

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد الصديق بن يحيى - جيجل

Faculté des Sciences de la Nature  
et de la Vie  
Département de Microbiologie  
Appliquée et Sciences  
Alimentaires.



كلية علوم الطبيعة والحياة  
قسم الميكروبيولوجيا  
التطبيقية و  
علوم التغذية

Mémoire de Master

Filière : Sciences Alimentaires

Option : Agroalimentaire et Contrôle de Qualité

THÈME

## Composition nutritionnelle de la fève sèche (*Vicia faba L*) : Effet du traitement thermique

### Membres de Jury :

- Présidente : Dr. BOUSSOUF L.
- Examinatrice : Dr. BEKKA F.
- Promotrice : Mme. DJABALI S.

### Présenté par :

- BOULEHLIB Asmaa.
- BOULETIOUR Dalel.
- LATLI Halima.

Année universitaire 2019-2020

Numéro d'ordre :

## REMERCIEMENTS



*Nous tenons à remercier en premier lieu dieu « Allah » qui nous a donné la volonté, la confiance et le courage pour faire ce modeste travail.*

*Nous tenons à remercier sincèrement :*

*Notre promotrice **DJABALI S**, en tant que directeur de mémoire, s'est toujours montré à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, aussi nous la remercions de la confiance qu'elle nous a accordée et des précieux conseils qu'elle nous a prodigués.*

*Notre présidente de mémoire Dr **BOUSSOUF L**, Nous vous remercions du grand honneur que vous nous avez fait en acceptant de présider ce mémoire malgré vos nombreuses obligations. Permettez-nous, Madame, de vous exprimer notre sincère gratitude, et notre plus profond respect.*

*Nous remercions aussi notre Examinatrice Dr **BEKKA F**. Nous sommes très reconnaissantes de la spontanéité avec laquelle vous avez accepté de juger notre travail. Veuillez trouver ici l'expression de notre respect et de notre profonde reconnaissance.*

*Nos vifs remerciements vont aussi :*

*Aux enseignants de la biologie et Surtout les profs de **Technologie Agroalimentaire et Contrôle de Qualité**.*

## *Dédicace*



*A la lumière de ma vie, mes parents :*

*A la personne la plus chère dans ce monde, à «Mon père **MOHAMMED**» pour sa tendresse, son encouragement, son dévouement et son soutien tout au long de ces longues années d'études. Qu'il trouve ici l'expression de ma gratitude.*

*A la femme qui m'a encouragée, aidée et guidée dans le chemin de la vie« Ma mère **RACHIDA** » source d'amour, de tendresse bijoux de ma vie, « Maman je t'aime ».*

*A mon seul frère : **HOUSSAM**. A Ma jumelle et ma seconde moitié **SOUMIA** sans oublier ma sœur aînée **AMIRA** pour leur soutien continu.*

*A Mes grands- parents, mes tantes, mes oncles et ses familles surtout mon oncle **AZADINNE**, sa femme **HANIFA** et ses enfants « **ANIS, TAQI AL-DIN** et **OUMAYMA** ». A Ma chère tante **FADILA**, Ma deuxième mère pour son soutien et sa confiance.*

*A toute ma famille.*

*Je le dédie aussi à mes très chères amies : **L. Halima, B. Dalel, T. Nesrine, L. Souha, A. Asma, M. Roumayssa. B. Asmaa, B. Ismahan, C. Chaïma, G. Hadjer, M. Asma, T. Anissa, B. Zahra. L. Meryem, L. Rima, L. Amel, L. Sana, L. Nassira, B. Sara, K. Houda, K. Rachida, L. Nabila.***

*A mes camarades de master 2 technologie agroalimentaire et contrôle de qualité promotion 2020.*

*ASMAA*

## *Dédicace*



À *MES CHERS PARENTS* : mon père *ABDELOUAHEB* et ma chère mère *FARIDA*. Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.

Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

À Mes chers et adorables frères et sœur *ZINEB*, la prunelle de mes yeux, mon grand frère *FAROUK* et *YAKOUB* mon petit frère que j'adore. En témoignage de mon affection fraternelle, de ma profonde tendresse et reconnaissance, je vous souhaite une vie pleine de bonheur et de succès et que Dieu, le tout puissant, vous protège et vous garde.

À mon très cher fiancé : *AMMAR* pour tous ce que tu représentes pour moi, à ma belle-mère *Malika*, mon beau-père *Zineddine*, ma belle-sœur *Soumia* et mes beaux-frères *Islem* et *Amine*.

À mes chers oncles : *Djamel*, *Samir*, *Daoued* et *Abderahim*, et mes chères tantes surtout tantes *Houda*, *Meriem* et *Razika*.

À mes petites cousines : *Rafif*, *Alaa* et *Khaoula*.

À tous les membres de ma famille, petits et grands.

Je le dédie aussi à mes très chères amies : *Asma*, *Halima*, *Nariman*, *Samah*.

Enfin, À mes chers collègues de promo technologie agro-alimentaire et contrôle de la qualité (2020)

*DALEL*

## Dédicace



*Je dédie ce travail à : Mes très chers parents, tous ce que j'aime dans ma vie et ma seule raison de survivre et de lutter : Papa **Abdelmalek**, mon premier enseignant qui m'a éclairée mon chemin et qui m'a encouragé et soutenue dès mon plus jeune âge. Grâce à son effort et son don que je suis arrivé jusqu' ici. Maman **Hafida**, qui est la lumière de ma vie, et qui a attendu avec Patience le fruit de sa bonne éducation. C'est grâce à elle et grâce à ses sacrifices que je suis là aujourd'hui.*

*Mon seul très cher frère **Hani**.*

*A Ma chère tante **Saliha** et mes chers cousins **Sifou** et **Salah**.*

*A Toute ma famille paternelle et maternelle. A mes oncles et tantes. Mes cousins et mes cousines sans exception. A mes petites **Tasnim** et **Salsabil**.*

*A Mon cher amour, mon mari **ROUIBEH Oualid** qui ne m'a jamais abandonné. Ma belle-famille et surtout ma belle-mère **BENJAMNA Wassila**, et sa famille, mma **Menouba** et jeddou **Abderrahmane**. Merci pour votre soutien continu.*

*A mes amies et sœurs **Asma** et **Dalil** qui nous avons partagé à la fois le doux et l'amer dans ce travail.*

*A ma chère amie et mon compagnon partout où je vais **LATLI Safa**.*

*Un grand merci à toutes mes amies -chacune avec son nom- avec qui j'ai passé d'inoubliables moments. Et à toute personne qui m'a encouragé durant mon parcours. A tous mes camarades de biologie et surtout de master 2 technologie agroalimentaire et contrôle de qualité promo 2020.*

*Et enfin à l'âme de mon chère frère **Ayoub**, de ma chère sœur **Ines**, de ma tante et ma deuxième maman **Djamila**, et de tous mes chères qui nous ont quittés et passées au camarade suprême.*

*HALIMA*

## **SOMMAIRE**

Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction.....	01
<b>Chapitre I. Notions essentielles sur la fève</b>	
I. Généralités sur la fève.....	03
II. Origine et répartition géographique de la fève.....	03
III. Position systématique de la fève.....	04
III.1. Classification classique.....	04
IV. Description de l'espèce.....	04
V. Composition de la graine de la fève .....	05
V.1. Composants majeurs .....	07
V.1.1. Amidon et oligosaccharides.....	07
V.1.2. Protéines et acides aminées.....	07
V.1.3. Lipides .....	07
V.1.4. Fibres.....	08
V.2. Composants mineurs.....	08
V.2.1. Minéraux.....	08
V.2.2. Vitamines.....	08
V.2.3. Facteurs antinutritionnels.....	08
V.2.3.1. Tannins .....	09
V.2.3.2. Phytates.....	09
V.2.3.3. $\alpha$ -Galactosides.....	09
V.2.3.4. Lectines.....	09
V.2.3.5. Allergènes.....	09
V.2.3.6. Anti vitamines.....	09
V.2.3.7. Facteurs de favisme.....	10
VI. Intérêts de la fève.....	10
VI.1. Intérêt agronomique .....	10
VI.2. Intérêt écologique.....	10
VI.3. Intérêt nutritionnel .....	11
VI.4. Intérêt sanitaire.....	11

VII. Production de la fève sèche.....	11
VII. 1. Production mondiale.....	11
VII. 2. Production nationale.....	12
VIII. Biodisponibilité des nutriments de la fève sèche.....	13
VIII. 1. Biodisponibilité des macronutriments.....	13
VIII.2. Biodisponibilité des minéraux et des oligoéléments.....	14
VIII. 3. Biodisponibilité des polyphénols.....	14
<b>Chapitre II. Impact de cuisson sur la composition nutritionnelle de la fève sèche</b>	
I. Etapes de cuisson des grains.....	17
I.1. Nettoyage et préparation des grains.....	17
I.2. Trempage.....	17
I.3. Cuisson.....	17
I.3.1. Définition.....	17
I.3.2. Méthodes de cuisson.....	18
I.3.2.1. Cuisson dans l'eau.....	18
I.3.2.2. Cuisson à la vapeur.....	18
I.3.2.3. Cuisson sous pression.....	19
I.3.2.4. Autre méthodes.....	19
II. Impacts de cuisson des grains sur les qualités nutritionnelle, sanitaire et organoleptique .....	20
II.1. Impact organoleptique.....	20
II.2. Impact sanitaire .....	21
II.3. Impact nutritionnel.....	21
II.3.1. Sur les protéines.....	22
II.3.2. Sur les glucides.....	22
II.3.3. Sur les lipides.....	23
II.3.4. Sur les sels minéraux.....	23
II.3.5. Sur les vitamines.....	23
II.3.6. Sur les facteurs antinutritionnels.....	24
<b>Chapitre III. Etude de quelques résultats de l'impact de cuisson sur la composition nutritionnelle de la fève sèche</b>	
I. Matériel végétal.....	26
II. Analyse des résultats.....	26
II.1. pH.....	26
II.2. Teneur en eau.....	27
II.3. Cendres.....	28

II.4. Dosage des macronutriments.....	30
II.4.1. Dosage des protéines.....	30
II.4.2. Dosage des lipides.....	32
II.4.3. Dosage des glucides .....	34
II.5. Détermination de la teneur en fibres.....	35
II.6. Analyse des composés antinutritionnels.....	37
II.6.1. Dosage des polyphénols.....	37
II.6.2. Dosage de l'acide phytique.....	39
II.6.3. Dosage des tanins.....	40
Conclusion .....	43
Références bibliographiques.....	44
Résumé	

## Liste des tableaux

Tableau 01 : Composition moyenne de la graine de fève.....	06
Tableau 02 : Evaluation de la superficie et la production de la fève sèche en Algérie.....	12
Tableau 03 : pH avant et après cuisson des grains .....	27
Tableau 04 : Teneur en eau avant et après cuisson des grains (%) .....	27
Tableau 05 : Teneur en cendre avant et après cuisson des grains (g/100g) .....	29
Tableau 06 : Teneur en protéine avant et après cuisson des grains (%).....	31
Tableau 07 : Teneur en lipide avant et après cuisson des grains (g/100g) .....	33
Tableau 08 : Teneur en glucides avant et après cuisson des grains (g/100g).....	34
Tableau 09 : Teneur en fibre avant et après cuisson des grains (%).....	36
Tableau 10 : Teneur en composés phénoliques avant et après cuisson des grains (mg/100g).....	37
Tableau 11 : Teneur en acide phytique avant et après cuisson des grains (mg/g) .....	39
Tableau 12 : Teneur en tanins avant et après cuisson des grains (mg/g) .....	41

## Liste des figures

Figure 01 : Aspect morphologique de <i>Vicia. faba</i> .....	05
Figure 02 : Structure de la graine de fève.....	06
Figure 03 : Graines des fève et féverole.....	26
Figure 04 : Appareil de Soxhlet .....	32

## Liste des abréviations

AACC: American Association of Cereal Chemists

ALC : Acide Linoléique Conjugué

AOAC : Association of Official Agricultural Chemists

CAL : Calories

Cm : Centimètre

Da : Dalton

DP : Degré de Polymérisation

FAO : Food and Agriculture Organisation, en français Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

g : Gramme

ISO : Organisation internationale de normalisation, International organisation of normalisation

Kg : Kilogramme

M.S : matière sèche

Mg : Milligramme

ML : Millilitre

Mt : Militons

N : Normalité

NM : Nanomètre

pH : le Potentiel Hydrique

TGI : Tractus Gastro-Intestinal

UH : Unité Hémagglutinines

UV : Ultra-Violet

### Introduction :

Les légumineuses sont les plus anciennes productions agricoles de l'humanité ; parmi les plus cultivées et les plus consommées dans le monde, on trouve le soja, les arachides, les haricots, les pois, les fèves, les lentilles, ainsi que les légumineuses fourragères destinées à l'alimentation animale (comme le trèfle, la luzerne, le lupin, etc.) (**Brenner, 1991**).

Elles sont l'une des cultures les plus importantes en raison non seulement de leur qualité nutritionnelle mais également pour leurs divers avantages agro-environnementaux. Les graines de légumineuses sont des sources importantes des protéines, glucides, vitamines, minéraux et fibres alimentaires (**Baljeet et al., 2014 ; Rachwa- Rosiak et al., 2015**).

Parmi les légumineuses ; la Fève ou féverole (*Vicia faba* L) est l'une des plus anciennes légumineuses domestiques (**Manickavasagan et Thirunathan, 2020**) et l'une des cultures les plus importantes dans le monde (**FAO, 2017**). Elle est la quatrième culture légumière pratiquée dans le monde après les petits pois, les pois chiches et les lentilles (**Yahia et al., 2012**). Cette légumineuse à grains de la famille des Fabacées est originaire d'Afrique du Nord et d'Asie du Sud-ouest, où elle est cultivée et utilisée comme nourriture humaine et animale depuis des millénaires (**Manickavasagan et Thirunathan, 2020**).

Les graines fraîches et sèches de la fève sont utilisées pour la consommation humaine ; elles sont très nutritives car elles ont une teneur élevée en glucides et en protéines (jusqu'à 35% dans les graines sèches) et sont une bonne source de nombreux nutriments, tels que K, Ca, Mg, Fe et Zn (**Lizarazo et al., 2015 ; Longobardi et al., 2015 ; Neme et al., 2015**). Aussi les fèves sont riches en composés bioactifs, tels que les composés phénoliques (principalement les flavonoïdes) possédants des propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et antidiabétiques (**Siah et al., 2014; Turco et al., 2016**) et les caroténoïdes (**Neme et al., 2015**). Néanmoins, les graines de *Vicia faba* contiennent certains métabolites connus sous le nom de facteurs antinutritionnels qui peuvent limiter l'intérêt de cette légumineuse (**Revilla, 2015**).

La cuisson est un traitement thermique faisant intervenir des transferts de chaleur, de matières (**Kinsma et al., 1994**). C'est une étape majeure dans la transformation des fèves, permettant d'atteindre une appétence souhaitable et d'augmenter la digestibilité des protéines et de l'amidon (**Manickavasagan et Thirunathan, 2020**). Comme tout traitement thermique, la cuisson réduit la teneur de quelques nutriments

comme les cendres et les protéines et dégrade les facteurs antinutritionnels comme les phytates et les inhibiteurs de trypsine (**Edem et al., 1994**).

Dans ce contexte, nous essayerons de présenter une étude bibliographique qui montre l'effet de cuisson notamment la cuisson domestique sur la composition nutritionnelle des grains secs de la fève. Le choix de cette espèce a dû leurs vertus nutritionnelles. Pour atteindre cet objectif, nous avons jugé utile de structurer le manuscrit comme suite :

Le premier chapitre introductif, évoquant aperçu, des définitions, la classification, la valeur alimentaire de la fève sèche (*Vicia faba* L).

Le second chapitre traite le mode de cuisson et leur impact sur la valeur nutritionnelle de la fève sèche.

Enfin, on termine par l'exploitation et l'explication des résultats qui ont été déjà publiés par des chercheurs sur l'impact de la cuisson sur la qualité nutritionnelle de *Vicia faba* L.

# CHAPITRE I

## Chapitre I : Notions essentielles sur la fève (*vicia faba L*).

### I. Généralités sur la fève

En termes de surface et de quantité produite, les légumineuses constituent la seconde famille de plantes cultivées après les céréales (**Gepts et al., 2005**). De la famille des *Fabaceae*, les légumineuses comptent environ 20 000 espèces qui sont caractérisées par des fleurs à cinq pétales et un ovaire supérieur qui forme une gousse remplie du grain riche en protéines (**Cronk et al., 2006**).

Parmi les représentants de cette famille, on distingue :

- Les protéagineux à grains (pois, haricot, fève, pois chiche et lentille),
- Les protéagineux fourragers (luzerne et trèfle).
- Les oléo protéagineux (soja et arachide) (**Cazaux, 2009**).

Les légumes secs, qui sont les grains secs de légumineuses protéagineuses, se distinguant des grains de légumineuses oléagineuses par leur faible teneur en matière grasse (**FAO et OMS, 2007**).

En Algérie, les espèces de légumineuses alimentaires les plus cultivées sont : la lentille (*Lens culinaris*L.), le pois chiche (*Cicer arietinum*L.), le pois (*Pisumsativum*L.), la fève (*Vicia faba*L.) et le haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) (**MA, 1998**).

### II. Origine et répartition géographique de la fève

La fève (*Vicia faba. L*) figure parmi les légumineuses les plus anciennement cultivées (**Mihailovic et al., 2005**). Elle est originaire des régions méditerranéennes du Moyen-Orient (**Multari et al., 2015**).

La mise en culture de la fève daterait du Néolithique tardif. À partir du Moyen-Orient (probablement le Sud de la Mer Caspienne) se serait opérée une progression selon quatre itinéraires : Europe, à travers les Balkans, littoral Nord-africain jusqu'à l'Espagne, l'Éthiopie par le Nil, Mésopotamie puis l'Inde (**Cubero, 1974**). Au cours du XVIème siècle, la culture de la fève a été introduite en Amérique par les Espagnols et vers la fin du XXème siècle, elle a réussi à atteindre l'Australie (**Cubero, 2011**).

En Algérie, elle est principalement cultivée dans les plaines côtières et dans les zones sublittorales. C'est l'une des espèces les plus cultivées dans les régions montagneuses, particulièrement en Kabylie, pour l'alimentation humaine et animale (**Chouaki et al., 2006**).

### III. Position systématique

#### III.1. Classification classique

D'après (**Kolev, 1976**), *V. faba* suit la classification suivante :

- Embranchement : *Spermaphytes*
- Sous-embranchement : *Angiospermes*
- Classe : *Dicotylédones*
- Sous-classe : *Dialypétales*
- Série : *Caliciflores*
- Ordre : *Rosales*
- Famille : *Fabacées*
- Sous-famille : *Papilionacées*
- Tribu : *Viciées*
- Genre : *Vicia*
- Espèce : *faba L*

Selon ce même auteur et selon la taille des graines, cette espèce est subdivisée en trois sous espèces : *Vicia fabaminor* beck à petites graines appelée couramment féverole, *Vicia fabaequina* pers à graines moyennes et *Vicia fabamajor* hartz à grosses graines.

### IV. Description de l'espèce

La fève est une espèce diploïde ( $2n=12$  chromosomes) partiellement allogame (**Gnanasambandam et al., 2012**). Selon **Raynaud (1976)**, la fève est une plante herbacée annuelle, présentant une tige simple, dressée, creuse de section quadrangulaire, sans ramification se dressant à plus d'un mètre de haut (Figure 1a).

Les feuilles stipulées, alternes, composées-pennées, sont constituées de 2 à 6 folioles, amples, ovales, d'un vert glauque ou grisâtre. Le rachis se termine par une arête étroite droite ou courbée, mais non enroulée en vrille qui représente la foliole terminale (**Boyeldieu, 1991**).

