

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ibn Khaldoun –Tiaret-
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de la Nature et de la Vie



Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Master Académique

Domaine: "Sciences de la Nature et de la Vie"

Filière: "Biologie"

Spécialité: "Sciences des Procédés Biotechnologiques et Agroalimentaires"

Présenté et soutenu publiquement par :

M. KEZIMANA Fabrice

Mlle KOMAN Yobouet Beatrice Gwladys

Thème :

**CARACTERISATION PHYSICOCHIMIQUE,
PHYTOCHIMIQUE ET MICROBIOLOGIQUE DU
BLE DUR FERMENTE (EL HAMMOUM)**

JURY:

Présidente: Mme MIHOUB Fatma, MCB

Promotrice: Mme GOURCHALA Freha, MAA

Examinatrice: Mlle MOULAY Meriem, MAA

Année universitaire: 2013–2014

REMERCIEMENTS

Nous remercions tout d'abord le Dieu Tout Puissant sans qui, ce travail n'aurait pas eu lieu. Merci Dieu de nous avoir donné la vie, la santé et le courage nécessaire pour mener ce travail jusqu'à terme.

Nous témoignons nos profondes gratitudee à notre guide et promotrice, **Mme GOURCHALA Freha**, pour sa précieuse, remarquable et exceptionnelle disponibilité. Merci pour votre apport inestimable en ce qui concerne la recherche et l'assiduité dans le travail.

Nous remercions également **Mme MIHOUB Fatma** pour avoir accepté de présider ce jury. Les conseils que vous nous avez toujours donné, depuis notre première année d'université jusqu'à aujourd'hui, resteront gravés dans nos cœurs et dans nos mémoires.

Nous tenons à remercier également **Mlle MOULAY Meriem** qui n'a ménagé aucun effort pour accepter d'examiner notre travail.

Un grand merci à **Mr CHADLI Hadj** pour la main précieuse qu'il nous a apportée durant le processus expérimental notre travail.

Nos remerciements vont aussi à l'endroit de tous les professeurs de l'Université Ibn Khaldoun de Tiaret, particulièrement du département des sciences de la nature et de la vie pour la formation qu'ils ont pris le temps de nous donner.

Nous n'oublierons pas tout le personnel des laboratoires de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et celui du laboratoire de Chimie de la Faculté des Sciences Appliquées pour leurs aides précieuses et leurs sympathies envers nous.

Enfin nous remercions à travers ce travail tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire, tous ceux qui nous ont aidés, côtoyés et supportés durant ces années d'études.

Dédicaces

Je dédie ce travail :

*A mes chers parents pour l'amour et la confiance qu'ils ont toujours portés pour
moi;*

*A mes frères et sœurs : Désiré, Claude, Longin, Estella et Nelly pour tous les
conseils et les encouragements à leur petit frère que je suis;*

*A mes beaux-frères et belles sœurs, cousins et cousines, neveux et nièces pour les
bons moments ensemble et pour leurs prières;*

Aux membres de ma famille qui ont quitté ce monde;

*Aux familles NJEBARIKANUYE Raphael, NIMPAGARITSE Nestor et
KAZEZE Christophe;*

A ma binôme Béatrice, « Merci pour ta collaboration »

A tous mes promotionnels

A tous mes amis partout où ils se trouvent;

Aux frères Capucins de Tiaret.

Fabrice K.

DEDICACES

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Ma mère

Aucun mot ne peut et ne pourra exprimer la profonde gratitude que j'ai pour toi. Merci pour ta patience, ton soutien, tes conseils et tout l'amour que tu ne cesses de me donner. Je ne te remercierai jamais assez.

Mon père

Merci pour tes encouragements, la confiance que tu m'as toujours accordée, sans toi les études en Algérie ne seraient restées qu'un rêve pour moi. Merci pour tout.

Mes frères et sœurs

Pour leurs encouragements et leurs conseils

Aux frères capucins de Tiaret

Pour vos soutiens, vos attentions et sympathies particulières qui m'ont été d'une aide capitale

A mon binôme

Merci d'avoir acceptée de réaliser ce travail avec moi et de m'avoir supportée.

A tous mes amis

Merci pour votre gentillesse, vos soutiens et prières.

Béatrice K.

SOMMAIRE

SOMMAIRE i

LISTE DES FIGURES iv

LISTE DES TABLEAUX v

LISTE DES ABREVIATIONS vi

LISTE DES ANNEXES vii

INTRODUCTION..... 1

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE 2

CHAPITRE I: LE GRAIN DE BLE DUR 2

 I.1. Taxonomie 2

 I.2. Histologie et morphologie..... 2

 I.3. Composition physicochimique du grain de blé..... 3

 I.3.1. Les glucides 3

 I.3.2 Les protéines 3

 I.3.3. Les lipides 3

 I.3.4. Les vitamines et les minéraux 4

 I.3.5. L'eau 4

 I.3.6. Les fibres..... 4

 I.4. Composition phytochimique 4

CHAPITRE II: LE STOCKAGE DU BLE 5

 II.1. Généralités sur le stockage des céréales 5

 II.2. Stockage du blé en matmora..... 5

 II.3. Conséquences du stockage en matmora 5

CHAPITRE III : ALIMENTS FERMENTES 7

 III.1. Définition 7

 III.2. Microorganismes intervenant et classification des aliments fermentés 7

III.3. Fermentation des céréales	7
PARTIE EXPERIMENTALE	8
CHAPITRE IV : MATERIELS ET METHODES	8
IV.1. Matériels.....	8
IV.1.1. Réactifs chimiques et appareillage.....	8
IV.1.2. Matériels végétaux	10
IV.2. Méthodologie	10
IV 2.1. Préparation des échantillons.....	10
IV.2.1. Analyses microbiologiques.....	11
IV.2.3. Analyses physicochimiques	15
IV.2.4. Analyses phytochimiques	23
IV.2.5. Analyses statistiques	25
CHAPITRE V : RESULTATS.....	26
V.1. Paramètres microbiologiques	26
V.1.1. Levures et Moisissures	26
V.1.2. Dénombrement des bactéries lactiques	26
V.1.3. Identification des bactéries lactiques.....	28
V.2. Caractéristiques physicochimiques	28
V.2.1. Caractérisation physique	29
V.2.2. Caractérisation biochimique.....	29
V.2.3. Propriétés technologiques.....	30
V.3. Caractérisation phytochimique	31
CHAPITRE VI : DISCUSSION	32
VI.1. Microbiologie du blé fermenté « el hamoum ».....	32
VI.2. Développement analytique.....	32
VI.2.1. Problèmes soulevés	32
VI.2.2. Composition physicochimique.....	33

SOMMAIRE

VI.2.3. Composition phytochimique	37
VI.3. Bioactivité d'el hamoum	38
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	40
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	42
ANNEXES	49

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Histologie et composition physicochimique d'un grain de blé (Hemery *et al.*, 2007) 2

