



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Abou Bekr Belkaïd-Tlemcen

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de

la Terre et de l'Univers

Département de Biologie



059 90
15/01/12

MEMOIRE

**En vue de l'obtention du diplôme de Master en Biologie
Option : « Science des Aliments »**

Thème

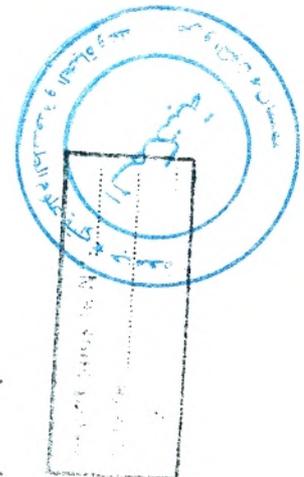
**Contribution à la valorisation de blé vert
concassé « Frik »**

**Présenté par : M^{me} ABDELBAKI Nadia
Soutenu le : 29/09/2011**

Devant le jury composé de :

**Mr. LAZOUNI H.A
Mr. DAHLOUM
Mr. TEFIANI
Mr. BELLOUT B**

**Président
Examineur
Examineur
Rapporteur**



**Année universitaire:
2010-2011**

16/01/2018

Remerciements

Avec l'aide de Dieu tout puissant, j'ai pu achever ce travail, il me tient à coeur de remercier tous ceux qui y ont contribué de près ou de loin.

*J'adresse une profonde reconnaissance à Mr **Bellout B**, qui a encadré ce travail depuis les premiers instants. Sa pédagogie, son écoute, son ouverture d'esprit et sa vision de la recherche scientifique, ont été aussi importantes pour moi que ses connaissances éclectiques et ont largement contribué à l'évolution de ce travail.*

Je tiens à exprimer mes plus vifs remerciements aux membres de mon jury. Merci au Dr **LAZOUNI H.A**, de m'avoir fait l'honneur de présider le jury.

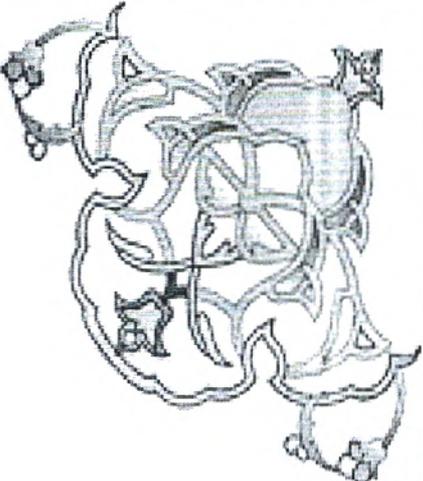
*Que Mr **Tefiani** et Mr **Dahloum**, trouvent ici l'expression de ma plus haute considération et de ma sincère reconnaissance pour avoir accepté de juger ce travail.*

Merci pour les remarques, suggestions et critiques que vous allez m'apporter, qui vont, sans doute, me permettre d'enrichir le contenu de ce travail.

J'adresse également mes remerciements à toutes les personnes qui ont contribué à l'aboutissement de ce mémoire.



Abdelbaki Nadia

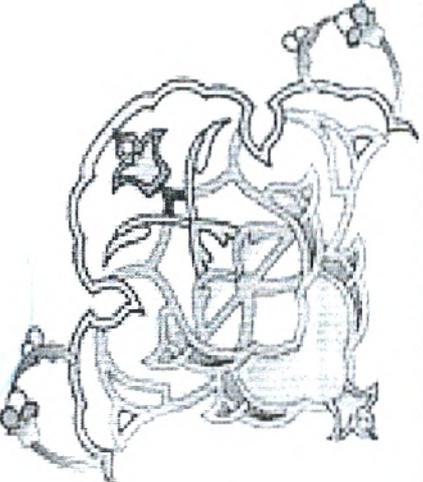


Dédicace

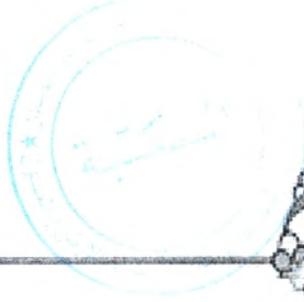
Au mon dieu clément et miséricordieux et que le salut de dieu soit sur mon prophète MOHAMMED.

Je dédie ce travail à :

- *Mes parents : mon père Mohamed qui m'a inspiré le courage, et ma chère mère Fatima qui m'a entouré d'affection, qui a su me guider dans ma vie.*
- *Mes très chers frères.*
- *Mes très chères sœurs.*
- *A toute ma famille : pour tout ce qu'il fait pour moi.*



Nadia



Résumé

Le Frik ce super aliment ancien faites de grains de blé dur récolté avant maturité, encore molle et humide. Il est très populaire au pays de Moyen-Orient et l'Afrique du Nord.

Le Frik est très nourrissant, particulièrement riche en fibres et en fer, tout en possédant un indice glycémique très bas. Connue pour ses vertus antioxydantes, ce produit limiterait également les risques de cancer du côlon et de diabète.

La présente étude vise à déterminer la composition chimique en métabolites primaires, analyses microbiologiques, le profil sensoriel ainsi que la valorisation d'un produit de qualité.

Nos résultats démontrent formellement que le Frik est un produit de bonne qualité nutritionnelle, diététique , et organoleptique.

Mots clés :

Blé, Blé dur, Blé vert, Frik, profil nutritionnel, qualité.

Abstract

Frik the ancient super food made of young green durum wheat that's harvested when the still are soft and moist. It is very popular in countries of the Middle East and North Africa.

The Frik is very nutritious, rich in fiber and iron, while having a low glycemic index. Known for its antioxidant properties, this product would also limit the risk of colon cancer and diabetes.

This study aims to determine the chemical composition in primary metabolites, microbiological, sensory profile and the development of a quality product.

Our results demonstrate that the strictly Frik is a product of good nutritional quality, diétitique, and organoleptic.

Keywords:

Wheat, Durum Wheat, green Wheat, Frik, nutritional profile, quality.

ملخص

الفريك هذا الغداء الغني القديم, ينتج من القمح الصلب المحصود قبل النضوج و التي لا تزال حباته لينة و رطبة, إنه يحظى بشعبية كبيرة في دول الشرق الأوسط و شمال إفريقيا.

الفريك جد مغذي, و غني بالألياف و الحديد, يعتبر منخفض المؤشر الجليسمي, معروف بخصائصه المضادة للأكسدة, و يحد من مخاطر الإصابة بسرطان القولون و السكري.

تهدف هذه الدراسة لتحديد التركيب الكيميائي للفريك, تحاليل ميكروبيولوجية, profil sensoriel, و تطوير نوعية المنتج.

أظهرت النتائج المحصل عليها أن الفريك ذا جودة عالية من حيث القيمة الغذائية' organoleptique , diétitique.

الكلمات المفتاحية:

القمح, القمح الصلب, القمح الأخضر, فريك, الجودة' القيمة الغذائية.

I- Généralités sur le blé

I-1- Historique

L'histoire de l'homme et celle des plantes cultivées constituent un ensemble d'interactions continues dans le temps et l'espace (**Bonjean & Picard ,1990**). Au Néolithique le passage des premiers groupements humains de l'état de chasseurs - cueilleurs d'une civilisation de nomades à celle d'agriculteurs sédentarisées est le résultat de la domestication progressive de graminées cultivées dont la plus ancienne semble être le blé dur (**Feillet, 2000**).

Le blé est l'une des premières espèces cueillies et cultivées par l'homme au proche Orient, il y a environ 10.000 à 15.000 ans avant J.C (**Hervé, 1979**) .Des restes de blés, diploïde et tétraploïde, ont été découverts sur des sites archéologiques au proche Orient d'après **Harlan (1975)** et on croit que le blé dur provient des territoires de la Turquie, de la Syrie, de l'Iraq et de l'Iran selon **Feldmen (2001)**.

I-2-Morphologie et structure du grain de blé

I-2-1- Définition du blé

Le blé est une plante herbacée à croissance annuelle, de la famille des graminées du genre *Triticum*, on rencontre :

Le blé dur : *Triticum Durum*.

Le blé tendre : de l'espèce *Triticum Aestivum*.

C'est plutôt un fruit qu'une graine, mais un fruit sec provenant d'un ovaire à un seul ovule, et dont l'amande est soudée à l'ovaire (**Kiger, 1967**).