Les fleurs (Figure 1b) sont grandes de 2 à 3 cm de long, prennent naissance en position axillaire (**Raynaud, 1976**). Elles sont de type papilionacé, blanches maculées de noir ou de violet, formées en petites grappes (**Péron, 2006**).

Les fruits (Figure 1c) sont des gousses de 25 à 30 cm de long, pendantes noircissant à maturité (**Zuang, 1991**).

Les graines (Figure 1d) sont charnues, vertes et tendres à l'état immature. À maturité complète elles développent un tégument épais et coriace de couleur brun-rouge, à blanc verdâtre et prend une forme aplatie (**Chaux et Foury, 1994**).

La racine comporte un pivot et des ramifications, surtout abondantes en surface. Les nodosités sont présentes dans les trente premiers centimètres (**Boyeldieu, 1991**).

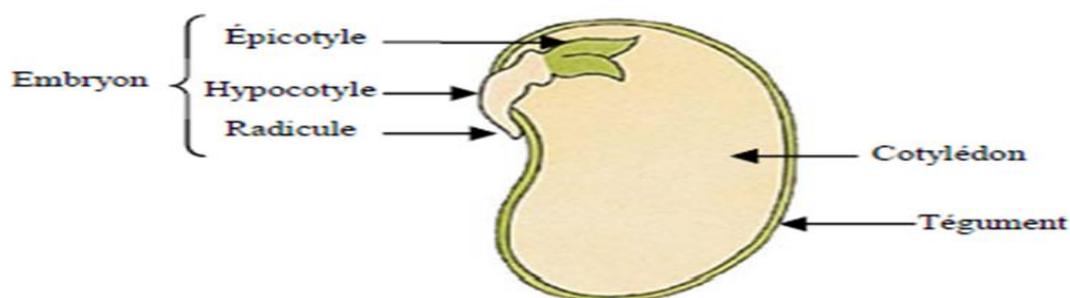


**Figure 01 :** Aspect morphologique de *Vicia faba*.

**a :** Tige et feuilles ; **b :** Fleurs ; **c :** Gousses **d :** Graines (**Mezani et Madjdoub-Bensaad, 2014**).

## V. Composition de la graine de la fève

La graine de *Vicia faba L* de forme grossièrement ovale, est constituée en première approximation, d'un tégument (la coque), et de cotylédons (l'amande) (Figure 02). La proportion de coques varie de 12,5 à 14,7 % par rapport à la graine entière selon les cultivars (**Wang et Ueberschär, 1990**).



**Figure 02 :** Structure de la graine de fève (Uebersax et Occaña, 2003).

Avec le pois et la lentille, la fève a constituée durant toute l'antiquité et le moyen-âge, une base alimentaire importante jusqu'au développement du haricot et de la pomme de terre, qui ne devraient être vraiment vulgarisés qu'au XVIIIème siècle (Chaux et Foury, 1994). La fève constitue un aliment nutritif très important notamment pour les populations à faible revenu qui ne peuvent pas toujours s'approvisionner en protéines d'origine animale (Shiran et Mashayekh, 2004). D'après Goyoaga et al (2011) la fève renferme un taux élevé en protéine (20 % de la M.S), tout en restant un aliment énergétique (55 % de glucides ; 340 cal /100g).

La composition moyenne de la graine est donnée dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 01 :** Composition moyenne de la graine de fève (Elkowicz et Sosulski, 1982).

Composition chimique	Teneur %
Matière azotée totale	29.9
Cellulose brute	8.4
Amidon	44.0
Matière grasse	1.5
Cendres	4.1
Lignine	0.3
Tanins	0.73
Vicine	0.55
Convicine	0.25
Alpha galactosides	2.71
Acide phytique (mg/g)	3.67
Hémagglutinines (UH/mg)	10.50

## V.1. Composants majeurs

### V.1.1. Amidon et oligosaccharides

Les graines de la fève contiennent 510 g/kg à 680 g/kg de glucides dont la majeure partie est constituée de l'amidon (410–530 g / kg) (Hedley, 2000 ; Luo et al., 2013). La graine en contient 4,6 à 6,9 % selon les variétés (Cerning, 1975). Sa teneur en amylose (30-33 %) est supérieure à celle des amidons normaux de céréales (23-28 %), et a fortiori des amidons de tubercules (20-25 %). (Pritchard et al., 1973;Cerning, 1975; Lineback et Ke, 1975) ont observé aussi du saccharose, du stachyose (maltotétraose), du raffinose (maltotriose) et du verbascose (maltopentaose). La présence de stachyose et le raffinose contribue aux problèmes de flatulence si les fèves sont consommées en grande quantité.

### V.1.2. Protéines et acides aminés

La fève a une teneur élevée en lysine et également en arginine. *V. faba* représente une bonne source de protéines. La teneur en protéine était équivalente à celle des protéines de la viande et de poisson (Frühbeck et al., 1997;Macarulla et al ., 2001), elle varie entre 200 et 410 g /kg selon la variété (Hedley, 2000; Luo et al., 2013).

Selon (Hawtin et Webb, 2012), l'augmentation du taux de protéines entraîne une certaine diminution au niveau des acides aminés soufrés ainsi que de la lysine, ce qui signifie qu'il existe une corrélation négative entre la teneur en acides aminés soufrés et le pourcentage de protéines des graines. Cette corrélation négative s'explique probablement par le fait que les protéines de stockage, qui sont relativement faibles en acides aminés soufrés, constituent une proportion plus élevée de la fraction protéique des graines (Boulter, 1977). Ce problème peut être surmonté car il est possible de compléter le régime alimentaire avec d'autres protéines dans lesquelles les acides aminés soufrés ne sont pas le facteur limitatif, comme les produits céréaliers.

### V.1.3. Lipides

Les lipides se composent principalement de triacylglycérol di- et monoacyglycérol, acides gras libres, stérols, esters de stérols, phospholipides et glycolipides (Luo et al., 2013).

La composition en acides gras insaturée est de 15 à 33% acide oléique, 41 à 60% acide linoléique et 3 à 5% acide linoléique avec de plus petites quantités d'acides gras saturés (14 à 21% acide palmitique et 2 à 4% acide stéarique) (Yoshida et al.,2009 ).Les haut valeurs du

contenu lipidique étaient utilisables pour engendrer les calories énergétiques élevées pour l'homme (Akpinar et al., 2001).

#### V.1.4. Fibres

La teneur en fibres alimentaires varie entre 150 g/kg et 300 g/kg selon la variété, l'hémicellulose étant le principal composant (Luo et al., 2013).

### V.2. Composants mineurs

#### V.2.1. Minéraux

La fève représente une excellente source de minéraux tels que le calcium, le phosphore, le potassium, le manganèse, le magnésium, le cuivre, le cobalt, le soufre et le fluor (Karmas et Harris, 1988).

#### V.2.2. Vitamines

Les fèves sont également riches en vitamines hydrosolubles telles que la vitamine C, dont la teneur diminue avec l'augmentation du degré de maturité des graines de 25% à 40% et la vitamine B9 (KmieciK et al., 1990).

Les fèves font partie des sources alimentaires de caroténoïdes (y compris la provitamine A) et les tocophérols (vitamine E), qui jouent un rôle central dans la prévention des processus inflammatoires, coronaires, neuromusculaires et les troubles visuels (Fernández-Marín et al., 2014).

#### V.2.3. Facteurs antinutritionnels

Malgré sa haute valeur nutritive, *V. faba* contient beaucoup de constituants antinutritionnels comme les produits anémiant tels que la vicine, et la convicine. Ces deux composés peuvent provoquer une maladie mortelle appelé favisme (Duc, 1996).

En dehors de ces deux composés, d'autres facteurs antinutritionnels étaient présents, tels que les phytates, les proanthocyanidines, inhibiteurs de protéase, ainsi que des allergènes (lectines) et des agents de flatulence ( $\alpha$ -galactosides) (Torres et al., 2010; Coda et al., 2015). Contrairement à cela, le *V. faba* s'est avéré améliorer l'absorption du fer chez l'être humain.

### V.2.3.1. Tanins

Les tanins sont des composés phénoliques relativement thermostables définis par leur aptitude à se combiner aux protéines pour former des complexes insolubles. Ils réduisent la solubilité des protéines (Garrido *et al.*, 1988). Ils sont présents surtout dans le tégument (Lacassagne, 1988). Les teneurs s'échelonnent de 7,1 à 149 mg/g selon les variétés (Wang et Uberschâr, 1990).

### V.2.3.2. Phytate

Phytate également connu comme l'acide phytique, est un polyacide capable de former des complexes des cations divalents dont l'assimilation est alors fortement perturbée (fer, zinc, calcium, magnésium, manganèse, cuivre). Les fèves sont relativement riches en cette substance (environ 250 à 350 mg / 100g) (Dupin *et al.*, 1992).

### V.2.3.3. $\alpha$ -Galactosides

Ce sont de petits polymères de nature glucidique constitués schématiquement de glucose et de saccharose liés en  $\alpha$  1-6 à N molécules de galactose. Ces molécules sont thermostables et ne traversent pas la paroi intestinale et se retrouvent donc intactes au niveau du colon où elles sont métabolisées par les microorganismes présents. La fermentation qui en résulte se traduit par une gêne au niveau digestif (flatulences, diarrhées) susceptible de ralentir l'ingestion d'aliment (Cerning *et al.*, 1975).

### V.2.3.4. Lectines (ou phyto-hémagglutinines)

Ce sont des molécules protéiques de masse molaire élevée (60000 à 110000 Da), après ingestion, elles se fixent sur les membranes des entérocytes dont elles altèrent certaines fonctions. Consommées régulièrement, elles peuvent provoquer des retards de croissance, des colites et des anémies (Dupin *et al.*, 1992). Ce sont des glycoprotéines, dont la caractéristique commune est leur affinité pour les sucres, expliquant leurs propriétés d'agglutination des hématies du sang *in vitro* (Liener, 1986).

### V.2.3.5. Allergènes

De nombreuses substances allergisantes sont présentes dans les grains des légumineuses, elles induisent essentiellement des lésions digestives et cutanées (Dupin *et al.*, 1992).

### V.2.3.6. Anti vitamines

Ces substances ont des effets spécifiques sur certaines vitamines, de plus le broyage des grains met au contact les vitamines et des hydrolases spécifiques, ce qui se traduit par une perte de leur valeur nutritionnelle (Dupin *et al.*, 1992).

### V.2.3.7. Facteurs de favisme

Le favisme est une maladie hémolytique apparaissant chez les sujets prédisposés déficients en Glucose-6-phosphate (G-6-p) déshydrogénase, et consommant certains grains de légumineuses (fèves et pois), le syndrome hémolytique observé serait lié à l'action de vicine et convicine qui sont inactivées par la chaleur (**Dupin et al., 1992**).

## VI. Intérêts de la fève

### VI.1. Intérêt agronomique

L'intérêt agronomique des légumineuses réside dans leur exploitation dans le cadre d'une agriculture « durable » (**Journet et al., 2001**).

Comme toutes les légumineuses, l'espèce *Vicia faba* assure sa nutrition azotée par deux voix : l'assimilation de l'azote minéral du sol et la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique (**Nori, 2012**) grâce à des bactéries du genre *Rhizobium* ce qui réduit la dépendance des agriculteurs vis-à-vis des engrais chimiques (**Sillero et al., 2010**). Le taux de fixation d'azote est élevé dans les sols profonds à texture lourde avec un apport d'eau adéquat et également pendant le stade de floraison (**Köpke et Nemecek, 2010**).

**Jensen et al. (2010)** rapportent que la fève améliore la teneur du sol en azote avec un apport annuel de 200 kilogrammes de N/ha. Elle améliore aussi sa structure par son système racinaire puissant et dense. Les résidus des récoltes enrichissent le sol en matière organique (**Hamadache, 2003**).

Les fèves sont utilisées dans les cultures associées, cette pratique est fréquente dans de nombreux pays et particulièrement en Chine, elle consiste à la croissance de deux ou plusieurs cultures simultanément et au sein de la même parcelle et a pour objectif de réduire l'utilisation des produits phytosanitaires, d'augmenter le rendement ou de le stabiliser et de réduire les pertes dues aux mauvaises herbes, aux insectes ravageurs et aux maladies (**Köpke et Nemecek, 2010**).

### VI.2. Intérêt écologique

Avec une température optimale de pousse se situe aux environs de 20°C, la fève est capable de s'adapter à des sols très pauvres et très dégradés (**Foltete, 2010**), donc elle a un rôle améliorateur des sols (**Singh et Jauhar, 2005**).

Elle est très sensible à la pollution du sol, ce qui en fait un modèle végétatif utilisé en écotoxicologie dans un grand nombre d'étude (Nori, 2012). La fève est aussi employée pour étudier les réponses des marqueurs au stress oxydant (Radetski, 2004); et d'autres mécanismes de défenses antitoxiques de la plante comme les phytochélatines (Beraud, 2007).

### VI.3. Intérêt nutritionnel

La fève attire une attention croissante en raison de ses propriétés nutritionnelles. Cette légumineuse se distingue par une haute teneur en protéines (Raikos et al., 2014) et un profil d'acides aminés équilibré, à l'exception d'un faible taux en méthionine, en cystéine et en matières grasses (Mattila et al., 2018). Elle est cependant particulièrement riche en lysine (Hood-Nieffer et al., 2012).

Elle constitue une source considérable d'énergie et peut efficacement remplacer les protéines animales dans les pays pauvres (Chaieb et al., 2011).

De plus, c'est une source riche en d'autres nutriments bénéfiques y compris les fibres alimentaires (Karataşetal., 2017), les cendres (Khan et al., 2015) et les composés phénoliques (Turco et al., 2016).

### VI.4. Intérêt sanitaire

Biologiquement, la légumineuse *V. faba* a une faculté pour décrémente la complication et la progression de certaines maladies. Elle joue un rôle conséquent adjuvant pour remédier les maladies consécutives comme le SIDA, l'hypertension, le cœur, les reins, le foie et la maladie de Parkinson (Ellwood et al., 2008).

Elle fait l'objet d'une attention croissante pour ses bienfaits sur la santé en tant qu'aliment possédant une activité antidiabétique (Fatima et Kapoor, 2006 ; Yang et al., 2006; Hussein, 2012), une activité anticancéreuse (Osman et al., 2014), une activité anti obésité (Li et al., 2014), et a un rôle contre le favisme (Meletis, 2012).

## VII. Production de la fève sèche

### VII. 1. Production mondiale

La fève est considérée comme l'une des cultures de légumineuses les plus importantes dans le monde. Ces dernières années, la culture de la fève sèche a reçu une grande attention aux États-Unis, au Canada et en Europe (Etemadi et al., 2018).

Les premiers pays producteurs mondiaux sont la Chine, l'Éthiopie, l'Égypte et le Royaume-Uni. L'Éthiopie est le premier pays producteur de fève en Afrique avec 56% de la production (FAO, 2014).

Selon (FAOSTAT, 2019), la production mondiale la plus élevée a été enregistrée en 2017(4,8 Mt), et les cinq principaux producteurs de féverole étaient la Chine, l'Éthiopie, l'Australie, le Royaume-Uni et l'Allemagne.

## VII. 2. Production nationale

La politique du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural vise à un développement économique du pays et se fixe comme objectif, la sécurité alimentaire, il concerne les productions végétales et le développement des légumes secs (Douba, 2016).

Les données statistiques sur la superficie et la production de la fève sèche en Algérie pour la décennie 2001-2015 sont présentées dans le tableau 02.

**Tableau 02 :** Evaluation de la superficie et la production de la fève sèche en Algérie (FAOSTAT, 2015).

Compagne agricole	Superficie (ha)	Production (qx)	Rendement (qx/ha)
2000/2001	31 416	211 760	6,64
2001/2002	33 565	228 880	6,82
2002/2003	34 028	306 810	9,02
2003/2004	36 767	320 450	8,72
2004/2005	35 031	268 330	7,66
2005/2006	33 537	242 986	7,25
2006/2007	31 284	279 735	8,94
2007/2008	30 688	235 210	7,66
2008/2009	32 278	364 949	11,31
2009/2010	27 782	366 252	8,93
2010/2011	27937	2 483 465	8,92
2011/2012	30 172	2 577 002	8,75
2012/2013	30 833	2 969 634	9,80
2013/2014	30 833	2 959 716	9,61
2014/2015	30 055	2 495 373	8,37

Il en ressort de ces données que la superficie moyenne réservée pour la culture de la fève en Algérie est de 31747 ha, elle présente des variations d'une année à une autre, ce qui influe sur la production qui varie aussi, dont la moyenne de dix années est de 1087370 qx. Nous constatons également des fluctuations du rendement, qui présente une moyenne de 8.56qx/ha.

Le rendement maximal a été noté durant la campagne agricole 2008-2009 avec 11,31qx/ha, par contre le rendement minimal est enregistré durant l'année 2000-2001 avec 6,74qx/ha. Ces variations du rendement peuvent être expliquées, par la mauvaise conduite des cultures ainsi que les conditions climatiques (FAOSTAT, 2015).

### VIII. Biodisponibilité des nutriments de la fève sèche

La biodisponibilité d'un nutriment contenu dans un aliment est la proportion de ce nutriment qui est effectivement utilisable pour assurer les fonctions de l'organisme. Trois phénomènes entrent en jeu : (i) l'absorption par les cellules de l'intestin, (ii) le transport vers les organes et (iii) l'utilisation par l'organisme (Benito et Miller, 1998 ; Hallberg et Hulten, 2002).

Aussi, l'absorption d'un nutriment apporté par l'alimentation est définie comme le pourcentage de ce nutriment qui, après digestion, traverse la muqueuse intestinale et passe dans le sang (Van Dokkum, 1992).

L'absorption est affectée par une gamme de facteurs, y compris les interactions avec d'autres composants des aliments dans le tractus gastro-intestinal (Zhou et Erdman, 1995 ; Zdunczyk et al., 1996 ; Antony et Chandra, 1998 ; Manary et al., 2000).

#### VIII. 1. Biodisponibilité des macronutriments

Pour les nutriments, en particulier les macronutriments, la biodisponibilité est généralement élevée (Manach et al., 2005).

- **Biodisponibilité des lipides**

La biodisponibilité des lipides pourrait être réduite si les protéines des gouttelettes lipidiques ne sont pas entièrement digérées dans le TGI. Il y a eu relativement peu d'études antérieures sur le devenir gastro-intestinal de gouttelettes lipidiques recouvertes de protéines pulsées. Une étude récente sur l'utilisation des protéines de pois et de soja pour enrober l'acide linoléique conjugué (ALC), les gouttelettes ont indiqué que seulement environ 22 à 25% des acides gras libres ont été libérés dans un modèle TGI simulé (Fernandez-Avila et al., 2016).

Ce résultat suggère que les protéines végétales peuvent supprimer la digestion des lipides, une explication alternative pour le niveau de digestion relativement faible de lipides rapportée dans cette étude est que les concentrations de composants intestinaux utilisés dans le modèle TGI (par exemple, enzymes digestives, les sels biliaires et les ions calcium) ne reflètent pas adéquatement les troubles gastro-intestinaux humains (Li et al., 2011).

### VIII. 2. Biodisponibilité des minéraux et des oligoéléments

Les fèves sont une bonne source de minéraux, tels que le phosphore, le potassium, le calcium, le soufre et fer (Vidal-Valverde et al., 1998). Cependant, l'utilisation des minéraux est limitée par la présence d'acide phytique (Vidal-Valverde et al., 2002).

Les facteurs alimentaires pouvant influencer l'absorption d'un minéral sont sa valence, sa teneur et la présence de composés activateurs ou inhibiteurs. Les constituants du régime qui vont améliorer l'absorption des minéraux, et donc leur biodisponibilité, forment généralement des composés solubles avec les minéraux. Ce complexe activateur-minéral peut alors (i) être absorbé sous cette forme, (ii) être hydrolysé de manière à libérer l'élément minéral sous une forme soluble, ou (iii) transférer l'élément à un accepteur sérique ou à un accepteur de la muqueuse (Lestienne, 2004).