Figure 2: Vue d'une coupe d'une matmora (Bartali, 1995) 6

Figure 3: Diagramme de préparation et d'analyses des échantillons..... 11

Figure 4: Fractionnement des protéines du blé 21

Figure 5: Isolement des levures et moisissures sur OGA et sur PDA..... 26

Figure 6 : Dénombrement des bacilles lactiques sur MRS 26

Figure 7: Dénombrement sur gélose M17 et détection sur le bouillon M17 des coques lactiques..... 27

Figure 8: Teneur en cendres par 100g d'échantillon 33

Figure 9: Teneur en eau par 100g d'échantillon 33

Figure 10: Rapport Amylose-Amylopectine 34

Figure 11: Indice de chute (en sec) 34

Figure 12: Teneur en oses et oligosides par 100g d'échantillon..... 35

Figure 13: pH des échantillons de BF et de BNF..... 35

Figure 14: Acidité Titrable en mEq/100g..... 36

Figure 15: teneur en Acides Gras (en %) 36

Figure 16: Fractionnement des protéines du blé (en mg/g de poids sec) 37

Figure 17: Teneur en polyphénols totaux (μg EAG/ml d'extrait pur)..... 38

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Produits et Réactifs utilisés	8
Tableau 2 : Dénombrement des bactéries lactiques sur MRS et M17.....	27
Tableau 3: Résultats des tests d'identification des bactéries lactiques du BF.....	28
Tableau 4: Paramètres physiques du BF et du BNF.....	29
Tableau 5: Paramètres biochimiques du BF et du BNF	30
Tableau 6: Résultats des analyses technologiques du BF et du BNF.....	31

LISTE DES ABREVIATIONS

BF : Blé Fermenté

BNF : Blé Non Fermenté

BSA : Albumine de Sérum Bovin

ISO: Organisme International de Standardisation

ITCF: Institut Technique des Céréales et des Fourrages

Moy \pm S.D: Moyenne \pm Ecart-type

MRS: Man Rogosa and Sharp

NF: Norme Française

NS: Non Significatif

OGA: Oxytétracycline Glucose Agar

ONPG: Orthonitrophenyl- β -D-galactosipyranoside

p : p-value

PDA: Potato Dextrose Agar

TSI: Triple Sugar Iron

UFC : Unité Formant Colonies

LISTE DES ANNEXES

Annexes 1: Composition du grain de blé dur	49
Annexes 2: Courbes d'étalonnage	50
Annexes 3: Composition des milieux de cultures (Guiraud, 1998)	53

INTRODUCTION

Source majeure d'alimentation pour un grand nombre de population, les céréales occupent de plus en plus une place importante dans la structure de la production agricole partout dans le monde (**Ozdemir et al., 2007; Lewalle, 2011**).

L'importance du blé, comme aliment principal dans le monde entier, peut être comprise par l'utilisation de son épi comme symbole de la FAO. Le blé, comme toute autre céréale, est obtenu par une seule récolte par année. De ce fait, afin d'assurer l'approvisionnement des familles et éviter les dégradations tant chimiques, biologiques que physiques, la nécessité d'un stockage va alors très vite s'imposer.

Des structures de stockages modernes sont mises en place mais ne sont malheureusement pas à la portée de tous les agriculteurs. Pour cela, les méthodes traditionnelles telles que les greniers et les entrepôts souterrains ont été adoptées comme seules alternatives. (**Kodio, 1989; Ntsam, 1998**)

En Algérie, dans les régions des hauts plateaux, le blé dur est stocké dans un type d'entrepôt souterrain connu généralement sous le nom de « matmora ». Mais dans certaines conditions, l'infiltration des eaux dans la matmora, va engendrer une fermentation des grains de blé stocké en contact avec la paroi. (**Cruz et al., 2002, Doumandji et al., 2003**). Le produit issu de cette fermentation connu sous le nom vernaculaire de « EL HAMOUM » révèle une qualité très appréciée des algériens.

L'analyse bibliographique montre que la fermentation spontanée des produits amylacés tels que les céréales est de type lactique et que certains produits fermentés pourraient acquérir des propriétés bioactives (**Caplice et Fitzgerald, 1999; Yao et al., 2009**).

Au moment actuel, peu d'études ont été consacrées à la fermentation spontanée en matmora. Notre objectif principal est d'effectuer dans un premier temps des analyses de ce blé fermenté « EL HAMOUM » sur le plan physicochimique, bioactif et microbiologique. Par la suite, nous essayerons de voir si ce produit fermenté traditionnellement pourrait lui aussi être classé parmi les aliments fonctionnels.

PARTIE
BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I: LE GRAIN DE BLE DUR

I.1. Taxonomie

Le blé est une plante annuelle de la famille des graminées appartenant au genre *Triticum*). Il existe deux espèces de blé : le **blé dur** *Triticum durum* et le **blé tendre** *Triticum aestivum*. Le blé dur est cultivé sous des climats de type méditerranéen et c'est la céréale la plus cultivée en Algérie (Boudreau et Menard, 1992; Fredot, 2005 ;Jeantet *et al.*, 2007; Adra, 2010).

I.2. Histologie et morphologie

Le grain de blé dur est constitué par trois types de tissu qui diffèrent par la composition et la structure : le germe (3%), les enveloppes (13-16% du grain) et l'albumen, tissu le plus abondant du grain (80-85% du grain). La **Figure 1** illustre l'histologie et la morphologie du grain de blé.

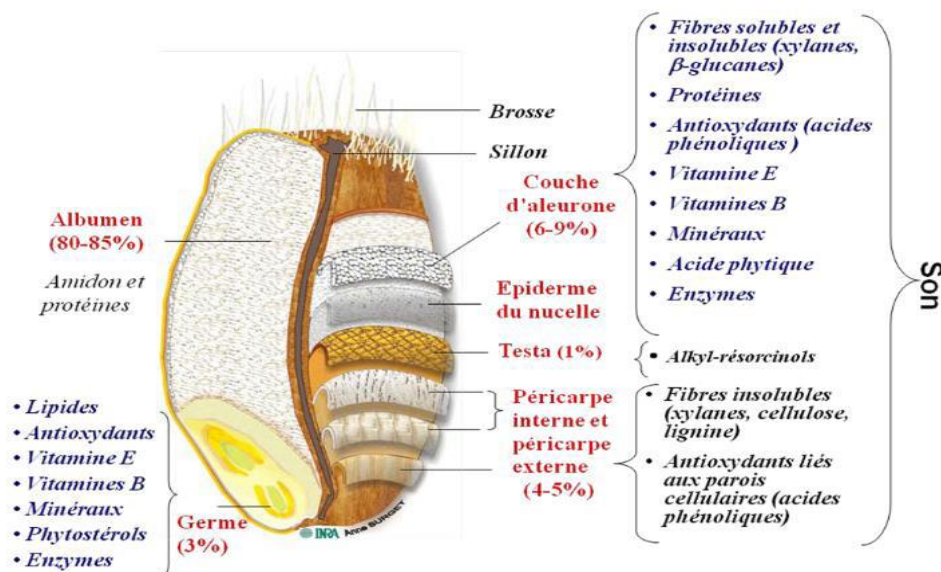


Figure 1: Histologie et composition physicochimique d'un grain de blé (Hemery *et al.*, 2007)

Chacune des parties de la graine fournit d'importants nutriments. L'endosperme fournit des glucides, le germe fournit des protéines, des acides gras polyinsaturés (AGPI) et des vitamines du groupe B (Bourgeois *et al.*, 1996). La taille du grain et son poids sont des caractéristiques qui peuvent varier en fonction des conditions de culture, leurs valeurs moyennes sont respectivement : longueur 6,5mm, largeur 2,9mm, épaisseur 2,3mm et masse 45mg (Godon et Willm, 1998).