I-2-2- Structure du grain de blé

D'après **Calvel, 1984** le grain du blé est de forme ovoïde, plus u moins allongé et comprend trois parties comme il est indiqué dans la figure 1 :



Figure 01: Coupe longitudinale schématique d'un grain de blé
(Boudreau & Menard, 1992)

a- L'enveloppe :

C'est une pellicule cellulosique qui protège le grain pendant sa formation dans l'épi (Leygue, 1995) : elle représente 14 à 16% du poids du grain, son épaisseur varie en fonction des variétés (Godon, 1991), elle constitue :

- Un péricarpe qui représente une dimension en matières fibreuses, une augmentation en matières protéiques et sels minéraux (Cheffel, 1977).
- Téguments séminaux et bande hyaline.
- Une assise protéique ou couche à aleurone : constitue la première assise de l'endosperme, mais par la nature cellulosique de ses parois, elle s'apparente beaucoup plus aux enveloppes aux quelles elle intimement soudée qu'à l'amande farineuse (Yvon, 2006).

b- L'amande farineuse :

Représente 84%, constitué de granules d'amidon enchâssés dans le réseau protéique qui comporte 7% du gluten (Bompeix, 1975).

c- Le germe :

Il représente 3% du grain et constitue la future plante. C'est un corps riche en matières grasses, sucres, protéines et en vitamines E et B (Delachaux, 1983) : il est constitué de trois parties.

- ✓ Le scutellum : organe en forme de bouclier qui entoure le germe et le sépare de l'endosperme.

- ✓ La gemmule et le radicale : forment la plantule (Bourdeau & Menard, 1972).

I-3- Composition biochimique du grain de blé

Un grain de blé renferme toutes les matières nécessaires à la vie.

a- Eau :

Les grains sont naturellement peu hydratés, leur teneur en eau varie avec le taux d'humidité de l'air. L'équilibre se situe entre 13-16% (Godon, 1991).

b- Les glucides :

Les glucides sont les principaux nutriments que l'on trouve dans le grain de blé, dans la partie que l'on appelle l'endosperme. la teneur des glucides est de (59 à 69%) (King & Cieltitra, 2000). Ils comportent plusieurs composants :

- L'amidon
- Cellulose
- Pentosane
- Sucres simples

➤ L'amidon

Est le glucide le plus abondant et le plus important (63 à 70%), il s'y trouve sous deux formes, l'amylose et l'amylopectine (Lamballais, 1989).

- L'amylose : est un polymère linéaire de résidus, représente 20 à 25% de l'amidon.
- L'amylopectine : est un polymère ramifié de D-glucose, constitué de 75 à 80 % d'amidon.

➤ La cellulose

Elle représente 2,6% du grain de blé dont 90% se trouvent dans les enveloppes et l'assise protéique.

C'est un polymère linéaire et plat, constitué de résidus de glucose.

➤ les pentosanes

Ce sont des polymères de pentose souvent accompagnés de constituant mineurs tels que le glucose, le galactoglucose et les acides uroniques. Les pentosanes sont généralement associés à la cellulose et retiennent dans les parois cellulaires (Lamballais, 1989).



➤ les sucres simples :

Ils représentent 2 à 3.5 % du blé. Parmi ces sucres, nous citons Oses (glucose, fructose) et l'Oligosides (maltose, saccharose) (Godon, 1991).

G- Les protéines

c'est le second constituant pondéral dans le grain après l'amidon, ils représentent 8 à 18% de matière sèche de grain de blé (Hekkens, 1993). Les principales sont :

- Des protéines de réserves insolubles (Les plus abondantes)
 - Gliadines ou prolamines
 - Gluténines
- Ces protéines solubles (présentes en petite quantité)
 - Albumines
 - Globulines

Ces protéines constituent le gluten. C'est le gluten qui confère au blé ses propriétés Panifiables. En effet les protéines qui forment le gluten sont capables de s'organiser en un réseau tridimensionnel (Bourdeau & Menard, 1992).

h-Les matières minérales

Actuellement le taux de cendre définit la qualité même des farines cependant le grain de blé peut être plus ou moins riche en matières minérales selon le sol, les conditions climatiques, la récolte, l'année, les variétés ont des richesses minérales variables selon leurs nature propre (tableau N°1)

Tableau N°01 : composition des matières minérales des grains de blé
(Godon & Willm, 1991).

Elément	En mg pour 100g de MS	En pourcentage des cendres
Potassium (K)	300-600	23-27
Phosphore (P)	200-500	20-25
Soufre (S)	100-250	07-10
Magnésium en Mg	50-150	07-10
Chlore (Cl)	25-100	03-05
Calcium (Ca)	06-10	02-03
Zinc (Zn)	02-10	0.3-0.5
Sodium (Na)	03-05	0.2-0.5
Fer (Fe)	06	0.2-0.5
Manganèse (Mn)	0.4-0.1	0.2
Silicium (Si)	0.4	0.5
Cuivre (Cu)	0.4	0.05
Autres éléments	0.5	0.01

La matière minérale existe en réalité dans le grain à l'état de combinaison organique plus ou moins complexe et parfois mal connue, elle est localisée au niveau de l'écorce.

La teneur des minéraux varie de 1.7 à 2 % (tableau N° 02) (Godon & Willm, 1991).

Tableau N°02 : Répartition des matières minérales dans le grain de blé
(Godon & Willm, 1991).

Constituants	Cendre (%) du produit
Albumen	0.32
Embryon	5.30
Enveloppes	4.70

i- Les enzymes

Sont des catalyseurs de biochimiques de nature protéique présent en faible quantité dans le grain de blé. ils permettent les réactions chimiques nécessaire à la multiplication cellulaire. Les enzymes les plus importants dans le grain sont :

➤ protéases



Hydrolysent les liaisons peptidiques en libérant des acides aminés qui conduisent à un affaiblissement de la force boulangère.

➤ **Les lipases**

Agissant sur les lipides en alternant les produits, en libérant des acides gras libres.

➤ **Les lipoxygénases**

Catalysent l'oxydation des acide gras libres insaturés en conduisent à une altération à la saveur et de l'arome du produit par la formation des peroxydes, cétones aldéhydesetc.

➤ **Les amylases α et β**

Attaquent l'amylase et l'amylopectine à partir des extrémités non réductrices des haines et libèrent des résidus successifs de maltose de configuration (**Godon & Willm, 1991**).

j-Les lipides

Ce sont des composés organiques insolubles dans l'eau mais solubles dans les solvants organiques. Elles sont des triglycérides par des acides gras essentiels comme l'acide linoléique. Elles sont localisées dans le germe et les enveloppes avec une proportion de 01 à 02% du poids total de grain (tableau N° 03) (**Lamballais, 1989**).

Tableau N° 03 : repartition de la matière grasses dans les différents parties du grain de blé (**Godon & Willm, 1991**).

Constituants	Teneur en %
Enveloppes	5,6
Albumen (70% d'extraction)	0,8 à 10
Germe	12,5

k-les vitamines

ce sont des substances auxiliaires de l'alimentation, dont le rôle primordial a été mis en évidence, depuis longtemps, se trouvent surtout dans le germe : qui en apporte de fortes proportion dissoutes dans les lipides, les autres parties de grain renfermées que très peu (**Romino, 1991**).

Le grain de blé est particulièrement le germe présent une richesse plus élevée surtout en vitamines E et B, avec les proportions suivantes :

- Thiamine (B1): 0.04 mg /100g
- Niacine (PP): 0.4 à 0.8 mg /100.
- Riboflavines (B2):0.2 mg /100.
- Pyridoxine (B): 0.5 mg /100.
- Tocophérol (E): 2 mg /100 (Godon & Willm, 1991).

1-4- Ecologie et technique de production

La conduite d'une culture intensive du blé nécessite le respect de certaines techniques culturales adaptées aux conditions agro-écologiques de chaque zone.

1-4-1-Principaux facteurs écologiques

Le sol : la nature et la qualité du sol jouent un rôle déterminant dans la culture du blé.les meilleurs terres a blé sont

- les sols limono-argilo calcaire ou argilo-siliceux profonds à bon pouvoir absorbant.
- Le blé craint les terres creuses à trop grands espaces lacunaires il préfère les terres stables. Les sols profonds bien ameublis ayant une bonne structure pourvus en calcium et riche en matière organique sont favorables pour la culture des blés.

