. L'eau de fabrication.....	20
3.3. Légumineuses utilisées.....	20
3.4. Farine des légumineuses.....	21
4. Analyse de la matière première.....	22
4.1 Détermination du taux de cendres.....	22
4.2 Dosage de gluten.....	22
4.3. Détermination de la teneur en eau.....	23
4.4. Détermination de la couleur.....	24
4.5. Mesure de la granulométrie.....	24
5. Fabrication de la pâte alimentaire Rechta	24
5.1. Matériel utilisé dans la fabrication de Rechta.....	24
5.2 Formulation des différents types de Rechta.....	26
5.3 Diagramme de fabrication.....	27
5.3.1. Hydratation/malaxage.....	29
5.3.2. Pétrissage	29
5.3.3. Laminage	29
5.3.4. Séchage.....	29
6. Appréciation de la qualité de la pate « Rechta »	30

Conclusion.....55

Références bibliographiques.....57

Annexe

RESUME

Le but de notre travail consiste à la valorisation de pois chiche et de fève afin de les utiliser pour enrichir les pâtes alimentaires en protéines et en nutriments manquant dans les céréales, et à étudier l'effet sur la technologie de fabrication et la qualité du produit obtenue. Pour cette raison, nous avons effectué une série d'analyses pour caractériser nos échantillons.

La qualité des produits finis dépend du taux d'incorporation et de la nature du supplément : La farine, apparait intéressante sur le plan nutritionnel, est bien acceptée par le consommateur, elle peut-être incorporées dans la formulation à 15%. Elle *induit une modification des propriétés sensorielles selon les panélistes*. Globalement, le jury a considéré que les pâtes de la recette (10% de farine de pois chiche et 15% de fève) se sont les meilleurs produits après la pâte témoin.

Mots clés : farine des légumineuses, pâtes alimentaires enrichies, qualité culinaire, qualité organoleptique.

ABSTRACT

The aim of our work is to incorporate chickpeas and faba bean to enrich pasta with protein and nutrients missing from cereals and to study the effect of the incorporation of legume flour on manufacturing technology and product quality. For this reason, we achieved a series of analyzes to characterize our samples.

The quality of the finished products depends on the level of incorporation and the nature of the supplement: Flour, which appears to be of nutritional value, is well accepted by the consumer and may be incorporated into the formulation at the level of 15%. It induces a modification of the sensory properties according to the panelists. Overall, the jury considered that the pasta of the recipe (10% chickpea flour and 15% faba bean) had the best results after the control dough.

Key words: legume flour, fortified pasta, culinary quality, organoleptic quality.

ملخص

الهدف من عملنا هو دمج الحمص والبقول لإثراء العجائن الغذائية بالبروتين والمواد المغذية المفقودة في منتجات الحبوب (القمح) ودراسة تأثير إدراج طحين البقوليات على تكنولوجيا التصنيع وجودة المنتج. لهذا السبب، فإننا قمنا بسلسلة من التحاليل لتقييم جودة عيناتنا.

من خلال هذه الدراسة، يظهر أن جودة المنتجات النهائية تعتمد على مستوى دمج ونوع طحين البقوليات. إن طحين البقوليات ذو قيمة غذائية معتبرة، ويلقى قبولا من قبل المستهلك ويمكن إدراجه في العجائن بنسبة 15%. ولكنها تفضي إلى تغيير في الخواص الحسية وفقا لأعضاء لجنة التقييم. وعموما، وجدت هيئة التقييم أن الرشته ذو الوصفة (10% من دقيق الحمص أو الفول 15%) هي أفضل العجائن المصنوعة بعد رشته السميد (الشاهد).

الكلمات الدالة: طحين البقول، العجائن المدعمة، جودة الطهي، الجودة الحسية

Introduction

Introduction

Les pâtes alimentaires sont des produits de consommation courante. Elles sont largement consommées dans le monde et sont traditionnellement fabriquées à partir de la semoule de blé dur qui semble être la matière première la plus appropriée pour ce type de produit.

Dans le monde, il existe de multitudes de pâtes alimentaires comme «les pâtes alimentaires qui sont faites à la maison », on retrouve par exemple les *tagliatelles* italiennes qui sont très populaires. En Algérie, plusieurs pâtes traditionnelles existent, parmi lesquelles, on cite Trida, Rechta, Chekhechoukha...etc. Selon une enquête réalisée par **BOUKEZOULA (2003)** dans l'Est Algérien, La pâte dite *Rechta* semblable aux *tagliatelles* italiennes fait partie des pâtes traditionnelles les plus consommées par les Algériens.

Aujourd'hui, face à la forte demande mondiale en céréales consécutive à l'augmentation de la population et à la régression des productions suite au changement climatique et aux sécheresses sévères, il s'avère que de nombreux spécialistes dans la nutrition humaine s'intéressent de plus en plus à la diversification et à l'emploi combiné de produits et même de sous-produits dans les nouvelles formulations alimentaires. Ainsi, l'incorporation ou l'ajout d'ingrédients et de sous produits (germe de blé, farine de légumineuse ou de soja) dans un aliment facile à préparer et économiquement plus rentable touche aujourd'hui une grande partie de la population dont les raisons de leurs utilisations relèvent de nombreux facteurs qui sont à la fois d'ordre culinaire, économique et de santé.

L'alimentation actuelle des algériens est non pas insuffisante, mais déséquilibrée par le trop grand apport des céréales pauvres en lysine. Améliorer la valeur biologique des céréales en augmentant le contenu protéique et en changeant la composition en acides aminés est l'objectif de la supplémentation d'un produit riche en lysine tel que les légumineuses. La supplémentation des céréales par des aliments riches en lysine est donc une solution intéressante, mais le choix du supplément protéique doit être adapté aux besoins et aux habitudes alimentaires de la population.

C'est dans ce sens, que nous avons retenu les pâtes alimentaires comme support d'une alimentation enrichie en protéine. Nous envisageons la fabrication d'un type de pâte traditionnelle algérienne nommée « Rechta » supplémentées jusqu'aux taux de :

- 5 %, 10%, 15% de farine de pois-chiche
- 5%, 10%, 15% de farine de fève.

Les pâtes ont été fabriquées et testées du point de vue des aptitudes culinaires et organoleptique par rapport aux pâtes issues de la semoule de blé dur, pour l'objectif de:

- ▲ L'étude de l'effet d'addition de la farine de pois chiche et de fève à différentes doses (5%, 10%, 15%) sur la qualité culinaire et organoleptique de la pâte alimentaire «Rechta».
- ▲ L'étude de la faisabilité de la pâte avec l'incorporation de différents taux des farines de légumineuses.

Ce travail est structuré en deux parties : la première partie consiste en une synthèse bibliographique sur les produits du blé et les légumineuses (pois chiche et fève) et la deuxième partie est consacrée pour la partie expérimentale de notre travail. Elle décrit le matériel et les différentes méthodes mis en œuvre dans l'étude et les résultats obtenus et leur interprétation.

Revue bibliographique

Chapitre 1 : Le blé dur et les pâtes alimentaires

1. Blé dur

1.1. Définition

Le blé est une plante herbacée monocotylédone qui appartient au genre de *Triticum* de la famille des Gramineae. C'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscent, appelé caryopse, constitué d'une graine et de téguments (ŠRAMKOVA *et al.*, 2009). Selon APFELBAUM *et al.* (2004) et NYABYENDA (2005), on distingue deux espèces de blé : le blé tendre et le blé dur (*Triticum durum* (Desf.) qui est connu et cultivé pour son grain dur et vitreux.

1.2. Classification botanique

Tableau 1 :La classification botanique du blé dur(Feillet,2000).

Embranchement	Angiospermes
Sous embranchement	Spermaphytes
Classe	Monocotylédones
Ordre	Glumiflorales
Super ordre	Comméliniflorales
Famille	Gramineae
Tribu	Triticeae
Genre	Triticum

espèce	Triticum durum desf
--------	---------------------

1.3. Composition de blé dur

1.3.1. Protéines

On distingue deux types de protéines :

- celles de structure (albumines 9 à 13%, globulines 6 à 8%)
- celles de réserve (gluténines 40 à 50%, gliadines 30 à 40%).

Les gliadines et les gluténines forment le réseau de gluten dont le comportement affecte considérablement les propriétés rhéologiques des pâtes (**BLOKSMA ,1990**).

D'après **DACOSTA (1986)**, les propriétés fonctionnelles du gluten sont liées à la gliadine pour l'extensibilité et aux gluténines pour l'élasticité.

1.3.2.Lipides

Selon **OUNANE et al. (2006)**, les lipides représentent environ jusqu'à 3,8% de la matière sèche de la farine ou de semoule de blé. En fonction de leur solubilité dans les différents solvants, on distingue :

- Les lipides libres: Il s'agit essentiellement des lipides apolaires qui sont des lipides de réserve du grain de blé (70% des lipides totaux).

-Les lipides liés: Ils sont constitués essentiellement de lipides polaires qui sont des lipides de structure du grain de blé comprenant principalement les glycolipides et les phospholipides (environ 30% des lipides totaux).

1.3.3. Glucides

Ils constituent la majeure partie de l'albumen (**DOUMANDJI et al., 2003**). La zone interne de l'amande est particulièrement riche en glucides surtout sous leur forme polymérisés, l'amidon (**GODON, 1991**). **FREDOT (2005)** rapporte que les glucides sont répartis en deux grands groupes : assimilables et non assimilables.

❖ **L'amidon**

Le constituant dominant des céréales est toujours l'amidon. C'est l'élément de réserve de grain, un peu comparable aux graisses chez les animaux (ALAIS *et al.*, 2008). Ce glucide est l'élément qui se trouve en grande quantité dans l'albumen et peut être atteindre 82% de la matière sèche de la farine ou de la semoule (BOUDREAU, 1992).

❖ **Les fibres**

L'écorce est principalement riche en fibre, lignine, cellulose et hémicellulose, d'où l'intérêt diététique des pains issus de farine complète, du son et des pains au son (VIERLING, 1999).

❖ **Les glucides simples**

Ils sont représentés par le glucose, le fructose, le saccharose, le maltose et le raffinose (FREDOT, 2005). A la différence de l'amidon et des fibres, ces sucres sont solubles dans l'alcool.

❖ **Les pentosanes**

Les pentosanes (ou hémicellulose) sont des polysaccharides non amylacés constitutifs des parois végétales (6 à 8% du grain et 2 à 3% de la farine). On les subdivise en fonction de leur solubilité dans l'eau froide en pentosanes solubles et insolubles. Ils se composent d'environ 67% des fibres du blé formés d'unités d'anhydropentoses dont 70% sont des arabinoxylanes (1/3 insolubles et 2/3 solubles) et les 30% restants par des arabinogalactanes solubles (FEILLET, 2000).

1.3.4. Minéraux

La teneur en minéraux présente des fluctuations pour une même espèce. Elle dépend de la composition du sol, du climat et de l'utilisation ou non de fertilisants (Tableau 1). La pauvreté en calcium est aggravée par la présence d'acide phytique localisé au niveau de l'écorce qui forme avec le calcium des phytates de calcium, sels insolubles qui ne peuvent pas être absorbés (MOHTADJI-LAMBALLAIS, 1989).

La mouture est l'étape critique de fabrication qui affecte les concentrations en éléments inorganiques dans les produits à base de blé. En effet, elle réduit leurs teneurs dans la farine et la semoule (CUBADDA *et al.*, 2007).

1.3.5. Vitamines

Le blé contient uniquement des traces de provitamine A. Les caroténoïdes prédominants du blé sont la lutéine, suivie par la zéaxanthine (FICCO *et al.*, 2009). Le grain de blé est une bonne source de vitamine E (Tableau 1). La majeure partie de la vitamine E est localisée dans le germe, principalement sous forme de α -tocophérols, ou dans l'écorce, principalement sous forme de tocotrienols. Les concentrations en vitamine E dans les produits à base de céréales dépendent du taux d'extraction, des conditions de fabrication et de stockage (HAKANSSON et JÄGERSTAD, 1990). BATIFOULIER *et al.* (2006) rapportent que les teneurs en vitamines B dans le blé dur varient selon la variété, la partie géographique de culture (pour la thiamine et la riboflavine), du type de sol.

Tableau 2 :Teneurs en minéraux et en vitamines (mg/100g) du grain de blé (MOHTADJI-LAMBALLAIS ,1989 ; FEILLET, 2000)

Minéraux	Teneurs	Vitamines	Teneurs
Phosphore	250-350	Thiamine B1	0.4-0.8
Potassium	400-500	Riboflavine B2	0.1-0.2
Magnésium	120-160	Niacine PP	4-8
Calcium	35-55	Acide panthoténique	0.5-2
Chlore et sodium	Traces à 3	Pyridoxine	0.5-1
Fer	Traces à 8	Vitamine E	2-6
Zinc	Traces à 12	Acide folique	Traces à 0.055
Cuivre	Traces à 1.5	Biotine	Traces à 0.01

1.3.6. Enzymes

Les enzymes sont présentes en petites quantités. Les plus courantes sont les protéases, les lipases, les lipoxygénases et les amylases, plus phytases (phosphatases) les peroxydases et les catalases (BOUDREAU, 1992).

1.4. Utilisation de blé dur

Le blé dur est utilisé principalement pour la fabrication des semoules. Celles-ci sont utilisées dans la fabrication des pâtes alimentaires sèches et du couscous. Le blé dur correspond parfaitement à la satisfaction des attentes des consommateurs de ces produits qui recherchent deux qualités essentielles :

- ✓ la couleur
- ✓ la tenue à la cuisson.

Parmi les principales céréales, le blé dur est le seul à contenir des pigments caroténoïdes en nombre suffisant pour apporter, sans additifs, la couleur jaune la mieux appropriée à la présentation des produits finis. Il est également le seul à posséder un gluten à la fois ferme et élastique indispensable à leur tenue à la cuisson. Il a de plus une très grande valeur nutritionnelle due à leur richesse en protéines plus élevée que les autres céréales.[1]

1.4.1. Semoule de blé dur

1.4.1.1. Classification

La classification des semoules est en fonction de leur provenance au niveau du grain de blé dur et de leur granulométrie (**APFELBAUM *et al.*, 1981 ; ABECASSIS, 1991**) :

- ✚ La semoule supérieure : Elle provient de la partie centrale de l'amande de grain de blé dur et a un faible taux de matières minérales. Elle sert à fabriquer les pâtes alimentaires dites "supérieures".
- ✚ La semoule courante : Elle contient plus de parties périphériques et a un plus fort taux de matières minérales. Elle sert à la fabrication de pâtes dites "courantes".

Tableau 3 : Principaux types de semoules fabriquées en Algérie (**BENBELKACEM *et al.*, 1995**) .

Type de semoule	Granulométrie	Utilisation
Semoule extra (SE)	90% de refus au tamis N°120	Fabrication des pâtes alimentaires industrielles

Semoule moyenne (SM)	90% de refus au tamis N° 100	Fabrication de couscous, galette, biscuit, crêpes et de couscous industriel de type moyen
Semoule grosse (SG)	50% de refus au tamis N°40	Fabrication du gros couscous

1.4.1.2. Propriétés physico-chimiques de la semoule

La semoule de blé dur est un composé complexe, comportant différents constituants qui jouent un rôle direct ou indirect soit dans la structuration et l'aération de la pâte en panification, soit dans la fabrication de différentes pâtes alimentaires.