I.3. Composition physicochimique du grain de blé

Les grains de céréale sont considérés comme des sources importantes en glucides, en protéines, en vitamines, en minéraux et en fibres alimentaires. Par contre, leurs teneurs en eau et en lipides sont en moindres quantités. (**Blandino et al., 2003**). Les différentes caractéristiques du grain de blé sont représentées dans la **figure 1** et dans l'**annexe 1**.

I.3.1. Les glucides

Les glucides occupent 60 à 80 % de la matière sèche du grain de blé dont l'amidon est le principal glucide avec 59% des glucides complexes. Il se retrouve en totalité dans l'albumen amylicé : la zone centrale (**Hemery et al., 2007**). Il est composé de deux polymères de glucose : l'amylose (26-28%) et l'amylopectine (72-74%) (**Colonna et Buleon, 1992**). Les glucides simples, équivalents à 2% des glucides du blé, sont représentés par le glucose, le raffinose et le saccharose. Ils sont pour la majeure partie localisés dans le germe et l'assise protéique de l'écorce (**Fredot, 2005; Jeantet et al., 2007**).

I.3.2 Les protéines

Les protéines du blé viennent en deuxième position, elles représentent 12% du poids du grain, et se retrouvent surtout dans le germe. Plusieurs protéines ont été identifiées dans les blés, dont quatre principales classes selon la solubilité ont été déterminées : protéines solubles : albumines et globulines et des protéines insolubles: prolamines et gluténines. Ces dernières ont la propriété de former à la suite d'hydratation une masse cohérente, insoluble et viscoélastique le gluten. Une autre classification selon la fonction biologique, a permis de les diviser en deux grandes classes : les protéines cytoplasmiques ou métaboliques comprenant les albumines et globulines et les protéines de réserves comprenant prolamines et gluténines (**Godon et Willm, 1998 ; Jeantet et al., 2007 ; Fredot, 2005 ; Weiser, 2006**).

I.3.3. Les lipides

Les grains de céréales sont généralement pauvres en lipides car ils en contiennent seulement 2%. Les lipides du blé sont un mélange complexe de composants dont les principaux sont les triglycérides, les mono et diglycérides, des esters de stérols et des acides gras libres, les glycolipides et les phospholipides (**Godon, 1991 ; Godon et Willm, 1998 ; Fredot, 2005 ; Jeantet et al., 2007**).

I.3.4. Les vitamines et les minéraux

Le blé est une source importante en vitamines hydrosolubles du groupe B (sauf la B₁₂) inégalement réparties dans les différentes parties du grain. La vitamine C est presque absente. La seule vitamine liposoluble présente dans le germe est la vitamine E (**Godon, 1991 ; Fredot, 2005**). Les matières minérales sont présentes à raison de 2 à 3 % de la substance humide du grain. Parmi les principaux minéraux, on retrouve le potassium, le phosphore, le magnésium, le calcium, le sodium, le fer, le zinc, le cuivre et le sélénium (**Godon, 1991 ; Fredot, 2005**).

I.3.5. L'eau

Le grain de blé est constitué de 13,5% d'eau. Cette faible teneur lui permet d'être stocké longtemps en évitant ainsi le développement des microorganismes en particulier de moisissures (**Godon et Willm, 1998; Fredot, 2005**).

I.3.6. Les fibres

Le blé dur est reconnu pour sa richesse en fibres alimentaires (**annexe 1**). Ces dernières se subdivisent en deux catégories selon leur solubilité dans l'eau. Les fibres solubles sont constituées principalement par les polysaccharides non amylacés tels que les bêta-glucanes et les pentosanes. La fraction insoluble dans l'eau se compose principalement de la lignine, de la cellulose et de l'hémicellulose (**Sidhou et al., 2007**).

I.4. Composition phytochimique

Les composés phytochimiques sont des métabolites secondaires qu'on peut trouver dans des aliments d'origine végétale mais qui ne font pas partie des nutriments essentiels (**Okarter et Liu, 2010**). Dans les céréales comme le blé, ils sont rencontrés en abondance dans le germe et dans le son. Les principaux sont les composés phénoliques (acides phénoliques, flavonoïdes et tanins). Puis viennent l'acide phytique, les caroténoïdes, les différents types de vitamine E (tocophérol, tocotriénol), les phytostérols, le glutathion, les coumarines et les terpènes (**Sidhou et al., 2007; Okarter et Liu, 2010**).

CHAPITRE II: LE STOCKAGE DU BLE

II.1. Généralités sur le stockage des céréales

La préservation des céréales contre les dégradations chimiques, physiques et biologiques tels que les attaques d'insectes granivores, dans le but d'assurer l'approvisionnement des familles et des marchés jusqu'aux prochaines récoltes, se pratiquait traditionnellement depuis longtemps. Les techniques modernes de stockage comme les silos sont assez onéreuses et ne sont pas à la portée de tous les agriculteurs. En milieu rural, on rencontre des méthodes traditionnelles de conservation assez simples qui constituent une alternative pour les petits producteurs. Il s'agit notamment des greniers traditionnels et des entrepôts souterrains (Kodio, 1989 ; Ntsam, 1998).

En Algérie, certaines régions des Hauts Plateaux continuent à conserver leur blé dans des puits souterrains appelés « *EL MATMOUR* » ou « *MATMORA* » (Bartali *et al.*, 1989 ; Bartali, 1995 ; Doumandji *et al.*, 2003).

II.2. Stockage du blé en matmora

La matmora est creusée généralement à l'entrée de la maison ou à proximité. C'est un mode de stockage traditionnel très répandu dans plusieurs pays d'Afrique (Maroc, Algérie), d'Asie et du Proche Orient. Au Maroc, ce système de stockage offre une capacité totale estimée à 10 millions de quintaux (Figure 2). Le grain est conservé dans la matmora en vrac. Le remplissage se fait par gravité à partir de l'entrée de la matmora. Le col de la matmora doit être rempli par de la terre pour une bonne étanchéité à l'air et pour assurer une isolation thermique satisfaisante (Bartali *et al.*, 1989 ; Bartali, 1995).

II.3. Conséquences du stockage en matmora

Ce type de stockage dans certaines conditions peut être responsable de la fermentation des grains en contact avec la paroi de la fosse. Les principaux facteurs responsables de cette fermentation sont la composition biochimique du grain d'une part et d'autre part les conditions climatiques et la nature des matériaux utilisés pour la confection de la matmora (Cruz *et al.*, 2002; Kermiche, 2013).