Le climat : la température et la pluviométrie sont les deux principaux éléments du climat qui peuvent influencer la céréaliculture.

La température : la température optimal de croissance du blé se situe entre 15 et 22°C. la somme des températures du semis a la levée est de l'ordre de 121°C la température a un effet défavorable sur la céréaliculture.

La pluviométrie : l'eau dès la germination est un facteur limitant de la croissance du blé. cette céréale traverse deux périodes critique quand a ses besoin en eaux.

l'une dans les vingt jours précédents l'épiaison. l'autre durant le palier physique (LAROUSSE AGRICOLE, 1981).

Les éléments les plus importants de la pluviométrie se sont les moyennes mais les fréquences des classes de pluies mensuelles et l'importance des pluies unitaires a chaque saison.

La variété : toute variété de blé se caractérise par un patrimoine génétique qui est responsable des caractères physico-chimique des grains et de les exigences écologiques

chaque variété a également un cycle végétatif et une morphologie propres permettant un choix judicieux selon les conditions edapho-climatique.

1-4-2 techniques culturales (ITGC El Harrach, 1995)

- place dans la rotation : une plante sarclée (comme la betterave pomme de terre féverole) est le meilleur précédent d'un blé.

Préparation du sol : le sol ne doit pas être pulvérisé en surface.

Le labour, obligatoirement profonds après une utilisation du sol en prairie est fait deux ou trois mois avant le semis après la culture d'une plante sarclée est fréquemment remplacée par un travail superficiel à l'aide d'outils comme les petits couverts croop les terres rotatives.

-le semis : l'installation de la culture pour une levée homogène recommande le semis en lignes avec un écartement de 17 à 18 cm. cette opération doit s'effectuer à l'aide d'un semoir. La période de semis se fait selon les variétés la dose de semis 100 grains. 1m².

La récolte : elle est tributaire des paramètres suivant :

- Maturité totale de la céréale.
- La tige casse facilement.
- Détachement facile des grains.

Entretien de la culture : l'engraisement se fait par un apport d'Azote dépendant de la pluviométrie et du cycle végétatif de la plante.

Nature des engrais incorporés au sol : d'après **Gonde (1968)**, l'utilisation de la fumure minérale et plus particulièrement de l'azote dépend des conditions climatiques de l'année. En annexe sèche l'excès d'azote peut se répercuter sur le développement de la plante : verse et sensibilité plus grande aux parasites et maladies. L'Azote favorise la multiplication cellulaire. Le développement des oranges végétaux et augmente la teneur en acides aminés, en protéines et le taux de vitrosité.

La potasse et l'acide phosphorique sont généralement apportés par la fumure de fond, avant le labour.

Le phosphore peut améliorer la résistance au froid et la sécheresse.

La teneur en potasse dans le sol favorise le déroulement des fonctions qui assurent la croissance.

La photosynthèse donc la formation des constituants de la plante et de ses réserves glucidiques matières grasses et protéines (**Belaid, 1986**).

1-5- Exigences écologiques du blé dur

Le blé dur n'a pas les mêmes exigences que le blé tendre. Il a des besoins élevés en ensoleillement, une faible résistance au froid et à l'humidité, des rendements moyens (en général inférieurs à ceux du blé tendre, sauf pour les variétés récentes), une sensibilité à certaines maladies cryptogamiques plus grande que chez le blé tendre.

Le blé dur exige un sol sain, drainant bien mais pas trop sujet au stress hydrique surtout pendant la période de l'accumulation des réserves dans le grain. L'installation du blé dur dans les terres se ressuyant mal, le rend plus sensible aux maladies cryptogamiques telles que les pietins et les fusarioses (Andieh & Alaoui, 2003).

1-6- La récolte de blé dur

Après l'apparition de l'épi constitué de nombreuses fleurs, la fécondation de ces dernières donnera les grains. De juin à juillet, les grains vont se développer pour atteindre leur maturité en juillet. C'est alors le moment de la récolte : la moisson (Andieh & Alaoui, 2003).

1-7- Utilisation du blé

Du blé tendre on tire la farine, destinée à la panification. Les variétés de blé dur sont plutôt réservées aux semoules et aux pâtes alimentaires. Le blé sert aussi à préparer des aliments pour petit déjeuner (réunis sous le vocable de céréales) et, dans une moindre mesure, à la production de bière et d'alcools. Les qualités inférieures de blé et les sous-produits de meunerie, de brasserie et de distillation sont destinés au bétail. Une faible proportion de la production est transformée en substitut du café, surtout en Europe, et l'amidon du blé sert d'apprêt dans l'industrie textile.

D'autre part il est à noter l'utilisation de blé dur récolté au stade lacteur, pour la fabrication du Frik (blé vert). Les épis sont séchés jusqu'à une humidité du grain d'environ 12%. Les grains sont ensuite concassés (Quattar & Ameziame, 1989).

1-8- Description du blé vert

Blé vert ou Frik appelé également Frikh ou firik est un aliment céréalier produit à partir de blé dur immatures, c'est un plat d'origine orientale qui est devenu plus populaire dans de nombreuses régions du Moyen-Orient et l'Afrique du Nord, et partout dans le monde, très apprécié en Algérie, est utilisé dans les soupes, les conditions de culture sont identiques à ceux de blé dur mur (Williams & El-Haramein, 1985).

1-8-1- Historique

Selon la légende, Freekeh apparut aux alentours de 2300 avant JC, lorsque les attaquants d'un village syrien exposèrent les champs de blé vert sur le feu avant de se replier. Lorsque les villageois sont revenus, ils tentaient de sauver leur récolte de blé en frottant loin de l'ivraie brûlés. Ils ont découvert qu'en raison de la haute teneur en humidité des grains, ils étaient simplement torrifiés, et ont été restés avec une couleur verdâtre, saveur fumée, et un goût de noisette. Cela a conduit à la tradition de la récolte intentionnelle au stade laiteux et immature, et torrification soignée des grains. Le nom couramment utilisé "Frik" est de l'arabe classique mot « farik », qui renvoie à l'action de friction utilisé pour enlever la coque carbonisée (Franconie & al, 2010).

1-8-2- Technique de production

Les nombreuses variantes du terme arabe classique Farik mettent en évidence son ancienneté au Moyen-Orient et au Maghreb, sa large diffusion et ses diverses significations. Il est d'abord un terme marquant, dans le processus des différentes phases de développement des céréales, l'état qui précède celui de maturité complète où l'on moissonne: le grain est dit Farik « Frik » quand il est au stade laiteux où on peut le presser et le frotter entre les mains pour détacher le tégument qui le recouvre et qu'on puisse le manger. Le terme désigne aussi le plat que l'on fait et qui varie selon les régions (Figure 03).

Au Moyen-Orient, Égypte, Algérie, Frik ou Frikeh est un plat très populaire préparé à partir de grains non mûrs de blé dur, le stade de la récolte est très précis : quand les feuilles commencent à jaunir et que les grains sont encore mous, crémeux ou pâteux, dans ces régions, plusieurs techniques sont utilisées :

- Dans les méthodes traditionnelles de faire le blé vert, les gerbes de blé sont coupées et recueillies dans la matinée, puis laissées sécher au soleil pendant 2-4 h.



Figure02 : séchage des gerbes de blé au soleil (Franconie & al, 2010).

Après séchage, les gerbes sont placées sur un sol nu propre ou des morceaux de tôle métaux et brûlé à l'aide du reste des autres cultures séchées telles que la paille d'orge. Certains agriculteurs utilisent aujourd'hui lance-flammes directes qui utilisent des combustibles de butane. Le superviseur de la brulure doit porter une attention particulière à l'emplacement de l'incendie, le vent, et la progression de la brulure afin d'assurer un produit final parfait.

Le blé vert a une forte teneur en humidité initiale (40-45%) ,ce qui l'empêche de prendre feu mais au cours du processus de séchage, il perd environ 40% de son poids.



Figure 03 : torréfaction du blé (Franconic & al, 2010).

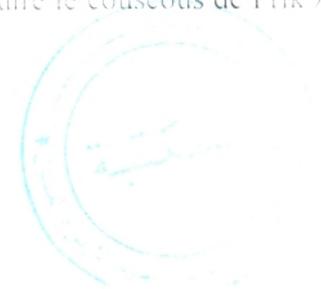
Le blé grillé subit encore le battage dans une machine qui est généralement amené sur le site. Il est ensuite séché à l'ombre pour éviter le blanchiment. Les grains sont concassé en petits morceaux, à la fin en obtiendra un produit terreux, fumé, et a une saveur distincte.