L'absorption des minéraux et des oligo-éléments dans l'intestin implique également des mécanismes de transport actif (Manach et al., 2005).

La biodisponibilité d'un minéral varie, non seulement en fonction de l'aliment ingéré, mais aussi en fonction des conditions physiologiques propres à l'individu qui consomme l'aliment (statut en ce minéral, état de santé, sécrétions et pH gastriques, durée du transit) (Benito et Miller, 1998; Reddy et al., 2000; Hallberg et Hulten, 2002).

### VIII. 3. Biodisponibilité des polyphénols

Les fèves contiennent des acides phénoliques. Des études antérieures ont démontré que les acides phénoliques sont biodisponibles. Quand ils sont sous forme d'aglycone, ils sont généralement absorbés dans la partie supérieure de tube digestif. L'acide caféique, L'acide férulique, L'acide coumarique et l'acide chlorogénique peuvent être absorbés par l'estomac (Lafay et Gil-Izquierdo, 2008).

Les flavonols sont les flavonoïdes les plus omniprésents des aliments, les principaux représentants étant la myricétine, quercétine et kaempférol (Yao et al., 2004). La biodisponibilité

de flavonols, en particulier la quercétine, a été largement étudié dans les fruits et légumes. Les données de la littérature indiquent qu'après ingestion, les glycosides de la quercétine sont métabolisés, absorbés et circulent dans le sang (**Kawabata et al., 2015**).

Parmi les flavonoïdes contenus dans la fève, les isoflavones. L'intestin et le foie sont impliqués dans la déglycosylation et l'absorption de ces flavonoïdes glycosylés. Les isoflavones sont récupérés dans des échantillons d'urine (**King et Bursill, 1998**).

Les fèves ont également une source de pro anthocyanidines, également appelés tanins condensés. Les pro anthocyanidines présentes dans les aliments couvrent un large éventail de degré de polymérisation. La plupart passent inchangé au gros intestin où ils sont catabolisés par la microflore colique donnant une diversité des acides phénoliques, qui sont absorbés dans le système circulatoire et excrétés dans l'urine.

Cependant, des études suggèrent que seuls les oligomères de faible poids moléculaire (DP <3) sont absorbés intacts dans le tractus gastro-intestinal (**Déprez et al., 2000 ; Appeldoorn et al., 2009**).

# CHAPITRE II

### Chapitre II : Impact de cuisson sur la composition nutritionnelle de la fève sèche

Les graines des légumineuses contiennent des composantes qui tendent à provoquer des lourdeurs digestives et des ballonnements. C'est pourquoi il est important de bien les cuisiner. Il est nécessaire de les faire cuire longuement de façon à ce que la chaleur rende inoffensifs la plupart des enzymes qui gênent la digestion (El-Naggar *et al.*, 2019).

#### I. Etapes de cuisson des grains

##### I.1. Nettoyage et préparation des grains

Pour la préparation des grains, procédez tout d'abord à un triage manuel des grains dans le but d'éliminer les grains endommagés, les corps étrangers, les pierres (FAO, 1996) et les impuretés de grande taille (tiges, feuilles, cailloux, pièces métalliques...) par tamisage (tamis rotatifs, tamis vibrants) et par passage entre des aimants (Isobe *et al.*, 1992).

##### I.2. Trempage

Le trempage est une pratique très courante avant la cuisson des légumineuses, il a pour but d'aider à éliminer l'enveloppe, d'humidifier et ramollir la graine afin d'abrégier la durée de cuisson. Cette pratique permet également l'élimination des facteurs antinutritionnels tels que les  $\alpha$ -galactosides et les phytates (Abdel-Aal *et al.*, 2018). Un trempage pendant 4 h avec un rapport eau/grains de 5:1 réduit de 5% l'activité de l'hémagglutinine et de 17,4–38,1% la teneur en oxalate. Le trempage cause également des pertes indésirables des éléments nutritifs solubles dans l'eau tels que les éléments minéraux (Bayram *et al.*, 2004).

##### I.3. Cuisson

###### I.3.1. Définition

La cuisson est une opération qui consiste à chauffer un aliment à un certain niveau pendant un certain temps et dans un environnement bien défini (Bimbenet *et al.*, 2002). Cependant, il convient de préciser que, contrairement à un simple chauffage qui se traduit par une élévation réversible de la température, la cuisson transforme l'aliment de façon irréversible en le faisant passer de l'état cru à l'état cuit. Les critères cités précédemment, niveau de

température, temps et instruments de cuisson vont avoir, de façons croisées des impacts sur la cuisson (Rocca, 2007).

Des études récentes ont montré qu'il existe plusieurs façons d'améliorer la disponibilité de nutriments grâce à une bonne sélection de la méthode de cuisson. Selon ces études, les méthodes les plus couramment utilisées pour la cuisson des légumineuses sont la cuisson à la vapeur, la cuisson dans l'eau bouillante, la cuisson sous pression et autoclavage (Tiwari et Cummins, 2013).

Le temps de cuisson est un facteur très important, qui peut différer selon le type de légumineuse et si les graines de légumineuses ont été trempées, séchées, ou non traitées avant la cuisson. Néanmoins, dans la majorité des études examinées, le temps de cuisson varie entre 20 et 40 min (Drulyte et Orlie, 2019).

Pour accélérer le processus de cuisson, les chefs utilisent des additifs tels que l'acide citrique et le bicarbonate de sodium (El-Naggar et al., 2019). Le principal effet du bicarbonate de sodium est de modifier le pH de la solution du trempage et de l'eau de cuisson, qui à son tour adoucit la dureté de l'enveloppe extérieure, réduit le temps de cuisson, altérer le pourcentage des nutriments, la saveur et la consistance des aliments cuits (Avila et al., 2015).

### I.3.2. Méthodes de cuisson

Diverses méthodes de cuisson sont possibles (Joyeux, 1994). Parmi les plus utilisées :

#### I.3.2.1. Cuisson dans l'eau

C'est une cuisson traditionnelle dans l'eau, qui est souvent chauffée jusqu'à ébullition, ce qui donne une température de cuisson limite de 100°C et les aliments y sont plongés plus ou moins tôt pendant une durée variable, ce qui peut avoir une influence sur les caractéristiques du produit final (Drulyte et Orlie, 2019).

#### I.3.2.2. Cuisson à la vapeur

La cuisson à la vapeur met l'aliment en contact directe avec la chaleur en supprimant le phénomène d'osmose. Elle s'effectue à l'aide d'une couscoussière où la vapeur d'eau permet une cuisson homogène et conserve la saveur et la valeur nutritionnelle des aliments cuits (Turkmen

et *al.*, 2005). Elle est en revanche plus longue que la cuisson dans l'eau bouillante (**Dauté et al.**, 2001).

### I.3.2.3. Cuisson sous pression

La cuisson sous pression est une méthode de traitement domestique courante utilisant l'apport à haute énergie pour raccourcir le temps de traitement (**Negi et al.**, 2001).

Elle est basée sur le dépassement du point d'ébullition normal et ambiant d'eau dans une chambre sous pression (autoclave). La durée de cuisson sous pression est inférieure à la traditionnelle. Elle s'effectue généralement en 5 à 15 min (**Drulyte et Orlien**, 2019).

### I.3.2.4. Autre méthode

#### I.3.2.4.1. Extrusion

L'extrusion est un procédé thermique à haute efficacité énergétique dû au cisaillement et à la compression élevée, est probablement la méthode de traitement thermique la plus sévère. Néanmoins, le processus d'extrusion avait un effet positif sur la valeur nutritive des légumineuses (**Batista et al.**, 2010). Ce processus réduit les risques de détérioration et élimine les anti nutriments thermolabiles tels que les inhibiteurs de la trypsine et de la chymotrypsine, des lectines et des inhibiteurs de l' $\alpha$ -amylase (**Alonso et al.**, 2000).

#### I.3.2.4.2. Torrification

La torrification est un traitement thermique visant à améliorer la couleur et l'arôme de certains produits (**Hernandez**, 2002). Cette opération se fait en général à des températures supérieures à 100 °C selon les produits (**Daur et al.**, 2008). La torrification favorise le développement de la couleur, de la flaveur, de la texture et l'apparence des graines. Le produit résultant est raffiné et très apprécié par le consommateur par comparaison aux graines crues (**Pattee et al.**, 1995).

La torrification détruit également les microorganismes indésirables et inactive les enzymes qui favorisent la détérioration du produit au cours du stockage (**Buckholz et al.**, 1980). Ce traitement permet la préservation des nutriments, vu que c'est un traitement sec, comparé à la cuisson humide qui cause le lessivage.

La torréfaction réduit les teneurs en oligosaccharides, néanmoins elle réduit la digestibilité *in vitro* des protéines et de l'amidon (formation d'amidon résistant), et diminue la teneur en riboflavine, en thiamine et en niacine (**Geervani et Theophilus, 1980; Kelkar et al., 1996**).

### II. Impacts de cuisson des grains sur les qualités nutritionnelles, sanitaire et organoleptique

La cuisson a des impacts différents dont l'importance respective diffère suivant le type d'aliment et le mode de cuisson. On peut néanmoins les regrouper en trois groupes principaux : organoleptique, sanitaire et nutritionnel.

#### II.1. Impact organoleptique

Les caractéristiques organoleptiques peuvent être divisées en trois grandes catégories :

- L'apparence, liée aux propriétés visuelles telles que la couleur, la taille ou la forme.
- La flaveur, liée au goût et à l'odeur.
- La texture, liée à des sensations tactiles principalement, même si la vue et l'ouïe peuvent participer à la reconnaissance texturale (**Guy, 2001**).

Au cours de la cuisson, un grand nombre de modifications d'apparence sont dues à des réactions chimiques dont la chaleur apportée par la cuisson n'en est que l'accélérateur. Elle provoque une dénaturation des parois celluloses des cellules et les rend perméables. Pour de nombreux végétaux qui sont consommés sous forme de graines, la cuisson à l'eau, fréquente pour ce type d'aliment, en permet justement une certaine absorption. Ainsi, leur volume augmente souvent au cours de cuisson (**Legrand et al., 2007**).

Dans le cas des légumineuses, les couleurs étant souvent dues à des pigments spécifiques: anthocyanes, chlorophylle, caroténoïdes, etc., soit hydrophiles comme les anthocyanes, soit hydrophobes comme la chlorophylle et les caroténoïdes (**Hutchings, 2011**), ces derniers restent sensibles au lessivage par l'eau de cuisson car ils peuvent être emportés avec d'autres composants relargies suite à la détérioration des structures végétales. Néanmoins, les caroténoïdes, souvent en grandes quantités sont peu détruits par des cuissons ménagères (**Rocca-Poliméni, 2007**).

## Chapitre II : Impact de cuisson sur la composition nutritionnelle de la fève sèche

La saveur résulte de notre perception sensorielle globale. C'est-à-dire à la fois notre sens du goût et de l'odorat mais aussi du toucher, de la température et autres sensations provoquées lors de l'appréciation d'un aliment (**Moulton, 1982**). Dans le cas de la modification de la saveur au cours de la cuisson, seulement l'apparition d'odeurs et la création de goûts est décrite. Ils résultent de plusieurs réactions physico-chimiques qui sont soit des synthèses, soit des dégradations de molécules. Ces réactions provoquent l'apparition et le dégagement partiel des cocktails aromatiques dans l'atmosphère. Ces cocktails sont composés de molécules volatiles à faible poids moléculaire dont le nombre peut être très élevé (**Maarse et al., 1989**).

La cuisson est souvent un moyen d'obtenir une texture originale pour un aliment. Parfois homogène comme dans le cas des légumes bouillis, parfois hétérogènes comme pour les grillades ou la cuisson de produits céréaliers, les procédés de cuissons permettent d'obtenir différents résultats (**Rocca-Poliméni, 2007**).

### II.2. Impact sanitaire

Les aliments crus peuvent être contaminés, soit par des micro-organismes, soit par des toxines. Comme la plupart du temps c'est sur la surface des aliments que se trouve la contamination, un simple lavage et des conditions optimales de manipulations permettent de la réduire mais parfois, celle-ci peut être interne, comme dans le cas de toxines intrinsèques (**Mitjavila, 1986**), en particulier chez les végétaux (**Fosse et Magras, 2004**). La cuisson par action de la température, contribue souvent à les rendre plus sains. On peut considérer que la cuisson entraîne la destruction de tout ou partie de la flore thermosensible (**Cuq et al., 1992**) et l'élimination de nombreuses toxines. Par exemple, **Hwang et Lee (2006)** ont montré que la cuisson réduit la concentration des Aflatoxine B<sub>1</sub>.

Il ne faut pas oublier que la cuisson peut aussi avoir un effet néfaste. En particulier avec la création de molécules cancérigènes, d'autant plus générées que la température de cuisson est élevée (**Sugimura, 2002**).

### II.3. Impact nutritionnel

Les modes de cuisson ont des effets plutôt favorables surtout s'ils sont réalisés en milieu humide. Ils améliorent les qualités organoleptiques et la digestibilité. Ils détruisent les agents pathogènes et les facteurs antinutritionnels ou toxiques (**Favre et Robert, 2012**).

### II.3.1. Sur les protéines

La plupart des préparations culinaires n'abaissent que peu ou pas la valeur nutritionnelle des protéines. Certains ont même des effets favorables. Cependant, des modifications défavorables apparaissent parfois. Elles affectent, dans la plupart des cas, la structure primaire des protéines et la diminution des teneurs en acides aminés indispensables (Cuq, 1992).

Les principales causes de pertes nutritionnelles imputables à la réaction de Maillard sont la destruction d'acides aminés essentiels, tels que la lysine, et la réduction de la digestibilité des protéines (Tessier et al., 2007). Même dans des conditions de traitement thermique élevé (extrusion), des caséines modifiées par réaction de Maillard étaient encore très bien digérées et assimilées (Alamir et al., 2012).

La composition chimique est également affectée par la cuisson (Wang et al., 2009). De même la cuisson pendant une longue durée réduit la valeur nutritionnelle par la diminution du taux de certains acides aminés essentiels tels que la tryptophane et la méthionine (Youssef et al., 1986), les acides aminés aromatiques subissent des réactions d'hydroxylation. Ces modifications oxydatives des acides aminés, dont certains sont essentiels conduisent à une diminution de la valeur nutritionnelle des protéines (Gatellier et al., 2008).

Les traitements thermiques entraînent une dénaturation protéique rapide qui se traduit par des changements de conformation (Yongsawatdigul et Patk, 2003) et une augmentation de l'hydrophobie de surface (Promeyrat et al., 2010).

### II.3.2. Sur les glucides

La teneur en sucres a montré une diminution après la cuisson des aliments suite à leur implication dans plusieurs réactions pendant le traitement thermique (Boumendjel et al., 2012). Les glucides réducteurs sont susceptibles de réagir avec certains groupements aminés des protéines au cours d'un traitement thermique : c'est la réaction de Maillard (Cuq, 1992).

Les grains d'amidons natifs, qui sont des cristaux sphériques, pratiquement insolubles dans l'eau froide, lors d'un traitement par la chaleur en milieu humide à des températures supérieures à 60 °C et en présence d'un excès d'eau, subissent un processus complexe: gonflement irréversible du grain dû à la rupture des liaisons hydrogène, solubilisation du contenu

granulaire et perte de la structure semi-cristalline du grain d'amidon. Au cours du refroidissement, l'amidon gélatinisé forme un gel (**Bahrani, 2012**).

### II.3.3. Sur les lipides

Les lipides peuvent subir au cours des préparations culinaires de nombreuses modifications chimiques (**Cuq, 1992**). Ces modifications peuvent affecter leur valeur nutritionnelle. La chaleur peut produire différents effets dont les principaux sont : hydrolyse des lipides et production d'acides gras libres, polymérisation d'acides gras, formation de polymères cycliques. Ces modifications se produisent sur les doubles liaisons d'acides gras insaturés et provoquent ainsi des pertes d'acides gras indispensables (**Malewiak et al., 1992**).

L'hydrolyse des liaisons esters des lipides (lipolyse) peut se produire sous l'effet de la chaleur en milieu humide. Ce phénomène est le plus important au cours de la friture, essentiellement en raison de l'eau apportée par l'aliment à frire et par la température élevée de l'huile (**Malewiak et al., 1992**).

### II.3.4. Sur les sels minéraux

Des pertes en sels minéraux sont susceptibles de se produire au cours de cuisson dans l'eau. Les traitements thermiques en milieu aqueux conduisent à des pertes souvent importantes en éléments minéraux. Les sels minéraux solubles diffusent de l'aliment vers la phase aqueuse ce passage des sels minéraux dans l'eau de traitement dépend de leur solubilité et essentiellement du pH (**Mebdoua, 2011**).

**Granito et al., (2007)** ont observé qu'il y avait une plus grande perte de calcium, magnésium, potassium, zinc et fer dans les fèves cuites. Cependant, les minéraux perdus pendant la cuisson se lessivent vers l'eau de cuisson (**Huma et al., 2008**). D'autre part, un gain en certains minéraux est observé dans certaines situations : la cuisson dans une eau dure entraîne un enrichissement en calcium (**Cuq, 1992**).

### II.3.5. Sur les vitamines

Les vitamines sont des micronutriments à faible liaison dans les aliments et altérés facilement lors des traitements thermiques et exceptionnellement durant la cuisson (**Kondjoyan,**

2008). Les pertes de vitamines lors de cuisson dépendent essentiellement du type de traitement, couple temps-températures et de l'humidité ambiante (cuisson sèche ou humide).

20 à 50% de la teneur initiale en vitamine B peuvent être perdus au cours de l'opération de cuisson (Culioli *et al.*, 2003). La vitamine B1 (VitB1) ou thiamine est la vitamine hydrophile la plus instable. Elle est très soluble dans l'eau et particulièrement instable à la chaleur, en milieu neutre ou alcalin (Fillion *et Henry*, 1998). La vitamine B9 est nettement moins soluble. Ses pertes à la cuisson sont liées à la sensibilité de cette vitamine aux rayons UV, à la lumière, à l'air, aux oxydants réducteurs et pH extrêmes (Stea *et al.*, 2007).

Le chauffage survenu pendant la cuisson réduit fortement la vitamine C, bien que des méthodes de cuisson plus rapides comme le micro-ondes induisent moins de pertes de vitamine C grâce à un chauffage plus efficace (Vallejo *et al.*, 2002 ; Martínez *et al.*, 2013 ; Castillejoet *al.*, 2017). Elle peut être détruite en totalité, en particulier dans les aliments dont le pH est supérieur à 4,5 car elle est la vitamine la plus fragile parmi les vitamines hydrosolubles (Nursal *et Yücecan*, 2000).

### III.3.6. Sur les facteurs antinutritionnels

Les traitements thermiques des légumineuses impliquant la cuisson et le rôtissage est utilisé pour éliminer les facteurs antinutritionnels (Gujral *et al.*, 2013) et garantir une qualité sensorielle acceptable (Klamczynska *et al.* , 2001 ; Satya *et al.*, 2010).

La réduction ou l'élimination des antinutriments est nécessaire pour prévenir l'intoxication et améliorer l'utilisation biologique des légumineuses (Habiba, 2002).

#### III.3.6.1. Inhibiteurs trypsiques

Les inhibiteurs trypsiques ont une structure très compacte, très résistante, en raison de leur teneur exceptionnellement élevée en ponts disulfure. Cette structure leur confère également une certaine résistance à la dénaturation par la chaleur (Aumaitre *et al.*, 1992). En conséquence, leur inactivation n'est atteinte qu'après des traitements assez drastiques : si la cuisson à la vapeur (80 °C) n'est pas suffisante pour permettre leur inactivation, un autoclavage à 100 °C pendant 15 min, ou une cuisson-extrusion sont efficaces (Lessire *et al.*, 1988) pour permettre leur inactivation totale. La cuisson-extrusion permet de réduire la teneur en facteurs antitrypsiques des graines de légumineuses (Abd-El-hady *et al.*, 2003).