L'humidité et la température, lorsqu'elles sont assez élevées, constituent des facteurs importants pour le développement de certaines bactéries présentes dans la masse des céréales. L'échange de la chaleur entre le stock et le milieu extérieur se fait à travers les parois et les ouvertures (Bartali *et al.*, 1989).

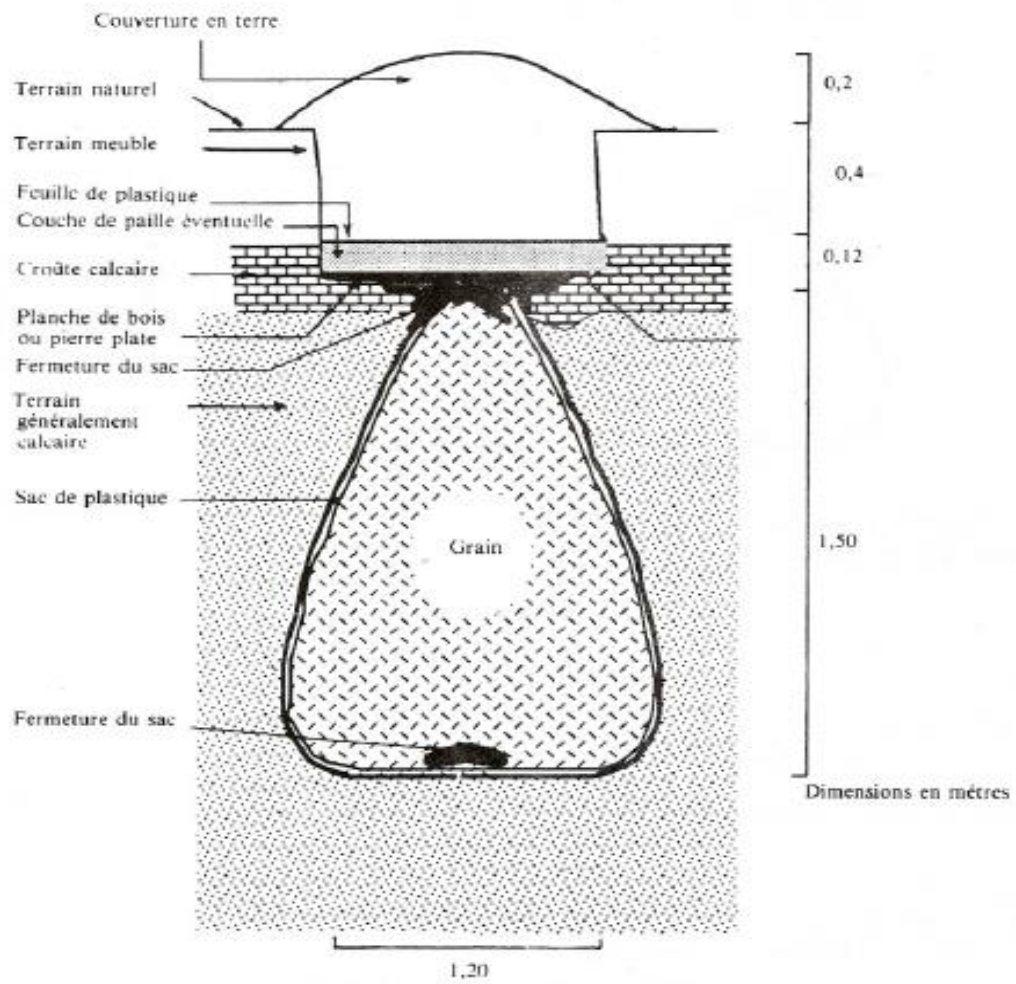


Figure 2: Vue d'une coupe d'une matmora (Bartali, 1995)

CHAPITRE III :
ALIMENTS FERMENTES

III.1. Définition

La production d'aliments fermentés est l'une des plus anciennes techniques de transformation des aliments connues par l'homme (**Caplice et Fitzgerald, 1999**). On entend par aliments fermentés, les aliments ayant été envahis par des microorganismes dont les enzymes hydrolysent les polysaccharides, les protéines et les lipides en produits non-toxiques avec des saveurs, des arômes et des textures attrayants pour le consommateur (**Steinkraus, 1997; Chacko et al. ; 2010**). Les aliments fermentés traditionnels ont vu leur importance croître ces dernières années grâce à leur typicité et leur qualité organoleptique indéniable (**Bonnarme, 2011**)

III.2. Microorganismes intervenant et classification des aliments fermentés

Plusieurs microorganismes peuvent participer à la fermentation des aliments tels que les bactéries, les moisissures et les levures. Les genres les plus rencontrés sont respectivement : *Streptococcus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Lactobacillus*, *Propionibacterium*, *Bacillus*, *Micrococcus*, *Acétobacter*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Fusarium*, *Cladosporium* , *Saccharomyces* et *Candida* (**Steinkraus, 1997; Caplice et Fitzgerald, 1999**).

Deux types de fermentation peuvent affecter les aliments: la fermentation spontanée résultant de l'action des microorganismes présents dans la matière première et la fermentation contrôlée résultant de l'action des microorganismes sélectionnés (cultures starters) (**Blandino et al., 2003; Yao et al., 2009; Tamang et Kailasapathy, 2010**).

III.3. Fermentation des céréales

Ces dernières décennies, les céréales ont été également étudiées concernant leur utilisation potentielle en développant des aliments fonctionnels. Elles contribuent à plus de 60% de la production alimentaire du monde comme source de fibres alimentaires, de protéines, de minéraux, et de vitamines requises pour la santé humaine (**Ozdemir, 2007**). La fermentation des céréales se fait toujours après hydratation de ces dernières (**FAO/WHO, 2005**). En général, elle est de type lactique (**Yao et al., 2009; Tamang et Kailasapathy, 2010**).

PARTIE
EXPERIMENTALE

CHAPITRE IV :
MATERIELS ET
METHODES

Les travaux qui font l'objet de ce présent mémoire ont été réalisés dans les laboratoires de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université Ibn Khaldoun de Tiaret en l'occurrence les laboratoires de Microbiologie, de Technologie Alimentaire, de Biochimie et de Physiologie Végétale ainsi que le laboratoire de Chimie de la Faculté des Sciences Appliquées. L'étude s'est étalée sur une période de 5 mois allant de Janvier 2014 à Mai 2014.

IV.1. Matériels

IV.1.1. Réactifs chimiques et appareillage

Tous les produits chimiques utilisés sont de qualité analytique. Les différents appareils ainsi que les produits utilisés pour chaque analyse sont consignés dans le **tableau 1**.