(Musselman & Mouslem, 2001; Williams & El-Haramein,, 1985).



Figure 04: blé vert concassé (Musselman & Mouslem, 2001)

- Une autre façon de préparer le Frik consiste à dépiquer le grain : on le grille alors qu'il est encore en épis : « le blé vert, fauché avant complète maturité est mis entre deux couches de paille auxquelles on met le feu. On bat ensuite les épis pour détacher les grains qu'on lave à l'eau et qu'on égoutte, suspendus dans un panier, ils sont ensuite saupoudrés de sel fin, étalés au soleil sur un drap, pour sécher. La dernière opération consiste à les concasser et à les tamiser, la semoule fine servira à faire des soupes, la plus grosse à faire le couscous de Frik » (Herbert, 1984).



- Plusieurs étapes jalonnent le dur labeur des fellahs : la moisson se fait au moment où l'épi de blé est en voie de mûrissement, encore vert. L'on fait battre les épis pour faire détacher les graminées du chaume, et à l'aide du souffle du vent, les grains sont ventilés de leurs tifs. Au foyer, les femmes à leur tour font passer les grains au couscoussier comme si elles préparent du couscous jusqu'à l'évaporation : elles les font sécher en les étalant en plein air et les rangent dans des sacs. On obtient donc des grains secs de couleur verte. Au moment du besoin, les grains passent au crible, et au rinçage d'une façon à les dépoussiérer, puis étuver, mouliner et ensuite tamiser pour en extraire, après un parcours du combattant, la semoule qui est appelée Frik (Franconi & al, 2010).

➤ **Inconvenient**

Les méthodes traditionnelles qui sont actuellement en usage pour la production de blé vert ont deux inconvénients majeurs :

- Premièrement, ils sont lents et ne peuvent pas être adaptés à la production à grande échelle.
- Deuxièmement, ils ne peuvent pas fournir des produits de bonne qualité (Gwandzang, & Haque, 1999).

- Aujourd'hui de nouvelles techniques de production ont été développées en Australie, en Japon, ainsi qu'en Europe.

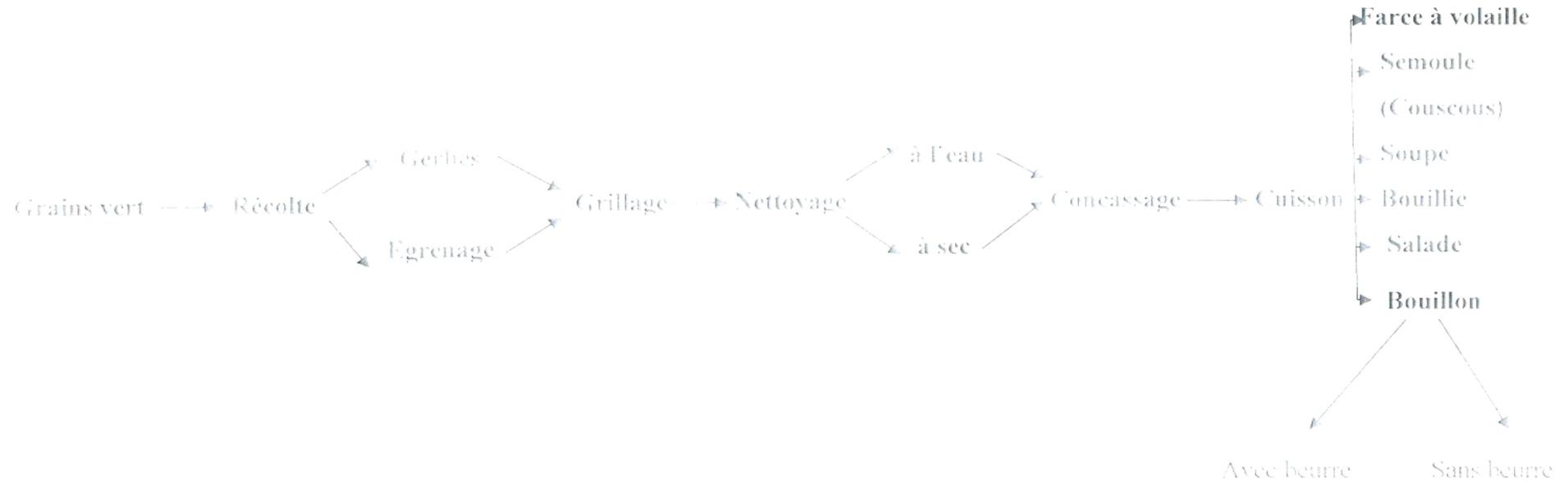


Figure 02 : Chaîne technique : du grain à l'assiette (Franconie & al, 2010).



Figure 03 : De la technique au produit (Frik) (Franconie & al, 2010).

I-8-3- Composition nutritionnelles (profil nutritionnel)

Les qualités nutritives du produit ont été caractérisées par les chercheurs de **PINRA**, (2007) de Clermont-Ferrand. Comme les légumes, le grain de blé vert est riche en potassium, en magnésium et contient des vitamines B. A ce stade, il contient également moins d'acide phytique, un composé qui rend les minéraux moins assimilables dans les grains matures. Consommer le blé lorsqu'il est encore riche de chlorophylle permet de bénéficier de la totalité des micronutriments du grain alors qu'une large majorité de ces éléments essentiels sont perdus dans les farines blanches ou les semoules. Le Frik contient quatre fois la teneur en fibres du riz brun.

Chlorophylle

Contient une très haute teneur. La Chlorophylle favorise le dégagement naturel des toxines des tissus de façon à pouvoir les expulser du corps. Il s'agit d'un processus naturel qui doit se produire quotidiennement de façon à ce que le corps n'accumule pas les toxines. Ce 'sang vert' qui s'apparente, par sa structure chimique à l'hémoglobine, peut augmenter l'oxygénation des tissus en augmentant la formation des globules rouges qui transportent l'oxygène.

Potassium

Joue un rôle essentiel dans la perméabilité de la membrane des cellules, et dans l'utilisation des protéines et des sucres, dans l'excitabilité neuromusculaire, le fonctionnement de l'azur, (90% du potassium de l'organisme est présent à l'intérieur des cellules). Essentiel dans la régulation du potentiel électrique des membranes cellulaires. Préserve la vivacité et clarté d'esprit.

Calcium

Participe à la structure et à la constitution des os et des dents. Il favorise l'absorption de la vitamine D et facilite l'utilisation des vitamines A, C, B5, B12 au phosphore, du silicium et du zinc. Il intervient dans le métabolisme des graisses, prévention des courbatures et crispations musculaires et active l'organisme contre les inflammations.

Phosphore

Autant que les noix et noisettes (Rôle essentiel dans la constitution des cellules et dans le métabolisme énergétique)

Zinc

Indispensable à l'organisme car entrant dans la constitution de nombreux enzymes, et intervenant dans la synthèse des protéines. Forte concentration dans les organes génitaux et les glandes endocrines. Génère un effet favorable sur le moral, la beauté de la peau, ongles et cheveux, particulièrement chez la femme (sur le plan hormonal).

Fibres

Haute teneur en Fibres agit sur le métabolisme des glucides (sucres). Excellent adjuvant pour les régimes amincissants.

Indispensable au bon fonctionnement de l'intestin. Ralentissent l'absorption des glucides. Un régime riche en fibres alimentaires peut, entre autres, réduire les besoins en insuline et une baisse du taux de glycémie après les repas et lorsque la personne est à jeun.

Sodium

Joue un rôle dans le maintien de l'équilibre entre les divers liquides de l'organisme, dans le maintien de l'équilibre acido-basique, l'hydratation des cellules, et l'excitabilité des muscles.

- Carotène (Yeux, Peau)

- Vit. K (coagulation sanguine)

- Chrome (Tharanathan & Mahadevamma, 2003).

Tableau N°4 : Composition du Frik et autres céréales (Bird & Mular, 2003).