Tableau 4 : Composition biochimique en g pour 100g de matière sèche de la semoule de blé dur (SOUCI *et al.*, 1994).

constituant	Teneur (g)
Eau	13,1
Protéines	9,56 – 12,6
Amidon	68,96 – 70,4
Polysaccharides non amylicés	3,9
Lipides	0,79 – 3,8

2. Pâtes alimentaires

Les pâtes alimentaires sont le produit de la semoule de blé dur, fabriqué dans une chaîne d'opérations simples traitant un nombre limité d'ingrédients (semoule et eau) (ABECASSIS *et al.*, 1994 ; PETITOT *et al.*, 2009). La simplicité de fabrication des pâtes alimentaires, leur facilité de transport et du stockage, leur bonne qualité nutritionnelle et

hygiénique, rendent ce produit l'aliment qui est universellement consommé (FEILLET, 1986).

2.1. Origine des pâtes alimentaires

La première mention écrite faisant référence aux pâtes alimentaires est datée en 1279 où les pâtes étaient incluses parmi les éléments du testament, appelé "bariscella plena macaronis da" (corbeille pleine de macaronis). Au XVI^e siècle, les fabricants de pâtes en Italie se sont organisés dans des associations commerciales et cela s'est rapidement répandu en France et dans d'autres parties de l'Europe (RIZZA et GO, 2002). A l'origine, la production de pâtes impliquait un processus manuel de pétrissage, découpage de la pâte, et extrusion par une presse à main, suivie par un séchage au soleil. En 1800, le premier appareil mécanique est apparu en Italie, et à la fin des années 1890, les mélangeurs, malaxeurs, comprenant l'équipement hydraulique, presses et les armoires de séchage, sont devenus disponibles (WALSH et GILLES, 1977). Ce n'est qu'en 1934 que le premier système de presse continue (où la semoule et l'eau sont transformées en pâtes humides dans un système entièrement automatisé) a été développé remplaçant la méthode de préparation des pâtes par lots. Aujourd'hui toutes les presses sont de type continu (SISSONS, 2004).

2.2. Classification des pâtes alimentaires

Suivant les machines dont elles sont issues, on peut classer les pâtes alimentaires en deux catégories :

- **Les pâtes pressées**
 - Les pâtes pleines préparées par extrusion (spaghetti, vermicelle, pâte à potage, étoile).
 - Les produits creux préparés par extrusion (macaronis, coquilles).

- **Les pâtes laminées** : les nouilles longues, papillon.[2]^a

2.3. Constituants de la pâte alimentaire

2.3.1. Semoule

La semoule de blé dur est le substrat principal pour la fabrication des pâtes alimentaires en raison de sa teneur en gluten qui confère aux pâtes (couscous, pâtes

alimentaires,...) leurs propriétés (**SISSONS, 2008; PETITOT, 2009**). L'Amidon (74 – 76 %) et les protéines (12 – 15 %) sont des constituants majeurs de la semoule de blé dur (**TURNBULL, 2001**)

2.3.2. L'eau

Selon de nombreuses observations faites par les industriels, il ressort que la qualité de l'eau utilisée au cours de malaxage peut exercer une influence non négligeable sur l'aspect et le comportement des produits finis au cours de la cuisson. Elle peut être froide, tiède ou chaude, mais l'eau tiède est préférable. Avec l'eau tiède les produits sèchent mieux avec une coloration jaune régulière. Des eaux de faible dureté hydrotimétrique sont généralement recommandées (**FEILLET, 2000**).

2.4. Fabrication des pâtes alimentaires

En Algérie, nous pouvons distinguer deux types de pâtes alimentaires en fonction de leur mode de fabrication :

2.4.1. Pâtes alimentaires industrielles

Les pâtes alimentaires peuvent être décrites comme des produits prêts à l'emploi culinaire, préparées par pétrissage sans fermentation de semoule de blé dur additionnée d'eau potable et éventuellement d'œufs (140 à 350g d'œufs frais par kg de semoule) et parfois d'agents colorants, et soumis à des traitements physiques appropriés. L'ajout de gluten, de légumes et des aromates est également autorisé (**FEILLET, 2000**).

Le procédé de fabrication est continu et réalisé à l'aide de l'automatisation. Il donne lieu à une productivité haute (2-5 tonnes/h). Il comporte trois étapes fondamentales :

- Hydratation/ malaxage de la semoule.
- Formage ou façonnage (pâtes tréfilées ou pâtes laminées).
- Séchage.
- Conditionnement (**FEILLET, 2000 ; PETITOT et al., 2010**).

2.4.2. Pâte alimentaires traditionnelles

Les pâtes traditionnelles algériennes sont des pâtes propres à la culture algérienne. Il existe une multitude de pâtes traditionnelles. Les ingrédients de base sont la semoule de blé dur et l'eau (**ABBAZ et ABDELAZIZ, 1998**).

Les pâtes traditionnelles peuvent être divisées selon leur mode de fabrication en :

- Pâtes laminées.
- Pâtes roulées.

Le processus de fabrication des pâtes traditionnelles repose sur le mélange de la semoule, du sel et de l'eau, pour obtenir une pâte grossière qui subira un pétrissage donnant à la fin une pâte molle, lisse et non collante. Dans certains cas il y'a addition de jaune d'œuf afin d'améliorer la coloration et la qualité nutritionnelle de la pâte. La pâte ainsi formée doit subir un laminage.

Il existe un grand nombre de pâtes laminés, on peut citer :

- Trida : lanières superposées et découpées en petits carrées et cuites à la vapeur.
- Chekhchoukha : feuilles très fines cuites au tajjine puis découpées en morceaux et servies avec une sauce. Les mêmes pâtes servies avec du miel prennent le nom de rfis dans l'ouest du pays.
- Rechta : lanières minces et étroites (environ 0,5 cm de largeur) proches des linguinis italiennes.[2] ^b

2.5. Rôle des constituants de la semoule en pastification

2.5.1 Rôle des protéines

Les gliadines et les gluténines forment le réseau du gluten dont le comportement affecte considérablement les propriétés rhéologiques des pâtes (**BLOKSMA, 1990**). Très extensibles quand elles sont hydratées, les gliadines (qui posséderaient des propriétés plastifiantes) confèrent à la pâte son extensibilité, sa viscosité et sa plasticité. La ténacité et l'élasticité de la pâte s'expliquent par les propriétés très particulières des gluténines pour maintenir les granules d'amidon gélatinisées au cours de la cuisson (**WRIGLEY et al., 2006**).

2.5.2. Rôle de l'amidon

L'amidon est un fixateur d'eau. On admet qu'il absorbe environ 45 % de l'eau ajoutée à la semoule. L'amidon contribue de manière active à la formation de la pâte par son pouvoir fixateur d'eau, variable selon le degré d'endommagement des granules et sa capacité à former des liaisons non covalentes avec les protéines (**FEILLET, 2000**). L'amylose exsudé à partir des granules d'amidon au cours de la cuisson serait responsable de la viscosité des pâtes (**GRANT *et al.*, 1993**). Egalement, la teneur en amylose influence les propriétés d'élasticité et extensibilité de la pâte qui traduit les modifications et le comportement à la cuisson. L'extensibilité et d'élasticité de la pâte seraient inversement proportionnel avec le niveau d'amylose (**HUNG *et al.*, 2005**).

2.5.3. Rôle des lipides

Bien que leur teneur dans les semoules ne dépasse 3%, les lipides jouent un rôle important en pastification, moins à ceux qui ne sont pas liées à l'amidon. Ils constituent un facteur déterminant de la couleur de la pâte. Elle est établit au cours de la période de fabrication des pâtes en raison de l'oxydation des pigments jaunes sous l'action des lipoxygénases principalement au cours de l'hydratation, malaxage, extrusion et pendant l'étape de séchage (**SISSONS, 2008**).

2.6. Qualité des pâtes alimentaires

2.6.1. Qualité organoleptique

Il existe plusieurs paramètres qui définissent la qualité organoleptique d'une pâte alimentaire :

- **Aspect des pâtes alimentaires**

- Gerçures : fêlures de la pâte dues à un mauvais réglage des séchoirs.
- Piqûres : elles peuvent être :

- Blanches qui proviennent d'une hydratation insuffisante au cours du pétrissage.

- Brunes témoignant d'une purification insuffisante des semoules au cours de la mouture.

-Noires pouvant provenir de la présence de grains mouchetés ou de grains étrangers fortement colorés.

- **Texture superficielle des pâtes**

Elle peut être lisse ou rugueuse selon le type de moule utilisé. Le moule en téflon donne une superficie lisse et brillante. Les moules en bronze donnent une superficie rugueuse et hétérogène.

▪ **Coloration**

La couleur de la pâte est considérée comme l'ensemble d'une composante jaune que l'on souhaite élever et d'une composante grise ou brune qui doit être faible. Cette coloration est sous la dépendance de la teneur en pigments jaunes et en lipoxygénases détruisant ces pigments. [2]^c

2.6.2. Qualité culinaire des pâtes alimentaires

La qualité culinaire des semoules serait leur aptitude à être transformées en pâtes alimentaires qui soient fermes, non délitées et non collantes après cuisson même si celle-ci a été trop prolongée.

▪ **Cuisson des pâtes alimentaires**

Une bonne qualité de cuisson est l'exigence la plus importante pour les pâtes alimentaires. L'arôme, le goût et parfois l'uniformité de forme et de couleur des pâtes non cuites sont également importants pour le consommateur. La qualité de cuisson des pâtes est généralement vue comme la capacité du produit à maintenir sa forme une fois cuit dans l'eau bouillante et de garder une bonne texture après cuisson sans devenir une masse épaisse et collante. **SISSONS (2004)** a défini les paramètres impliqués dans l'évaluation de la qualité de cuisson des pâtes comme suit :

- L'adhésivité : ou degré de désintégration de la surface des pâtes cuites.
- La fermeté : ou résistance des pâtes cuites lorsqu'elles sont cisailées entre les dents.
- Le caractère collant : ou degré d'adhésion des franges de pâtes après cuisson.

La qualité de cuisson dépend essentiellement du type de matières premières utilisées et de leurs caractéristiques intrinsèques. Toutefois, elle peut être affectée par les conditions de fabrication (**CUBADDA et CARCEA, 2003**).

MIGLIORI et al. (2005) expliquent que dans les pâtes à base de semoule de blé dur, la gélatinisation de l'amidon et la coagulation des protéines sont les principaux changements qui

se produisent dans la structure des pâtes pendant la cuisson. Dans les inter-espaces entre les granules, l'interaction et la coagulation des protéines mènent à la formation d'un réseau fort et continu, qui emprisonne l'amidon, tandis que ce dernier, par humidification et gélatinisation, occupe ces inter-espaces. Les transformations structurales de l'amidon et des protéines se produisent dans les mêmes marges de température et d'humidité. Les deux transformations sont compétitives (compétition pour l'eau) et antagonistes (l'humidification des granules d'amidon est opposée à la formation du réseau protéique). Plus rapidement l'amidon s'humidifie, plus lent sera le taux d'interaction des protéines et plus faible sera le réseau protéique (PETITOT *et al.*, 2009).

A des températures supérieures à 70°C, la solubilité des protéines chute drastiquement : à 90°C, seules 50% des protéines sont solubles dans l'acide acétique et près de 25% sont solubles dans le SDS (PETITOT *et al.*, 2009 ; SUDHA et LEELAVATHI, 2012). BORELLI *et al.* (1999) ont observé que la couleur jaune brillante des produits pâteux, en plus du comportement à la cuisson et le goût, est l'un des critères les plus importants dans l'évaluation de la qualité du blé *Triticum durum* des pâtes (FUAD et PRABHASANKAR, 2010).

2.6.3 Qualité nutritionnelle

Les pâtes alimentaires sont considérées comme un aliment énergétique : une ration de 60 à 70 g de pâtes crues satisfait près de 10% des besoins journaliers en calories. L'apport calorique est loin d'être négligeable puisque 100 g de pâtes contiennent 10 à 12 g de protéines, 12 à 14 g dans le cas des pâtes aux œufs. L'apport en matières minérales est relativement bas.[2]^d

Chapitre 2 : Les légumineuses

1. Généralités

La grande famille de *Fabaceae* (de faba, la fève), appelée gousse ou légume, d'où l'autre dénomination de légumineuses sous laquelle cette famille est plus connue, elles constituent une des plus grandes familles des plantes à fleurs, avec plus de 730 genres et 19 400 espèces.

Les légumineuses sont classées au deuxième rang mondial derrière les céréales (**MORALE, 2011**).

Les plantes de la famille de *Fabaceae* possèdent plusieurs caractères morphologiques en commun. Néanmoins, on observe aussi dans cette famille de très nombreux types floraux, dues à plusieurs tendances évolutives, plus ou moins synchrones, et en particulier, une réduction du nombre des étamines et la création d'une fleur zygomorphe. Les feuilles des plantes de cette famille présentent une évolution morphologique. (**WOJCIECHOWSKI in MORAL, 2011**).

Sur la base de leurs caractéristiques florales, les botanistes s'entendent à regrouper ces espèces en trois sous-familles (**DOYLE, 1994 ; Dommergues et al., 1999**)

- La sous-famille des *Mimosoideae*.
- La sous-famille des *Caesalpinoideae*.
- La sous-famille *Papilionoideae* : Parmi les tribus de cette catégorie on citera la tribu des Phaseoleae à laquelle appartiennent de nombreuses espèces importantes utilisées pour l'alimentation humaine directe (soja, haricot, pois chiche...etc.).

2. Pois chiche

Le pois chiche (*Cicer arietinum L.*) est une plante de la famille des Fabacées (ou légumineuses), voisine du petit pois mais d'un genre botanique différent.

Son nom latin d'espèce *arietinum* fait référence à la forme de la graine en tête de bélier(aries) flanquée de ses cornes. C'est un pois de taille moyenne, rond et terminé en pointe.

Il est très parfumé et conserve sa forme à la cuisson (environ 1 heure) (ENCARTA, 2005).

2.1 Origine

Le pois chiche est probablement originaire du Proche-Orient (Sud-Est de la Turquie, Syrie) où trois espèces annuelles sauvages de pois chiches existent encore dans cette région. On dit souvent que le pois chiche a conquis l'Europe durant le Moyen Âge après que les croisés l'eurent redécouvert au Proche-Orient, mais sa culture et sa consommation sont en réalité attestées bien avant, au moins dès le IXe siècle, par des sources écrites et archéologiques. Le pois chiche est arrivé en Inde il y a seulement deux siècles en passant d'abord par l'Afghanistan (KECHACHE, 2005).

2.2. Classification botanique

La classification botanique du pois chiche est exprimée dans le tableau 5.