Tableau 1: Produits et Réactifs utilisés

Paramètres	Matériel	Réactifs
Détermination du pH	pH-mètre HANNA balance analytique KERN agitateur magnétique IKA RCT centrifugeuse SIGMA	
Acidité titrable	Balance analytique Burette	Hydroxyde de Sodium NaOH 0,1N Phénolphtaléine
Teneur en eau	Balance analytique METTLER TOLEDO Etuve CHOPIN Dessiccateur Capsule	
Cendres	Balance analytique METTLER TOLEDO Four à moufle HERAEUS Dessiccateur Creuset	Ethanol
Dosage Amidon-Amylose	Balance analytique KERN Bain marie Plaque chauffante IKA RCT	Amidon pur Réactif I ₂ /KI : 0,2g de I ₂ dans 100ml de KI 2% (KI 2% préparé à

	Papier pH pH-mètre HANNA tubes à essai Spectrophotomètre UV-VIS SHIMADZU U-1650 PC	base HCl 0,1N) Hydroxyde de Potassium KOH 1N Acide chlorhydrique HCl 1N
Extraction et dosage des Oses et oligosides	Spectrophotomètre UV-VIS SHIMADZU U-1650 PC Balance analytique KERN Agitateur magnétique IKA RCT Rota vapeur	Ethanol 80% Glucose pur Phénol (5%) Acide sulfurique (96%)
Teneur en Protéines	Balance analytique KERN Distillateur BÜCHI Plaques chauffantes Ballons Kjeldahl	Acide sulfurique (96%) Soude (30%) Acide borique (20g/l)
Fractionnement des protéines	Balance analytique KERN Centrifugeuse HETTICH UNIVERSAL Spectrophotomètre UV Visible	Sulfate de Potassium K_2SO_4 5% Ethanol Acide acétique 0,2N Bleu de Coomassie G-250 Acide orthophosphorique 85%
Teneur en acides gras	Balance analytique METTLER Centrifugeuse HETTICH UNIVERSAL Burette	Ethanol 95% Hydroxyde de Sodium NaOH 0,05M Phénolphtaléine
Dosage du gluten humide et du gluten sec	Balance analytique KERN Bol	Eau distillée
Indice de chute	Balance analytique KERN Bain marie Piston	Eau distillée
Dosage des polyphénols totaux	Balance analytique KERN Bain-marie MEMMERT Centrifugeuse HETTICH UNIVERSAL Spectrophotomètre JENWAY	Méthanol (90%) Bicarbonate de Sodium (60g/l) Réactif de Folin-Ciocalteu (10%)

Analyses microbiologiques	Balance analytique KERN Incubateur Etuve Microscope optique	Milieux de culture : MRS, M17, OGA, PDA, Mannitol-Mobilité, TSI Colorants de Gram Disques ONPG et d'oxydases Eau peptonée, Eau oxygénée, Eau physiologique Huile d'immersion
---------------------------	--	--

IV.1.2. Matériels végétaux

Les matériels végétaux utilisés au cours de notre étude sont de la même origine. Ce sont les grains de blés durs fermentés et non fermentés, de variété *VITRON* et qui nous ont été fournis par un agriculteur possédant une matmora dans la région de Tiaret plus précisément à SBAIN. Ces grains avaient été récoltés en Juillet 2007 puis mis en matmora jusqu'en Mai 2013. Sur 33 Quintaux stockés, les rendements obtenus sont les suivants:

- 20 quintaux de blé de bonne qualité correspondant au blé intact,
- 5 quintaux d'el-hamoum de bonne qualité,
- 4 quintaux d'el-hamoum de qualité moyenne
- 4 quintaux de blé impropre à la consommation (perte).

Ces grains ont été authentifiés par un ingénieur agronome travaillant dans le secteur agricole de la Wilaya de Tiaret. Seuls les échantillons d'el hamoum de bonne qualité et le blé non fermenté ont servi pour les différentes analyses.

IV.2. Méthodologie

IV 2.1. Préparation des échantillons

La préparation des échantillons est d'une importance capitale pour toute analyse fiable. Et pour cela, de nombreuses méthodes ont été développées. Les procédures de préparation des échantillons pour l'analyse des composés varient beaucoup en fonction de la nature des composés à analyser. Dans le cas de notre échantillon, les étapes réalisées sont récapitulées dans la **figure 3**.