	Blé vert Frik	Riz blanc	Riz brun	Spaghetti
Macronutriments par 100 grammes				
Humidité %	10.8	12.5	11	9.2
Proteine %	Jusqu'à 12.6	6.6	7.7	11.2
Lipide %	2.7	0.5	2.4	1.1
glucides	72	79.1	77	70.3
Energie kj	1471	1470	1530	1430
Fibre alimentaire %	Jusqu'à 16.5	2.3	3.9	5
VITAMINES				
acide Abscorbique (C) mg	<1	0	0	0
Thiamine (B1) mg	0.35	0.08	0.35	0.07
Riboflavine (B2) mg	0.22	0.02	0.05	0.06
Rétinol (A) ug	<5	0	0	0
Alpha-Tocophérol (E) mg	0.43	N/A	N/A	N/A
Minéraux				
Calcium mg	53	7	11	18
Cuivre mg	Jusqu'à 0.34	N/A	N/A	N/A
Fer mg	Jusqu'à 4.5	0.7	1.2	1
Potassium mg	Jusqu'à 440	49	165	142
Magnésium mg	Jusqu'à 110	34	120	30
Sodium mg	0	5	5	5
Zinc	Jusqu'à 1.7	1.1	2.1	0.6

1-8-4- Les bienfaits du frik

- Le Frik est 100% naturel. Sans produits chimiques, conservateurs ou d'OGM (organisme génétiquement modifié).
- Le Frik est considéré comme ayant un indice glycémique faible et est élevé dans « amidon résistant ». Certaines études indiquent que l'amidon résistant (qui agit plus comme une fibre qu'un glucide) peuvent jouer un rôle dans la gestion du poids - ce qui en fait un excellent aliment pour la perte de poids.
- parce que les grains sont récoltés alors encore jeune, le Frik conserve plus de protéines, de vitamines de fibres et de minéraux par rapport au blé dur mature.
- Il est médicalement prouvé que le blé vert (frik) réduit le risque d'être atteint d'un cancer du colon et aide à contrôler le diabète.
- Dans l'estomac, le Frik agit comme un aliment prébiotique-prévoyant les bonnes bactéries qui aident à la digestion.

- Riche en calcium, le fer et le zinc.
- Le frik est plus élevé en caroténoïdes lutéine et la zéaxanthine –protecteurs vision puissante- que les grains matures.
- Il a également la réputation d'être énergétique et efficace contre les maux d'estomac (Bird & Mular, 2003 ; Kaleelmullah, 1992 ;Williams & EL-Haramein, 1985).

1-8-5- Importance économique du blé vert

En 2009, plus de 10.000 quintaux de blé vert (frik) ont été collectés, sur une superficie de 500 hectares dans la wilaya de Khenchela. Cette production, l'une des meilleures de ces dernières années, « fruit du terreau fertile » de la wilaya, y compris celui de la zone saharienne de la wilaya (Sud), sera commercialisée à travers les marchés, notamment durant le mois de Ramadhan et la période des fêtes. Des rendements de 20 à 25 q/ha et de 10 à 15 q/ha ont été respectivement enregistrés dans la région saharienne et au nord de la wilaya, que les services agricoles de cette wilaya ont consacré, cette année, une « plus grande surface » au blé vert, très prisé localement. Le prix du « frik » concassé varie, pour vente au détail, entre 200 et 300 dinars le kg et avoisine, lorsqu'il est cédé en gros, 15.000 dinars le quintal à travers les commerces de Khenchela, soit plus du triple du prix du quintal de blé dur, a-t-on constaté. Le « frik » le plus cher reste celui que l'on concasse selon les méthodes traditionnelles, au moyen de la Matal'ina (moulin muni d'une meule en pierre) (Lamine, 2009).

En Moyen-Orient il a été rapporté que 200-300 milles tonnes sont produits chaque année (Williams & El-Haramein, 1985).

Matériel et méthode



I. Préparation du matériel biologique végétal

Notre choix s'est porté sur une céréale populaire en Algérie, appelé « blé vert » connue sous le nom vernaculaire (Frik), les épis de blé dur ont été récoltés au stade laiteux avant maturité le mois juin d'une exploitation située à Ain Tolba (15 Km à Ain témouchent).

Au laboratoire les grains ont été récupérés par la suite, et l'échantillon (Frik) a été préparé selon le procédé traditionnel (annexe 01), puis conservé dans des flacons en verre et à une température ambiante et à une humidité de 50% à 75% pour des analyses ultérieures.

II. Méthodes d'analyses physico-chimiques utilisées

II.1. Détermination du taux d'humidité

*Principe

La détermination de la teneur en eau est effectuée par une dessiccation de l'échantillon dans une étuve réglée à $104 \pm 1^\circ\text{C}$ jusqu'à une masse constante. Pour éviter toute reprise d'humidité, on opère dans des vases de tare, placées dans un dessiccateur (Audigié et al, 1980).

• Mode opératoire

- Les vases de tare ont été séchés à l'étuve pendant 30 min à 103°C avec couvercles inclinés :
- Après refroidissement dans un dessiccateur durant 20 à 30 min, les vases de tare ont été pesés avec les couvercles (P1) :
- Dans chaque vase, 2 g de l'échantillon moulu ont été introduit, l'ensemble a été pesé avec les couvercles fermés (P2) :
- Après un étuvage de 3 h à 105°C avec couvercles inclinés puis refroidissement dans un dessiccateur pendant 15 min, les vases de tare sont pesés, ensuite ils sont remis à couvercles inclinés dans l'étuve durant 1 h à 105°C :
- Après refroidissement comme précédemment, les vases de tare sont pesés (P3) :
- La différence entre deux pesées doit être inférieure à 2 mg, si non l'opération est renouvelée jusqu'à poids constant.

• Expression des résultats

Le taux d'humidité du millet exprimé en pourcentage est calculé selon la formule suivante:

$$\text{Taux d'humidité (\%)} = [(P_2 - P_3) / (P_2 - P_1)] \times 100$$

P_1 : masse en g du vase de tare.

P_2 : masse en g de la prise d'essai avant séchage.

P_3 : masse en g de la prise d'essai après séchage.

II.2. Détermination de la teneur en cendres (Audigié *et al.*, 1980)

✓ Principe

Les cendres totales sont le résidu de composés minéraux qui reste après incinération d'un échantillon contenant des substances organiques d'origine animale, végétale ou synthétique. Il consiste en une incinération dans un four à moufle, dans des creusets en porcelaine, à une température de 750°C jusqu'à ce que les résidus deviennent blancs après refroidissement.

Mode opératoire

- ✓ Une pré-incinération des creusets en porcelaine est effectuée à 300°C pendant 15 min :
- ✓ Après refroidissement, les creusets sont pesés vides (P_1) puis avec 1 g de l'échantillon (P_2):
- ✓ L'ensemble est introduit dans un four à moufle réglé à 750°C jusqu'à ce que le contenu en substances a pris une couleur blanche grisâtre qui blanchisse après refroidissement dans un dessiccateur :
- ✓ Ensuite, une dernière pesée des creusets est effectuée (P_3).

• Expression des résultats

Les résultats sont exprimés selon la formule suivante :

$$C\% = [(P_3 - P_1) / (P_2 - P_1)] \times 100$$

P_1 : poids de creuset vide;

P_2 : poids de creuset + l'échantillon avant incinération ;

P_3 : poids de creuset + l'échantillon après incinération ;

100: pour exprimer le pourcentage ;

C%: pourcentage en cendre.



II.3. Dosage des protéines totales : méthode de Kjeldahl (Norme AOAC, 1995)

• Principe

La méthode consiste à détruire la matière organique par l'acide sulfurique concentré et chaud, qui fait passer quantitativement l'azote à l'état de sulfate d'ammonium.

L'ammoniac est ensuite déplacé par de la soude et recueilli dans un excès d'acide borique de concentration connue. Un titrage en retour par l'acide chlorhydrique (HCl) de concentration

connue permet de déduire la quantité d'ammoniac formée, donc la teneur en protéine brute de l'échantillon.

- **Mode opératoire**

- ✓ **Echantillon** : 1g environ de l'échantillon à analyser broyé, tamisé à travers des mailles de 2 mm et séché à 105°C jusqu'à poids constant est introduit dans un tube de digestion.

- ✓ **Réactifs pour la digestion** : Pour la digestion de chaque échantillon, nous avons ajouté dans le matras:

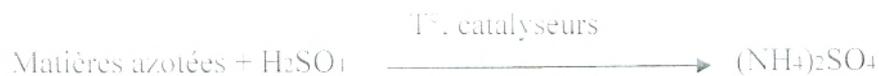
- 7 g de sulfate de potassium anhydre K₂SO₄ ;
- 1,2g de sulfate de cuivre CuSO₄ ;
- 5 mg de Sélénium en poudre ;
- 12 mL d'acide sulfurique H₂SO₄ concentré à 98% ;
- 5 mL de peroxyde d'hydrogène H₂O₂ concentré à 35% (130vol) ;
- 2 à 3 bouilleurs (pierres de ponce).