Tableau 5 : Classification botanique du pois chiche (USDA, 2008)

Règne	<i>Plantae</i>
Sous règne	<i>Tracheobionta</i> (plante vasculaire)
Embranchement	<i>Spermatophyta</i> (plante à graine)
Sous embranchement	<i>Magnoliophyta</i> (angiospermes, phanérogames ou plantes à fleurs)
Classe	<i>Magnoliopsida</i> (ou dicotylédones)

Sous classe	<i>Rosidae</i>
Ordre	<i>Fabales</i>
Famille	Légumineuses
Genre	<i>Cicer</i>
Espèce	<i>Cicer arietinum L</i>
Nom commun	Pois chiche

2.3. Valeur nutritionnelle

Le pois chiche, au même titre que la fève et les haricots, est une graine protéagineuse cultivée pour sa richesse en protéine. Il fait partie du nombre très réduit d'aliments qui apportent à la fois des protéines et un grand nombre de sels minéraux (calcium, fer, potassium et phosphore) jouant un rôle important dans l'alimentation.

- Il renferme entre 20% et 25% de protéines. A titre de comparaison, la teneur en protéines de la viande est de 16 à 25% et celle du poisson de 14 à 20% (**Anonyme b, 2004**).
- Leur teneur élevée en protéine est le principal atout des légumineuses. A cet égard, les pois chiches s'en tirent moins bien que le soja, chez qui la proportion de protéines atteint 39% des calories. Les pois chiches n'atteignent que 23%, mais cela reste le double de ce que peuvent offrir les céréales, et plus que ce que l'on trouve dans la viande.
- En ce qui concerne l'acide aminé essentiel, la méthionine, la prétendue « valeur biologique » de la protéine alimentaires activent la digestion, et la lécithine, un élément important du métabolisme contenu dans toutes les légumineuses, diminue le taux de graisse dans le sang et fortifie les nerfs. Différentes vitamines essentielles, comme celles du groupe B en particulier l'acide folique et des sels minéraux comme le fer, le potassium, le calcium, le magnésium et le phosphore, de même que divers oligo-élément.

Les rumeurs persistantes selon lesquelles les légumineuses feraient grossir, sont comme dans le cas des pommes de terre fausses. Si l'on excepte le soja, la part de graisse contenu

dans ce type d'aliments est minime. Dans le cas de pois chiche elle se monte à 4%. Le fait qu'il s'agisse d'acides insaturés et qu'il ne s'y dissimule pas de cholestérol, et plus encore, le fait que le pois chiche contiennent des saponines qui influence positivement le taux de cholestérol, tout cela parle en faveur de cette légumineuse. Elle présente un intérêt particulier pour les diabétiques, car elle fait grimper moins vite le taux de sucre sanguin que les autres aliments riches en glucides (**BAUMGARTNER, 1998**).

2.4. Valeur nutritive

Selon BAUMGARTNER (1998), 100 g du pois chiche peut offrir 275 kcals (Tableau 6)

Tableau 6 : Composition du pois chiche pour 100 g (**BAUMGARTNER, 1998**)

Energie (kcal)	275
Eau (g)	10,4
Protéines (g)	20,0
Graisse (g)	4,4
Glucides (g)	48
Fibres alimentaires (g)	15
Sodium (mg)	30
Potassium (mg)	700

Calcium (mg)	140
Phosphore (mg)	350
Magnésium (mg)	130
Fer (mg)	7
Vitamine A (µg)	30
Vitamine B1 (mg)	0,50
Vitamine B2 (mg)	0,17
Niacine (mg)	1,5
Vitamine B6 (mg)	0,54
Vitamine B9 [acide folique] (µg)	180
Vitamine C (mg)	4

2.5. Place du pois chiche en Algérie

Le pois chiche (*Cicer arietinum L*) est, en Algérie, la seconde légumineuse alimentaire produite après les fèves. Sa culture a connu, durant la décennie 1980-90 une certaine évolution progressive sur le plan superficies et de la consommation et une évolution régressive de productivité. Les causes de la faiblesse de la productivité du pois chiche en Algérie sont souvent d'ordre agro techniques liées aux conditions de semis (période, mode de semis, qualité de la semence) et à l'infestation par les adventices (**HAMADACHE et AIT ABDALLAH., 1998**).

3. La fève

La fève (*Vicia faba L.*) est une plante herbacée annuelle présentant une tige simple, dressé, creuse et de section quadrangulaire, pouvant se dresser à plus d'un mètre de hauteur. D'une espèce diploïde (2n=12 chromosomes). Elle est très appréciée en tant que bon précédent cultural pour la céréaliculture, notamment, via les restes d'azote laissés ou à travers l'amélioration de la structure du sol (**Rochester et al., 2001**).

Elle présente un cycle phénologique, à trois phases qui sont :

- une phase de germination
- une phase de développement végétatif
- une phase de reproduction.

3.1. Origine

Selon **MATHON (1985)**, la fève *V. faba L.* est une plante cultivée par l'homme depuis le Néolithique (7000 ans avant J.C), elle est originaire des régions méditerranéennes du Moyen-Orient. À partir de son centre d'origine, la fève s'est propagée vers l'Europe, le long du Nil, jusqu'en Ethiopie et de la Mésopotamie vers l'Inde. L'Afghanistan et l'Ethiopie deviennent par la suite, les centres secondaires de dispersion (**CUBERO, 1974**).

3.2. Classification botanique

La classification botanique de la fève est exprimée dans le tableau 7.

Tableau 7 : Classification botanique de la fève (DAJOZ, 2000).

Embranchement	Spermaphytes
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous-classe	Dialypétales
Série	Caliciflores
Ordre	<i>Rosales</i>

Famille	<i>Fabacées</i> (Légumineuses)
Sous-famille	<i>Papilionacées</i>
Genre	<i>Vicia</i>
Espèce	<i>Vicia faba L.</i>

D'après **KOLEV (1976)**, selon la taille des graines, cette espèce est subdivisée en trois sous espèces :

- *Vicia faba minor beck* à petites graines appelée couramment féverole.
- *Vicia faba equina pers* à graines moyennes.
- *Vicia faba equina major hartz* à grosses graines.

3.3. Composition chimique de la fève

La valeur nutritive de fève a été traditionnellement attribuée à un contenu à haute valeur protéique, qui varie de 25 à 35% malgré le déséquilibre en acides aminés de soufre. La plupart de ces protéines sont les globulines (60%), les albumines (20%), la glutiline (15%) et les prolamines. C'est aussi une bonne source de sucre, minéraux et vitamines. Ainsi, l'analyse chimique de cette légumineuse révèle un taux de 50 à 60% de teneur en hydrate de carbone (**LARRALDE et MARTINEZ, 1991**).

Tableau 8 : Composition nutritionnelle de la fève pour 100 g.[3]

	Eau en g	Protéines en g	Glucides en g	Lipides en g	Minéraux en mg	vitamines	Acides aminés essentiels en mg	Principaux acides gras en mg
Composition des graines de fèves par 100 g de partie comestible	11.5	26.1	58.3	1.5	Ca 103 Mg 192 P 421 Fe 6,7 Zn 3,1	A, B Thiamine, Riboflavine Niacine, Folates, Acide ascorbique	Tryptophane 247 Lysine 1671 Méthionine 213 Phénylalanine 1103 Thréonine	acide linoléique 581 acide oléique 297 acide palmitique 204

				3,1	Folates, Acide ascorbique	213 Phénylalanine 1103 Thréonine 928 Valine 1161 Leucine 1964 Isoleucine 1053	297 acide palmitique 204
--	--	--	--	-----	---------------------------------	---	--------------------------------

Matériels et méthodes

I. Matériel et méthodes

1. Mise en place de l'expérimentation

La première partie du travail a été réalisée au laboratoire de contrôle de qualité des moulins Amor Benamor qui se situe à El Fedjoudj (Guelma au Nord-Est Algérien).

Deux séries de paramètres ont été estimés :

- Paramètres relatifs aux caractéristiques de la semoule de blé dur : humidité de la semoule, taux de cendres, coloration de la semoule, indice de gluten et granulométrie.
- Paramètres relatifs aux caractéristiques de la pâte traditionnelle « Rechta » (ordinaire et enrichie) : humidité de la pâte après séchage, taux de cendre, cuisson Al dente, granulométrie, plus d'autres analyses sensorielles.

La deuxième partie du travail a été réalisée au laboratoire de l'université 8mai 1945 pour la réalisation de l'analyse sensorielle de sept échantillons différents de la pâte fabriquée.

2. Matières premières de l'étude

2.1. Semoule de blé dur

La semoule de blé dur (*Triticum durum*) est considérée dans ce travail comme le témoin auquel sont comparées les autres matières premières. Il s'agit de matière première classiquement utilisée pour la fabrication des pâtes type *Rechta*.

L'essai de fabrication est effectué sur un échantillon de semoule supérieure extra fine. Elle est produite par Sarl Les Moulins ABA El Fedjoudj-Guelma-Algérie. Cette semoule est fabriquée et conditionnée le 22 mars 2017 dans des sacs en fibres synthétiques de 10 kg et conservée à température ambiante dans un endroit sec. L'ensemble des essais relatifs aux pâtes ont été réalisés avec le même lot de semoule.

2.2. L'eau de fabrication

L'eau utilisée pour la fabrication des pâtes alimentaires est une eau de robinet potable.

3.3. Légumineuses utilisées

Les légumes secs utilisés sont de production algérienne, achetés directement du marché de la ville de Guelma.

- ✚ **Le pois chiche** (*Cicer arietinu*) utilisé est acheté emballé dans des sacs de 1kg, de marque SOS.
- ✚ **La fève** (*Vicia faba L.*) est achetée décortiquée, dégermée, ensachée dans des sacs de 25 kg, en vrac.



Figure 1 : Échantillons de pois chiche et de la fève avant le prétraitement.

3.4. Farines des légumineuses

Les grains de pois chiche et de la fève sont soumis à un traitement thermique (légèrement torréfiés) dans un plateau en inox sur un réchaud à gaz pendant 5 minutes. Cette opération se fait pour faciliter le concassage des grains par le mortier-pilon (en bois). Les échantillons ont été moulus dans un moulin à café de marque SAYONA, Model : CG-177-S

Ensuite, les grains sont broyés par « Le Laboratory Mill 3100 » qui est un broyeur à marteaux monté dans un caisson insonorisé. Une vanne d'entrée d'air régularise l'alimentation en grain de la chambre de broyage. Des marteaux en acier dur tournant à grande vitesse réduisent les particules en une mouture fine qui passe à travers une grille. La grille standard, dont les trous ont un diamètre 0,8 mm. La mouture fine et homogène est séparée de l'air dans un cyclone et est recueillie dans un bol amovible en acier inox. Le principe du cyclone, rend le broyeur pratiquement autonettoyant et augmente la cadence analytique.

Le broyage a pour but d'obtenir des particules fines permettant le mélange avec la semoule. Une fois broyées, les différentes farines obtenues ont été conservées dans des pots en verre à température ambiante et à l'abri de la lumière.

4. Analyse de la matière première

4.1 Détermination du taux de cendres

Les cendres sont les résidus de l'incinération de 5 g du produit à analyser dans un four à moufle à 900°C pendant 2 heures, jusqu'à ce que l'obtention du résidu incombustible à aspect blanc, selon la norme de références **ISO 2171**. Il permet de classer les semoules pour la fabrication des pâtes alimentaires.

La teneur en cendre est exprimée en % :

$$TC = MTQ \times 100 / 100 - H$$

$$MTQ = [(PF - PI) \times 5] / 100$$

Avec :

- **MTQ** : masse totale de charge (%).
- **PI** : poids initial de la coupelle vide (g).
- **PF** : poids final de la coupelle contenant les résidus après incinération (g).
- **H** : Teneur en eau de l'échantillon (%).

4.2 Dosage de gluten

Le gluten est le composant fonctionnel des protéines. Ses propriétés déterminent les caractéristiques de la pâte et influencent la qualité du produit final. Le gluten est obtenu par une lixiviation, afin de se débarrasser de l'amidon. La totalité du gluten obtenu est le gluten humide. Le gluten sec est obtenu après élimination de l'eau à l'aide du « glutork »

❖ Appréciation de la quantité de gluten

Les protéines qui composent le gluten ne sont pas solubles dans l'eau salée. Pour obtenir le gluten ; il suffit de pétrir et de rincer 10,0 g ± 0,01 g de semoule avec de l'eau salée et de peser la quantité de gluten humide obtenu.

Cette mesure se fait à l'aide du système Glutomatic 2200.

❖ **Appréciation de la qualité du gluten**

La mesure de caractéristiques viscoélastiques du gluten est effectuée par centrifugation à travers une grille perforée et la mesure du pourcentage restant sur tamis à la fin de l'opération. Cette quantité est en fonction des caractéristiques du gluten (ITCF, 2001). Plus le gluten est tenace et élastique plus la quantité de gluten passant à travers du tamis lors de la centrifugation est faible et plus le gluten est élevé. Ces deux opérations sont réalisées automatiquement et de façon répétable avec l'appareil Glutomatic (ITCF ; 2001).

Selon SAKR (2007), les résultats sont exprimés comme suit :

$$GI = [(GH - GP) \times 100] / \text{Masse pâte humide}$$

$$GH = \text{Moyenne de la masse des 2 pâtons humides} \times 100 / 10$$

$$GS = \text{Moyenne des masses pâtons secs} \times 100 / 10$$

Avec :

- **GI** : gluten index (%).
- **GH** : gluten humide (%).
- **GP** : gluten passant (%).
- **GS** : gluten sec (%).

4.3. Détermination de la teneur en eau

Les méthodes thermogravimétriques sont des méthodes de séchage-pesage, où les échantillons sont séchés jusqu'à ce qu'ils atteignent un poids stable. La perte de masse est interprétée comme humidité libérée. La mesure de la teneur en eau est réalisée sur une quantité de 3 g du produit dispersée dans le porte échantillon d'un humidimètre réglé à une température de 130°C. Le résultat est affiché directement sur l'écran de l'appareil.

4.4. Détermination de la couleur

La colorimétrie détermine la couleur d'un échantillon qui est rapportée en termes de valeurs en 3 dimensions. Elle est évaluée en fonction de ses coordonnées trichromatiques :

Sa clarté ou luminance (L^*), de la chromaticité brun (a^*) et de la chromaticité jaune (b^*).

La mesure est faite avec un chroma mètre de type KONICA MINOLTA CR-410 qui fournit 3 paramètres :

- **l'indice de clarté** ou L^* : cet indice varie de 0 (noir parfait) à 100 (blanc parfait).
- **l'indice de brun** ou a^* : la valeur 0 correspond à une couleur neutre.
- **l'indice de jaune** ou b^* : la valeur 0 correspond à une couleur neutre. Plus l'indice est élevé en valeur absolue, plus la couleur est intense.

4.5. Mesure de la granulométrie

La granulométrie c'est l'étude qui permet de déterminer et d'observer les différents diamètres des grains qui constituent un granulat. Le tamisage est la méthode la plus fréquente, la plus simple et la moins onéreuse et qui répond à la norme **AFNOR NF 03-721**. Les échantillons de matières premières sont déposés au sommet d'une tamiseuse de laboratoire de marque ROTACHOCCHOPIN. Un échantillon de 100 g de semoule est déposé et réparti d'une manière uniforme au sommet d'un empilement de six tamis d'ouverture de mailles décroissante (600 μ m, 500 μ m, 450 μ m, 355 μ m, 200 μ m et 150 μ m.)