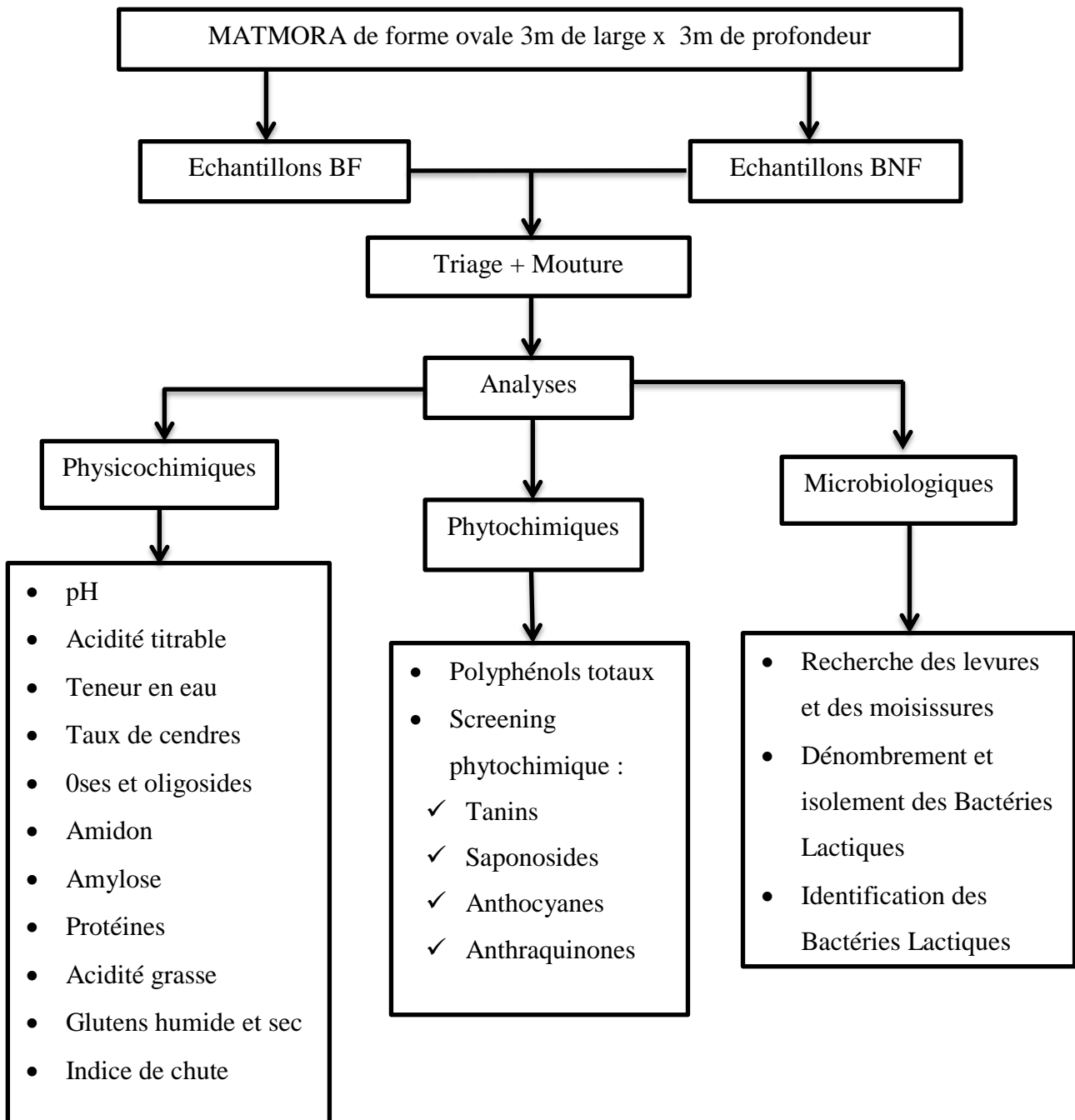


Figure 3: Diagramme de préparation et d'analyses des échantillons

Comme l'indique la **figure 3**, notre travail a consisté en la caractérisation microbiologique, physicochimique, phytochimique du BF et du BNF afin de confirmer et compléter les travaux de **Hobamahoro (2013)** et **Amour et al. (2013)** effectués sur la même variété de blé ayant les mêmes origines que les nôtres.

IV.2.1. Analyses microbiologiques.

L'étude microbiologique a pour but d'isoler et d'identifier la flore microbienne ayant contribué à la fermentation de notre échantillon de blé dur.

IV.2.1.1. Recherche des levures et moisissures

Pour détecter la présence de levures et de moisissures, nous avons utilisé les milieux gélosés OGA et PDA sélectifs pour les levures et les moisissures.

❖ Mode opératoire (Guiraud, 2003)

La solution mère préparée à partir de 10g d'échantillon dans 100ml d'eau peptonée stérile, a servi aux différentes dilutions décimales (10^{-2} et 10^{-3}); 0,1ml de chaque dilution a été étalé à l'aide d'un râteau stérile, à la surface de chaque gélose préalablement coulée. On incube à 25°C pendant 3 à 5 jours.

❖ Lecture

La lecture se fait par observation macroscopique en comparant entre elles les formes filamenteuses et lisses des colonies observées sur les boîtes.

IV.2.1.2. Dénombrement et isolement des bactéries lactiques

Pour le dénombrement et l'isolement des bactéries lactiques, deux milieux gélosés MRS et M17 ont été utilisés respectivement pour les lactobacilles et les streptocoques en plus un bouillon d'enrichissement M17 pour renforcer la détection des streptocoques.

❖ Mode opératoire

A partir d'une solution mère de 1/10 (10g d'échantillon dans 100ml d'eau peptonée stérile); différentes dilutions décimales ont été effectuées, 1ml de chaque dilution a été utilisé pour l'ensemencement en profondeur dans les milieux gélosés M17 et MRS et dans un bouillon M17. L'incubation est effectuée en 48h à 37°C pour les 2 milieux.

Après incubation, 0,1ml du bouillon M17 a servi pour l'isolement des streptocoques sur milieu gélosé M17 et 0,1ml de la solution de l'échantillon sur milieu gélosé MRS pour l'isolement des lactobacilles.

❖ Lecture

Les tubes positifs présentent une apparition de trouble. La lecture des boîtes se fait par comptage à l'œil nu des colonies sphériques de couleur blanche. La charge microbienne prise en compte est comprise entre 30 et 300 colonies (Godon et Loisel, 1997).

Le nombre de colonies est évalué en UFC (unité formant colonie) par gramme d'échantillon selon la formule suivante (Guiraud, 2003) :

$$N = \Sigma C / (n_1 + 0,1n_2) \times d$$

Avec :

N : nombre d'UFC par gramme de produit initial

ΣC : nombre de colonies compté par boîte de pétri

(n_1 ; n_2) : nombre de boîtes de pétri utilisées dans la première et la deuxième dilution

d : facteur de dilution à partir duquel les premiers comptages sont obtenus

IV.2.1.3. Tests d'identification des bactéries lactiques

1. Coloration de Gram (Roy, 1979)

❖ Principe

C'est la coloration de base en bactériologie qui permet de distinguer les bactéries à Gram positif de celles à Gram négatif. Cette distinction est fondamentale pour leur identification.

❖ Mode opératoire

Un frottis est coloré au violet de gentiane pendant 1 min; rincé à l'eau distillée, puis traité pendant 1 min par la solution de lugol. Après un rinçage rapide, le frottis est soumis à un traitement à l'alcool à 95% pendant 30 secondes, et rincé à l'eau. Ensuite, le frottis est contre coloré à la fuschine pendant 1 à 2 min, séché et enfin examiné à l'objectif à l'immersion (grossissement x 100).

❖ Lecture

A l'issue de cette coloration, on peut distinguer :

- des bactéries colorées en violet foncé : elles sont dites à « Gram positif » ;
- des bactéries colorées en rose : elles sont dites à « Gram négatif »

2. Tests d'identification biochimique

2.1. Recherche de l'oxydase (Marchal et Bourdon, 1982)

❖ Principe

Ce test permet de mettre en évidence une enzyme : la phénylène diamine oxydase des bactéries à partir de leur culture en milieu gélose. Cette enzyme est capable d'oxyder un réactif : le N- diméthylparaphénylène diamine; ce réactif est incolore et en présence de l'enzyme, il libère un composé violet, noircissant à l'air.

❖ Mode opératoire

Sur un papier filtre stérile, on dépose un disque d'oxydase imprégné de diméthylparaphénylène diamine, puis on humidifie le disque avec quelques gouttes d'eau distillée. À l'aide d'une anse on prend la bactérie à identifier (culture de 18-24 heures) et on la dépose sur le disque.

❖ Lecture

S'il y a apparition immédiate d'une coloration violette, la souche est dite oxydase positive.

2. 2. Recherche de la catalase (**Marchal et Bourdon, 1982**)

❖ Principe

La catalase est une enzyme ayant la propriété de décomposer le peroxyde d'hydrogène H_2O_2 avec dégagement d'oxygène selon la réaction suivante :



❖ Mode opératoire

Sur une lame et à l'aide d'une pipette Pasteur, on dépose une colonie bactérienne à laquelle on ajoute de l'eau oxygénée

❖ Lecture

La souche est dite catalase positive, si on observe une effervescence

2. 3. Recherche de la β -galactosidase (ONPG) (**Marchal et Bourdon, 1982**)

❖ Principe

Pour dégrader activement le lactose, les microorganismes doivent posséder deux enzymes ; la perméase et la β -galactosidase. L'épreuve ONPG permet de mettre en évidence la β -galactosidase qui dégrade l'ONPG (l'orthonitrophényl- β -D-galactopyranoside) qui présente une structure analogue au lactose. L'hydrolyse de l'ONPG (composé incolore) libère l'orthonitrophényl qui est responsable de la coloration jaunâtre de milieu.