- ✓ **Digestion** : Elle est faite dans une unité de digestion **BÜCHI Digest system K-437**.

Les matras sont placés sur le dispositif de chauffage

L'appareil de digestion est préchauffé pendant 10 min, et les gaz d'échappement sont aspirés à l'aide d'une trempe à vide.

La minéralisation est lancée et poursuivie jusqu'à l'obtention d'une couleur limpide du mélange qui indique que tout l'azote organique contenu dans l'échantillon est transformé en azote minérale :



Le minéralisat (le contenu du matras) est transversé dans une fiole en complétant le volume avec de l'eau distillée jusqu'à 100 mL puis mélanger soigneusement afin de solubiliser en maximum les sulfates d'ammonium et laisser refroidir.

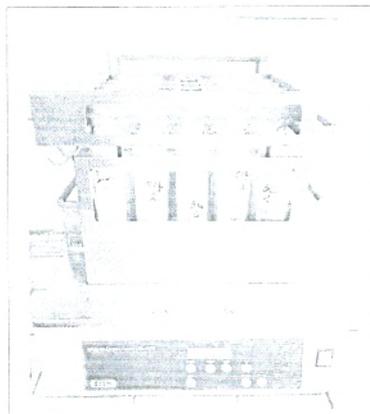


Figure 09: Minéralisateur de Kjeldahl

✓ Distillation

Elle est faite dans une unité de distillation BÜCHI Distillation Unit B-324.

10 mL du contenu de la fiole sont introduites dans le matras de l'unité de distillation aux quels sont ajoutés 50 mL d'eau distillée et 50 mL de la soude caustique (NaOH) à 35%. cette dernière va réagir avec le $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ comme suite :



Le mélange est chauffé pendant 4 min de façon à recueillir 150 mL de distillat.

Le distillat est ensuite recueilli dans un flacon de réception qui contient 25 mL de solution d'acide borique à 0.1N additionné de 10 gouttes d'indicateur de *Tashiro* (0.2 g. rouge de méthyle et 0.19 g de bleu de méthylène dissouts dans 100 mL d'éthanol : il est de couleur roseviolette en présence d'un milieu acide et verte dans le cas d'un milieu alcalin), et l'interaction entre l'ammoniac et l'acide borique engendre la libération des anions de borate selon la réaction suivante :

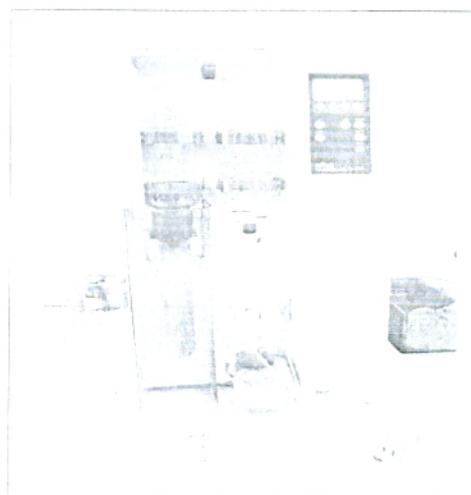


Figure 10 : Distillateur de Kjeldahl

✓ Titrage

L'excès des anions de borate est titré avec une solution d'HCl à 0.1N jusqu'à changement de la coloration du vert au rose-violet selon la réaction suivante :



Figure 11 : dispositif de titrage

✓ Expression des résultats

Le nombre de mole d'HCl nécessaire pour neutraliser l'excès des anions de borate présent dans l'échantillon à analyser est égale au nombre de mole d'NH₃ et au nombre de mole d'azote (N) dans l'échantillon.

Le pourcentage d'azote total est calculé par la formule suivante:

$$\text{Azote total (\%)} = \text{N (\%)} = (V_c - V_b) \times N \times 14.01 \times 100/m$$

V_c: Volume en ml de la solution de HCl à 0,1N nécessaire pour neutraliser l'excès des anions de borate présent dans l'échantillon à analyser.

V_b: Volume en ml de la solution de HCl à 0,1N nécessaire pour neutraliser l'excès des anions de borate présent dans l'essai à blanc.

N: normalité de HCl utilisée pour titration (0,1N).

14.01: la masse atomique de l'azote

m: masse en g de la prise d'essai.

Conversion du taux d'azote en taux de protéines

$$\text{Protéines \%} = \text{N\%} \times K$$

Calculer la teneur en protéines en multipliant la teneur en azote par facteur de conversion adéquat (K) égale à 5,7 pour le blé et les produits dérivés.

II.4. Détermination de la teneur en lipides selon la NF.3.713/1984 :

A.Principe

La méthode consiste à déterminer la teneur en matière grasse, on retient le principe de l'extraction par l'éther de pétrole ou l'hexane à l'aide d'un appareil de Soxhlet.

B.Mode opératoire

- Verser 10g de l'échantillon dans une cartouche durieux fermé avec un morceau de coton dégraissé et la placer dans l'extracteur.
- Un ballon préalablement taré est rempli d'une quantité de solvant (2/3 du Ballon).
- Le dispositif est placé sur un chauffe ballon.
- Pratiquer l'extraction pendant au moins 6H.
- La totalité du solvant est récupéré d'abord par distillation ensuite par évaporation pour éliminer les traces de solvant à une température de 100 °C pendant 20 min.

C.Expression des résultats

La teneur en matière grasse exprimée en % en masse rapporté à la matière sèche est donné à la formule suivante :

$$MG\% = \left[\frac{(m_2 - m_1) \times 100}{\text{prise d'essai}} \right] \times \left[\frac{100}{100 - H} \right]$$

M1 : le poids de Ballon avant extraction

M2 : le poids de Ballon après extraction

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

II.5. Détermination de la teneur en fibres brutes

La détermination de la teneur en fibres brute a été réalisée selon la méthode de l'AOAC (1993) en utilisant un extracteur des fibres brutes *FIBE-VELP SCIENTIFICA*.

*Principe

La méthode est basée sur la solubilisation des composés non-cellulosiques dans des solutions d'acide sulfurique et d'hydroxyde de potassium.

*Procédure analytique:

La procédure suivie a été celle de l'AOAC (1993):

- On Prépare deux solutions : une d'acide sulfurique (H₂SO₄) à 1,25 % et l'autre de l'hydroxyde de potassium (KOH) à 1,25 %.

- L'humidité de l'échantillon a été déterminée, en le chauffant dans un four à 105°C jusqu'à poids constant. L'échantillon est alors refroidi dans un dessiccateur.
- 1 g d'échantillon séché a été pesé avec une précision de ± 1 mg : c'est (F0)
- On ajoute de l'acide sulfurique à 1.25% jusqu'au repère de 150 ml, ensuite on réalise un préchauffage.
- 3-5 gouttes de n-octanol (agent anti-moussant) sont ajoutées.
- A partir du début de l'ébullition, on laisse bouillir pendant 30 minutes.
- On élimine l'acide sulfurique par vidange, ensuite on lave trois fois avec 30 ml (creuset rempli jusqu'en haut) d'eau distillée chaude, en connectant à chaque fois l'air comprimé pour mélanger le contenu des creusets.
- Après avoir vidangé l'eau distillée, 150 ml d'hydroxyde de potassium (KOH) à 1.25 % préchauffé et 3-5 gouttes d'agent anti-moussant (n-octanol) sont rajoutées.
- On fait bouillir 30 minutes.
- On filtre et on lave 3 fois avec 30 ml d'eau distillée chaude, en reliant chaque fois à l'air comprimé pour remuer le contenu du creuset :
- un dernier lavage est effectué avec de l'eau distillée froide pour permettre aux creusets de se refroidir, puis on lave trois fois le contenu des creusets avec 25ml d'acétone, en mélangeant chaque fois à l'aide d'air comprimé.
- les creusets sont retirés et le poids sec est déterminé après séchage dans un four à 105°C pendant une heure ou jusqu'à un poids constant c'est (F1). On laisse refroidir dans un dessiccateur. Ce poids représente les fibres brutes plus la teneur en cendres en comparaison du poids initial.
- Les creusets sont placés dans un four à moufle à 550°C pendant trois heures et repesés après refroidissement dans un dessiccateur.
- le résidu dans les creusets est pesé, c'est (F2).
- La différence des poids représente le contenu en fibre brute sans les cendres.