Cette tamiseuse est animée par un mouvement vibratoire automatique circulaire excentré, dont l'amplitude de rotation et le temps de tamisage (7 minutes) sont réglables. Les particules dont les dimensions inférieures aux dimensions d'ouvertures traversent facilement le tamis (le passant), alors que celles les plus grosses sont retenues (le refus). Les refus et les passants de chaque tamis sont ensuite pesés avec une balance analytique (0,1g).

5. Fabrication de la pâte alimentaire « Rechta »

5.1. Matériel utilisé dans la fabrication de Rechta

- **Guessâa** : c'est un récipient en bois d'un diamètre de près de 50 cm, et d'une profondeur de 9 cm. Elle est utilisée couramment pour le pétrissage des pâtes boulangères ou traditionnelles. Dans le cas de notre essai, la guessâa a été utilisée au cours de la phase d'hydratation au début de malaxage.

- **Pétrin SANTOS** : Un mélangeur à axe incliné équipé d'un moteur asynchrone, robuste et silencieux. Sa fourche hélicoïdale est conçue pour un pétrissage puissant et efficace.
- **Rouleau à pâtisserie** : utilisé pour faciliter le laminage.
- **Couteau** : il est utilisé pour la découpe des pâtes pendant le laminage et pour la découpe des pâtes à la sortie.
- **Chronomètre** : il est utilisé pour la détermination du temps de pétrissage, de cuisson.
- **Machine à pâte** : C'est un laminoir ménager de marque équipé par trois couples de cylindres, le premier lisse et réglable à 9 écartements, les deux autres couples sont striés et coupants (section découpage gros pour *Rechta*).
- **Pesés de matières** : Les matières premières (semoule, farine des légumineuses : pois chiche et fève) ont été pesées au niveau du laboratoire « Moulin ABA » sur une balance de précision PRECISA à pot magnétique, d'une portée maximale de 4200 g avec une précision d'affichage 0.01g.

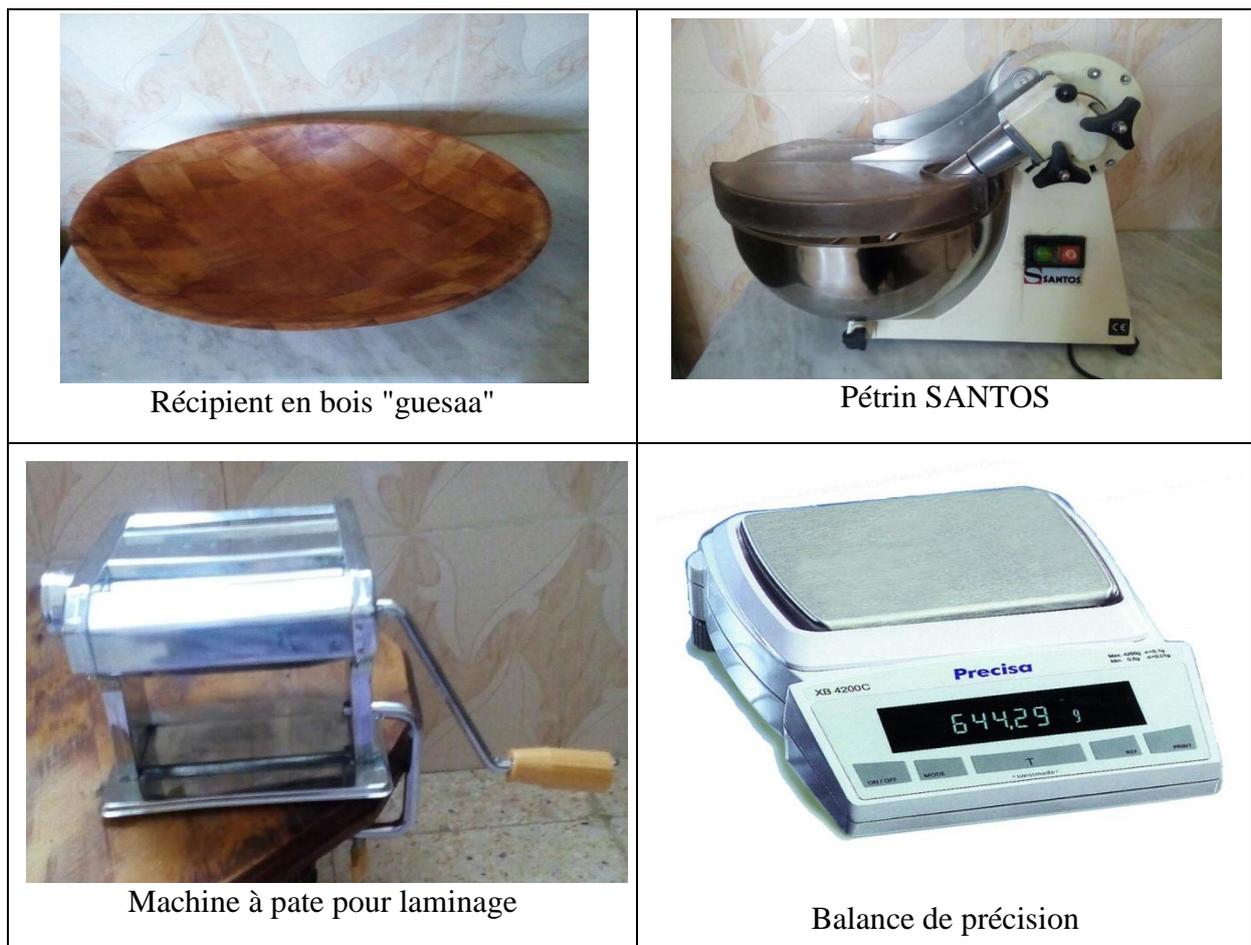


Figure 2 : Principaux ustensiles utilisés pour la Fabrication de la pâte « Rechta »

5.2. Formulation des différents types de Rechta

La fabrication des pâtes alimentaires est un ensemble d'opérations assurant la transformation de la semoule en pâte. Traditionnellement, la pâte de type « Rechta » est produite en petite quantité dans la maison. Trois essais ont fait l'objet de notre étude dont deux types de pâtes alimentaires de genre « Rechta traditionnelle » sont fabriquées :

- Une pâte témoin (non enrichie, uniquement à base de la semoule).
- Une deuxième pâte enrichie en farine de légumineuses à différentes concentrations 5 %, 10 % et 15 % (Tableau 9).

Les différentes préparations de pâte contenaient les ingrédients et leurs quantités illustrées dans le tableau suivant. Sept échantillons ont été fabriqués. Les formules différaient par le rapport farine/semoule et par la teneur en eau.

Tableau 9 : Formulation des pâtes alimentaires fabriquées type « Rechta ».

Rechta non enrichie	Rechta enrichie					
	Farine de pois chiche			Farine de fève		
Témoin	Recette					
0%	5%	10%	15%	5%	10%	15%
	50g	100g	150g	50g	100g	150g
Quantité de la semoule						
1kg	950g	900g	850g	950g	900g	850g
Quantité d'eau						
250 ml	230ml	150 ml	180 ml	220 ml	175 ml	200 ml

5.3. Diagramme de fabrication

Le procédé artisanal de la fabrication de la pâte « Rechta » est présenté à la figure ci-dessous.

Ce procès de fabrication se divise en quatre grandes étapes : Hydratation et malaxage de la semoule, mise en forme (par laminage), séchage et cuisson. Par ailleurs, le temps optimal de mixage a été évalué de façon qualitative (toucher et vision) ainsi la durée de repos et la quantité d'eau additionnée ont été déterminés à partir d'essais préliminaires (la quantité d'eau varie selon les proportions et le type de pâte).

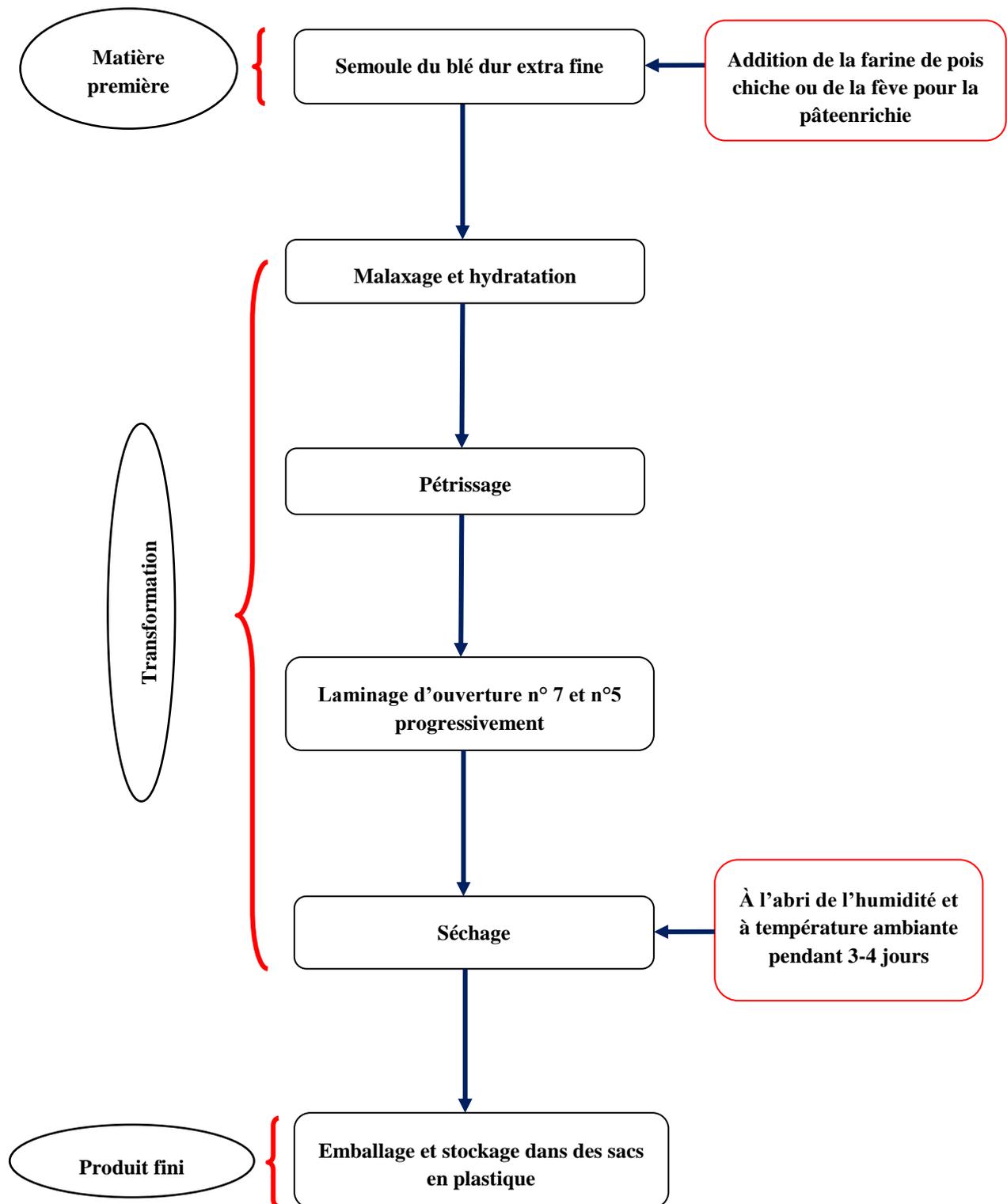


Figure3 : Processus de fabrication de la pâte alimentaire « Rechta » enrichie en mode artisanal.

5.3.1. Hydratation/malaxage

+ Pâte témoin

Dans un récipient, on mélange 1kg de semoule supérieure extra fine avec 250ml d'eau de robinet légèrement froide pour éviter l'agglomération de la semoule. Le mélange est ensuite mis en repos sous plastique afin d'éviter son séchage pendant 50min environ, ce temps est nécessaire pour une bonne hydratation de la semoule.

+ Pâte enrichie

Une quantité de farine de légumineuses (pois chiche ou fève) est incorporée avec une quantité de semoule qui la convient (Tableau 9), puis mélangé manuellement jusqu'à l'homogénéisation du mélange, puis hydraté avec une quantité d'eau convenable jusqu'à l'obtention d'une pâte homogène, lisse et compacte. La pâte est ensuite mise en repos.

5.3.2. Pétrissage

Après le repos, le pétrissage manuel pendant 5min donne une pâte homogène, lisse et souple. Le mélange est entassé dans le pétrin SANTOS pour un deuxième pétrissage pour une durée de 8 min. Après un repos de 50min, on découpe cette pâte en petites boulettes qui ont été étalées à l'aide d'un rouleau à pâtisserie.

5.3.3. Laminage

Le laminage des boulettes de pâte en feuilles minces est effectué à l'aide d'une machine à pâte, on applique deux passages sur deux laminoirs différents (progressivement par l'écartement 7 et 5). Les pâtes sont ainsi disposées pour un pré-séchage à l'air ambiant sur un plan de travail et recouvertes par un tissu propre spécialisé pour les pâtes. Les feuilles laminées sont ensuite découpées avec un emporte-pièce attaché au laminoir consacré à la fabrication des pâtes traditionnelles de type « Rechta ».

5.3.4. Séchage

Les pâtes obtenues sont séchées, sur des draps propres à une température ambiante dans une chambre bien aérée, jusqu'à l'obtention d'un produit cassant entre les doigts.

Les échantillons sont ensuite stockés dans des récipients en plastique à l'abri de l'humidité et à température ambiante.

- ❖ Le pétrissage, le laminage et le séchage s'est effectuée de la même façon pour les deux types de Rechta (enrichie et ordinaire).



Figure 4 : Mise en forme et séchage de la pâte Rechta

6.Appréciation de la qualité de la pâte « Rechta »

Les propriétés qui définissent la qualité des pâtes alimentaires sont déterminées à travers, leur comportement durant et après la cuisson (Gonflement et pertes de matières), leur valeur nutritionnelle et leur qualité sensorielle (**FEILLET, 2000 ; ABECASSIS, 2011 ; NASEHI *et al.*, 2011**).

6.1. Qualité culinaire

La qualité culinaire des pâtes fabriquées dans notre étude a été appréciée par la détermination du Temps Optimum de Cuisson (TOC), de l'épaisseur, du gonflement des pâtes, de la consistance et de leurs pertes au cours de la cuisson (Degré de Délitescence).

L'appréciation des propriétés culinaires a été effectuée sur les six pâtes enrichies et sur la pâte témoin au blé dur.

Les différents paramètres culinaires sont déterminés trois fois pour chaque type de Rechta

6.1.1. Temps optimal de cuisson(TOC)

Un échantillon de pâte est plongé dans l'eau distillée préalablement chauffée jusqu'à ébullition sans addition du sel et sans stopper l'ébullition. Toutes les 15s, un brin de Rechtaest prélevé puis immédiatement écrasé entre deux plaques de verre. Le temps optimal de cuisson correspond au temps nécessaire pour la disparition de la partie blanche centrale (D'EGIDIO *et al.*, 1990 ; MARTI *et al.*, 2013) .