### III.3.6.2. Lectines

En raison de leur nature sensible à la chaleur, les lectines sont considérablement réduites à des quantités indétectables par la cuisson et l'autoclavage. La combinaison du trempage et la cuisson étaient plus prononcées pour l'inactivation des lectines (**Shimelis et Rakshit, 2007**).

Les traitements thermiques sont susceptibles d'inactiver les lectines, par dénaturation de leur structure. Comme pour les inhibiteurs trypsiques, la dénaturation (et donc l'inactivation) des lectines nécessite l'emploi de températures assez élevées ; la cuisson à la vapeur ne semble pas affecter l'activité des lectines chez la féverole (**Gatel, 1992**).

### III.3.6.3. Tanins

Les traitements thermiques semblent diminuer légèrement la quantité de tanins dosés chez la fève (**Pastuszewska et al., 1992**). Le chauffage pourrait éventuellement diminuer leur capacité de liaison avec les protéines (**Gatel, 1992**).

### III.3.6.4. Fibres

La cuisson à la vapeur ou l'extrusion sont susceptibles de détruire l'organisation cellulaire des fèves (**Carré et al., 1991 ; Ben Hdech, 1993**). On peut donc supposer que les protéines seront plus accessibles à l'hydrolyse enzymatique après ce type de traitement.

### III.3.6.4. Phytates

Peu de travaux ont été consacrés à l'effet des traitements technologiques sur les phytates, un traitement thermique appliqué après trempage semble diminuer la quantité de phytates(**Gorospe et al., 1992**).

### III.3.6.5. Polyphénols

Le trempage, l'ébullition et l'autoclavage peuvent causer la perte des composés phénoliques (**Siah et al., 2012**). La cuisson de certains légumes à une température de 100°C (10 à 30 min) affecte leur teneur en composés phénoliques. Cependant, un chauffage modéré (50 °C pendant 10 à 30 min) préserve 80-100% de polyphénols (**Roy et al., 2007**).

# CHAPITRE III

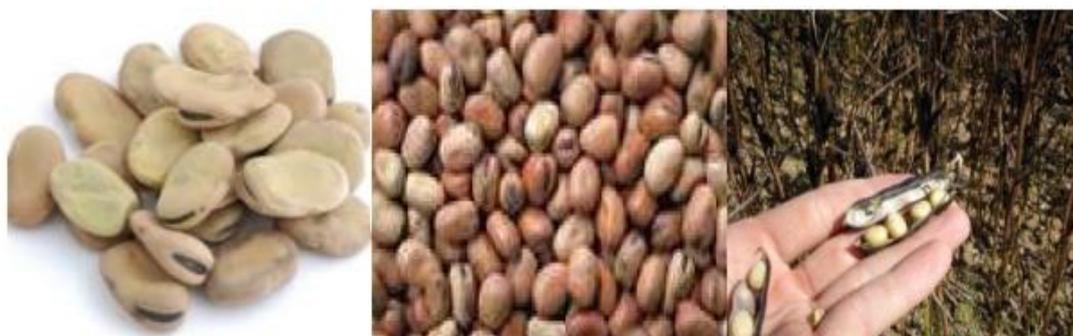
### Chapitre III. Etude de quelques résultats de l'impact de cuisson sur la composition nutritionnelle de la fève sèche

#### I. Matériel végétal

Les articles que nous avons consultés ont étudié deux variétés de fève (*Vicia faba major* et *Vicia faba minor*).

D'après (Sadiki et Lazrak, 1998) ;

- *Vicia faba major* : c'est la fève dont la grosse graine, aplatie peut mesurer 2 à 3 cm de longueur et porte un long hile noir. Le poids de 1000 grains est supérieur à 1500 grammes.
- *Vicia faba minor* : c'est la féverole dont la graine plus petite et plus ou moins cylindrique. Le poids de 1000 grains est inférieur à 1000 grammes (figure 03).



*Vicia faba major*

*Vicia faba minor*

**Figure 03** : Graines des fève et féverole (PROLEA, 2009).

#### II. Analyse des résultats

##### II.1. pH

Le potentiel hydrique, noté pH, est une mesure de l'activité chimique des protons en solution. Il est déterminé selon la méthode (LVS EN ISO 10520: 2001).

D'après cette méthode, les grains ont été écrasés dans un mortier jusqu'à l'obtention d'une poudre homogène. Puis 10g de l'échantillon a été pesé dans une fiole tarée de 150 ml. De l'eau a été ajoutée jusqu'à 100 ml ; l'échantillon était soigneusement mélangé, recouvert de parafilm et laissé pendant une nuit. Le lendemain, l'échantillon a été filtré et le pH a été mesuré dans du filtrat en utilisant le pH-mètre (Liene et Sandra, 2016). Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau ci-dessous.

### Chapitre III. Etude de quelques résultats de l'impact de cuisson sur la composition nutritionnelle de la fève sèche

**Tableau3** : pH avant et après cuisson des grains (**Liene et Sandra, 2016**).

Variété	Etat cru	Etat cuit
<i>Minor</i>	6,76	6,41

Le pH de l'échantillon cru de féverole (6,76) était légèrement supérieur au pH de l'échantillon cuit de la même variété (6,41). La diminution du pH pourrait s'expliquer par la modification de l'état rhéologique de l'amidon qui se produit lors de processus de cuisson (**Liene et Sandra, 2016**). Les propriétés d'amidons peuvent être modulées avec le pH de milieu, la capacité de liaisons de l'eau des mélanges augmentait avec le pH (**Katayama et al., 2002**).

#### II.2. Teneur en eau

La teneur en eau est la mesure du contenu d'humidité du grain. Le grain ayant une teneur en eau acceptable se situe dans la plage de grain sec. Au fur et à mesure que la teneur en eau augmente, le grain se situe dans les plages de grain gourd, humide, mouillé ou trempé. Il est important de déterminer la teneur en eau des grains pour la qualité, la salubrité et le stockage du grain. La teneur en humidité des échantillons a été déterminée selon la méthode de (**AOAC, 2000**) dont le principe est de sécher 3 g de l'échantillon dans une étuve à 105°C jusqu'à l'obtention d'un poids constant.

Les résultats obtenus par (**Abusin et al., 2009**) sont présentés dans le tableau n°4.

**Tableau 4** : Teneur en eau avant et après la cuisson des grains (%) (**Abusin et al., 2009**).

Variétés	Etat cru(%)	Etat cuit(%)
<i>Minor(BB7)</i>	3,92	4,77
<i>Minor(H.93)</i>	4,07	4,35

La teneur en eau est un critère de qualité qui nous renseigne sur la stabilité du produit. Ces faibles teneurs en eau sont favorables à une bonne conservation des grains. En plus, elles présentent des avantages sur la diminution de la vitesse d'oxydation et de l'activité enzymatique, et également sur la richesse en matière sèche et l'augmentation de la valeur énergétique (**Malewiak et al., 1992**).

## Chapitre III. Etude de quelques résultats de l'impact de cuisson sur la composition nutritionnelle de la fève sèche

### ➤ Etat cru

D'après ces résultats, la variété *Minor (H.93)* semble être plus humide que la variété *Minor (BB7)*. D'après (Rousselle et al., 1996 ; Mattila et Hellström, 2007), la teneur en eau, varie principalement en fonction de la variété, mais dépend également des techniques culturales, et de l'âge physiologique de la plante. Selon (Mebdoua, 2011), la teneur en eau dépend de plusieurs facteurs tel que, les conditions climatiques et les conditions de stockage.

### ➤ Etat cuit

Après cuisson des grains, la variété *Minor (BB7)* semble être la plus humide ce qui pourrait être expliqué probablement par l'effet variétal.

### ➤ Comparaison entre l'état cru et l'état cuit

Selon Abusin et al., (2009), une augmentation de la teneur en eau a été constatée pour les deux variétés après cuisson des grains. Ceci pourrait être dû au gonflement des grains par le phénomène d'osmose.

## II.3. Cendres

La teneur en cendre a été déterminée, par incinération des grains broyés, dans un four à moufle selon la norme internationale (ISO 2171 : 2007), dont le principe repose sur la calcination de 2 g de poudre à une température de 550°C. Le taux de cendre est exprimé en pourcentage par rapport à la matière sèche selon la formule suivante :

$$TC \% = (m_2 - m_1) \times \frac{100}{m_0} \times \frac{100}{100 - H}$$

$m_0$  : masse en gramme de la prise d'essai.

$m_1$  : masse en gramme de la capsule d'incinération.

$m_2$  : masse en gramme de la capsule d'incinération et du résidu d'incinération.

$H$  : teneur en eau (%) en masse de l'échantillon.

Les résultats obtenus par (Khalil et al., 1995) et (Khalil, 2001) sont présentés dans le tableau ci-dessous.

### Chapitre III. Etude de quelques résultats de l'impact de cuisson sur la composition nutritionnelle de la fève sèche

**Tableau 5** : Teneur en cendre avant et après la cuisson des grains (g / 100 g).(Khalil et al., 1995; Khalil, 2001)

Variétés	Etat cru (g / 100 g)	Etat cuit (g / 100 g)	Référence
<i>Minor</i>	4.2	4.0	<b>Khalil et al., 1995</b>
<i>Minor</i>	4.30	3.33	<b>Khalil, 2001</b>

#### ➤ **Etat cru**

Selon ces deux études, il n'y a pas de différence dans la teneur en cendre entre les deux variétés étudiées.

Les cendres représentent le contenu minéral des grains, leur teneur est un facteur dépendant des conditions agro climatiques notamment le sol (**Akingbade et al., 2009**). Selon **Kouassi et al (2013)**, cette variation pourrait s'expliquer par la nature, le pH et sur lequel sont cultivées les variétés.

#### ➤ **Etat cuit**

La teneur en cendres obtenue par **Khalil et al., (1995)** (4,0 g/100g) est légèrement supérieur à celui obtenu par **Khalil (2001)** (3,33 g / 100g). Selon **Elmaki et al., (2007)**, cette variation pourrait s'expliquer par la différence de la durée de cuisson, aussi il peut être lié à la structure et à la localisation des minéraux dans les graines.

#### ➤ **Comparaison entre l'état cru et l'état cuit**

Après cuisson des grains, la teneur en cendres a été diminué (**Khalil, 2001 ; Khalil et al., 1995**). Selon **Akingbade et al. (2009)** ; les pertes observées pourraient s'expliquer par le phénomène de diffusion favorisé par l'épaisseur des téguments. D'après **Wang et al. (2008)** ; **Wang et al. (2009)** et **Wang et al. (2010)** la réduction de la teneur en cendre est attribuée à la diffusion de certains éléments minéraux dans l'eau de cuisson ; **Haytowitz et Matthews (1983)** ont rapporté que la cuisson cause des pertes considérables en éléments minéraux chez les légumineuses.

Selon **Bressani, (2000)**, le problème de la cuisson chez les légumineuses est étroitement lié à leurs teneurs en sel minéraux. D'après **Dupin et al. (1992)**, les sels minéraux solubles diffusent de l'aliment vers la phase aqueuse, ce passage des sels minéraux dans l'eau de traitement dépend de leur solubilité et essentiellement du pH. La chaleur accélère les vitesses de

## Chapitre III. Etude de quelques résultats de l'impact de cuisson sur la composition nutritionnelle de la fève sèche

transfert de matière, ainsi les substances minérales diffusent d'autant plus vite du produit végétal vers le milieu aqueux que la température est élevée et la surface de contact importante.

Selon **Abusin et al. (2009)** et **Shah et al. (2011)**, Ces pertes pourraient s'expliquer par une désintégration de l'enveloppe des grains, cette hypothèse est corroborée par plusieurs auteurs qui ont attribué ces pertes au phénomène de lixiviation des macros et micros éléments dans l'eau de cuisson dû à la perméabilité et aux brisures de l'enveloppe des grains.

### II.4. Dosage des macronutriments

#### II.4.1 Dosage des protéines

De nombreuses techniques instrumentales sont utilisées pour déterminer la concentration de plusieurs espèces organiques (acides aminés et protéines).

Le choix de la méthode de dosage dépend infiniment de la disponibilité des protéines et des échantillons nécessaires pour l'étude (**Gillespie et al., 2011**).

La détermination de la teneur en protéines totales a été effectuée selon la méthode de Kjeldahl (**AOAC, 1999**). Cette méthode est basée sur la transformation de l'azote organique en azote minéral sous forme ammoniacale  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  par l'action oxydative de l'acide sulfurique bouillant sur la matière organique en présence d'un catalyseur.

La teneur en azote total ( $N_t$ ) est déterminée selon la formule suivante :

$$N_t(\%) = \%N \times F = \frac{(V_1 - V_0) \times CN \times 14,01 \times F}{M(\text{échantillon})}$$

Avec :

$N_t$  : azote total pour 100 g d'échantillon,

$V_1$  : Volume de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  en ml Nécessaire à la titration de l'échantillon,

$V_0$  : Volume de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  en ml nécessaire à la titration du blanc,

CN : Masse moléculaire atomique de l'azote soit 14 g/mole,

N : Normalité de l'acide sulfurique,

M: Matière sèche de la prise d'essai en g.

F : Facteur dépend de l'aliment utilisé.

Les résultats d'**Abusin** sont présentés dans le tableau ci-dessous.

### Chapitre III. Etude de quelques résultats de l'impact de cuisson sur la composition nutritionnelle de la fève sèche

**Tableau 6 :** Teneur en protéine avant et après cuisson des grains(%) (**Abusin, 2007;Abusin et al., 2009**).

Variétés	Etat cru(%)	Etat cuit(%)	Référence
<i>Minor</i>	29,57	27,67	<b>Abusin, 2007</b>
<i>Minor</i>	31,83	28,15	<b>Abusin et al., 2009</b>

#### ➤ **Etat cru**

Les résultats de l'échantillon cru obtenus par (**Abusin et al., 2009**) sont supérieures à celui de (**Abusin, 2007**). Cette différence peut être liée à la composition chimique des échantillons utilisés pour chaque auteur (**Youssef et al., 1982**).

**Fehr et al. (2003)** ont montrés que les conditions environnementales influencent la concentration en protéines. La teneur en protéine est très variable en fonction de la température, la disponibilité hydrique et l'application des engrais aussi influe la composition de la même variété (**Rodriguez-Amaya et Kimura, 2004**).

#### ➤ **Etat cuit**

D'après les résultats cités au-dessus, on remarque que la valeur obtenue par (**Abusin, 2007**) est inférieur à celui de (**Abusin et al., 2009**). Cette différence est variable selon le solvant et/ou aux techniques d'extraction et de dosage (**Mezajougkenfack, 2010**), le processus et la durée de cuisson (**Drulyte et Orlien, 2019**) qui provoquent la lixiviation de protéines hydrosolubles pendant la cuisson (**Negi et al., 2001**) ou bien les prétraitements utilisés avant la cuisson tel que le trempage (**Drulyte et Orlien, 2019**).

#### ➤ **Comparaison entre l'état cru et l'état cuit**

Les résultats cités ci-dessus indiquent une diminution de la teneur en protéines dans les deux travaux étudiés.

L'une des plus importantes caractéristiques nutritives de la fève est sa teneur en protéine. Malheureusement la cuisson dans l'eau bouillante qui est la méthode couramment employée induit des pertes protéiques. Cette réduction pourrait être attribuée à une diffusion partielle de certains acides aminés et d'autres composés azotés (**Ranjani, 2009**) ou du blocage de certains groupements amine dans des réactions de Maillard favorisées par l'augmentation du temps de

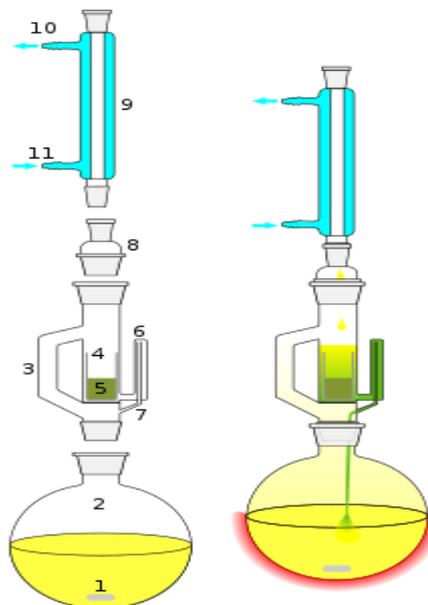
### Chapitre III. Etude de quelques résultats de l'impact de cuisson sur la composition nutritionnelle de la fève sèche

cuisson (Gonzalo et al.2002). D'autres interactions favorisées par les mouvements de l'eau et la chaleur pourraient également intervenir dans le blocage des acides aminés (Moughan et Rutherford, 2008) tels que la lysine, le tryptophane et la totalité des acides aminés aromatiques (Hefnawy, 2011).

#### II.4.2. Dosage des lipides

La méthode Soxhlet (figure 04) est la méthode la plus utilisée pour l'extraction de la matière grasse dans les aliments solides déshydratés, c'est une méthode de référence gravimétrique (Salghi, 2005).

Le principe de cette méthode est d'atteindre la température d'ébullition du solvant afin que les vapeurs montent dans le tube de retour de distillation et se condensent. Cette dernière retombe alors dans le réservoir contenant la cartouche de cellulose et solubilise la substance à extraire. Le réservoir se remplit, et dès que le niveau du solvant est à la hauteur du haut du siphon, (numéro 6 sur le schéma ci-dessus) le réservoir se vidange automatiquement (c'est un cycle). Le solvant et les lipides sont entrainés dans le ballon. Pour réaliser une extraction correcte, il faut régler le chauffe-ballon de manière à obtenir 20 cycles par heure pendant 5 heures. A la fin de L'extraction, le solvant est évaporé à l'aide d'un évaporateur rotatif. On pèse alors le ballon et la différence avec la masse initiale donne la masse de lipides (Meunier, 2011).



**Figure 04 :** Appareil Soxhlet (Meunier, 2011).

1/ Billes à ébullition. 2/ Ballon en pyrex de 250 ml rempli de 100 ml de solvant. 3/ Retour de distillation. 4/ Corps en verre. 5/ Cartouche de cellulose. 6/ Haut du siphon. 7/ Sortie du siphon. 8/ Adaptateur d'expansion (inutile ici car toute la verrerie est en 24/40). 9/ Condenseur. 10/ Entrée de l'eau de refroidissement. 11/ Sortie de l'eau de refroidissement.

## Chapitre III. Etude de quelques résultats de l'impact de cuisson sur la composition nutritionnelle de la fève sèche

- **Expression des résultats**

$$TAUX\ DE\ MG\ \% = \frac{P1-P2}{E} \times 100$$

P1 = poids de ballon vide (avant extraction)

P2 = poids de ballon après séchage (après extraction)

E = masse de l'échantillon analysé

Quelques résultats obtenus sont présentés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 7 : Teneur en lipide avant et après cuisson des grains (g/100g) (Beghachi et Boutria, 2011 ; Khalil, 2001)**

Variétés	Etat cru (g/100g)	Etat cuit (g/100g)	Référence
<i>Major</i>	2.25	0.8	<b>Beghachi et Boutria, 2011</b>
<i>Minor</i>	1.31	1.00	<b>Khalil, 2001</b>

- **Etat cru**

Selon les résultats obtenus, il y'a une différence entre les deux échantillons, la variété *Major* semble être plus riche par rapport à la variété *Minor*. Cette différence peut être due à la différence variétale, aux conditions climatiques et aux positions géographiques des plants utilisés (Khalil, 2001).