❖ Mode opératoire

Une suspension d'une culture bactérienne à étudier est réalisée dans un tube à essai stérile contenant 0,5ml d'eau physiologique, puis on ajoute un disque ONPG. L'incubation dure 30 minutes à 37°C.

❖ Lecture

La lecture se fait après 30 min. Le test ONPG est positif lorsque la suspension bactérienne se colore en jaune citron

2. 4. Utilisation des sucres sur milieu TSI (**Marchal et Bourdon, 1982**)

❖ Principe

Cette méthode permet de mettre en évidence d'une part, la fermentation du glucose (avec ou sans dégagement de gaz), du lactose, du saccharose et d'autre part, la production de sulfure d'hydrogène (H_2S). C'est un milieu incliné dont le glucose présent dans le culot, est

attaqué par voie fermentative entraînant une acidification du milieu avec production ou non de gaz. Sur la pente, le lactose et le saccharose seront alors oxydés et fermentés. La production du H₂S se manifeste par un noircissement du culot.

❖ Technique

Une colonie estensemencée en réalisant une piqûre centrale dans le culot et des stries serrés sur la pente. Puis l'incubation est faite à 37°C pendant 24h.

❖ Lecture

Ce test permet de lire :

- Fermentation du lactose et saccharose: Pente jaune: lac-sac (+) ; Pente rouge : lac-sac (-)
- Fermentation du glucose: Culot jaune: Glucose (+); Culot rouge: Glucose (-)
- Noircissement au milieu de la zone joignant la pente et le culot: H₂S positive
- présence de bulles de gaz dans le culot: Production de gaz

2. 5. Test du mannitol mobilité

❖ Principe

Le mannitol est un polyalcool issu de la réduction du D-fructose. Sa dégradation conduit à la formation de fructose qui est attaqué en donnant des acides à chaînes courtes (acide méthanoïque, acide éthanoïque...) (**Larpent et Larpent, 1990**).

❖ Technique

Un ensemencement est effectué par piqûre centrale à l'aide d'une pipette Pasteur chargée de suspension de la culture à étudier, puis mis à l'étuve à 37°C pendant 24 heures.

❖ Lecture

Les bactéries mannitol positif (+) acidifient le milieu qui vire au jaune.

IV.2.3. Analyses physicochimiques

Les analyses physicochimiques, regroupées en analyses physiques, biochimiques et à moindre intérêts technologiques visent l'effet de cette fermentation sur les différents composés de l'échantillon.

IV.2.3.1. Analyses physiques

1. Détermination du pH

Le pH renseigne sur l'acidité ou l'alcalinité d'un échantillon.

➤ Mode opératoire

Pour déterminer le pH de nos échantillons, une solution est préparée à partir de 45 ml d'eau et 5 g d'échantillon. Après homogénéisation, on laisse reposer le mélange pendant 60 min avant la lecture du pH à l'aide du pH mètre (**Multon, 1982**).

2. Détermination de l'acidité titrable

➤ Principe

Le principe consiste en une neutralisation de l'acidité libre totale contenue dans l'échantillon avec une solution de NaOH (0,1N) en présence de phénolphtaléine comme indicateur de couleur (**Lecoq, 1965**).

➤ Mode opératoire

- Prendre une prise d'essai de 5g et ajouter 50 ml d'eau distillée
- Agiter, puis filtrer
- Prélever 10 ml du filtrat auxquels on ajoute 2 gouttes de phénolphtaléine
- Titrer avec NaOH 0,1N jusqu'au virage de la couleur qui devient rose claire

➤ Expression des résultats

L'acidité titrable s'exprime de préférence en milliéquivalents pour 100g de l'échantillon selon la formule suivante:

$$A = \frac{v \times N \times V \times 100}{f \times p}$$

Où A : Acidité tritable en milliéquivalents pour 100g (mEq/100g)

v : volume du NaOH utilisé pour obtenir le virage

N : concentration du NaOH

V : volume d'eau distillée utilisée

f : volume du filtrat prélevé

p : poids de la prise d'essai

3. Teneur en eau (ISO 712 :2009)

➤ Principe

Le principe consiste en un étuvage de l'échantillon à température comprise entre 130°C et 133°C jusqu'à poids constant. La perte de masse subie par le produit représente la teneur en eau.

➤ Mode opératoire

5g d'échantillon sont placés dans une capsule et introduits dans une étuve à 130°C pendant 90min. A la sortie de l'étuve, la capsule est refroidie rapidement dans un dessiccateur. Une deuxième pesée est effectuée.

➤ Expression des résultats

La teneur en eau, H%, est exprimée en grammes pour 100 g d'échantillon, comme donné par la formule suivante :

$$H\% = \left(1 - \frac{m}{m'}\right) \times 100$$

Avec :

m' , la masse, en grammes, de la prise d'essai;

m , la masse, en grammes, de la prise d'essai après séchage

4. Teneur en cendres (ISO 2171 :2007)

➤ Principe

Le taux de cendres est déterminé par incinération d'une prise d'essais à une température de 900°C jusqu'à combustion complète de la matière organique suivi de la pesée du résidu sec.

➤ Mode opératoire

Peser une prise d'essai de 5g dans une capsule en porcelaine préalablement pesée. Placer la capsule et son contenu dans un four à moufle porté à la température de 900°C pendant 1h15min. Après combustion complète du produit et refroidissement dans le dessiccateur, la capsule contenant les cendres est pesée.

➤ Expression des résultats

Le taux de cendres, en fraction massique par rapport à la matière sèche exprimé en pourcentage, $w_{a,d}$, est donné par l'équation :

$$w_{a,d} = (m_2 - m_1) \times \frac{100}{m_0} \times \frac{100}{100 - w_m}$$

Où : m_0 est la masse, en grammes, de la prise d'essai;

m_1 est la masse, en grammes, de la capsule d'incinération ;

m_2 est la masse, en grammes, de la capsule d'incinération et du résidu d'incinération;

w_m est la teneur en eau, en pourcentage par masse, de l'échantillon.

IV.2.3.2. Analyses biochimiques

1. Teneurs en amidon et en amylose

➤ Principe

L'iode interagit avec l'amylose et l'amylopectine pour donner une coloration bleue et brune, respectivement, due à fixation de l'iode dans les hélices formées essentiellement par l'amylose et faiblement par l'amylopectine. D'après certains travaux dont ceux de Jarvis et Walker (1993), le mélange amylose et amylopectine présente le maximum d'absorption à 580 nm, alors que l'absorbance à 720 nm est liée essentiellement à l'amylose.

➤ Mode opératoire (Jarvis et Walker, 1993)

✚ Gamme étalon de l'amidon standard

Mettre 0,25 g d'amidon standard dans 10 ml d'eau distillée. 30 ml d'eau distillée bouillante sont ajoutés au mélange. Homogénéiser et continuer l'ébullition pendant 5 minutes jusqu'à obtention d'une solution d'amidon limpide. Refroidir le mélange et le compléter à un volume de 50 ml avec l'eau distillée. Ceci constitue une solution mère d'amidon à 5 mg/ml (ou 0,5%).