***Expression des résultats de la teneur en fibres brutes:**

La teneur des fibres brutes est calculée par la formule présentée ci-dessous :

$$\text{Teneur en fibres brutes (\%)} = (F_1 - F_2 / F_0) \times 100$$

Où :

F0 : le poids de l'échantillon à analyser (g).

F1 : le poids des creusets + l'échantillon avant l'incinération (g);

F2 : le poids des creusets + l'échantillon après l'incinération (g).

II.6. Determination de la teneur en Amidon

(méthode EWERS)

- ❖ L'amidon brut contenu dans l'échantillon à examiner est dissout dans l'HCl, chaud dilué après coagulation et précipitations de substances perturbatrices.

Le pouvoir rotatoire de la solution est mesuré par polarimètre, ainsi on calcule la teneur en amidon.

- ❖ **Mode opératoire**

La méthode consiste de porter une quantité de 2,5g de farine dans une fiole de 100ml à la quelle on ajoute 25ml d'HCl (1,128%) .Après agitation on ajoute encore une quantité de 25ml d'HCl.

La fiole est continuellement agitée les trois premières minutes dans un bain-marie .Après 15mn, elle est retirée du bain - marie, refroidie puis diluée d'eau distillée. On ajoute 5ml de la solution CAREZ. L'après agitation on introduit 5ml de la solution CAREZ.il ensuite on agite et on filtre le contenu de la fiole, puis on mesure l'angle de rotation (α).

- ❖ **Expression des résultats**

La teneur en amidon brut est calculée à l'aide de la formule suivante :

$$A\% = \frac{\alpha \cdot 10^6}{\alpha_0 \cdot L \cdot E \cdot (100-H)}$$

Où :

α : valeur rotatoire optique de la solution d'échantillon.

α_0 : valeur rotatoire spécifique de l'amidon, égale à 182.7 pour la farine.

L : longueur du tube planimétrique en dm égale à2.

E : pesé d'échantillon.

H : teneur en eau (Humidité).

IV- Analyse sensorielle

Le teste utiliser est le teste de notation. Les candidats doivent goutez les échantillons (Frik mélanger avec du lait de vache frais) qui leur son soumis et voir comment il trouve l'intensité de chaque caractere organoleptiques en cochant l'énoncée qui se rapproche le plus de la réaction que le produit à susciter. Les candidats sont pries de remplir la feuille de pointage qui se présente comme suite :

N° :

Age :

Sexe :

Fonction :

	Faible (1)	Moyen (2)	Fort (3)
Vitreux			
sucré			
piquant			
couleur			
Arrière gout			
Apparence			

- Le nombre de candidats participant à ce test est de l'ordre de 12.

Results et discussions

La qualité nutritionnelle d'un aliment a un impact sur la physiologie humaine. Elle est liée à la composition de l'aliment en nutriments (principalement protéines, lipides, glucides, alcool, vitamines, sels minéraux, oligoéléments et fibres). Elle détermine de façon prépondérante les effets postprandiaux à court et à long terme de la nourriture, tant au niveau de l'organisme entier qu'au niveau cellulaire (**Gausserès et Fricker, 1997**). Les résultats des analyses physicochimiques ont pu révéler les teneurs des différents composés du Frik.

I- Analyses physico-chimiques

I-1- La teneur en eau

L'humidité reste un indice très important, elle donne une idée sur la qualité de notre échantillon, elle accélère la germination et favorise le développement des microorganismes lors du stockage.

- L'analyse du taux d'humidité de la matière première a révélé une forte proportion estimée à **38.82%**, Le résultat de la présente étude reste proche des teneurs rapporté par **Al-Mahasneh & Rababah, 2006** qui vont de 40% à 45%. A partir de cette valeur nous avons pu déterminer la prématurité de la matière première. Ce taux d'humidité a été pris en considération lors de la préparation de l'échantillon.

- Le taux d'humidité de l'échantillon est de 12% Cette valeur est inférieure à celle trouvée par **Al-Mahasneh & Rababah, 2006** estimés par 17.1%. Le résultat de la présente étude reste proche au taux enregistré par **Bird & Mular, 2003** estimé à 10.8%. la détermination de taux d'humidité est très indispensable pour évaluer la qualité de l'échantillon ainsi que la qualité de séchage.

I-2- La teneur en cendres (matière minérale)

La détermination de la teneur en cendres peut nous apporter des informations sur la qualité de l'échantillon à analyser. En effet, seul les basses teneurs en cendres de produits sont acceptables pour la consommation humaine ou animale.

L'évaluation du taux des cendres du Frik a donné un taux estimé à 1.80% cette valeur proche de celle de blé (2.00%) rapporté par **Batal & Dale, 2009**, qui ont trouvé aussi que les valeurs des cendres pour tous les types d'orge dépassent la moyenne des valeurs 1.10% dans la maïs.

La qualité nutritionnelle d'un aliment a un impact sur la physiologie humaine. Elle est liée à la composition de l'aliment en nutriments (principalement protéines, lipides, glucides, alcool, vitamines, sels minéraux, oligoéléments et fibres). Elle détermine de façon prépondérante les effets postprandiaux à court et à long terme de la nourriture, tant au niveau de l'organisme entier qu'au niveau cellulaire (**Gausserès et Fricker, 1997**). Les résultats des analyses physicochimiques ont pu révéler les teneurs des différents composés du Frik.

I- Analyses physico-chimiques

I-1- La teneur en eau

L'humidité reste un indice très important, elle donne une idée sur la qualité de notre échantillon, elle accélère la germination et favorise le développement des microorganismes lors du stockage.

- L'analyse du taux d'humidité de la matière première a révélé une forte proportion estimée à **38.82%**, Le résultat de la présente étude reste proche des teneurs rapporté par **Al-Mahasneh & Rababah, 2006** qui vont de 40% à 45%. A partir de cette valeur nous avons pu déterminer la prématurité de la matière première. Ce taux d'humidité a été pris en considération lors de la préparation de l'échantillon.

- Le taux d'humidité de l'échantillon est de 12% Cette valeur est inférieure à celle trouvée par **Al-Mahasneh & Rababah, 2006** estimés par 17.1%. Le résultat de la présente étude reste proche au taux enregistré par **Bird & Mular, 2003** estimé à 10.8%. la détermination de taux d'humidité est très indispensable pour évaluer la qualité de l'échantillon ainsi que la qualité de séchage.

I-2- La teneur en cendres (matière minérale)

La détermination de la teneur en cendres peut nous apporter des informations sur la qualité de l'échantillon à analyser. En effet, seuls les basses teneurs en cendres de produits sont acceptables pour la consommation humaine ou animale.

L'évaluation du taux des cendres du Frik a donné un taux estimé à 1.80% cette valeur proche de celle de blé (2.00%) rapporté par **Batal & Dale, 2009**, qui ont trouvé aussi que les valeurs des cendres pour tous les types d'orge dépassent la moyenne des valeurs 1.10% dans la maïs.

1-3- La teneur en protéines

Les protéines de réserve des graines végétales représentent par leur diversité, leur différence au niveau des propriétés physicochimiques et de la composition en acides aminés, un potentiel intéressant à valoriser (Linden et Lorient, 1994).

La détermination de la teneur en protéines brutes est l'un des critères utilisés pour valoriser la qualité nutritive d'un aliment, où l'évaluation du taux de protéine brute a révélé une teneur moyenne estimée à 13,1%, une teneur légèrement supérieure à celles trouvées par les études de Bird & Mular, 2003 et de Al-Mahasneh & Rababah, 2006, mais qui est inférieure à celles de Ying & al, 2010 cela peut être due à la variété ou et aux conditions de culture. (Tableau 05).

Tableau 05 : La teneur en protéines déterminée par différentes études.