- **Etat cuit**

Une différence entre les résultats à l'état cuit des deux variétés a été constatée, cette différence peut être la conséquence de la différence entre les méthodes utilisées pour la cuisson des fèves. Ces résultats montrent que la cuisson dans l'eau bouillante entraîne effectivement des pertes qui sont dues au fait que les lipides n'étant pas soluble dans l'eau, ils ne pouvaient diffuser que suite à l'éclatement des cellules végétale au cours de la cuisson (Al-Masri, 2015).

- **Comparaison entre l'état cru et l'état cuit**

D'après les résultats obtenus, les auteurs remarquent qu'après la cuisson, les teneurs en lipides sont réduites de 2.25 à 0.8g/ 100g et de 1.31 à 1.00g/100g pour la variété *Major* et la variété *Minor* respectivement. Selon Cuq (1992), la réduction de la teneur en lipides après cuisson (autoclavage) est due à l'hydrolyse des liaisons esters des lipides qui peut se produire sous l'effet de la chaleur en milieu humide (cuisson en milieu aqueux).

### Chapitre III. Etude de quelques résultats de l'impact de cuisson sur la composition nutritionnelle de la fève sèche

Au cours d'un chauffage prolongé à des températures supérieures à 200 °C, les lipides subissent une décomposition (Malewiak et al., 1992). Il se forme de très nombreux composés (acides, acroléine, cétones, monomères, etc.).

D'après Salghi (2005), l'extraction de la matière grasse par la méthode soxhlet peut être affecté par plusieurs facteurs qui influent la précision et l'exactitude des résultats comme : la taille des particules de l'aliment, temps d'extraction trop court donne des résultats inférieurs (extraction incomplète),...

#### II.4.3 Dosage des glucides

Il existe beaucoup de méthodes de dosage des glucides. Certaines de ces méthodes utilisent le pouvoir réducteur ou non réducteur des sucres. Un sucre réducteur doit posséder dans sa structure une fonction aldéhyde ou cétone libre (Rachid, 1978).

D'après Huma et al (2008), les sucres totaux ont été déterminés par la méthode de Lane Eynon dans les légumineuses. C'est une méthode volumétrique pour la détermination des sucres réducteurs totaux dans les aliments. C'est une méthode empirique qui relie, à l'aide d'une table de conversion, une quantité de sucres réducteurs contenus dans un volume de solution alimentaire requis pour réduire un volume donné de réactif de Fehling (Rachid, 1978).

Les résultats de dosage des glucides de (Rémond et Walrand, 2017) sont présentés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 8** : Teneur en glucides avant et après cuisson des grains (g/100g) (Rémond et Walrand, 2017).

Variété	Etats crus (g / 100 g)	Etats cuit (g / 100 g)
Major	58,3	19,7

Après cuisson des grains, la teneur en glucides a été diminuée. D'après Al-Masri (2015), Cette baisse pourrait être la conséquence de la lixiviation des parties solubles d'amidon, et des sucres solubles par l'eau bouillante pendant le processus de cuisson. Selon Frias et al. (2000), Cette réduction est due à la diffusion des sucres dans l'eau de traitement, elle dépend de l'épaisseur des téguments des graines ainsi que de leur perméabilité. Ces pertes en sucres solubles sont en grande partie bénéfiques puisqu'elles comportent un grand pourcentage des sucres responsables de flatulences tels que le stachyose, la raffinose et le verbascose.

## Chapitre III. Etude de quelques résultats de l'impact de cuisson sur la composition nutritionnelle de la fève sèche

### II.4.4 Détermination de la teneur en fibres

La teneur en fibres alimentaires a été déterminée par la méthode AACC 32-07 (AACC, 1999). Le principe de cette méthode est basé sur une combinaison de méthodes enzymatiques et gravimétriques. Le taux de fibres est équivalent au poids du résidu de produit gélatinisé puis digéré successivement par l' $\alpha$ -amylase, une protéase et l'amyloglucosidase moins le poids des protéines résiduelles et des cendres (Makhlouf, 2012).

#### Mode opératoire

- **Digestion**

Dans des Erlenmeyers 0.2 g de chaque échantillon a été mélangé avec 10 ml de solution tampon phosphate, pH 6.0 et 0.02 ml d'une solution d' $\alpha$ -amylase d'*Aspergillus Niger* (Roche : Basel, Switzerland) y a été ajouté. Les Erlenmeyers ont été par la suite recouverts avec du papier aluminium et introduits dans un bain-marie maintenu à 90°C sous agitation pendant 15 min. Après refroidissement, le pH des solutions a été ajusté à  $7,5 \pm 0,2$  par ajout de 10 ml d'une solution de NaOH 0,275 N. Dès lors, 0,02 ml de protéase du pancréas bovin (Type I : P 4630-1G) a été ajouté et l'ensemble a été incubé pendant 30 min au bain-marie à 60 °C. Après refroidissement, le pH a été à nouveau ajusté entre 4,0 et 4,06 par addition de 2 ml de HCL 0,325 M. Un volume de 0,02 ml d'une solution d'amyloglucosidase d'*Aspergillus Niger* (Roche : Basel, Switzerland) a été alors ajouté et l'ensemble a été incubé dans les mêmes conditions après ajout de NaOH. Ensuite, 4 volumes d'éthanol à 90 ° ont été ajoutés de façon à compléter le volume de la solution à 50 ml. Afin de permettre une précipitation complète, les solutions ont été incubées une nuit entière (Makhlouf, 2012).

- **Filtration**

La filtration des solutions a été effectuée à travers du papier filtre Whatmann N°1. Le résidu a été lavé avec 12 ml d'éthanol à 78% puis enveloppé dans le papier filtre utilisé, et séché à l'étuve à 105 °C pendant 24 h et pesé. Une moitié du résidu a été utilisée pour la détermination du taux de cendres par incinération dans un four à moufle pendant 3 heures et l'autre moitié a servi à la détermination des protéines résiduelles par la méthode de **Lowry et al. (1951)**. Le taux de fibres alimentaires (Tf) exprimé en gramme pour 100 g de matière sèche dans les échantillons a été déterminé par la différence entre le poids du résidu sec et celui des protéines résiduelles et des cendres

$$Tf(\%) = \frac{[Mr - (Mpr + Mc)] * 100}{Ms}$$

### Chapitre III. Etude de quelques résultats de l'impact de cuisson sur la composition nutritionnelle de la fève sèche

Avec

Mr = masse du résidu ;

Mpr = masse des protéines résiduelles ;

Mc = masse des cendres ;

Ms = matière sèche dans la prise d'essai (**Makhlouf, 2012**).

Les résultats de dosage des fibres des variétés *Minor (BB7)* et *Minor(H93)* avant et après cuisson sont présentés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 9** : Teneur en fibre avant et après la cuisson des grains (%).(**Abusin et al., 2009**).

Variétés	Etat cru (%)	Etat cuit (%)	Référence
<i>Minor (BB7)</i>	11,96	13,86	<b>Abusin et al., 2009.</b>
<i>Minor(H93)</i>	10,88	13,63	

#### ➤ **Etat cru**

Selon les résultats obtenus, il y'a une différence entre les deux échantillons. Cette différence peut être due à la différence de sérovar (11,96 % pour BB7 et 10,88 % pour H.93).Également, elle peut être due à des différences dans les conditions de croissance (**Abusin et al., 2009**).

#### ➤ **Etat cuit**

Malgré que la méthode utilisée dans la cuisson soit la même, les résultats obtenus sont différents (13,86 % pour la variété *MinorBB7* et 13,63 % pour la variété *Minor H.93*). Cette différence est due à la différence en teneurs primaires des fibres aux états crus des deux sérovars.

#### ➤ **Comparaison des teneurs en fibres de la fève en état cru et cuit**

Les traitements thermiques peuvent changer les propriétés physicochimiques des fibres alimentaires. Les résultats dans le tableau 09 ont montré que lors du traitement thermique, la teneur en fibres est augmentée par 1.9% pour le sérovarBB7 et 2.75 pour le sérovarH.93%.

La structure et les propriétés physico-chimiques des fibres alimentaires sont facilement affectés par les traitements des aliments qui à leur tour conduisent à des changements à la fois souhaitables et indésirables dans les propriétés fonctionnelles et nutritionnelles de la fibre. (**Zhang et al., 2011**). Selon **Wolf (2010)** une température élevée augmente la quantité des fibres.

## Chapitre III. Etude de quelques résultats de l'impact de cuisson sur la composition nutritionnelle de la fève sèche

### II.5 Analyses des composés antinutritionnels

#### II.5.1 Dosage des polyphénols

Le dosage des polyphénols totaux a été déterminé par spectrophotométrie, selon la méthode colorimétrique utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu (Ali-Rachedi *et al.*, 2018).

Le principe de la méthode est basé sur l'oxydation, en milieu basique des composés phénoliques par le réactif de Folin-Ciocalteu, complexe de l'acide phosphotungstique (H<sub>3</sub>PW<sub>12</sub>O<sub>40</sub>) et l'acide phosphomolybdique (H<sub>3</sub>PMo<sub>12</sub>O<sub>40</sub>) de couleur jaune. Il voit ses propriétés colorimétriques modifiées lorsqu'il est complexé à certaines molécules. Il réagit avec la fonction –OH des phénols (Catalano *et al.*, 1999). Ceci entraîne la formation d'un nouveau complexe molybdène (Mo<sub>8</sub>O<sub>23</sub>) -tungstène(W<sub>8</sub>O<sub>23</sub>) de couleur bleu qui absorbe à 760 nm. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans les extraits végétaux (Ribéreau-Gayon, 1968).

D'après Miliauskas *et al.* (2004), la concentration des polyphénols totaux, est calculée à partir de l'équation de régression de la courbe d'étalonnage établie avec l'acide gallique en se basant sur des essais préalables, et est exprimée en mg équivalent acide gallique par gramme d'extrait (mg EAG/g d'extrait) :  $T = c.v/m$

Avec :

T : contenu total des polyphénols (mg équivalent acide gallique/g d'extrait du grain).

c : concentration en équivalent acide gallique (mg/ml).

v : volume de l'extrait (ml).

m : masse de l'extrait du grain (g).

Les résultats de dosage des polyphénols sont présentés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 10** : Teneur en composés phénoliques avant et après cuisson des grains (mg/100g).(Abusin,2007 ;Abusin *et al.*, 2009)

Variétés	Etats cru (mg / 100g)	Etats cuit (mg / 100g)	Référence
Minor	231,77	102,66	Abusin, 2007
Minor	331,16	148,97	Abusin <i>et al.</i> , 2009

#### ➤ Etat cru

La teneur en polyphénols enregistrée par (Abusin, 2007) est nettement inférieure à celle obtenue par (Abusin *et al.*, 2009). Ces différences peuvent être dues aux conditions climatiques

### Chapitre III. Etude de quelques résultats de l'impact de cuisson sur la composition nutritionnelle de la fève sèche

et édaphiques de la région de culture, à la méthode d'extraction, au standard utilisé (**Athamena et al., 2010**). Le niveau de composés phénoliques dans les sources végétales dépend également des conditions de croissance, processus de maturation, ainsi que le traitement et les conditions de stockage (**Naczk et Shahidi, 2004**).

Selon **Zielinski (2002)**, la variation du contenu phénolique a été attribuée à beaucoup de facteurs comprenant le génotype, les pratiques agronomiques, le niveau de maturité à la moisson, les endroits d'entreposage, climatiques et géographiques après la récolte. Selon (**Hegedúsová et al., 2015**), la différence de contenu en polyphénols totaux pourrait être due à l'écotype, la région géographique où la plante se développe.

#### ➤ **Etat cuit**

La valeur des polyphénols obtenue par (**Abusin, 2007**) est inférieure à celle obtenue par (**Abusin et al., 2009**). Cette différence peut être due à un effet variétal, méthode d'extraction et de cuisson (**Cristobal et al., 2010**).

#### ➤ **Comparaison entre l'état cru et l'état cuit**

Après cuisson des grains, **Abusin (2007)** et **Abusin et al. (2009)** ont constaté que la teneur en polyphénols diminuait. D'après **Abusin et al. (2009)**, cette baisse pourrait être la conséquence d'une destruction de la structure cellulaire lors de la cuisson. Les cellules gonflent et s'éclatent en présence d'un excès d'eau au cours de la cuisson libérant par la suite leur contenu. Cette baisse pourrait faciliter l'absorption des minéraux et les protéines présentes chélatent par ces composants antinutritionnels. En effet, la cuisson des légumineuses améliore significativement la digestibilité des protéines.

Selon **Mittal et al. (2012)**, la réduction de la teneur en polyphénols pendant le traitement thermique est probablement en raison de leur nature thermolabile et leur complexation avec d'autres substances hydrosolubles. Cette perte pourrait être due aux liaisons hydrogène phénoliques existant entre le groupe hydroxyle des composés phénoliques et les groupes de récepteurs qui forment ensemble des complexes. Plusieurs auteurs ont supposé que la diminution apparente en polyphénols pendant la cuisson ne soit pas due à une diminution réelle en polyphénols, mais à un changement de la solubilité ou de la réactivité.

D'après **Dewanto et al., (2002)**, la dégradation thermique provoquée par la cuisson est compensée par une solubilisation et une extraction facilitée des polyphénols des tissus des

## Chapitre III. Etude de quelques résultats de l'impact de cuisson sur la composition nutritionnelle de la fève sèche

légumes. Ces composés sont donc détectés en quantités supérieures après cuisson. Les auteurs de ces travaux attribuent cette augmentation à la libération facilitée des composés phénoliques auparavant liés aux constituants cellulaires. Cette libération compenserait une éventuelle perte par dégradation thermique.

La réduction du contenu phénolique des fèves pendant la cuisson pourrait être due soit à la destruction des composés phénoliques, soit à d'autres réarrangements chimiques des composés phénoliques tels que la formation de nouveaux composants insolubles avec d'autres substances organiques (Satwadhara *et al.*, 1981). D'après Giczewska et Borowska(2003) et Kader(1995), la variation de l'importance des composés phénoliques retenus dans les fèves ou lessivés dans l'eau de cuisson pourrait être influencée par les propriétés physico-chimiques des graines, telles que la taille des graines, l'épaisseur de l'enveloppe, la couleur de l'enveloppe, la forme et la dureté. Il est également possible que la cuisson des fèves fait entraîner de fortes interactions tanin-protéine (Carbonaro *et al.*, 1996).

### II.5.2 Dosage de l'acide phytique

L'acide phytique est un facteur anti nutritionnel. La présence de ce composé limite la biodisponibilité des protéines en nutrition. Son dosage est indirect, il est obtenu par différentes méthodes comme le dosage du fer trivalent ( $Fe^{3+}$ ) par spectrophotométrie (Haug et Lantzsch, 1983).

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 11** : Teneur en acide phytique avant et après cuisson des grains (mg/g) (Vidal-Valverde *et al.*, 1998 ; Abusin *et al.*, 2009; Khalil 2001)

Variétés	Etat cru(mg/g)	Etat cuit(mg/g)	Références
Major	8.44	5.42	Vidal-Valverde <i>et al.</i> , 1998
Minor (BB7)	1.8365	1.5344	Abusin <i>et al.</i> , 2009
Minor (H.93)	1.3909	1.0423	
Minor	3.99	2.05	Khalil 2001

#### ➤ Etat cru

Les teneurs en acides phytique pour l'état cru des trois échantillons sont différentes (un effet inter et intra variétale).

## Chapitre III. Etude de quelques résultats de l'impact de cuisson sur la composition nutritionnelle de la fève sèche

Selon **Vasić et al. (2012)**, la teneur en acide phytique variait selon l'espèce et le génotype de la plante. Cependant, la variabilité de la teneur en acide phytique dans le même génotype peut également être due à d'autres facteurs comme la température pendant la période de remplissage des graines (**Thavarajah et al., 2010**).

Selon **Dintzis et al. (1992)** et **Mason et al. (1993)**, le facteur variétal et le facteur environnemental, peuvent seuls ou en combinaison causer une large variation dans la teneur en acide phytique chez les graines mûres des légumineuses.

### ➤ **Etat cuit**

Une diminution des teneurs d'acide phytique est remarquée pour tous les échantillons. Cette différence peut être due à la différence entre les méthodes utilisées pour la cuisson, ou à l'effet variétal (**Khalil 2001**).

### ➤ **Comparaison entre l'état cru et l'état cuit**

La cuisson avait considérablement diminué la teneur en acide phytique des fèves pour tous les échantillons (effet inter et intra variétale). Cette diminution dans le cas des traitements thermiques est due à la nature thermolabile des phytates (**Udensi et al., 2007**) et également à leur diffusion dans l'eau de traitements (**Lestienne et al., 2005**).

## **II.5.3 Dosage des tanins**

### **II.5.3.1. Tanins hydrolysables**

La méthode utilisée est celle de (**Mole et Waterman, 1987**). Cette méthode est basée sur une réaction avec le chlorure Ferrique, le mélange de l'extrait tannique avec le réactif chlorure ferrique provoque la formation d'une coloration rouge violet du complexe.

### **II.5.3.2. Tanins condensés**

La teneur en tanin a été déterminée en fonction de la vanilline Méthode HCl(**Price et al.,1978**). Ce test est basé sur la condensation des composés polyphénoliques avec la vanilline en milieu acide (**Price et al., 1978**).

### Chapitre III. Etude de quelques résultats de l'impact de cuisson sur la composition nutritionnelle de la fève sèche

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 12 :** Teneur en tanin avant et après la cuisson des grains (mg/g). (Abusin et al., 2009 ;Luo et al., 2013)

Variétés	Etat cru (mg / g)	Etat cuit (mg / g)	Référence
Minor	0,7	0,5	Abusin et al., 2009
Minor	5,62	4,78	Luo et al., 2013

#### ➤ Etat cru

D'après le tableau 12, la teneur obtenue par Luo et al. (2013) est plus élevée par rapport à la teneur obtenue par Abusin et al. (2009). D'après Brunet (2008), la teneur en tannins varie en fonction de plusieurs facteurs intrinsèque, tels que le stade végétale et des facteurs extrinsèques comme la température et l'intensité de la lumière (Caldwell et al., 2005)

Des auteurs trouvent que la teneur en tanin des légumes cultivée sous serre avec une forte exposition à la lumière est deux fois supérieure à celle qui reçoit une lumière à intensité faible donc la différence de la teneur en tanin d'une graine à une autre (Brandt et al., 1995).

#### ➤ Etat cuit

D'après les résultats indiqués dans le tableau n°12, la fève cuite a enregistré une teneur en tannins élevée (Luo et al., 2013) par rapport à celle obtenue par Abusin et al. (2009). Cette différence pourrait être due à la nature du solvant, le temps et le mode d'extraction (Escribano-Bailon et Santos-Buelga, 2003).

#### ➤ Comparaison entre l'état cru et l'état cuit

En comparant les résultats illustrés dans le tableau 12, les teneurs en tanins à l'état cru ont été diminuées après cuisson. Selon Diaz et al (2006), Shimelis et Rakshit (2007) et Klug et al. (2018), la cuisson entraîne une réduction de la teneur en tanins contenu dans la fève.

El Sheikh et al (2000) ont rapporté que la cuisson des graines de féverole réduit le contenu des tanins. Les pertes en tanins s'expliquent par la solubilisation des tanins hydrosolubles dans l'eau de cuisson. Le phénomène observé serait facilité par la température qui fragilise la paroi en, favorisant le passage des composés hydrosolubles tels que les tanins dans l'eau de cuisson (Mezajougkenfack, 2010). La réduction peut être aussi due à la perte des

### **Chapitre III. Etude de quelques résultats de l'impact de cuisson sur la composition nutritionnelle de la fève sèche**

composés à haute température (Nithya *et al.*, 2007), ou à dégradation ou interaction avec d'autres composants des semences, comme les protéines, pour former des complexes insolubles

### **Conclusion :**

Les différentes méthodes de cuisson permettent avant tout d'attendrir les légumes, de les rendre plus onctueux et plus digestibles. La cuisson vise aussi à améliorer l'hygiène alimentaire en détruisant les germes présents.