6.1.2 Indice de Gonflement (IG)

Le gonflement est défini comme étant le gain de poids des pâtes pendant la cuisson et indique la quantité d'eau absorbée. Ceci est donc un indice sur la capacité de l'absorption d'eau de la pâte alimentaire (D'EGIDIO. *et al.*, 1990 ; MARTI *et al.*, 2013).

Un échantillon de 10 g de Rechtaest cuit dans 100 ml d'eau distillé préalablement chauffée jusqu'à ébullition au temps optimal de cuisson. Les pâtes cuites sont égouttées puis pesées.

L'Indice de Gonflement (IG) est calculé en utilisant l'équation suivante :

$$\text{IG (g pour 100g de pate sèche)} = \frac{(\text{poids de la pâte cuite} - \text{poids de la pâte non cuite}) \times 100}{\text{Poids de la pâte non cuite}}$$

6.1.3 Pertes à la cuisson ou Degré de Délitescence (DD)

La délitescence représente un critère fondamental de la qualité culinaire des pâtes cuites et définit leur comportement après cuisson (ABECASSIS *et al.*, 1994). Après la cuisson d' une quantité de pâte jusqu'au TOC, la pâte est égouttée dans d'un passoir et l'eau de la cuisson est observée pour déterminer le degré de la délitescence de la pâtedurant sa cuisson.

6.1.4. Consistance de la pâte

Ce paramètre de qualité culinaire de la pâte a été évalué par le pressage modéré d'une petite quantité de la pâte cuite entre les doigts de la main pour voir le degré du collant de la pâte alimentaire cuite. Plus le collant est faible, plus la pâte est meilleure.

6.2 Qualité technologique et chimique

▪ **Epaisseur**

Ce paramètre permet de détecter les malformations et les irrégularités dans la fabrication de la pâte dont on sélectionne quelques brins au hasard et on a mesuré à l'aide d'un pied à coulisse (appareil de mesure directe, entièrement en acier inoxydable).

- Les autres paramètres de la qualité technologique et chimique de pâte fabriquée enrichie et ordinaire type Rechta (colorimétrie, humidité et taux de cendres) sont mesurés comme la méthode précédemment décrite pour l'analyse de la qualité de la semoule avec une modification des protocoles d'analyse où nos échantillons des pâtes nécessitent une étape de broyage.

6.3. Qualité sensorielle

Pour réaliser l'analyse sensorielle nous avons effectué un test de notation, ce test est réalisé sur des pâtes cuites pour l'évaluation d'un ensemble de propriétés organoleptiques (goût, texture, couleur, odeur) (AFNOR NF V09- 014, 1982).

Les pâtes à tester sont préalablement découpées en brins de 10 cm avant la cuisson.

6.3.1 Panel d'évaluation sensorielle

Le test s'est déroulé au niveau du laboratoire de l'université 8 Mai 1945. Le jury est constitué de 40 personnes neutres, de sexes masculins et féminins, sélectionnés sur la base de leur disponibilité et leur motivation pour la participation au test sensoriel.

Nous avons évité de discuter avec le panel la nature des échantillons d'aliment qui seront soumis à l'évaluation sensorielle en expliquant la méthode et le protocole d'analyse utilisés pour réduire la confusion et rendre la tâche plus facile aux dégustateurs. Ils doivent être bien informés préalablement des procédures employées de la manière de remplir les fiches de notation pour qu'ils puissent participer aux essais sur la même base. Il est

recommandé aux dégustateurs d'éviter l'utilisation de produits dont l'odeur est prononcée comme par exemple le savon, la lotion et le parfum avant de participer.

6.3.2 Déroulement de l'analyse sensorielle

Chaque membre du jury doit attribuer une note de 1 à 9 pour tous les caractères organoleptiques indiqués dans la fiche de dégustation en fonction de leur appréciation.

Les sujets sont installés dans leur poste de dégustation en deux groupes (un groupe pour les pâtes enrichies en pois chiche et l'autre pour celles enrichies en fève) avec une certaine distance qui les sépare afin d'éviter des contacts. Les quatre échantillons distincts (une pâte ordinaire à la semoule et les pâtes enrichies à différentes doses 5 %, 10 % et 15 %) sont codés pour ne pas influencer les réponses des sujets. Ces échantillons sont présentés dans des assiettes en plastiques pour chaque dégustateur dont il a la possibilité de goûter chaque produit autant de fois qu'il le souhaite en rinçant la bouche entre deux dégustations. La fiche d'évaluation sensorielle est la suivante :

Nous testons actuellement des pâtes alimentaires « Rechta » pour mieux satisfaire vos attentes. Nous vous proposons de déguster ces pâtes et de nous donner votre avis sur sa qualité gustative.

Veillez déguster les pâtes et cocher la case qui correspond à votre niveau de satisfaction pour chaque critère : **1 (extrêmement désagréable) à 9 (extrêmement agréable)**.

Appréciation globale

Pâte 1								
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Pâte 2								
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Pâte 3								
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Pâte 4								
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Goût

Pâte 1								
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Pâte 2								
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Pâte 3								
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Pâte 4								
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Texture

Pâte 1								
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Pâte 2								
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Pâte 3								
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Pâte 4								
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Odeur

Pâte 1								
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Pâte 2								
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Pâte 3								
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Pâte 4								
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Couleur

Pâte 1								
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Pâte 2								
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Pâte 3								
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Pâte 4								
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Veillez nous précisez :

Homme Femme

Moins de 30 ans 30 à 40 ans plus de 40 ans

Consommez-vous des pâtes :

Au moins 1 fois/semaine Au moins 1 fois/mois Jamais

7. Traitement statistique des données

Toutes les analyses réalisées dans notre étude, ont été faites en trois essais. Les résultats des différentes analyses chimiques, technologiques, culinaires et sensorielles des pâtes alimentaires fabriquées et de la matière première, sont traités par un logiciel statistique Minitabversion 16, en réalisant l'analyse de variance (ANOVA) suivie par le test Dunnett en post hoc ($p < 0.05$).

Références bibliographiques

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A

ABECASSIS J., 1991. La mouture de blé dur. In GODON B. Biotransformation des produits céréaliers. APRIA/INRA. Lavoisier Tec et Doc. Paris. 221p.

ABECASSIS J., 1993. Nouvelles possibilités d'apprécier la valeur meunière et la valeur semoulière des blés. Industries des céréales, (81), PP : 25-37.

ABECASSIS J., ABBOU R., CHAURAND M., MOREL M.H., VERNOUX P., 1994. Influence of extrusion conditions on extrusion speed, temperature and pressure in the extruder and on pasta quality. Cereal chemistry, 71: 247-253.

ABBAZ C. et ABDELAZZIZ N., 1998. Identification des produits à base de semoule et étude d'un type de pâte alimentaire: CHEKHCHOUKHA, Mémoire d'ingénieur I.N.A.T.A.A. Université de Constantine. Algérie. 91p.

ABECASSIS J., 2011. Innovations pour améliorer la qualité des productions et des produits céréaliers. UMR-IATE Ingénierie des Agropolymères et Technologies Emergentes INRA, CIRAD, SUPAGRO, UM II Montpellier, France.

AFNOR (Association Française de Normalisation) (1991). Contrôle de la qualité des produits alimentaire : céréales et produits céréaliers. Ed. AFNOR.

AFNOR, 1991. Recueil de normes- contrôle de la qualité des produits alimentaires, céréales et produits céréaliers. AFNOR/DGCCRF. 3^{ème} édition. Paris. 360 p.

ALAIS C., 2008. Les céréales-le pain in:biochimie alimentaire, ALAIS C., LINDENG, MICLOL ; TEC et DOC Dunod, Paris. 260 p.

AMJAD, I., KHALIL, I. A., & SHAH, H., 2003. Nutritional yield and amino acid profile of rice protein as influenced by nitrogen fertilizer. Sarhad Journal of Agriculture, 19 : 127-134.

ANONYME, 1985. Séminaire national sur les légumes secs, caractéristiques, exigences et potentiel de production des différentes variétés de légumes secs I.T.G.C, 15 p.

APFELBAUM M., FORRAT C., et NILLUS P. 1981. Diététique et nutrition. Ed Masson,

Paris. 472 p.

APFELBAUM M., ROMON M. & DUBUS M., 2004. Diététique et nutrition. Ed. MASSON, Paris. 228 p.

B

BAR, 1995. Contrôle de la qualité des céréales et des protéagineux. Guide pratique. ITFC. Paris. 253 p.

BATIFOULIER, F., VERNY, M.A., CHANLIAUD, E., REMESY, C., & DEMIGNE, C., 2006. Variability of B vitamin concentrations in wheat grain, milling fractions and bread products. *European Journal of Agronomy*, 25 : 163-169.

BAUMGARTNER A., 1998. Le pois chiche : la viande des pauvres. *Tabula*, 3 : 16–19.

BENBELKACEM A., SADLI F., et BRINIS L. 1995. La recherche pour la qualité des blés durs en Algérie In : La qualité du blé dur dans la région méditerranéenne. DIPONZO N. et KAANF NACHIT M. Ed CIHEAM, Espagne, PP: 61-65.

BLOKSMA A.H. 1990. Dough structure, dough rheology and baking quality. *Cereal Foods World*, 35: 237-244

BOUDREAU A., 1992. Le blé. PP. 25-49 in : le blé éléments fondamentaux et transformation.

BOUKEZOULA F., 2003. Ckekhchoukha, enquête de consommation dans l'est algérien, fabrication traditionnelle et qualité. Thèse de magister, option : nutrition humaine, Constantine, Algérie. 121 p.

BORELLI, G.M., TROCCOLI, A., FRONZO, N. D., & FARES, C., 1999. Durum wheat lipoxigenase activity and other quality parameters that affect pasta color. *Cereal Chemistry*, 76 : 355-340.

C

CHAUX C. & FOURY C., 1994. légumineuses potagères, légumes, fruits. Production légumière sec, Tome 3, Technique et documentation Lavoisier. 578 p.

CHILLO S., LAVERSE J., FALCONE P., DELNOBILE M.A., 2008. Quality of spaghetti in base amaranthus whole meal flour added with quinoa, broad bean and chick pea. *Journal of Food Engineering*, 84:101–107.

CHILLO S., LAVERSE J., FALCONE P.M., PROTOPAPA A. & DEL NOBILE M.A., 2008 b. Influence of the addition of buckwheat flour and durum wheat bran on spaghetti quality. *Journal of science*, 47 : 144-152.

CRETE P., 1965. Précis de botanique .Tome II, systématique des angiospermes .2 Ed .Paris : 11-38

CUBADDA, R. E., CARCEA, M., MARCONI, E., & TRIVISONNO, M. C., 2007. Influence of gluten proteins and drying temperature on the cooking quality of durum wheat pasta. *Cereal Chemistry*, 84: 48-55

CUBERO, J. I., 1974. On the evolution of *Vicia faba* L. *Theoret.app. Genet.* 45: 47-51

D

DACOSTA Y., 1986. Le gluten de blé dur et ses applications. APRIA, Paris, 130 p.

DAJOZ R., 2000. *Eléments d'écologie.* Ed. Bordas., 5^{ème} édition. Paris. 540 p.

DAUR I, IJAZ A K AND JAHANGIR M., 2008. Nutritional quality of roasted and pressure-cooked chickpea compared to raw (*Cicer arietinum* L.) seeds .*Sarhad J. Agric*, 24 (1).

DE LAJUDIE, P., FULELE-LAURENT, E., WILLEMS, A., TORCK, U., COOPMAN, R., COLLINS, M. D., KERSTERS, K., DRYFUS, B.L., ET GILLIS, M., 1998 a. Description of *Allorhizobium undicola* gen. nov. sp. nov. For nitrogen-fixing bacteria efficiently nodulating *Neptunia natans* in Senegal. *Int. J. Syst. Bacterio.* 48: 1277-1290.

DE LAJUDIE, P., WILLEMS, A., NICK, G., MOREIRA, F., MOLOUBA, F., HOSTE, B., TORCK, U., NEYRA, M., COLLINS, M. T., LINDSTRÖM, K., DREYFUS, B., ET GILLIS, M., 1998b. Characterization of tropical tree rhizobia and description of *Mesorhizobium plurifarum* sp. nov. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 48: 369-382.

DICK J.K ET MATSUO R.R., 1988. Durum wheat and pasta products. Wheat chemistry and technology, 3^{ème} édition, vol 11, Pomeranz Y., ed. American Association of cereal chemistry. Saint Paul, Minosota.

DOMMERGUES Y., DUHOUX E. et DIEM H. G., 1999. Les arbres fixateurs d'azote, (Ed) CIRAD, ESPACE, FAO, IRD; Montpellier, Paris, 499 p.

DOUMANDJI A, DOUMANDJI S, DOUMANDJI M.B., 2003. Technologie de transformations des blés et problèmes dus aux insectes au stock au cours de technologie des céréales Ed. office des publications universitaires, Alger. Algérie. 67 p.

DOYLE J.J., 1994. Phylogeny of the legume family: an approach to understanding the origins of nodulation. Annu. Rev. Ecol. Syst. 25: 325–349.

DURANTI M., 2006. Grain legume proteins and nutraceutical properties. Fitoterapia, 77: 67- 82.

E

ENCARTA., 2005- Encyclopédie encarta.

F

F.A.O, 1995b. Norme codex pour la semoule et la farine de blé dur, CODEX STAN 178-1991 p.

FARZANA, W. KHALIL I. A., 1999. Protein quality of tropical food legumes. Journal of Science and Technology, 23 : 13-19.

FELDMAN M., 2001. Origin of Cultivated Wheat. In Bonjean A.P. et W.J. Angus. (éd.). The World Wheat Book: a history of wheat breeding. Intercept Limited. Andover. Angleterre : 3-58 p.

FEILLET P. 2000. Le grain de blé, composition et utilisation. Institut national de la recherche agronomique, INRA, Paris: 308 p.

FEILLET P., DEXTER J.E., 1996. Quality requirements of durum wheat for semolina milling and pasta production. In: KRUGER J.E., MASTUO R.R., DICK J.W. Pasta and

Noodle Technology, ED: AACC, St Paul, Minnesota: 95-131.

FICCO, D. B. M., RIEFOLO, C., NICASTRO, G., DE SIMONE, V., DI GESU, A. M., BELEGGIA, R., 2009. Phytate and mineral elements concentration in a collection of Italian durum wheat cultivars. *Field Crops Research*, 111 : 235-242.

FREDOT E., 2005. Connaissance des aliments. Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique. Ed. Tec et DOC. 397 p.

FUAD, T., & PRABHASANKAR, P., 2010. Role of ingredients in pasta product quality : A review on recent developments. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50:787-798.

G

GIMENEZ M.A., GONZALEZ R.J., WAGNER J., TORRES R., LOBO M.O., SAMMAN N.C. 2013. Effect of extrusion conditions on physicochemical and sensorial properties of corn-broad beans (*Vicia faba*) spaghetti type pasta. *Food Chemistry* ,136: 538–545.

GODON B., 1991. Les constituants des céréales: nature, propriétés et teneurs PP2-19 in "biotransformation des produits céréaliers, Tec et DOC. Lavoisier. Paris. 221 p.