Protéines brutes en % de MS	Référence :
12.6	Bird & Mular, 2003
12.7	Al-Mahasneh & Rababah, 2006
17.96	Ying & al, 2010

1-4- La teneur en lipides

Au cours des traitements industriels ou domestiques, les lipides contenus dans les aliments sont la cible de dégradations qui sont principalement le fait de réactions de lipolyse ou d'auto-oxydation. Sur le plan nutritionnel, elles se traduisent surtout par la baisse des qualités organoleptiques et par la destruction d'acides gras essentiels. De ce fait l'évaluation de profil lipidique du frik reflète une idée sur sa qualité nutritionnelle ainsi son mode de conservation et de traitement car les analyses ont révélées une teneur moyenne de l'ordre de 2,4% de MS, une teneur proche de celles parues dans des travaux publiés par des équipes de recherches, présentées dans le tableau ci-dessous:

Tableau 06 : La teneur en lipides du Frik.

La matière grasse en % de MS	Référence :
2.7	Bird & Mular, 2003
2.8	Al-Mahasneh & Rababah, 2006
3	Ying & al, 2010

Le présent travail qui s'est fixé comme objectif la valorisation d'un produit de qualité, s'est basé sur des analyses physicochimiques, microbiologiques et sensorielles.

- Les résultats trouvés montrent que, les glucides sont le constituant majoritaire (68 %). La famille des composants qui vient en deuxième position est celle des protéines (13.1%), suivie par les fibres (11.67 %) et les lipides (2.4 %), les cendres restent en dernier par une teneur de l'ordre de (1.80%).
- Les résultats obtenus confirment les informations existantes sur le profil nutritionnel du blé vert Frik, elles démontrent aussi que sa composition a plusieurs attributs nutritionnels qui sont supérieurs par rapport à d'autres produits céréaliers (riche en protéines, en fibre alimentaire, en minéraux...).
- En outre le Frik contient une quantité appréciable de glucides non digestible (fibre alimentaire). Ce qui suggère qu'il est susceptible d'avoir des effets positifs sur la santé et la fonction du côlon.
- Le Frik est très apprécié du point de vue organoleptique et nutritionnel.
- La production du blé vert « Frik » donne un avantage économique pour les agriculteurs locaux, car il est habituellement vendu à un prix qui est trois fois plus élevé que le blé dur mature et c'est justement ce tarif qui fait supporter aux paysans les efforts de production supplémentaires.

Ces résultats mériteraient d'être approfondis. Des travaux complémentaires seraient nécessaires tels que :

- ✓ Utilisation des méthodes d'analyse fine pour doser d'autres substances au niveau du Blé vert «Frik » à savoir les minéraux et les vitamines (le potassium, le magnésium, la vitamine E et la vitamine C).
- ✓ Les données sur la composition fournir une justification pour procéder à des études *in vivo* pour étudier le potentiel du Frik pour améliorer les indices de la santé intestinale.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- **Al-Mahasneh M., Rababah T.,** 2006. Effect of moisture content on some physical properties of green wheat.
- **Andich K. et S.B. Alaoui.** (2003). Elaboration d'un référentiel d'aide à la décision pour les céréales d'automne, Dalil Al Fallah. Version 1.0.
- **AOAC.** 1995. Official Methods of Analysis, 16th ed., AOAC International, Gaithersburg, MD.
- **Audigié, CL., Figarelle, J., Zons, Zani.** 1980. Manipulation d'analyses biochimiques. *Ed.Doin. Paris. pp 88-97.*
- **Batal, A., Dale, N.** 2009. Ingredient analysis table. *Feed stuffs 2009.*
- **Belaïd D.,** 1986. Aspect de la céréaliculture en Algérie. O.P.U., Alger.
- **Bird, AR., Mular. M.,** 2003. A report for greenwheat freekeh. CSIRO.Health Sciences and nutrition.p4-55.
- **Bompeix G,** 1975. effet des micro-organismes sur la germination des semences et de développement des plantes.Ed.BORDAS.Paris.
- **Bonjean A .et Picard E.,** 1990 - Les céréales à paille origine, historique, économie et sélection. Eds Nathan, 235 pages.
- **Bourdeau A, et Menard G,** 1992. Le blé, éléments fondamentaux et transformation. Les presses de l'université laval.canada. 439p.
- **Cheftel F.C,** 1977, introduction à la biochimie et à la technologie des aliments, Ed et Tec LAVOISIER.Paris.p42-105.

- **CHEN Ying,ZHANG Hai-Hua,ZHU Ke-xue.**2010. Analysis of chemical compositions of green wheat (*School of Food Science and Technology,Jiangnan University,Wuxi 214122,China*).
- **Clavel.R,** 1984, la boulangerie moderne. Ed : LAVOISIER, Paris.
- **Delachaux.** 1983, boulangerie pratique du métier.
- **Feillet P.,** 2000- Le grain de blé. Composition et utilisation. Mieux comprendre. INRA. ISSN: 1144- 7605. ISBN: 2- 73806 0896- 8. p 308.
- **Feldman M.,** 2001 - Origin of cultivated wheat. Dans Bonjean A.P. et Angus W.J. (ed). The world wheat Book: a history of wheat breeding. Intercept limited, Andover, Angle Terre, 3-58.
- **Gausserès N & Fricker J.** 1997. Qualité des aliments Influences des technologies. *Service de nutrition, hôpital Bichat, 46, rue Henri-Huchard, 75018 Paris France 10-302-A-10.*
- **Godon B.,** 1991, biotransformation des produits céréaliers. Tec et Doc, LAVOISIER, Paris.p25-27.
- **Godon B, Willm C,** 199, les industries de premier transformation des céréales.Tec et Doc. LAVOISIER.Paris.
- **Gonde B.,** 1968 : Cours d'agriculture moderne. Nouvelles leçon d'agriculture.
- **Grausgruber Heinrich ; Scheiblaue Judith ; Schönlechner Regine ; Peter Ruckenbauer et Berghofer Emmerich.,** 2004. Variability in chemical composition and biologically active constituents of Cereals. *Eds. J.*
- **Gwandzang, M.I., & Haque, M.A** 1999.Physical properties of guna seeds. *Journal of agricultural Engineering research.* 73(2), 105-111.
- **Harlan J.R.,** 1975 - Our vanishing genetics resources. Science. 188:618-621.
- **Hélène Franconie, Monique Chastanet, François Sigant.,** 2010. Couscous, boulgour et polenta.KARTHALA.Paris. 341-428p.

- **Hekkens W.T.J.**, 1993. La toxicité des prolamines du blé. *Annal. Nest*.p51.
- **Herbert M.A.**, 1984, agricultural innovation in the early Islamic world, Cambridge University press.
- **Herve Y.**, 1979 - Introduction à l'amélioration des plantes. Cours. École nationale supérieure agronomique de Rennes.
- **I.T.G.C.**, 1990 : Fiche technique culturale. I.T.G.C., El Harrach.
- **Kaleemullah, S.** 1992. The effect of moisture content on the physical properties of groundnut kermels. *Tropical science*. 32, 129-136.
- **Kiger, JG et JL**, 1967. Techniques modernes de la biscuiterie, pâtisserie, boulangerie industrielle et artisanales et produit de régime. DUNOD, Paris, Tome 2, 313p.
- **King A L, Cielititra PJ.**, 2000. Celiac disease : Strongly heritable, oligogenic. But genetically complex. *Mol genet*.p:71-70.
- **Lamballais C.M.**1989 : LES ALIMENTS. Ed : MALOINE,p : 100-120.
- **Lamine, K (2009, 24, 06)**. " le Frik un produit incontournable".info Soir, p6.
- **LAROUSSE AGRICOLE**, 1981 : Blé dur et Blé tendre.France.p :171-179.
- **Linden G et Lorient D.** 1994. Biochimie Agro-industrielle, valorisation alimentaire de la production agricole. *Edition Masson*, 75.
- **Leygue**, 1995, amidonerie de blé revue I.T.C.F perspective agricole.
- **McKevith Brigid.**, 2004. Nutritional aspects of cereals. *British Nutrition Foundation Nutrition Bulletin* 29, 111–142.
- **Musselman, L.J., & Mouslem, A.B.** 2001.Frikeh, roasted green wheat. *Economic botany*, 55(2), 187-189.
- **Ouattar S. et T.E. Ameziane.** 1989. Les céréales au Maroc: de la recherche à l'amélioration des techniques de production. Les éditions Toubkal, 123 pages.
- **Williams, P. C., & El—Haramain, F.J.** 1985. Freekeh making in Syria-a small but significant local industry. *Rachis*.4, 25-27.

- **Yvon B.**, 2006, la mouture de blé tendre classique : principes et repères fondamentaux. ENSMIC.