La consommation des légumes frais est toujours préférable car dans la plupart des cas la cuisson diminue la valeur nutritive ce qui provoque des modifications des qualités sensorielle, et nutritionnelle en fonction du couple temps/température.

La fève sèche est un aliment protéique par excellence, d'où la nécessité d'une étude nutritionnelle et technologique après le processus de cuisson afin d'apporter des nouvelles connaissances.

D'après les travaux qui ont été traités, l'étude comparative de la valeur nutritionnelle de la fève sèche avant et après la cuisson montre qu'il y'avait un effet négatif de traitement thermique sur la teneur en protéines, lipides, cendre, pH et facteurs antinutritionnels de la fève. Par contre un effet positif a été constaté sur la teneur en fibre, amidon et humidité.

Les résultats obtenus des études antérieurs indiquent des différences dans les teneurs qui varient selon le couple mode/temps de cuisson, variété utilisée, quantité initiale à doser, climat, mode d'extraction, méthode de dosage, etc. elle diminue ou augmente la teneur des composés à doser.

En effet, la cuisson a parfois des effets inattendus sur les nutriments. Certains d'entre eux peuvent être détruits par la chaleur alors que d'autres peuvent être perdus dans l'eau de cuisson.

# REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

## A

- Abd EL-Hady EA., Habiba RA., (2003).** Effect of soaking and extrusion conditions on antinutrients and proteindigestibility of legume seeds. *LWT-Food Science and Technology*, 36(3), 285-293.
- Abdel-A al ESM., Ragae S., Rabalski I., Warkentin T., Vandenberg A., (2018).** Nutrient content and viscosity of Saskatchewan-grown pulses in relation to their cooking quality. *Canadian Journal of Plant Science*, 99(1), 67–77.
- Abusin SA., Hassan AB., Babiker EE., (2009).** Nutritional evaluation of cooked faba bean (*Vicia faba* L.) and white bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(3), 2484-2490.
- Abusin SAE., (2007).** Nutritional evaluation of cooked Faba bean (*viciafaba* l.) and white bean (*phaseolus vulgaris* l.) cultivars, doctoral thesis in Faculty of agriculture, University of Khortoum, p3.
- Akingbade AA., Sodeine FG., Olainy CO., Oyetyo OS.,Fadare OR., Rabiou AO., (2009).**Proximate and mineral composition of boiled *Carnavaliaensiformis*Seeds. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8(8), 1266-1268.
- Akpınar N., Akpınar MA., Türkoğlu S., (2001).**Total lipid content and fatty acid composition of the seeds of some *Vicia faba*. L. species.*Food Chemistry*, 74(4), 449- 453.
- Alamir I., Niquet-Léridon C., Jacolot P., Rodriguez C., Orosco M., Anton PM., Tessier FJ., (2012).**Digestibility of extruded proteins and metabolic transit of carboxy methyl lysine in rats.*Amino Acids*, 44(6), 1441-1449.
- Ali-Rachedi F., Meraghni S., Touaibia N., Mesbah S., (2018).** Analyse quantitative des composés phénoliques d'une endémique algérienne *ScabiosaAtropurpurea*sub. *Maritima* L. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège* ,87, 13 -21
- Al-Masri SA., (2015).** Effect of Cooked and Germinated Bean (*Vicia Faba*) On Obesity in Rats. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 25 (4), 977-983.
- Alonso R., Aguirre A., Marzo F., (2000).**Effects of extrusion and traditional processing methods on antinutrients and in vitro digestibility of protein and starch in faba and kidney beans. *Food Chemistry*, 68(2), 159–165.
- Anderson JC., Idowu AO., Singh U., Singh B., (1994).** Physicochemical characteristics of flours of faba bean as influenced by processing methods. *Plant Foods for Human Nutrition*, 45(4), 371–379.

**Antony U., Chandra TS., (1998).** Antinutrient reduction and enhancement in protein, starch, and mineral availability in fermented flour of finger millet (*Eleusine corocana*). *J. Agric. Food Chemistry*, 46(7), 2578-2582.

**Appeldoorn MM., Vincken JP., Aura AM., Hollman PCH., Gruppen H., (2009).** Procyanidin dimers are metabolized by human microbiota with 2-(3,4-dihydroxyphenyl) acetic acid and 5-(3,4-dihydroxyphenyl)- $\gamma$ -valerolactone as the major metabolites. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(3), 1084–1092.

**American Association of Cereal Chemists (AACC), (1999).** International Approved Methods of Analysis, 11 ed, Method 32-07.01. Soluble, Insoluble, and Total Dietary Fiber in Foods and Food Products.(MegazymeAmyloglucosidase/a-Amylase Method), p2.

**Association of Official Analytical Chemists (AOAC), (1999).** Official Methods of Analysis Chemists. Washington D.C. Etats-Unis. 808-1113.

**Association of Official Analytical Chemists (AOAC), (2000).** Méthodes officielles d'analyse des Association des chimistes analytiques officiels, édité B, Keneseth Helrick. Quinzième édition. Washington. DC. Etats-Unis.

**Athamena S., Chalghem I., Kassah-Laouar A., Laroui A., Khebri S., (2010).** Activiteantioxydante et antimicrobienne d'extraits de cuminumcuminumL. *Lebanese Science Journal*, 11(1), 69-81.

**Aumaitre A., Peiniau J., Bengala Freire J., Seve B., (1992).** Sensitivity of the weaned piglet to pea antinutritional factors: effect of technological treatments. Première conférence européenne sur les protéagineux, Angers, France, 487-488.

**Avila BP., Santos MS., Nicoletti AM., Alves GD., Elias MC., Monks J., Gularte MA., (2015).** Impact of different salts in soaking water on the cooking time, texture and physical parameters of cowpeas. *Plant foods for human nutrition*, 70(4), 463-469.

### B

**Bahrani SA., (2012).** Modification des propriétés physico-chimiques de l'amidon par procédés hydrothermiques : Contribution à l'étude des transferts couplés chaleur-masse. Thèse de doctorat, Université de la rochelle, p. 221.

**Baljeet SY., Ritika BY., Reena K., (2014).** “Effect of incorporation of carrot pomace powder and germinated chickpea flour on the quality characteristics of biscuits. ” *International Food Research Journal*, 21(1), 217–222.

**Batista KA., Prudêncio SH., Fernandes KF., (2010).** Changes in the functional properties and antinutritional factors of extruded hard-to-cook common beans (*Phaseolus vulgaris*, L.). *Journal of food science*, 75(3), 286–290.

- Bayram M., Kaya A., Oner MD., (2004).** Changes in properties of soaking water during production of soy-Bulgur. *Journal of Food Engineering*, 61(2), 221-230.
- Beghachi M., Boutria M., (2011).** L'effet de la cuisson sur la valeur nutritionnelle de quelques légumineuses produites localement. Diplôme d'ingénieur d'état en biologie en faculté des sciences exacte et science de la nature et de la vie, Université de Jijel, 49.
- Ben-Hdech H., (1993).** Texturation d'une farine de pois par cuisson-extrusion : caractérisation microstructurale, ultra structurale et physico-chimique. Thèse de doctorat, Université de Nantes.
- Benito P., Miller D., (1998).** Iron absorption and bioavailability: an updated review. *Nutrition Research*, 18(3), 581- 603.
- Beraud E., (2007).** Etude des effets génotoxiques et de l'induction des phytochélatines chez *Vicia faba L.* (fabaceae) exposée au cadmium. Application de test *Vicia* –micronoyaux à des matrices. Thèse de doctorat. Université Paul Verlaine-Metz, 107
- Bimbenet JJ., Duquenoy A., Trystram G., (2002).** Génie des procédés alimentaires : des bases aux applications, édition DUNOD, Paris. bottonash lactates. *Science of the Total Environment*, 333(1-3), 209-216.
- Boulter D., (1977).** Protein quality from leguminous crops. Coordination of agricultural research. EEC. Brussels, p55.
- Boumendjel M., Houhamdi M., Samar MF., Sabeg H., Boutebba A., Soltane M., (2012).** Effet des traitements thermiques d'appertisation sur la qualité biochimique, nutritionnelle et technologique du simple, double et triple concentré de tomate. *Sciences and Technologie. C, Biotechnologies*, 51-59.
- Boyeldieu J., (1991).** Produire des grains oléagineux et protéagineux. Ed. Lavoisier IC et documentation, Paris, p228.
- Brandt K., Giannini A., Lercari B., (1995).** Photomorphogenic responses to UV radiataionIII: a comparative study of UVB effects on anthocyanin and flavonoids accumulation in wild type and aurea mutant of tomato (*Lycopersiconesculenum Mill.*). *Photochemistry and photobiology*, 62(6), 1081-1087.
- Brenner C., (1991).** La biotechnologie et l'agriculture des pays en développement : le cas du Maïs, L 'Observateur de l'OCDE, n°171, pp.9-12.
- Bressani R., (2000).** Factors influencing value in food grain legumes review. Centro decienciaetecnologia d'alimentos. Universidad del valle, Guatemala.
- Brunet J., (2008).** Adaptation aux métaux lourds d'une Fabacée (légumineuse) : Réponses phénologique et moléculaire au plomb du *LathyrussativusL.* Thèse de doctorat, Université Paris Est, p231.

**Buckholz LL., Daun H., Stier E., Trout R., (1980).**"Influence of roasting time on sensory attributes of fresh roasted peanuts." *Journal of Food Science*, 45(3), 547-554.

### C

**Caldwell CR., Britz SJ., Mirecki RM.,(2005).**Effect of temperature, elevated carbon dioxide and drought during seed development on the isoflavone content of dwarf soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] grown in controlled environments. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 53(4), 1125-1129.

**Carbonaro M., Virgili F., Carnovale E., (1996).** Evidence for protein–tannin interaction in legumes: Implications in the antioxidant properties of faba bean tannins. *LWT – Food Science and Technology*, 29(8), 743–750.

**Carré B., Beaufils E., Melcion J.P., (1991).** Evaluation of protein and starch digestibilities and energy value of pelleted or unpelleted pea seeds from winter or spring cultivars in adults and young chickens. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 39(3), 468-472.

**Catalano L., Franco I., De Nobili M., Eita L., (1999).**Polyphenols in olive mill wastewaters and their depuration plant effluents: a comparison of the Folin-Ciocalteu and HPLC methods. *Agrochimica*, 43(5-6), 193-205.

**Cazaux M., (2009).** Etude de la résistance de la légumineuse modèle *Medicago truncatula* à *Colletotrichum trifolii*, agent de l’anthracnose. Thèse de doctorat. Université de Toulouse, 178.

**Cerning J., (1975).** Carbohydrate composition of horse beans (*Vicia faba*) of different origins, 52(2), 125-138.

**Cerning J., Saposnik A., Guilbot A., (1975).** Carbohydrate composition of horse beans (*Vicia faba*) of different origins. *Cereal Chem.*, 52,125-138.

**Chaieb L., Antal A., Paulus W. (2011).**Transcranial alternating current stimulation in the low kHz range increases motor cortex excitability. *Restorative neurology and neuroscience*, 29(3), 167-175.

**Chaux C., Foury CL., (1994).** Cultures légumières et maraichères. Tome III. Légumineuses potagères, fruits et légumes, technique et documentation Lavoisier, Paris, p663 .

**Chouaki S., Bessedik F., Chebouti A., Maamri F., Oumata S., Kheldoun S., Kheldoun A., (2006).** Deuxième rapport national sur l’état des ressources phytogénétiques. INRAA/FAO/Juin.

**Chung KT., Wong TY., Wei CL., Huang YW., Lin Y., (1998).** Tannins and human health: a review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 38(6), 421-464.

**Coda R., Melama L., Rizzello CG., Curiel JA., Sibakov J., Holopainen U., Pulkkinen M., Sozer N., (2015).**Effect of air classification and fermentation by *Lactobacillus plantarum* VTT

E-133328 on faba bean (*Vicia faba* L.) flour nutritional properties. *International Journal of Food Microbiology*, 19(3), 34- 42.

**Cristobal-S L., Osorio-Diaza P., Tovarb J., Bello-Pérez LA., (2010).** Chemical composition, carbohydrate digestibility, and antioxidant capacity of cooked black bean, chickpea, and lentil Mexican varieties. *Journal of Food*. 8(1), 7–14.

**Cronk Q., Ojeda I., Pennington RT., (2006).** Legume comparative genomics: progress in phylogenetics and phylogenomics. *Cur Opin Plant Biol*, 9, 99-103.

**Cubero JL., (1974).** On the evolution of *Vicia faba* L. *Theoretical and Applied Genetics*, 45(2), 47-51.

**Cubero JL., (2011).** The Fababean. A historic perspective. *Grain legumes*, 56, 5–7.

**Culioli J., Berri C., Mourot J., (2003).** Muscle foods: consumption, composition and quality. *Sciences des aliments*, 23(1), 13-34.

**Cuq J., Guiraud JM., Navarro., (1992).** Microbiologie alimentaire, Dans Alimentation et nutrition humaines, in Dupin H., Cuq JL., Malewk MI., Leynaud-rouaud C. Alimentation et nutrition humaine, ESF éditeur, Paris, 1267–1340.

**Cuq., (1992).** Qualité de nos aliments et technologie In Dupin H., Cuq JL., Malewak MI., Leynaud-rouaud C., Alimentation et nutrition humaine. ESF. Paris, 64-1236.

### D

**Daur I., Khan IA., Jahangir M., (2008).** Nutritional quality of roasted and pressure-cooked chickpea compared to raw (*Cicer arietinum* L.) seeds. *Sarhad Journal of Agriculture*, 24(1), 117.

**Dauté CM., Barrot L., Chevalier P., (2001).** Produits végétaux riches en carotènes. Fiches descriptives et pratiques à l'usage des pays Sahéliens, p30.

**Déprez S., Brezillon C., Rabot S., Philippe C., Mila I., Lapierre C., Scalbert A., (2000).** Polymeric proanthocyanidins are catabolized by human colonic microflora into low-molecular-weight phenolic acids. *Journal of Nutrition*, 130(11), 2733–2738.

**Dewanto V., Wu X., Liu RH., (2002).** Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(17), 4959–4964.

**Diaz D., Morlacchini M., Masoero F., Moschini M., Fusconi G., Piva G., (2006).** Pea seeds (*Pisum sativum*), faba beans (*Vicia faba* var. *minor*) and lupin seeds (*Lupinus albus* var. *multitalia*) as protein sources in broiler diets. Effect of extrusion on growth performance. *Italian Journal of Animal Science*, 5(1), 43-53.

**Dintzis FR., Lehrfeld j., Nelsen TC., Finney PL., (1992).**Phytate content of soft wheat brans as related to kernel size, cultivar, location, and milling and flour quality parameters, *Cereal chemistry*, 69(5),577-581.

**Douba F., (2016).** Etude comparative de trois variétés de fève (AGUADULCE, LUZ DE OTONO et REINA MORA) pour les rendements en vert pour le marché et en sec pour la production de semence, p46.

**Doyle JJ.,Luckow MA., (2003).** The rest of the iceberg.Legume diversity and evolution in a phylogenetic context. *Plant Physiol*, 131(3), 900–910.

**Drulyte D., Orlien V., (2019).**The effect of processing on digestion of legume proteins. *Foods*, 8(6), 224.

**Duc G., (1997).** Faba bean (*Vicia faba* L.). *Field Crops Research*, 53(1-3), 99-109.

**Dupin H., Cup JL., Malewiak MI., Leynaud–Rouaud C., Berthier AM., (1992).**Alimentation et nutrition humaines. Ed. ESF Editeurs, p1533.

### E

**Edem DO., Ekwere ES., Eka OU., (1994).** Chemical évaluation of the effects of cooking on the nutritive value of conophor seed (*tetracarpidiumconophorum*).*Tropical science (United Kingdom)*, 377.

**El sheikh EAE., Fadul IA., El tinay AH., (2000).**Effect of cooking on anti-nutritional factors and invitro protein digestibility (IVPD) of faba bean grown with different nutritional regimes. *J. Food Chemistry*, 68(2), 211-212.

**ELkowicz K., Sosulski FW., (1982).** Antinutritive factors in eleven legumes and their air-classified protein and starch fractions.*Journal of Food Science*, 47(4), 1301-1304.

**Ellwood SR., Phan HT., Jordan M., Hane J., Torres AM., Avila CM., Cruz IS., Oliver RP., (2008).**Construction of a comparative genetic map in faba bean (*Vicia faba* L.); conservation of genome structure with *Lens culinaris*. *Bio Med Central Genomics*, 9(1), 1-11.

**Elmaki HB., Abdelrahman SM., Idris WH., Hassan AB., Babiker EE., El Tinay AH., (2007).** Content of antinutritional factors and HCl-extractability of minerals from white bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars: influence of soaking and / or cooking. *Food Chemistry*, 100(1), 362–368.

**El-Naggar SA., El-Said KS., Othman S., Mansour F., Kabil DI., Khairy MH., (2019).** Cooking with EDTA reduces nutritional value of *Vicia faba* beans. *Biotechnology Reports*, 22.

**Escribano-Bailon MT., Santos-Buelga C., (2003).**Methods in polyphenol analysis. Polyphenol Extraction from Foods. Royal Society of Chemistry, Cambridge,United King Dom, 2-16

**Etemadi F., Barker AV., Hashemi M., Zandvakili OR., Park Y., (2018).** Nutrient accumulation in faba bean varieties. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 49(16), 2064-2073.

### F

**FAO et OMS., (2007).** Codex alimentarius : Céréales, légumes secs, légumineuses et matières protéiques végétale. Programme mixte FAO/ OMS sur les normes codex pour certains légumes secs. Rome, 13-14.

**FAOSTAT-Agriculture., (2015).** Food and agricultural commodities production. Food and agriculture organization, Rome.

**Fatima S., Kapoor R., (2006).** In vivo and in vitro glycemic effects of certain legumes. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 43(3), 263-266.

**Favre E., Robert M., (2012).** Fibres alimentaires Alimentation de l'enfant en situations normale et pathologique, 1912.

**Fehr, WR., Hoeck, JA., Johnson, SL., Murphy, PA., Nott, JD., Padilla, GI., Welke, GA. (2003).** Genotype and environment influence on protein components of soybean. *Crop Science*, 43(2), 511-514.

**Fernández Marín B., Milla R., Martín Robles N., Arc E., Kranner I., Becerril JM., García Plazaola JL., (2014).** Side-effects of domestication: cultivated legume seeds contain similar tocopherols and fatty acids but less carotenoids than their wild counterparts. *BMC Plant Biology*, 14(1), 1599.

**Fernandez-Avila C., Arranz E., Guri A., Trujillo AJ., Corredig M., (2016).** Vegetable protein isolate-stabilized emulsions for enhanced delivery of conjugated linoleic acid in Caco-2 cells. *Food Hydrocoll*, 55, 144–154.

**Fillion L., Henry CJK., (1998).** Nutrient losses and gains during frying: a review. *International journal of food sciences and nutrition*, 49(2), 157-168.

**Foltete AS., (2010).** Effets génotoxiques et systèmes de détoxification chez *Vicia faba* L. (fabaceae) dans le cadre des sols pollués. Thèse de Doctorat, Université de Paul VerlainesMeets, 245.

**Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO), (1996).** Codex Alimentarius : Céréales, légumes secs, légumineuses, produits dérivés et protéines végétales. FAO. 2ème édition. Rome, 7, 164.

**Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO), (2017).** FAOSTAT Database. Food and Agriculture Organization of the United Nations, p1.

**Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO), (2014).** Statistical pocket book for world Food and Agriculture. Rome, Italy.

**Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAOSTAT), (2019).**Crops.Statistics Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 254.