GODON B et WILIM. C., 1991. Les industries de première transformation des céréales. Ed. APRIA, Paris. cou. « sci et techn.agro-alim ».679 p.

GRANT L A., DICK J.W., SHELTON D.R., 1993. Effects of drying temperature, starch damage, sprouting, and additives on spaghetti quality characteristics. *Cereal Chem.*, 70:676-684.

H

HAKANSSON, B., & JÄGERSTAD, M., 1990. The effect of thermal inactivation of lipoxygenase on the stability of vitamin E in wheat. *Journal of Cereal Science*, 12 : 177-185

HAMADACHE A. et AIT ABDALLAH F., 1998. Lutte contre les adventices en culture du Pois chiche d'hiver : un facteur déterminant pour la valorisation du matériel végétal et du semis précoce .céréaliculture N°33.

HUNG P.V., YAMAMORI M., MORITA N. 2005. Formation of enzyme-resistant starch in bread as affected by high amylase wheat flours substitutions. Cereal Chemistry ,82: 690-694.

I

I.T.C.F. (Institut Technique des Céréales et des Fourrages), (2001). Contrôle de la qualité des céréales et des protéagineux, Lavoisier, France . 268 p.

ITGC, 2011. La lentille et le pois chiche pour une conduite mécanisée. ITGC, Algérie. 29 p.

J

JORA, 1997. Journal officiel de la république algérienne démocratique et populaire relatif aux spécifications microbiologiques de certaines denrées alimentaires N°35.

JORA, 2007. Journal officiel de la république algérienne démocratique et populaire. N° 47.

K

KALARASSE A., 2011. Manuel sur les méthodes d'analyse selon les méthodes de référence. Groupe Benamor. Entreprise de l'industrie alimentaire céréales et dérivés. El Fedjoui-Guelma.

KIGER J.L., KIGER J.G., 1967. Techniques modernes de biscuiterie, pâtisserie, boulangerie industrielle et artisanale et les produits de régime, éd : duno. Paris. 676 p.

L

LANDI A., 1993. Durum wheat, semolina and pasta quality characteristics for an Italian food company. Séminaire Méditerranéen, Paris, 22 : 33-39.

LARRALDE J. et MARTINEZ J.A., 1991. Nutritionnal value of faba bean : effects on nutrient utilization, protein turnover and immunity. Department de physiologie animale et nutrition.université de Navarra, Espagne.séminaire N° 10 :111-117

LAWSON A. M. 2006. étude phytochimique d'une fabacée tropicale, lonchocarpus nicou évaluation biologique préliminaire université de limoges. 12 p.

M

MARCONI, E., & CARCEA, M., 2001. Pasta from non traditional raw materials. *Cereal Foods World*, 46 : 522-529.

MARTI A., CARAMANICO R., BOTTEGA G., PAGANI A. 2013. Cooking behavior of rice pasta: Effect of thermal treatments and extrusion conditions *Food Science and Technology* , 54: 229-235.

MARTINEZ-VILLALUENGA, C., TORRES, A., FRIAS, J., & VIDAL-VALVERDE, C., 2010. Semolina supplementation with processed lupin and pigeon pea flours improve protein quality of pasta. *LWT- Food Science and Technology*, 43 : 617-622.

MELICION J.P., 2000. La granulométrie de l'aliment : principe, mesure et obtention. *INRA Prod.Anim.Paris.vol. 13* : 81-89

MERCIER, S., VILLENEUVE, S., MONDOR, M., & DES MARCHAIS, L.P., 2011. Evolution of porosity and shrinkage and density of pasta fortified with pea protein concentrate during drying. *LWT Food Science and Technology*, 44 :883-890.

MICARD, V., BROSSARD, C., CHAMP, M., CRENON, I., JOURDHEUIL-RAHMANI, D., MINIER, C., & PETITOT, M., 2010. Aliment mixte « blé dur-légumineuse » : influence de la structure de leurs constituants sur leurs qualités nutritionnelles et organoleptiques. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 45: 237-145.

MIGLIORI, M., GABRIELE, D., DE CINDIO, B., & POLLINI, C.M., 2005. Modelling of high quality pasta drying : quality indices and industrial application. *Journal of Food Engineering*, 71: 242-251.

MOHTADJI-LAMBALLAIS, C., 1989. Les aliments. Editions Malouine, Paris.

MOORTHY, S. N., 2002. Physicochemical and functional properties of tropical tuber starches: a review. *Starch - Stärke*, 54 : 559–592.

MORALE S., 2011. Etude phytochimique et évaluation biologique de derris ferruginea benth, (Fabaceae) université d'Angers. 25-27 p.

N

NASEHI B., MORTAZAVI S.A., RAZAVI S.M.A., NASIRI MAHALLATI M. & KARIM R., 2009. Optimization of the extrusion conditions and formulation of spaghetti enriched with full-fat soy flour based on the cooking and color quality. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, Informa UK Ltd 60: 205-214.

NASEHI B., JOOYANDEH H., NASEHI R., 2011. Quality Attributes of Soy-pasta During Storage Period. *Pakistan Journal of Nutrition* 10: 307-312.

O

OUNANE G., CUQ B., ABECASSIS J., YESLI A., and OUNANE S.M. 2006. Effect of physicochemical Characteristics and Lipid Distribution in Algerian Durum Wheat Semolinas on the Technological Quality of Couscous. *Cereal Chem.* 83: 377-384.

OUNANE G., AUTRAN J. C, 2001. Essai de fabrication des pâtes alimentaires supplémentées par de la farine, isolat et concentrât protéique de pois chiche : caractérisation physico-chimique. *Annales de l'institut national agronomique-E1 Harrach- Vol.22.N° 1 et 2 PP : 125-141.*

P

PETITOT M., ABECASSIS J., MICARD V., 2009. Structuring of pasta components during processing: impact on starch and protein digestibility and allergenicity. *Food Science technology* ,20: 521-532.

PETITOT M., BOYER L., MINIER C., MICARD V. 2010. Fortification of pasta with split pea and faba bean flours: Pasta processing and quality evaluation. *Food Research International* ,43: 634–641.

PETITOT, M., BROSSARD, CH., BARRON, C., LARRÉ, C., MOREL, M.H. & MICARD, V., 2009. Modification of pasta structure induced by high drying temperatures. Effects of the in vitro digestibility of protein and starch fractions and the potential allergenicity of protein hydrolysates. *Food Chemistry*, 116, 401-412.

PRATS H., 1960 . Vers une classification des graminées .*Revue d'Agrostologie .Bull. Soc*

Bot. France.

R

ROUAU X., 1990. Les polysaccharides pariétaux du grain de blé. Hémicelluloses et pentosanes, INRA, Montpellier, France. 38 p.

RAYAS-DUARTE P., MOCK C.M., SATTERLEE L.D., 1996. Quality of spaghetti containing buckwheat, amaranth and lupin flours. *Cereal Chemistry*, 73: 381-387.

Rizza, R.A., & Go, V.L.W., 2002. Encyclopedia of foods: A guide to healthy nutrition (pp. 272-295). Academic Press.

ROCHESTER I.J., PEOPLES M.B., HULUGALLE N.R., GAULT R.R & CONSTABLE G.A., 2001. Using legume to enhance nitrogen fertility and improve soil condition in cotton cropping systems. *Field Crops Research* 70: 27-41.

S

SAKR N., 2007. Comparaison de la qualité des blés Libanais a celle des variétés importées de l'étranger et destinées a la préparation du pain libanais ; *Lebanese Science Journal*, Vol. 8, N°2,200. PP : 90-91.

SISSONS, M.J., 2004. Pasta. In C. Wrigley; H. Corke, & C. Walker (Eds.), *Encyclopedia of Grain Science*. Oxford: Academic Press.

SISSONS M. 2008. Role of durum wheat composition on the quality of pasta and bread. *Food Global Science Books*, 2 :75- 90.

SOUCI S.W., FACHMANN W., KRAUT H. 1994. La composition des aliments: tableau des valeurs nutritives. Medpharm Scientific publishers. 5ème édition. Stuttgart. Germany. 1091p.

ŠRAMKOVA Z., GREGOVA E. & STURDIK E., 2009. Chemical composition and nutritional quality of wheat grain. *Acta chimica slovacica*, vol.2, No.1, 115-138.

SUDHA, M.L., & LEELAVATHI, K., 2012. Effect of blends of dehydrated green pea flour and amaranth seed flour on the rheological microstructure and pasta making quality. *Journal*

of Food Science and Technology, 49: 713-720.

T

TORRES A., FRIAS J., GRANITO M., GUERRA M., VIDAL-VALVERDE C., 2007a. Chemical, biological and sensory evaluation of pasta products supplemented with alphagalactoside-free lupin flours. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87: 74-81.

TURNBULL K. 2001. Quality assurance in a dry pasta factory. In: KILL R.C, TURNBULL K (Ed) *Pasta and Semolina Technology*, Blackwell Scientific, Oxford: 181-221.

U

USDA., 2008 - Plant profile of *Cicer arietinum* (Chickpea). United States Department of Agriculture (USDA), Natural Resources Conservation Service (NRCS), Plant database.

V

VIERLING G., 1999. *Aliments et boissons , filières et produits*. Ed. DOIN. Paris. 257 p.

W

WALL A.M., RIPLEY R. & GALE M.D., 1971. The position of a locus on chromosome 5B of *Triticum aestivum* affecting homoeologous meiotic pairing. *Genet Res.* 18: 329 - 339.

WALSH, D. E., & GILLES, K. A., 1977. Pasta technology. *Elements of Food Technology* Desrosier, NW (eds). AVI Publishing Company, Inc. PP:5- 20.

WOOD, J.A., 2009. Texture, processing and organoleptic properties of chickpea fortified spaghetti with insights to the underlying of mechanism of traditional durum pasta quality. *Journal of Cereal Science*, 49: 128-133.

WRIGLEY C., BRKES F., BUSHUK W., 2006. *Gliadin and Gluecin: The unique balance of wheat quality (1st Edn)*, AACC International, MN: 3-32.

Z

ZHAO, Y.H, MANTHEY, F.A, CHANG, S.K.C., HOU, H.J., YUAN, S.H., 2005. *Quality*

characteristics of spaghetti as affected by green and yellow pea, lentil, and chickpea flours.
Journal of Food Science, 70 : 371-376.

Webographie

[1] http://agriculture.gouv.fr/sites/minagri/files/documents/pdf/gph_semoulerie_ble_dur_2014_5912_0001_p000_cle4edeal.pdf Consulté le: 21.03.2017

[2] ^{a, b, c et d}

<http://197.14.51.10:81/pmb/COURS%20ET%20TUTORIAL/Agroalimentaires/Cereales.pdf>
Consulté le: 28.04.2017

[3] <http://database.prota.org> Consulté le : 22.03.2017

Annexe

Annexe

Analyses de la matière première

Détermination de la teneur en eau

Appareillage

- Bras métalliques.
- Dessiccateur halogène à plaque en métal



Dessiccateur halogène (humidificateur)

Mode opératoire

- ajouté 3g de la semoule d'une façon dispersé dans le porte échantillon à une température de 130°C jusqu'à ce que le dessiccateur sonne.
- La lecture des résultats qui sont affichés sur l'écran représente la quantité d'eau qui s'est évaporé.

Résultats de l'analyse

Echantillon	Recette	Humidité (%)
1	0% témoin	12
2	5% pois chiche	12.11
3	10% pois chiche	12.84
4	15% pois chiche	12.69
5	5% fève	11.59
6	10% fève	11.93
7	15% fève	12.59

Détermination du taux de cendres

Appareillage

- Balance analytique de précision (**PRECISA Model : XT220A**).
- Four à moufle électrique : efficacité reconnue au niveau national et mondial, grâce à sa grande homogénéité et au contrôle de la température, la position des produits dans le four n'a aucune incidence sur les résultats.
- nacelles d'incinération en quartz.

Les caractéristiques principales du quartz sont sa pureté, sa clarté et sa résistance à la chaleur, ses propriétés optiques, mécaniques et thermiques uniques ont fait du quartz un matériau indispensable dans la fabrication de nombreux produits high-tech

- Dessiccateur contenant gel de silice.
- Pince en acier inoxydable.
- Réactifs ; éthanol à 95%

Mode opératoire

La mode opératoire à suivre est la méthode de référence pour déterminer la teneur en cendre selon la norme ISO 2171 :180-

céréales, légumes secs et produits dérivés
détermination de la teneur en cendres (ITCF ; 2001).

Nettoyage des capsules

Les nacelles d'incinération peuvent être nettoyées après chaque usage par ébullition dans HCl à différentes concentrations.

Pré-incinération

- Immédiatement avant usage, les capsules bien propres sont calcinées au four pendant 5 min (pour détruire la matière organique restant à l'intérieure, ou sur les parois) et refroidies complètement dans un dessiccateur pendant 45 min.
- Ne jamais se servir des capsules conservées à l'air libre.
- Ne retirer ces capsules du dessiccateur qu'au dernier moment c'est-à-dire une fois qu'elles ont pris la température ambiante et que tout est prêt pour leur utilisation, chaque capsule attend son tour d'utilisation dans le dessiccateur tenu hermétiquement fermé en dehors des prélèvements.
- Prendre les capsules à l'aide de la pince, les peser vides, puis ajouter 5 grammes de produit en répartissant de façon uniforme et en évitant de le tasser à la cuillère.

Incinération

- Dans le but d'obtenir une incinération uniforme, il faut mouiller la prise d'essai avec 1 à 2 ml d'éthanol, peu avant l'incinération. Ceci permet aussi d'éviter l'autoallumage dont l'effet explosif soulève et déplace la matière hors des capsules.

La teneur en cendres est déterminée : - à 900°C pour la semoule (NF V 03-720 de décembre 1981 ; AFNOR ,1991)

- La porte du four ouvert, les capsules sont prises en place à l'entrée du four (le four étant chauffé à l'avance à 900°C).
- Aussitôt que la flamme est éteinte, placer avec précaution la nacelle dans le four
- Lorsque la porte du four est fermée un courant d'air suffisant doit être maintenu, mais il ne doit pas être trop fort pour entraîner la matière hors des capsules.
- Pour suivre l'incinération à 900°C jusqu'à obtention d'un résidu blanc après refroidissement ; opération qui dure deux heure en principe.
- Ainsi, les cendres qui étaient floconneuses et avides d'eau sont transformées en une masse vitreuse peu hygroscopique et ainsi, il n'ay aura pas de reprises d'humidité avant la pesée

- L'incinération terminée, mettre les capsules à refroidir sur une plaque pendant une minute, puis dans le dessiccateur.
- Fermer le dessiccateur et ne peser que lorsque les capsules ont pris la température ambiante (au bout de 45 minutes environ).
- Les capsules doivent être manipulées avec la pince, cependant éviter tout contact de la pince avec les cendres.



Augmentation de la T° jusqu'à 900°C).



peser 5g de l'échantillon dans la nacelle



Ajouter 1 à 2ml d'éthanol dans chaque nacelle



Placer les nacelles à l'entrée du four



La matière s'enflamme.



la flamme est éteinte.