**Fosse J., Magras C., (2009).** Dangers biologiques et consommation des viandes, p5.

**Frias J., Vidal-Valverde C., Sotmayor C., Diaz-Pollan C., Urbano G., (2000).**Influence of processing on available Carbohydrate content and antinutritional factors of chickpeas. *European Food Research and technology* ,210(5) ,340-345.

**Frühbeck G., Monreal I., Santidrian S., (1997).** Hormonal implications of the hypocholesterolemic effect of intake of field beans (*Vicia faba L.*) by young men with hypercholesterolemia. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 66(6), 1452-1460.

### G

**Castillejo N., Martínez-Hernández GB., Lozano-Guerrero AJ., Pedreño-Molina JL., Gómez PA., Aguayo E., Artés F., Artés-Hernández F., (2017).** Microwave heating modelling of a green smoothie: Effects on glucoraphanin, sulforaphane and S-methyl cysteine sulfoxide changes during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(5), 1863-1872.

**Garrido A., Cabrera A., Gomez A., Guerrero JE., (1988).**Relationship between tannins content and in vitro nutritive value in seeds of 24 strains in *Vicia fabaL.*In Proc. 1st Int. Workshop on Antinutritional Factors in Legume Seeds, 160-163.

**Gatel F., (1992).**Protein quality for monogastric animals. Première conférence européenne sur les protéagineux, Angers, France, 461-474.

**Gatellier P., Yoon K., Greve E., Portanguen S., Kondjoyan A., Sante-Lhoutellier V., (2008).** Effet de la cuisson de la viande sur l'oxydation des proteines, INRA, 63122 Saint Genès Champanelle. *Viandes*, p81.

**Geervani P., Theophilus F., (1980).**"Effect of home processing on the nutrient composition of certain high yielding legume varieties". *Indian Journal of Nutrition and Dietetics*, 17(12), 443–446.

**Gepts P., Beavis WD., Brummer EC., Shoemaker RC., Stalker HT., Weeden NF., Young ND., (2005).** Legumes as a model plant family. Genomics for food and feed report of the cross-legume advances through genomics conference. *Plant Physiology*, 137, 1228-1235.

**Giczewska A., Borowska J., (2003).**Physical properties of selected legume seeds as indicators of technological suitability of small-seed broad bean. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 12(2), 9-14.

- Gillespie AW., Farrell RE., Walley FL., Ross AR., Leinweber P., Eckhardt KU., Blyth R I., Regier TZ., Robert IR. (2011).** Glomalin-related soil protein contains non-mycorrhizal-related heat-stable proteins, lipids and humic materials. *Soil Biology Biochemistry*, 43(4), 766–777.
- Gnanasambandam A., Jeff Paull, Ana Torres A., Kaur S., Leonforte T., Haobing L., Xuxiao Zong X., Yang T., Materne M., (2012).** Impact of molecular technologies on Faba bean (*vicia faba L.*) Breeding Strategies. *Agronomy*, 2(3), 132–166.
- Gonzalo G., Mateos María AL., Rosa L., (2002).** Traitement de la graine de soja. *American Soybean Association*, 3, 1- 48.
- Gorospe M J., Vidal-Valderve C., Frias J., (1992).** The effect of processing on phytic acid content of lentils. *Recueil de communications, Première conférence européenne sur les protéagineux*. Angers, France, 425-426.
- Goyoaga C., Burbano C., Cuadrado C., Romero R., Guillamo'NE., Varela A., Pedrosa MM., Muzquiz M., (2011).** Content and distribution of protein, sugars and inositol phosphates during the germination and seeding growth of two cultivars of *Vicia faba*. *Journal of food composition and analysis*, 24, 391-397.
- Granito M., Brito Y., Torres A., (2007).** Chemical composition, antioxidant capacity and functionality of raw and processed *Phaseolus lunatus*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(15), 2801–2809.
- Gujral HS., Sharma P., Sharma R., (2013).** Antioxidant Properties of Sand Roasted and Steam Cooked Bengal Gram (*Cicer arietinum*). *Food Science and Biotechnology*, 22(1), 183-188.
- Guy, R., (2001).** Extrusion cooking: technologies and applications. Wood head Publishing.

### H

- Habiba R., (2002).** Changes in anti-nutrients, protein solubility, digestibility, and HCl-extractability of ash and phosphorus in vegetable peas as affected by cooking methods. *Food Chemistry*, 77(2), 187–192.
- Hallberg L., Hulthen L., (2002).** Perspectives on iron absorption. *Blood Cells Molecules and Diseases*, 29(3), 562-573.
- Hamadache, (2003).** Effet de l'environnement, de la date de semis et du désherbage sur le rendement en grain et ses composantes chez la fève (*Vicia faba L.*). *Céréaliculture*, 29, 15-18.
- Haug, G., Lantzsch, W. (1983).** Methods for determination of phytate of cereal products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 34, 1423–1424.
- Hawtin G., Webb C., (2012).** (Eds.) *Faba Bean Improvement: Proceedings of the Faba Bean Conference held in Cairo, Egypt, March*. Springer Science and Business Media, 6, 7–11.

- Haytowitz DB., Matthews RH., (1983).**Effect of cooking on nutrient retention of legumes. *Cereal Foods World*, 28(6), 382-384.
- Hedley CL., (2000).** Carbohydrates in grain legume seeds. Improving nutritional quality and agronomic characteristics. Wallingford, Oxon, UK ; New York, NY, USA : CAB International, p322.
- Hefnawy TH., (2011).**Effect of processing methods on nutritional composition and anti-nutritional factors in lentils (*Lens culinaris*).*Annals of Agricultural Science*, 56 (2), 5761.
- Hegedüsová A., Mezeyová I., Timoracká M., Šlosár M., Musilová J., Juríková, T., (2015).** Total polyphenol content and antioxidant capacity changes in dependence on chosen garden pea varieties. *PotravinárstvoSlovak Journal of Food Sciences*, 9(1), 1-8.
- Hernandez Perez JA., (2002).** Étude de la torréfaction : modélisation et détermination du degré de torréfaction du café en temps réel. Thèse de doctorat, École nationale supérieure des industries agricoles et alimentaires, Ensia, Massy, 109.
- Hood-Niefer SD., Warkentin TD., Chibbar RN., Vandenberg A., Tyler RT., (2012).**Effect of genotype and environment on the concentrations of starch and protein in, and the physicochemical properties of starch from, field pea and faba bean. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(1), 141–150.
- Huang D., Ou B., Prior RL., Prior., Ronald L., (2005).** The Chemistry behind Antioxidant Capacity Assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53 (6), 1841-1856.
- Huma N., Anjum M., Sehar S., Khan MI., Hussain S., (2008).**Effect of soaking and cooking on nutritional quality and safety of legumes. *Nutrition & Food Science*, 570 – 577.
- Hussein MA., (2012).**Anti-inflammatory effect of natural heterocycle glucoside vicine obtained from *Vicia faba* L. its aglucone (divicine) their effect on some oxidative stress biomarkers in Albino rats. *Free Radicals and Antioxidants*, 2(2), 44-54.
- Hutchings JB(Ed)., (2011).** Food colour and appearance.Springer Science and Business Media.
- Hwang K., Lee G., (2006).** «Reduction of aflatoxin B1 contamination in wheat by various cooking treatments. », *Food Chemistry*, 98(1), 71–75.

### I

- International Standard Organization (ISO 2171., (2007)).**Céréales, légumineuses et produits dérivés-Dosage du taux de cendres par incinération. 4<sup>ème</sup> édition. p11.
- International Standard Organization (ISO)., (2001).**Amidons et féculles natifs, norme française LVS EN ISO : 10520. 8

**Isobe S., Zuber F., Uemura K., Noguchi A., (1992).** A new twin-screw press design for oil extraction of dehulled sunflower seeds, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 69(9), 884-889.

### J

**Jensen ES., Peoples MB., Hauggaard-Nielsen H., (2010).**Faba bean in cropping systems.*Field Crops Research*, 115(3), 203-216.

**Journet EP., Carreau V., Gouzy J., Thoquet P., Rosenberg C., Barker D., Huguet T., Denarie J., Gomas P., (2001).**La légumineuse modèle *medicago truncatula*.*ecol thématique de biologie végétale*, 1-9.

**Joyeux H., (1994).** L'alimentation ou troisième médecine. 5ème édition. Collection Ecologie humaine. Paris, 660.

### K

**Kader ZMA., (1995).**Study of some factors affecting water absorption by faba beans during soaking. *Food Chemistry*, 53(3), 235-238.

**Kahkonen MP., Hopia AI., Vuore la HJ., Rauha J., Pilaja K., Kujala TS., HeinonenM.,(1999).** Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *Journal of agricultural and Food chemistry*, 47(10), 3954-3962.

**Karataş SC., Günay D., Sayar S., (2017).**In vitro evaluation of whole faba bean and its seed coat as a potential source of functional food components.*Food Chemistry*, 230, 182–188.

**Karmas E., Harris RS., (1988).** Évaluation nutritionnelle de la transformation des aliments, Éd 1, Springer Pays-Bas, 786.

**Katayama K., Komae K., Kohyama K., Kato T., Tamiya S., Komaki K., (2002).** New sweet potato line having low gelatinisation temperature and altered starch structure.*Starch-Stärke*, 54(2), 51-57.

**Kawabata K., Mukai R., Ishisaka A., (2015).** Quercetin and related polyphenols: new insights and implications for their bioactivity and bioavailability. *Food and Function*, 6(5), 1399–1417.

**Kelkar M., Shastri P., Rao B., (1996).**"Effect of processing on in vitro carbohydrate digestibility of cereals and legumes."*Journal of food science and technology*, 33(6), 493-497.

**Khalil AH., Mansour EH., (1995).** The effect of cooking, autoclaving and germination on the nutritional quality of faba beans. *Food Chemistry*, 54(2), 177-182.

**Khalil MM., (2001).** Effect of soaking, germination, autoclaving and cooking on chemical and biological value of guar compared with faba bean. *Food/Nahrung*, 45(4), 246-250.

- Khan MA., Ammar MH., Migdadi HM., El-Harty EH., Osman MA., Farooq M., Alghamdi SS., (2015).**Comparative nutritional profiles of various faba bean and chickpea genotypes. *International Journal of Agriculture and Biology*, 17(3), 449–457.
- King RA., Bursill DB., (1998).** Plasma and urinary kinetics of the isoflavones daidzein and geniste in after a single soy meal in humans. *American Journal of Clinical Nutrition*, 67(5), 867-872.
- Kinsman D M., Breidenstein B C., Kotula A W., (1994).** Muscle foods: meat, poultry and seafood technology, (6), 430-455.
- Klamczynska B., Czuchajowska Z., Baik B., (2001).** Composition, soaking, cooking properties and thermal characteristics of starch of chickpeas, wrinkled peas and smooth peas. *International Journal of Food Science and Technology*, 36(5), 563–572.
- Klug TV., Collado E., Martínez-Sánchez A., Gómez PA., Aguayo E., Otón M., Artés F., Artés-Hernández F., (2018).**Innovative quality improvement by continuous microwave processing of a faba beans pesto sauce. *Food and bioprocess technology*, 11(3), 561-571.
- Kmiecik W., Lisiewska Z., Jaworska G., (1990).**Zawartość witaminy C w surowcu oraz w mrożonkach konserwach apteryzowanych z bobu w zależności od odmiany i stopnia dojrzałości nasion. (Vitamin C levels in fresh, frozen and canned broad beans in relation to their varieties and degree of maturity.) *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, 41(1-2), 17–24.
- Kolev N., (1976).** Les cultures maraîchères en Algérie ; légumes, fruits, Ed J.BAILLIERE. Paris, 1, 207.
- Kondjoyan., A (2008).** La cuisson des viandes et produits carnés et le couplage avec réaction à l'origine de la qualité des produits animaux, INRA, F-63122 Saint Genès Champanelle.
- Köpke U., Nemecek T., (2010).** Ecological services of faba bean. *Field Crops Research*, 115(3), 217-233.
- Kouassi JB., Cisse-Camara M., Sess DE., Tiahou GG., Monde AA., Djohan FY., (2013).** Détermination des teneurs en fer, en calcium, en cuivre et en zinc de deux variétés de gombo  
Determination of iron, calcium, copper and zinc contents of two varieties of okra. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, 82, 22 - 32
- L**
- Lacassagne L., (1988).** Alimentation des volailles : substituts au tourteau de soja. 1. Les protéagineux. *Productions animales*, 1(1), 47-57.
- Lafay S., Gil-Izquierdo AE., (2008).**Bioavailability of phenolic acids. *Phytochemistry Reviews*, 7, 301–311.

- Landry EJ., Fuchs SJ., Hu J., (2016).**Carbohydrate composition of mature and immature faba bean seeds. *Journal of Food Composition and Analysis* ,50, 55–60.
- Lazrek ben-fariha F., (2008).**Analyse de la diversité génétique et symbiotique des populations naturelles tunisiennes de *Medicago truncatula* et recherche de QTL liés au stress salin. Thèse de doctorat. Université de Toulouse.France, p255.
- Legrand JC., Leuliet S., Duquesne R., Kesteloot P., Winterton L., Fillaudeau., (2007).**« Physical, mechanical, thermal and electrical properties of cooked redbean (*Phaseolus vulgaris*) for continuous ohmic heating process», *Journal of Food Engineering*, 81(2), 447–458.
- Lessire M., Leclercq B., Conan L., (1988).** Variabilité de la valeur énergétique de la graine de soja traitée pour les volailles. *Productions animales*, 1(4), 265-270.
- Lestienne I., (2004).** Contribution à l'étude de la biodisponibilité du fer et du zinc dans le grain de mil et conditions d'amélioration dans les aliments de complément. Universitemontpellier II. Thèse de doctorat. France. p245
- Lestienne I., Icard-vernie C., Mouquet C., Picq C., Treche S., (2005).** effects of soaking whole cereal and legume seeds on iron, zinc, and phytate contents, *food chemistry*, 89(3), 421-425.
- Li SS., Kendall CW., de Souza RJ., Jayalath VH., Cozma AI., Ha V., Mirrahimi A., Chiavaroli L., Augustin LS., Blanco Mejia S., Leiter LA., Beyene J., Jenkins DJ., Sievenpiper JL., (2014).** Dietary pulses, satiety, and food intake: a systematic review and meta-analysis of acute feeding trials. *Obesity*, 22(8), 1773–1780.
- Li Y., Hu M., Mc Clements DJ., (2011).**Factors affecting lipase digestibility of emulsified lipids using an in vitro digestion model: proposal for a standardised pH-stat method. *Food Chem*, 126 (2), 498–505.
- Liene S., Sandra MB., (2016).** The characteristics of extruded faba beans (*Vicia faba* L.). *Rural Sustainability Research*, 36(331), 43-48.
- Liener IE., (1986).**Nutritionnal significance of lectins in the diet. In: *The lectins: properties, functions and applications in biology and medicine* **LIENER. I.E., SHARON, N., GOLSTEIN I.J.**, Ed: Academic press Inc., London.p527.
- Lineback DR., Ke CH.,(1975).**Starches and Low-molecular Weight Carbohydrates from Chick Pea and Horse Bean Flours, *Cereal Chem.*, 52(1), 334-347.
- Lizarazo CI., Lampi AM., Sontag-Strohm T., Liu J., Piironen V., Stoddard FL., (2015).** Nutritive quality and protein production from grain legumes in a boreal climate. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(10), 2053-2064.

**Longobardi F., Sacco D., Casiello G., Ventrella A., Sacco A., (2015).** Chemical profile of the carpino broad bean by conventional and innovative physicochemical analyses. *Journal of Food Quality*, 38(4), 273-284.

**Lowry OR., Rosebrough NJ., Farr AL., Randall RJ., (1951).** Protein measurement with the folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry*, 193-265.

**Luo YW., Xie WH., (2013).** Effect of different processing methods on certain antinutritional factors and protein digestibility in green and white faba bean (*Vicia faba* L.). *CyTAzéaw-Journal of Food*, 11(1), 43-49.

**Luo Y., Xie, W., Jin X., Tao B., Chen Q., Zhu W., (2013).** Impact of sprouting pretreatment on phytic acid and polyphenol level of faba bean (*Vicia faba* L.) flour. *International Food Research Journal*, 20(3), 1133–1137.

### M

**MA (ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement), (1998).** L'agriculture par les chiffres, Direction des statistiques agricoles et des enquêtes économiques, 3, 1.

**Maarse H., Visscher, CA., Willemsens LC., and Boelens MH. (1989).** Volatile compounds in food. Qualitative and quantitative data (1). Zeist: TNO-CIVO Biotechnology and Chemistry Institute. 643– 647.

**Macarulla MT., Medina C., Diego M., Chavarri M., Zulet M., Martínez JA., Noël SC., Higuieret P., Portillo MP., (2001).** Effects of the whole seed and a protein isolate of faba bean (*Vicia faba*) on the cholesterol metabolism of hypercholesterolaemic rats. *British Journal of Nutrition*, 85(05), 607-614.

**Makhlouf H., (2012).** Propriétés physico-chimiques et rhéologiques de la farine et de l'amidon de taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) variété Sosso du Tchad en fonction de la maturité et du mode de séchage. *Alimentation et Nutrition*. Thèse de doctorat, Université de Lorraine, Français, p232.

**Malewiak M.I., Leynaud-Rouaud C., Berthier A.M., Serville Y., (1992).** Aliments et nutriments In Dupin H., Malewiak MI., Leynaud-rouaud C. *Alimentation et nutrition humaine* ESF. Paris, 88-192.

**Malewiak MJ., Dupin HJL., Leynaud-Rouaud C., Berthier AM., (1992).** *Alimentation et Nutrition Humaines*, Éditions ESF ,949-951.

**Manach C., Williamson G., Morand C., Scalbert A., Remesy C., (2005).** Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. I. Review of 97 bioavailability studies. *American Journal of Clinical Nutrition*, 81(1), 230–242.

- Manary MJ., Hotz C., Krebs NF., Gibson RS., Westcott JE., Arnold T., Broadhead RL., Hambidge KM., (2000).** Dietary phytate reduction improves zinc absorption in Malawian children recovering from tuberculosis but not in well children, *The Journal of nutrition*, 130(12), 2959-2964.
- Manickavasagan A., Thirunathan P., (2020).** Pulses. *Processing and Product Development*, 342.
- Martínez-Hernández GB., Artés-Hernández F., Colares-Souza F., Gómez PA., García-Gómez P., Artés F., (2013).** Innovative cooking techniques for improving the overall quality of a kailan–hybrid broccoli. *Food Bioproc. Technologie*.6(8), 2135–2149.
- Mason AC., Weaver C M., Kimmel S., Brown R K., (1993).** Effect of soybean phytate content on calcium bioavailability in mature and immature rats, *journal of agricultural food chemistry*, 41(2), 246-249.
- Mattila P., Hellström J., (2007).** Phenolic acids in potatoes, vegetables, and some of their products. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20(3-4), 152-160.
- Mattila P., Mäkinen S., Euroola M., Jalava T., Pihlava JM., Hellström J., Pihlanto A., (2018).** Nutritional value of commercial protein-rich plant products. *Plant Foods for Human Nutrition*, 73(2), 108–115.
- Meletis, J., (2012).** Favisme Une brève histoire de « s’abstenir de haricots » de Pythagore à nos jours, *Archives De Médecine Hellénique* 2012, 29 (2), 258-263.
- Meunier PP., (2011).** Mise en place de protocoles d’analyse des carbohydrates, lipides et acides gras volatiles sur des échantillons d’un décanteur primaire. Université Laval., Institut National des Sciences Appliquées, p54.
- Mezajoug Kenfack LB., (2010).** Propriétés nutritionnelles et fonctionnelles des protéines de tourteaux, de concentrats et d’isolats de *Ricinus communis* (L.) (Bail). Pierre ex pax et de *tetracarpidium conophorum* (Müll.Arg). 42-53.
- Mezani S., Medjdoub-Bensaad F., (2014).** Dynamique des populations de *Bruchus rufimanus* (Coleoptera:Bruchinae) sur deux parcelles de *Vicia faba* major et *Vicia faba* minor (Mouchali et féverole) dans la région de Tizi-Rached. AFPP- 10<sup>ème</sup> conférence internationale sur les ravageurs en agriculture, Montpellier, p1.
- Mebdoua S., (2011).** Caractérisation physico-chimique de quelques populations de niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp). Walp. Influence des traitements technologiques. Thèse de doctorat. Ecole Nationale Supérieure d’Agronomie, p82.
- Mihailovic V., Mikic A., Cupina B., Eric P., (2005).** Field pea and vetches in Serbia and Montenegro. *Grain Legumes*, 44, 25–26.

- Miliauskas G., Venskutonis PR., Van Beek TA., (2004).** Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extract. *Food chemistry*, 85(2), 231-237.
- Mitjavila S., (1986).** Substances naturelles nocives des aliments. *Toxicologie et sécurité des aliments*, 129–158.
- Mittal R., Nagi HPS., Sharma P., Sharma S., (2012).** Effect of processing on chemical composition and antinutritional factors in chickpea flour. *Journal of Food Science and Engineering*, 2(3), 180.
- Mole S., Waterman PG., (1987).** A critical analysis of techniques for measuring tannins in ecological studies. *Oecologia*, 72(1), 137-147.
- Moughan JP., Rutherford MS., (2008).** Available lysine in foods: A brief historical overview. *Journal of AOAC international*, 91 (4), 901–906.
- Moulton DG., (1982).** Sensory basis and perception of flavour. *Developments in food science*.
- Multari S., Stewart D., Russell WR., (2015).** Potential of faba bean as future protein supply to partially replace meat intake in the human diet. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14(5), 511–522.

### N

- Nacz KM., Shahidi F., (2004).** Extraction and analysis of phenolics in food *Journal of chromatography A*, 1054(1-2), 95-111.
- Negi A., Boora P., Khetarpaul N., (2001).** Starch and protein digestibility of newly released moth bean cultivars: Effect of soaking, de hulling, germination and pressure-cooking. *Nahrung*, 45(4), 251–254.
- Neme K., Bultosa G., Bussa N., (2015).** Nutrient and functional properties of composite flours processed from pregelatinised barley, sprouted faba bean and carrot flours. *International Journal of Food Science and Technology*, 50(11), 2375-2382.
- Nithya KS., Ramachandramurty B., Krishnamoorthy VV., (2007).** Effet des méthodes de transformation sur la nutrition et les qualités nutritionnelles des hybrides (COHCU-8) et traditionnels (CO7) variétés de millet perlé en Inde. *Journal of Biology Science*, 7, 643–647.
- Nouri, T., (2012).** La réponse de la fève *Vicia faba L.* au stress salin: cas d'un sol sableux amendé en bentonite (Doctoral dissertation, Université de Mostaganem-Abdelhamid Ibn Badis), p15.
- Nursal, B., Yücecan, S., (2000).** Vitamin C losses in some frozen vegetables due to various cooking methods. *Nahrung*, 44(6) , 451-3.

### O

**Osman AMA., Hassan AB., Osman GAM., Mohammed N., Rushdi, MAH., Diab EE., Babiker EE., (2014).** Effects of gamma irradiation and/or cooking on nutritional quality of faba bean (*Vicia faba L.*) cultivars seeds. *Journal of Food Science and Technology*, 51(8), 1554-1560.

### P

**Pastuszewska B., Smulikowska S., Chibowska M., Janowska G., (1992).** Effect of dehulling and heat treatment on protein and energy value of field bean. *Première conférence européenne sur les protéagineux*, Angers, France, 475-476.

**Pattee H.E., Giesbrecht FG., Isleib TG., (1995).** "Roasted Peanut Flavor Intensity Variations Among US Genotypes 1." *Peanut science*, 22(2), 158-162.

**Péron JY., (2006).** Références. *Production légumière*. Ed. Duc, Paris. 2<sup>ème</sup> Ed, p613 .

**Price ML., ScoyocVS., Butler LG., (1978).** Un critique évaluation de la réaction de la vanilline comme dosage du tanin dans grain de sorgho. *Journal of agricultural and food chemistry*, 26, 1214-1218.

**Prior RL., Wu X., Schaich K., (2005).** Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolic in foods and dietary supplements. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(10), 4290-4302.

**Pritchard PJ., Dryburgh EA., Wilson BJ.,(1973).** Carbohydrates of Spring and Winter Field Beans (*Vicia faba L.*), *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 24(6), 663-668.

**PROLEA., (2009).** La filière française des huiles et protéines végétales : L'alimentation animale, les graines : pois, féveroles, lupin. France .

**Promeyrat A., Gatellier P., Lebret B., Kajak-Siemaszko., Aubry L., Santé-Lhoutellier V., (2010).** Properties of ram lamb carcasses from four fat-tailed genotypes. *Food Chemistry.*, 121, 412-417.

### R

**Rachwa-Rosiak D., Nebesny E., Budryn G., (2015).** "Chickpeas-composition, nutritional value, health benefits, application to bread and snacks: a review." *Critical Review in Food Science and Nutrition*, 55(8), 1137-1145.

**Radetski CM., Ferrari B., Cottele S., Masfareaud JF., Ferard JF., (2004).** Evaluation of the genotoxic, mutagenic and oxidant stress potentials of municipal solid waste incinerator bottom ash lactates. *Science of the Total Environment*, 333(1-3), 209-216.

- Raikos V., Neacsu M., Russell W., Duthie G., (2014).** Comparative study of the functional properties of lupin, green pea, fava bean, hemp, and buckwheat flours as affected by pH. *Food Science and Nutrition*, 2(6), 802–810.
- Ranjani AM Sc., (2009).** The effect of cooking on nutritive quality of selected legumes. Thèse Doctorale, Université Tomas Bata, Zlin, république Tchèque, p105.
- Raynaud C., (1976).** Monographie et iconographie du genre vicia L. au Maroc. *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, 1, 147-172.
- Reddy MB., Hurrell RF., Cook JD., (2000).** Estimation of nonheme-iron bioavailability from meal composition. *American Journal of Clinical Nutrition*, 71(4), 937-943.
- Rémond D., Walrand S., (2017).** Les graines de légumineuses : caractéristiques nutritionnelles et effets sur la santé, 60, 133-144
- Revilla I., (2015).** Impact of thermal processing on faba bean (vicia faba) composition. In: Preedy, V. (Ed.), *Processing and Impact on Active Components in Food*. Elsevier, Amsterdam, 337–343.
- Ribéreau-Gayon P., (1968).** Les composés phénoliques des végétaux. Dunod Éd. Paris, France. p254
- Rocca-Poliméni R., (2007).** Contribution à la compréhension de la cuisson domestique sous pression de vapeur. Etude expérimentale et modélisation des transferts, de l'évolution de la texture des légumes et du fonctionnement d'un autocuiseur, 33-34.
- Rodriguez-Amaya DB., Kimura M., (2004).** Harvest plus handbook for carotenoid analysis. Edition : Technical Monograph Series 2, 51.
- Rousselle P., Robert Y., Crosnier JC., (1996).** La pomme de terre – Production, amélioration, ennemis et maladies, utilisations. 1 éd. Quae. Paris, p607.
- Roy MK., Takenaka M., Isobe S., Tsuchida T., (2007).** Antioxidant potentiel, antiproliférative activities and phenolic content in water-soluble fractions of some commonly consumed vegetables: effect of thermal treatment. *Food Chemistry*, 103(1), 106-114.

### S

- Sadiki M., Lazrak A., Kasten W., Betz H., (1998).** La fève et la féverole. Fiche technique. *Projet amélioration de la culture des légumineuses alimentaires*, p31.
- Salghi R., (1978).** Analyse physicochimique I-Analyse des denrées alimentaires I. ENSA. Maroc. 33.
- Salghi R., (2005).** Analyses physicochimiques des denrées alimentaires. *Génie des Procédés, Énergie et Environnement. École Nationale des Sciences Appliquées d'Agadir*, 33.

- Satwadhar PN., Kadam SS., Salunkhe DK., (1981).** Effects of germination and cooking on polyphenols and in vitro protein digestibility of horse gram and moth bean. *Plant Foods for Human Nutrition*, 31(1), 71–76.
- Satya S., Kaushik G., Naik SN., (2010).** Processing of food legumes: a boon to human nutrition. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*, 3(3), 183–195.
- Shah HU., Khan UL., Alam S., Shad AA., Iqbal Z., Parveen S., (2011).** Effect of home cooking on the retention of various nutrients in commonly consumed pulses in Pakistan. *Sarhad Journal of Agriculture*, 27 (2), 279-284.
- Shimelis EA., Rakshit SK., (2007).** Effect of processing on antinutrients and in vitro protein digestibility of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties grown in East Africa. *Food Chemistry*, 103(1), 161-172.
- Shiran B., Mashayekh AM., (2004).** Evaluation of the chloroplast dna among *Vicia faba* l. germ plasm using restriction- site analysis. *Iranian journal of science & technology, trans. A*, 28, 51-54.
- Siah S., Wood JA., Agboola S., Konczak I., Blanchard CL., (2014).** Effects of soaking, boiling and autoclaving on the phenolic contents and antioxidant activities of faba beans (*Vicia faba* L.) differing in seed coat colours. *Food chemistry*, 142, 461–468.
- Siah SD., Konczak I., Agboola S., Wood JA., Blanchard C., (2012).** In vitro investigations of the potential health benefits of Australian-grown faba beans (*Vicia faba* L.): Chemopreventive capacity and inhibitory effects on the angiotensin-converting enzyme,  $\alpha$ -glucosidase and lipase. *British Journal of Nutrition*, 108, 123–134.
- Sillero JC., Villegas-Fernandez AM., Thomas J., Rojas-Molina MM., Emeran AA., Fernandez-Aparicio M., Rubiales D., (2010).** Faba bean breeding for disease resistance. *Field Crops Research*, 115(3), 297-307.
- Singh RJ., Jauhar PP., (2005).** Genetic resources, chromosome engineering and crop improvement, Volume 1, Grain Legumes. Ed CRC Press Taylor and Francis Group 363.
- Stea TH., Johansson M., Jägerstad M., Frølich W., (2007).** Retention of folates in cooked, stored and reheated peas, broccoli and potatoes for use in modern large-scale service systems. *Food Chemistry*, 101(3), 1095-1107.
- Sugimura T., (2002).** « Food and cancer », *Toxicology*, 181, 17-21.

### T

- Tessier FJ., Jacolot P., Niquet-Léridon C., (2007).** La réaction de Maillard : cent ans de découvertes scientifiques sur la chimie des aliments et la santé, (10), 5.

**Thavarajah D., Thavarajah P., Seea CT., Vandenberg A., (2010).**Phytic acid and Fe and Zn concentration in lentil (*Lens culinaris L.*) seeds is influenced by temperature during seed filling period. *Food Chemistry*, 122(1), 254-259.

**Tiwari U., Cummins E., (2013).** Factors influencing levels of phytochemicals in selected fruit and vegetables during pre-and post-harvest food processing operations. *Food Research International*, 50(2), 497-506.

**Torres A., Avila C., Gutierrez N., Palomino C., Moreno M., Cubero J., (2010).**Marker assisted selection in faba bean (*Vicia faba L.*). *Field Crops Research*, 115(3), 243-252.

**Turco I., Ferretti G., Bacchetti T., (2016).** Review of the health benefits of faba bean (*Vicia faba L.*) polyphenols. *Journal of Food and Nutrition Research*, 55(4), 283–293.

**Turkmen N., Sari F., Velioglu YS., (2005).** The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables. *Food Chemistry*, 93(4), 713–718.

### U

**Udensi EA., Ekwu FC., Isinguzu JN., (2007).** Antinutrient factors of vegetables cowpea (*sesquipedalis*) seeds during thermal processing, *Pakistan journal of nutrition*, 6(2), 194-197.

**Uebersax M., OcceñaL., (2003).** "Legumes: Legumes in Diet." *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*, 3520-3534.

### V

**Vallejo F., Tomás-Barberán FA., García-Viguera C., (2002).**Glucosinolates and vitamin C content in edible parts of broccoli florets after domestic cooking. *European Food Research and Technology*, 215(4), 310-316.

**Van Dokkum W., (1992).**Significance of iron bioavailability for iron recommendations. *Biological Trace Element Research*, 35(1), 1-11.

**VasićMA., Tepić AN., Mihailović VM., Mikić AM., Gvozdanović-Varga JM., Šumić ZM., Todorović VJ., (2012).** Phytic acid content in different dry bean and faba bean landraces and cultivars, *romanian agricultural research*, 100(29), 2.

**Vidal-Valverde C., Frias J., Sierra I., Blazquez I., Lambein F., Kuo YH., (2002).**New functional legume foods by germination: effect on the nutritive value of beans, lentils and peas. *European Food Research and Technology*, 215(6), 472-477.

**Vidal-Valverde C., Frias J., Sotomayor C., Diaz-Pollan C., Fernandez M., Urbano G., (1998).**Nutrients and antinutritional factors in faba beans as affected by processing. *ZeitschriftfürLebensmitteluntersuchung und-Forschung A*, 207(2), 140-145.

### W

- Wang N., Hatcher DW., Gawalko EJ., (2008).**Effect of variety and processing on nutrients and certain anti-nutrients in field peas (*Pisum sativum*). *Food Chemistry*, 111(1), 132-138
- Wang N., Hatcher DW., Toews R., Gawalko EJ., (2009).** Influence of cooking and dehulling on nutritional composition of several varieties of lentils (*lens culinaris*). *LWT-Food science and technology*, 42(4), 842-848.
- Wang N., Hatcher DW., Tyler RT., Toews R., Gawalko EJ., (2010).** Effect of cooking on the composition of beans (*phaseolus vulgaris L.*) and chickpeas (*Cicer arietinum L.*). *Food Reaseach International*, 43(2), 589-594
- Wang PX.,Ueberschär KH., (1990).** The estimation of vicine, convicine and condensed tannins in 22 varieties of faba beans (*Vicia faba L.*).*Animal Feed Science and Technology*, 31(1-2), 157-165.
- Wolf B., (2010).** Polysaccharide functionality through extrusion cooking. *Current Opinion in Colloid and Interface Science*, 15(1-2), 50-54.

### Y

- Yahia Y., Guetat A., Elfalleh W., Ferchichi A., Yahia H., Loumerem M., (2012).** Analysis of agro morphological diversity of southern Tunisia faba bean (*Vicia faba L.*) germplasm. *African Journal of Biotechnology*, 11 (56), 11913- 11924.
- Yang RY., Tsou S., Lee TC., Wu WJ., Hanson PM., Kuo G., Engle LM., Lai PY., (2006).**Distribution of 127 edible plant species for antioxidant activities by two assays. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(14), 2395-2403.
- Yao LH., Jiang YM., Shi J., Tomás- Barberán FA., Datta N., Singanusong R., Chen SS., (2004).**Flavonoids in food and their health benefits. *Plant Foods for Human Nutrition*, 59(3), 113–122.
- Yongsawatdigul J., Patk JW., (2003).**Ascorbic acid, alpha-tocopherol, and oregano supplements reduce stress-induced deterioration of chicken meat quality. *Food Chemistry*, 83(3), 409-416.
- Yoshida H., Saiki M., Yoshida N., Tomiyama Y., Mizushina Y., (2009).** Fatty acid distribution in triacylglycerols and phospholipids of broad beans (*Vicia faba*). *Food Chemistry*, 112(4), 924–928.
- Youssef MM., Bushuk W., Murray ED., Zillman R., Shehata AMET., (1982).** Relationship Between Cookability and Some Chemical and Physical Properties of Faba Beans (*Vicia faba L.*). *Journal of Food Science*, 47(5), 1695–1697.

### Z

**Zdunczyk Z., Frejnagel S., Krefft B., (1996).**Effect of faba beans coat with different phenolics content on the use of protein by rats. Polish journal of food and nutrition sciences, 46 ,91-102.

**Zhang M., Bai X., Zhang Z., (2011).** Extrusion process improves the functionality of soluble dietary fiber in oat bran. Journal of Cereal Science, 54(1), 98-103.

**Zhou JR., Erdman J., (1995).**Phytic acid in Health and disease. Crit. Rev. Food Sci. Nutr, 35,495-508.

**Zielinski A., (2002).** Lecture de Merleau-Ponty et Levinas : le corps, le monde, l'autre. Presses Universitaires de France-PUF. France, p. 307.

**Zuang H., (1991).** Mémento : nouvelles espèces légumières. Ed. Lavoisier, Paris, p360.

**Résumé :**

La fève *Vicia faba L*, est l'une des légumineuses les plus importantes dans l'alimentation humaine. Elle remplace les ressources protéiques animales et s'appelle la viande des pauvres. L'effet de traitements thermique (cuisson ordinaire, autoclavag..., etc.) sur la teneur de différents nutriments et des facteurs antinutritionnels des fèves ont été étudiés. L'objectif de ce travail est de connaître l'effet de la cuisson sur la qualité nutritionnelle de la fève qui est utilisé non seulement pour la recherche scientifique, mais aussi pour le consommateur, qui peut prendre des décisions pour préparer et cuisiner les plats choisis.

L'étude comparative de la composition biochimique et nutritionnelle de la fève avant et après la cuisson indique que les méthodes de cuisson ont affecté différemment les caractéristiques physicochimiques comme le pH, les cendres, les protéines, les lipides, les glucides et les facteurs antinutritionnels.

**Mots clés :** *Vicia faba L*, cuisson, qualité nutritionnelle, composition biochimique, caractéristiques physicochimiques, facteurs antinutritionnels.

**Summary:**

The *Vicia faba L* bean is one of the legumes that represent the most important components of the human diet, where they replace animal protein resources and are called the meats of the poor. The effect of physical treatments (regular cooking, autoclaving, etc.) on the level of different nutrients and anti-nutritional factors of faba beans has been studied. The aim of this work is to find out the effect of cooking on the nutritional quality of the bean, which is used not only for scientific research but also for the consumer, who can make decisions to prepare and cook the chosen dishes.

The comparative study of the biochemical and nutritional composition of the bean before and after cooking indicates that Cooking methods have affected physicochemical characteristics such as pH and ashes differently, total protein, lipid, carbohydrate and anti-nutritional factors.

**Key words:** *Vicia faba L*, cooking, nutritional quality, biochemical composition, physicochemical characteristics, anti-nutritional factors.

**ملخص:**

يعتبر الفول من البقوليات التي تمثل أهم مكونات النظام الغذائي للإنسان، حيث تحل محل مصادر البروتينات الحيوانية وتسمى لحوم الفقراء. تمت دراسة تأثير العلاجات الفيزيائية (الطهي المنتظم، التعقيم، الخ) على مستوى العناصر الغذائية المختلفة والعوامل المضادة للتغذية في الفول. الهدف من هذا العمل هو معرفة تأثير الطهي على الجودة الغذائية، والتي لا تستخدم فقط من أجل البحث العلمي ولكن أيضاً من أجل المستهلك، والذي يمكنه من اتخاذ قرارات لإعداد وطهي الأطباق المختارة. تشير الدراسة المقارنة للتركيب الكيميائي الحيوي والغذائية للحبوب قبل وبعد الطهي إلى أن طرق الطهي قد أثرت على الخصائص الفيزيائية والكيميائية مثل الأس الهيدروجيني والرماد بشكل مختلف، والبروتينات والدهون والكربوهيدرات والعوامل المضادة للتغذية المدروسة لجميع العينات المطبوخة مقارنة بالعينات الخام.

**الكلمات المفتاحية:** الطبخ، الجودة الغذائية، التركيب الكيميائي الحيوي، الخصائص الفيزيائية والكيميائية، العوامل المضادة للتغذية