Retirer les nacelles et laisser refroidir dans le dessiccateur pendant 45 minutes, Aspect des cendres après 'incinération et refroidissement



Mode opératoire pour déterminer le taux de cendre de la semoule avec le four à moufle selon la méthode de référence

Résultats de l'analyse

Echantillon	Recette	Essai	P. I (g)	P. F (g)	H° (%)	MTQ	T.C (%)
1	0%	1 ^{er}	23,7475	23,7913	14.74	0,8760	1,07
		2 ^{ème}	22,5638	22,6083		0,890	1,08
		3 ^{ème}	25,1566	25,2022		0,912	1,06
La moyenne			23,8226	23,8672		0,8926	1,07
L'écart type			1,2980	1,2980		0,0181	0,01
2	5% pois chiche	1 ^{er}	22,3269	22,3737	14.41	0,936	1,09
		2 ^{ème}	25,1696	25,2175		0,958	1,11
		3 ^{ème}	19,8411	19,8906		0,99	1,15
La moyenne			22,4458	22,4939		0,9613	1,1166
L'écart type			2,66624	2,6654		0,02715	0,0305
3	10% pois chiche	1 ^{er}	23,7453	23,7985	14	1,064	1,2372
		2 ^{ème}	22,5632	22,6164		1,064	1,2372
		3 ^{ème}	22,3179	22,3697		1,036	1,20
La moyenne			22,8754	22,9282		1,0546	1,2248
L'écart type			0,7632	0,7637		0,0161	0,2147
4	15% pois chiche	1 ^{er}	21,3584	21,4153	13.82	1,138	1,3204
		2 ^{ème}	22,5626	22,6190		1,128	1,3088
		3 ^{ème}	23,7257	23,7822		1,136	1,3181
La moyenne			22,5489	22,6055		1,134	1,3157
L'écart type			1,1837	1,1835		0,0052	0,0061
5	5% fève	1 ^{er}	22,5588	22,6089	14.55	1,002	1,17
		2 ^{ème}	19,8512	19,8999		0,974	1,13
		3 ^{ème}	21,3612	21,4091		0,958	1,12
La moyenne			21,2570	21,3059		0,978	1,14
L'écart type			1,3568	1,3574		0,0222	0,0264
6	10% fève	1 ^{er}	25,1670	25,2224	14.46	1,108	1,2953
		2 ^{ème}	19,8496	19,9055		1,118	1,3069
		3 ^{ème}	23,7268	23,7827		1,118	1,30
La moyenne			22,9144	22,9702		1,1146	1,3007
L'écart type			2,7501	2,74999		0,0057	0,0058
7	15% fève	1 ^{er}	22,3234	22,3800	14.08	1,132	1,3175
		2 ^{ème}	25,1656	25,2224		1,136	1,3221
		3 ^{ème}	21,3537	21,4109		1,144	1,33
La moyenne			22,9475	23,0044		1,1373	1,3232
L'écart type			1,9811	1,9809		0,0061	0,0063

Dosage de Gluten

Appareillage

- Glutomic system
- Bêcher de récupération de l'eau de lavage 600ml.
- Chambre de lavage 88µm pour la farine lisse.
- Cassette tamis gluten indice 88µm
- Circle plexiglas pour chambre de lavage séparée.
- Balance de précision à 0.01
- Réservoir avec couvercle contenant 10 litres.
- Distributeur réglable (utilisé à 4.8ml)
- Pince à épiler ou brucelles
- Spatule inoxydable.

Glutomatic System

- **Glutomatic 2200:** Système à double chambre.
- **Centrifugeuse Gluten Index 2015:** Centrifugeuse à grande vitesse avec verrouillage de sécurité du couvercle.
- **Glutork 2020:** Sèche le gluten humide et permet d'obtenir la teneur en gluten sec dans des conditions standardisées et reproductibles.



Le système Glutomatic.

Mode opératoire

Les étapes sont illustrées dans le schéma qui se trouve au-dessous selon **La norme ICC n ° 155 et 158, A**

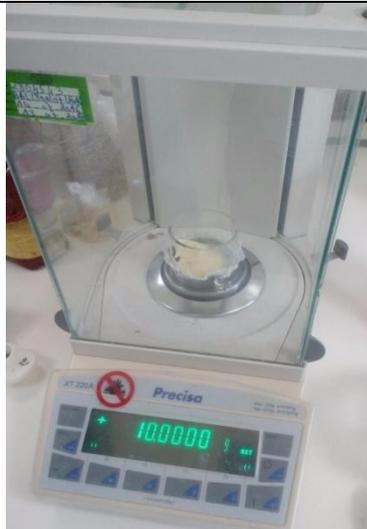
Le gluten humide est préparé à partir de farines complètes avec l'extracteur de gluten Glutomatic 2200. Le Gluten Index Centrifuge 2015 est utilisé afin de faire passer le gluten humide à travers un tamis spécialement conçu à cet effet. La quantité relative du gluten tamisé indique les caractéristiques du gluten. Le séchage du gluten se poursuit dans le Glutork 2020 qui calcule la teneur en gluten sec et la capacité de fixation de l'eau du gluten humide selon **la Norme ICC n ° 155 et 158, Méthode AACC n ° 38-12, ISO 2**

Les étapes de la méthode dosage de gluten

Etapes	Description
1. Pesée	10,0 g \pm 0,01 g de semoule de blé dur est pesée et mise dans la chambre de lavage Glutomatic avec un tamis de polyester de 88 microns. Lorsque le gluten de blé vital est mesuré, 1,5 \pm 0,01 g est pesé.
2. Dispenser	On ajoute 4,8 ml d'une solution salée aux échantillons de semoule. Aucune solution saline n'est ajoutée aux échantillons de gluten de blé essentiels.
3. Mélange	La semoule supérieure extra fine et la solution de sel sont mélangées pour former une pâte pendant 20 secondes.
4. Lavage	Après la fin de la phase de mélange, le lavage démarre automatiquement et se poursuit pendant cinq minutes. L'échantillon est transféré vers la chambre équipée d'un tamis grossier de 840 microns permettant aux particules de son d'être lavées.
5. Centrifugation	Le morceau de gluten humide non divisé est transféré sur la cassette tamise spéciale et exactement 30 secondes après le lavage complet, il est centrifugé une minute à 6000 \pm 5 tr / min dans la Centrifuge 2015.
6. Pesée	La fraction passée à travers les tamis est raclée avec une spatule et pesée. La fraction restante à l'intérieur du tamis est collectée et ajoutée à la balance. On obtient le poids total de gluten humide.
7. Séchage	La masse totale de gluten humide est séchée à min. 150 ° C pendant quatre minutes dans Glutork 2020. Après séchage, le gluten est pesé sur le solde.
8. Calcul	La quantité de gluten restant sur le tamis centrifuge par rapport au poids total de gluten humide est l'indice de gluten.



Préparation de la solution saline



Peser 10g de l'échantillon



Verser 4.8 ml de la solution saline



Placer les béciers au-dessous de chaque chambre



Récupérer la pate après le mélange



Laver la pate dans la chambre de lavage



Placer chaque pate dans cassette puis dans la centrifugeuse.



récupérer la pate après centrifugation et la mettre dans le glutork.



Récupérer le gluten sec pour le pesage



Mode opératoire pour déterminer le Gluten Index avec le système Glutamic

Résultats de l'analyse

Echantillon	Recette	Essai	Gluten passant	Humide	Sec	Index (%)
1	0% témoin	1 ^{er}	0.90	4.58	1.19	80.34
		2 ^{ème}	0.89	4.56	1.18	80.48
		3 ^{ème}	0.88	4.7	1.17	80.31
La moyenne			0.89	4.53	1.18	80.37
L'écart type			001	0.05	0.01	0.09
2	5% pois chiche	1 ^{er}	0.92	4.50	1.20	79.55
		2 ^{ème}	0.93	4.52	1.22	79.42
		3 ^{ème}	0.94	4.52	1.21	79.20
La moyenne			0.93	4.51	1.21	79.39
L'écart type			0.01	0.01	0.01	0.17
3	10% pois chiche	1 ^{er}	0.80	3.38	1.24	76.33
		2 ^{ème}	0.77	3.36	1.22	77.08
		3 ^{ème}	0.73	3.37	1.23	78.33
La moyenne			0.76	3.36	1.23	77.24
L'écart type			0.035	0.01	0.01	1.01
4	15% pois chiche	1 ^{er}	0.82	3.20	1.16	74.7
		2 ^{ème}	0.81	3.21	1.18	74.76
		3 ^{ème}	0.80	3.18	1.16	74.84
La moyenne			0.81	3.19	1.16	74.65
L'écart type			0.01	0.01	0.01	0.25
5	5% fève	1 ^{er}	0.94	4.45	1.18	78.87
		2 ^{ème}	0.90	4.44	1.16	79.72
		3 ^{ème}	0.95	4.48	1.10	78.79
La moyenne			0.93	4.45	1.14	79.12
L'écart type			0.02	0.02	0.04	0.51
6	10% fève	1 ^{er}	0.82	3.40	1.12	75.88
		2 ^{ème}	0.81	3.41	1.11	76.24
		3 ^{ème}	0,81	3.39	1.11	75.81
La moyenne			0.81	3.40	1.11	75.97
L'écart type			0.05	0.01	0.05	0.23
7	15% fève	1 ^{er}	0.84	3.18	1.24	73.58
		2 ^{ème}	0.87	3.14	1.20	72.78
		3 ^{ème}	0.85	3.19	1.19	72.87
La moyenne			0.85	3.17	1.21	73.07
L'écart type			0.01	0.01	0.01	0.43

Détermination de la couleur

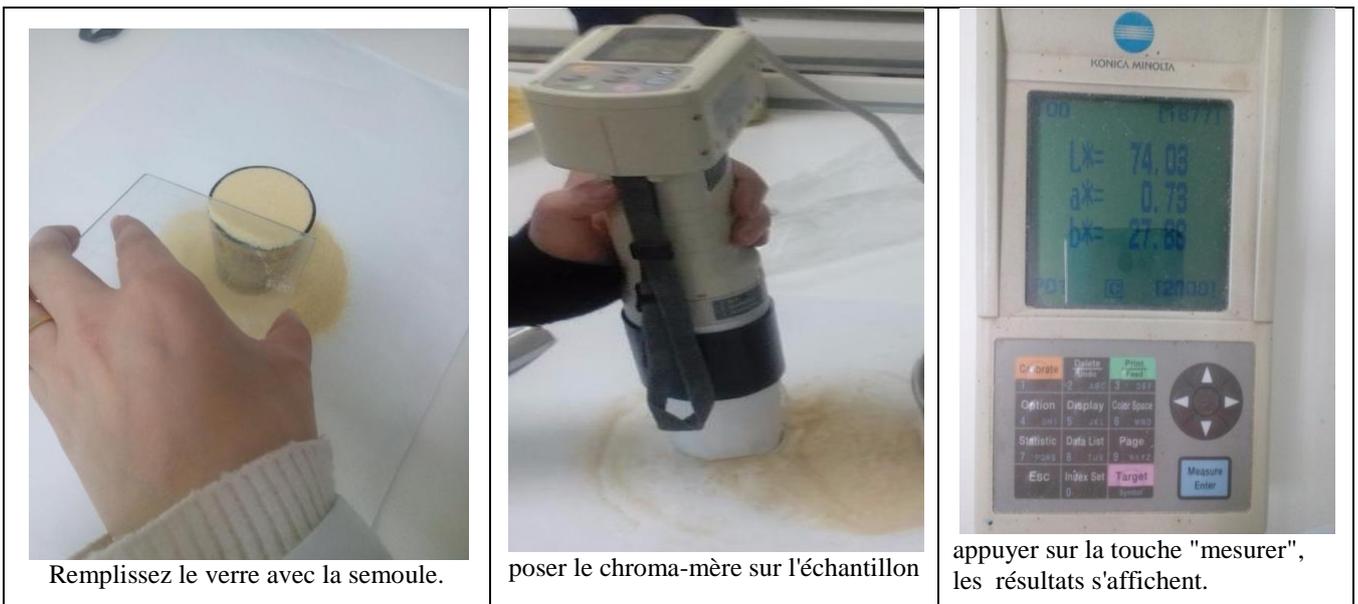
Appareillage

- Verre en ver.
- Le colorimètre CR-410 avec calculateur DP-400, dont l'ouverture de mesure est 50 mm, convient à la mesure des couleurs en mode réflexion et déviations de teintes pour la plupart des champs d'activité. Il répond aux demandes diverses et variées des industriels, pour toutes sortes de substances, des produits alimentaires aux applications pharmaceutiques et dermatologiques.

Mode opératoire

La manipulation est simple et d'exécution rapide :

- Remplissage du verre d'échantillon avec la semoule,
- Puis placez la sonde de mesure à la verticale au-dessus de l'échantillon.
- Ensuite appuyer sur la touche « mesurer ».
- Des mesures sont prises et enregistrées et s'affichent sur l'écran de calculateur.



Mode opératoire pour déterminer la couleur de la semoule avec le colorimètre Konica Minolta CR-410

Mode opératoire pour déterminer la couleur de la semoule avec le colorimètre Konica Minolta CR-410.

Résultats de l'analyse

Echantillon	Recette	Analyse colorimétrique			La moyenne	L'écart type
		1 ^{er} essai	2 ^{ème} essai	3 ^{ème} essai		
1	0% témoin	L*72.97 a*+0.35 b*62.82	L*83.27 a*-2.46 b*31.91	L*83.29 a*-2.48 b*31.92	L*79,84 a* -1,53 b*42,216	L*5,9524 a*1,62 b*17,8430
2	5% pois chiche	L*83.55 a*-2.08 b*30.47	L*83.57 a*-2.08 b*30.49	L*83.53 a*-2.10 b*30.49	L*83,55 a* -2,08 b*30,48	L*0,02 a*0,011 b*0,01154
3	10% pois chiche	L*83.90 a*-1.91 b*29.53	L*83.96 a*-1.89 b*29.57	L*83.98 a*-1.89 b*29.58	L*83,94 a* -1,89 b*29,56	L*0,0416 a*0,01154 b*0,0264
4	15% pois chiche	L*84.59 a*-1.83 b*28.27	L*84.45 a*-1.82 b*28.23	L*84.59 a*-1.86 b*28.28	L*84,54 a* -1,83 b*28,26	L*0,0808 a* 0.02 b*0,0264
5	5% fève	L*83.75 a*-2.26 b*30.30	L*83.82 a*-2.28 b*30.35	L*83.83 a*-2.26 b*30.35	L*83,8 a* -2,26 b*30,33	L*0,0435 a*0,0115 b*0,0288
6	10% fève	L*84.46 a*-2.23 b*28.84	L*84.51 a*-2.24 b*28.87	L*84.49 a*-2.23 b*28.87	L*84,48 a* -2,23 b*28,26	L*0,0251 a*0,0057 b*0,0173
7	15% fève	L*84.78 a*-2.13 b*28.18	L*84.65 a*-2.18 b*28.14	L*84.68 a*-2.15 b*28.16	L*84,70 a* -2,15 b*28,16	L*0,0680 a*0,0251 b*0,02

Détermination de la granulométrie



Appareillage

Le ROTACHOC CHOPIN : est un tamiseur de laboratoire, Il permet la réalisation d'un tamisage, dans le but d'obtenir un classement granulométrique produits. Cet appareil est constitué d'une série de tamis empilés les uns sur les autres, qui sont placés sur une plateforme directement reliée à l'axe du moteur.

Cette plateforme donne alors un mouvement excentrique à l'ensemble tamis provoquant ainsi le passage du produit au travers des mailles des différents tamis.

Mode opératoire

Un échantillon de 100 g de semoule est déposé et réparti d'une manière uniforme au sommet d'un empilement de six tamis d'ouverture de mailles décroissante.

Le tamisage des semoules est réalisé par des tamis dont les ouvertures des mailles décroissantes (600 μm , 500 μm , 450 μm , 355 μm , 200 μm et 150 μm .). Cette tamiseuse est animée par un mouvement vibratoire automatique circulaire excentré, dont l'amplitude de rotation et le temps de tamisage (7 minutes) sont réglables. Les particules dont les dimensions inférieures aux dimensions d'ouvertures traversent facilement le tamis (le passant), alors que celles les plus grosses sont retenues (le refus). Les refus et les passants de chaque tamis sont ensuite pesés avec une balance analytique (0,1g).

Résultats de la granulométrie

Echantillon	Recette	Tamis								
		Essai	600	500	450	355	250	200	150	P
1	0%	1 ^{er}	/	0,11	0,40	16,39	43,78	19,39	13,83	5,75
		2 ^{ème}	/	/	0,9	44,3	22,1	13,5	17,9	1,3
		3 ^{ème}	/	0,13	0,55	15,88	43,48	19,41	14,18	5,73
La moyenne			/	0,12	0,6166	25,5233	36,4533	17,4333	15,3033	4,26
L'écart type			/	0,1414	0,2565	16,2630	3,4063	2,2555	2,5634	2,5634
2	5% pois chiche	1 ^{er}	/	/	1,4	22,5	42,8	23,6	7,2	1,8
		2 ^{ème}	/	/	0,8	23,4	42,9	22,6	7,6	1,7
		3 ^{ème}	/	/	1,5	24,1	41,8	22,3	7,8	1,2
La moyenne			/	/	1,15	23,3333	42,5	22,8333	7,5333	1,5666
L'écart type			/	/	0.4949	0.8020	0.6082	0.6806	0.3055	0.3214
3	10% pois chiche	1 ^{er}	/	0,20	1,16	25,38	64,90	5,94	1,38	0,09
		2 ^{ème}	/	0,11	1,21	25,70	67,00	3,62	1,1	0,10
		3 ^{ème}	/	0,21	1,78	26,26	66,75	3,14	0,65	0,21
La moyenne			/	2.205	1.3833	25.78	66.2166	4.2333	1.0433	0.1333
L'écart type			/	0. ,0070	0,3444	0,4454	1,1470	1,4973	0.3682	0.0665
4	15% pois chiche	1 ^{er}	/	19,8	5,8	59,1	14,3	2,3	0,1	/
		2 ^{ème}	1,3	7,7	36,7	36,1	11,8	2,9	0,2	1,2
		3 ^{ème}	/	0,9	10,12	51,1	30,2	8,2	2,1	0,5
La moyenne			1,3	9,4666	17,54	48,7666	14,7666	4,46	0,8	0,85
L'écart type			/	9,5730	16,73	11,7661	9,9801	3,2470	1,1269	0,4949
5	5% fève	1 ^{er}	/	/	0,60	16,30	43,80	29,9	8,80	0,80
		2 ^{ème}	/	0,12	0,61	17,82	44,42	26,98	8,74	1,4
		3 ^{ème}	/	0,11	0,67	17,14	43,98	22,66	12,08	2,39
La moyenne			/	0.115	0.6266	17.0866	44.0666	26.5133	9.8733	1.53
L'écart type			/	0.0070	0.0378	0.7614	0.3189	3.6424	1.9112	0.8029
6	10% fève	1 ^{er}	0,2	/	1,8	22,1	38,8	23,9	11,0	1,4
		2 ^{ème}	/	/	0,9	21,9	40,3	24,1	8,2	3,7
		3 ^{ème}	/	0,2	1,9	24,1	38,7	22,7	8,6	4,7
La moyenne			0.2	0.2	1.5333	22.7	39.2666	23.5666	9.2666	3.2666
L'écart type			/	/	0.5507	1.2165	0.8962	0.7571	1.5143	1.6921
7	15% fève	1 ^{er}	/	/	2,2	30,0	37,6	22,7	5,9	0,6
		2 ^{ème}	/	0,4	2,1	22,5	39,6	26,6	5,9	1,8
		3 ^{ème}	/	0,4	1,3	23,9	40,0	27,9	4,9	0,9
La moyenne			/	0.4	1.8666	25.4666	39.0666	25.733	5.5666	1.1
L'écart type			/	0	0.4932	3.9878	1.2858	2.7061	0.5773	0.6244

Résultats d'analyse du produit fini (pate témoin et pates enrichies)

Détermination de la couleur

Echantillon	Recette	Analyse colorimétrique			La moyenne	L écart type
		Pate broyé				
		1 ^{er} essai	2 ^{ème} essai	3 ^{ème} essai		
1	0% témoin	L*74,03 a*+0,73 b*27,88	L*74,78 a*+0,68 b*27,51	L*74,51 a*+0,66 b*27,41	L*74,44 a*0,69 b*27,6	L*0,3798 a*0,0360 b*0,2475
2	5% pois chiche	L*74,76 a*+0,92 b*30,75	L*83,97 a*-2,97 b*33,88	L*72,98 a*+0,94 b*26,83	L*77,2366 a*1,61 b*30,4866	L*5,8987 a*1,1778 b*3,5323
3	10% pois chiche	L*75,42 a*+1,41 b*27,54	L*76,62 a*+1,24 b*24,08	L*75,52 a*+1,34 b*24,75	L*75,8533 a*1,33 b*25,4566	L*0,6658 a*0,0854 b*1,8350
4	15% pois chiche	L*74,46 a*+1,40 b*29,00	L*75,86 a*+1,30 b*23,92	L*75,86 a*+1,31 b*23,92	L*75,3933 a*1,3366 b*25,6133	L*0,8082 a*0,0550 b*2,9329
5	5% fève	L*71,76 a*+1,48 b*28,36	L*75,95 a*+0,78 b*25,92	L*75,83 a*+0,76 b*25,90	L*74,5133 a*1,0066 b*26,7266	L*2,3852 a*0,4100 b*1,4145
6	10% fève	L*73,72 a*+1,07 b*27,76	L*75,11 a*+0,67 b*26,86	L*75,10 a*+0,65 b*26,87	L*74,6433 a*0,7966 b*27,1633	L*1,4145 a*0,2369 b*0,5167

Résultats de taux de cendres

Echantillon	Recette	Essai	Poids initial	Poids final	Humidité (%)	MTQ	T.C (%)
1	0%	1 ^{er}	19,8534	19,9006	12	0,944	1,07
		2 ^{ème}	22,3261	22,3737		0,952	1,08
		3 ^{ème}	23,7310	23,7777		0,934	1,06
La moyenne			23,028	22,017		0,94	1,07
L'écart type			0,99	1,962		0,009	0,014
2	5% pois chiche	1 ^{er}	23,7638	23,8140	12.11	1,00	1,13
		2 ^{ème}	21,3599	21,4120		1,04	1,18
		3 ^{ème}	22,5575	22,6088		1,026	1,16
La moyenne			22,5604	22,6116		1,022	1,156
L'écart type			1,20	1,20		0,020	0,025
3	10% pois chiche	1 ^{er}	22,32	22,3764	12.84	1,088	1,2482
		2 ^{ème}	21,35	21,4190		1,09	1,2505
		3 ^{ème}	19,8403	19,8949		1,092	1,252
La moyenne			21,1729	21,2301		1,089	1,24
L'écart type			1,25	1,25		0,001	0,001
4	15% pois chiche	1 ^{er}	25,1579	25,21	12.69	1,194	1,36
		2 ^{ème}	22,3190	22,37		1,174	1,34
		3 ^{ème}	22,31	22,37		1,162	1,33
La moyenne			23,73	23,32		1,176	1,34
L'écart type			2,013	1,64		0,016	0,015
5	5% fève	1 ^{er}	25,1716	25,2263	11.59	1,09	1,23
		2 ^{ème}	22,56	22,6202		1,11	1,23
		3 ^{ème}	19,83	19,88		1,128	1,27
La moyenne			22,52	22,5784		1,109	1,24
L'écart type			2,66	2,66		0,019	0,023
6	10% fève	1 ^{er}	19,8909	19,8985	11.93	0,152	0,1724
		2 ^{ème}	25,1629	25,2146		1,034	1,1740
		3 ^{ème}	21,3532	21,4060		1,056	1,19
La moyenne			20,6220	22,1730		0,74733	0,8454
L'écart type			1,03400	2,7397		0,5156	0,5829
7	15% fève	1 ^{er}	23,7421	23,7969	12.59	1,096	1,2538
		2 ^{ème}	22,5607	22,6164		1,078	1,2332
		3 ^{ème}	21,3577	21,4119		1,084	1,2401
La moyenne			22,5535	22,6084		1,086	1,2423
L'écart type			1,1922	1,1925		0,0091	0,0104

Résultats du gain du pois

Echantillon	Recette	Essaie	PPS (g)	PPC (g)	IG (%)
1	100% semoule	1 ^{er}	10	33.2	214.3
		2 ^{ème}	10	30.8	214.3
		3 ^{ème}	10	30.8	214.3
2	5% pois chiche	1 ^{er}	10	32.3	225
		2 ^{ème}	10	33.4	225
		3 ^{ème}	10	31.8	225
3	10% pois chiche	1 ^{er}	10	27.6	179.6
		2 ^{ème}	10	30.2	179.6
		3 ^{ème}	10	26.1	179.6
4	15% pois chiche	1 ^{er}	10	27.6	161.3
		2 ^{ème}	10	24.6	161.3
		3 ^{ème}	10	26.2	161.3
5	5% fève pois chiche	1 ^{er}	10	26.8	186.7
		2 ^{ème}	10	27.2	186.7
		3 ^{ème}	10	32.02	186.7
6	10% fève pois chiche	1 ^{er}	10	25.1	154
		2 ^{ème}	10	26	154
		3 ^{ème}	10	25.1	154
7	15% fève pois chiche	1 ^{er}	10	22	147
		2 ^{ème}	10	27.2	147
		3 ^{ème}	10	24.9	147

Résultats du test de cuisson / épaisseur

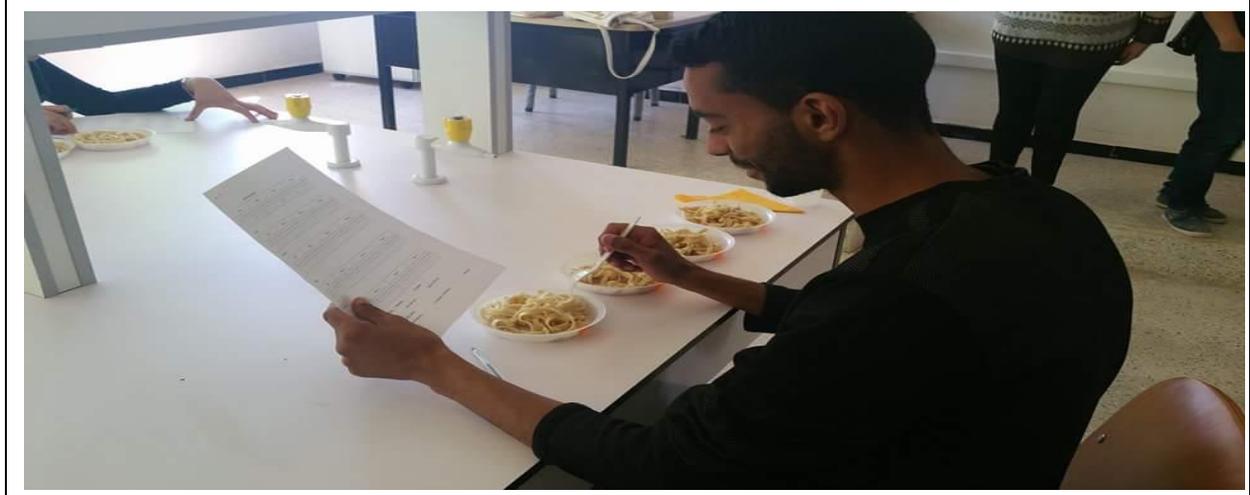
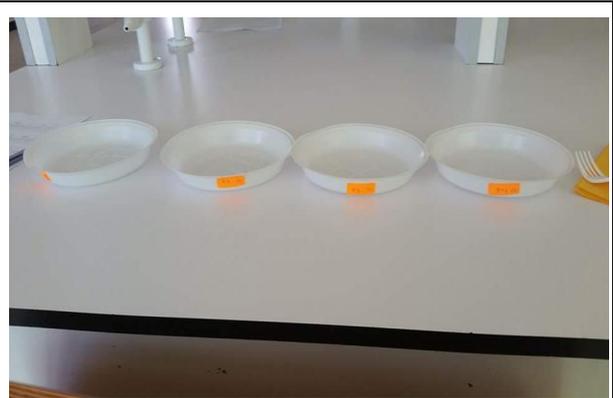
Echantillon	Recette	Essaie	Temps de cuisson	Epaisseur	consistance	délitescence
1	100% semoule	1 ^{er}	6	0.88	Non collante	Néant
		2 ^{ème}	6	0.88		
		3 ^{ème}	6	0.88		
Moyenne			6			
SD			0			
2	5% pois chiche	1 ^{er}	7.75	0.82	Légèrement collante	
		2 ^{ème}	7.75	0.82		
		3 ^{ème}	8	0.82		
Moyenne			7.83			
SD			0.14			
3	10% pois chiche	1 ^{er}	9.5	0.31	Non collante	Néant
		2 ^{ème}	9.25	0.31		
		3 ^{ème}	9	0.31		
Moyenne			9.25			
SD			0.25			
4	15% pois chiche	1 ^{er}	10.25	1.36	Non collante	Néant
		2 ^{ème}	10.25	1.36		
		3 ^{ème}	10.25	1.36		
Moyenne			10.25			
SD			0			
5	5% fève	1 ^{er}	7.25	0.84	Non collante	Néant
		2 ^{ème}	6.75	0.84		
		3 ^{ème}	7	0.84		
Moyenne			7.33			
SD			0.38			
6	10% fève	1 ^{er}	7.75	0.87	Non collante	Néant
		2 ^{ème}	7	0.87		
		3 ^{ème}	7.25	0.87		
Moyenne			7.33			
SD			0.25			
7	15% fève	1 ^{er}	10	1.28	Légèrement collante	
		2 ^{ème}	9.75	1.28		
		3 ^{ème}	10.25	1.28		
Moyenne			10			
SD			0.25			



La mesure de l'épaisseur des brins de la pâte sèche avec le pied à coulisse



Ecrasement de la pâte cuite entre les mains afin de déterminer sa Consistance



Déroulement de l'analyse sensorielle