✚ Préparation de l'échantillon à analyser

Peser 0,1 g de l'échantillon. Ajouter 5 ml de KOH 1N. Homogénéiser la solution à la température ambiante et la neutraliser avec 5 ml de HCl 1N. Tester la neutralité de la solution à l'aide d'un papier pH. Porter le mélange en ébullition au bain-marie pendant 15 minutes. Réajuster le volume du mélange à 10 ml. Centrifuger le mélange et récupérer le surnageant.

✚ Dosage

Prélever des aliquotes de l'échantillon préparé. Ajouter 0,1ml du réactif I_2/KI et compléter à 8ml avec de l'eau distillée. Incuber à l'obscurité pendant 10 min. lire l'absorbance à 580nm pour l'amidon et 720nm pour l'amylose. Le calcul de la teneur est obtenu en se référant à une courbe-étalon tracée dans les mêmes conditions.

2. Extraction et dosage des oses et oligosides

2.1. Extraction

Peser dans un ballon 2,5 g de l'échantillon broyé dont la granularité est inférieure à 0,5 mm. Ajouter 40 ml d'éthanol à 80 %. Le ballon adapté au réfrigérant est porté à l'ébullition

douce pendant 30 min. Agiter de temps en temps pour éviter la formation de grumeaux. Refroidir et centrifuger pendant 10 min à 5 000 g. Décanter le surnageant dans une fiole de 250 ml. Recommencer l'extraction à chaud avec 40 ml d'éthanol à 80 %. Puis laver 2 fois le résidu avec 40 ml d'éthanol à 80 % à température ambiante. Centrifuger, décanter et compléter la fiole à 250 ml avec l'éthanol à 80 %.(**Godon et Loisel, 1997**)

2.2.Dosage des oses et oligosides

➤ Principe

En présence de l'acide sulfurique concentré, les oses ont déshydratés en composés de la famille des dérivés furfuriques. Ces produits se condensent avec le phénol pour donner des complexes jaune-orangé. L'apparition de ces complexes est suivie en mesurant l'augmentation de la densité optique à 490nm. (**Godon et Loisel, 1997**)

➤ Mode opératoire

Dans un tube en pyrex, mettre avec précaution 1ml de l'extrait à doser, 1ml de la solution de phénol 5% et 5ml d'acide sulfurique 96%. Après homogénéisation douce du mélange réactionnel et refroidissement, la densité optique est mesurée à 490 nm. (**Godon et Loisel, 1997**)

Une gamme étalon est préparée à partir d'une solution de glucose et dans les mêmes conditions que précédemment.

3. *Dosage et fractionnement des protéines*

3.1.Dosage des protéines totales

Le dosage des protéines totales a été réalisé suivant la méthode Kjeldahl appréciée par la Norme Algérienne NA 724. Pour cela, on calcule d'abord la teneur en azote qu'on multiplie par la suite par un facteur de conversion. Ce facteur est de 5,7 dans le cadre de l'alimentation humaine (**ITCF, 2001**).

1.1.Détermination de la teneur en azote

➤ Principe

L'azote organique contenu dans l'échantillon est minéralisé par l'acide sulfurique concentré porté à ébullition et en présence d'un catalyseur. L'ammoniac est ensuite déplacé de son sel par la soude, puis entraîné par de la vapeur d'eau dans une solution d'acide borique qui le retient, avant d'être dosé par une solution d'acide sulfurique.

➤ Mode opératoire

La prise d'essai est placée dans un ballon Kjeldahl, dans lequel est ajouté un catalyseur composé (sulfate de potassium et sulfate de cuivre anhydre) et 20ml d'acide sulfurique. Le

tout est porté à ébullition pendant 2h sous hotte. Après refroidissement, 50 ml d'eau sont ajoutées et le tout est distillé. La solution, de couleur verte, obtenue après distillation est titrée avec de l'acide sulfurique 0,1 N jusqu'au virage de la solution au rouge violet.

➤ Expressions des résultats

La teneur en azote de l'échantillon est donnée, en % par la formule

$$TA = 0,01401 \times T \times (V1 - V0) \times \frac{100}{m}$$

Où

TA : teneur en azote

T : Normalité de la solution d'acide sulfurique utilisée pour les 2 titrages

V0 : volume en ml, de la solution d'acide sulfurique utilisée pour l'essai à blanc

V1 : volume en ml, de la solution d'acide sulfurique utilisée pour la détermination

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

1.2.Détermination de la teneur en protéines (ITCF, 2001)

La teneur en protéines, exprimée en % par rapport à la matière sèche, est donnée par la formule suivante :

$$\text{Teneur en protéines} = K \times N \times \frac{100}{100-H}$$

Où

K : facteur de conversion

N : teneur en azote de la prise d'essai

H : teneur en eau de l'échantillon

3.2.Fractionnement des protéines

Le fractionnement des différentes classes de protéines de nos échantillons a été réalisé en se basant sur leur différence de solubilité. La concentration de chaque fraction est déterminée par la méthode de Bradford.

2.1. Fractionnement (Nasri et Triki, 2007)

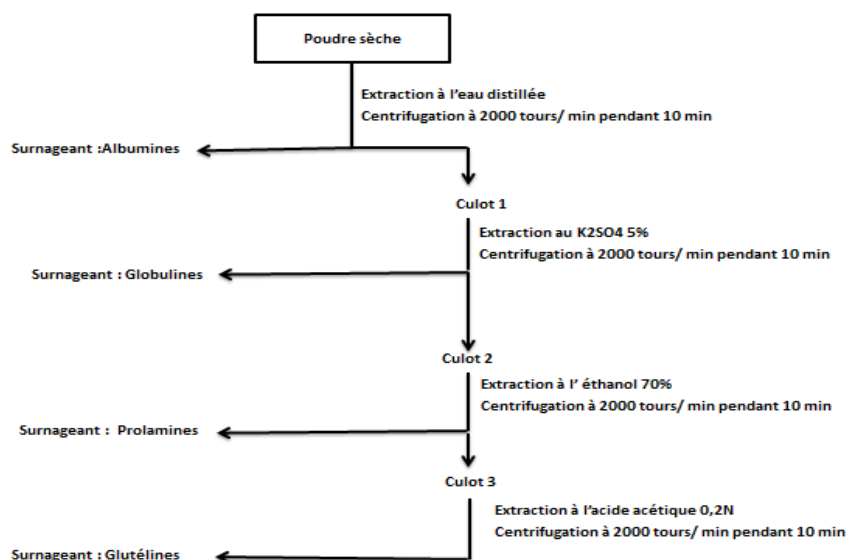


Figure 4: Fractionnement des protéines du blé

2.2. Dosage par la méthode de Bradford

➤ Principe

Cette méthode colorimétrique permet d'estimer la quantité de protéines en présence du bleu de Coomassie G-250. En solution acide, le réactif a une couleur brun-clair. En présence des protéines, le bleu de Coomassie se fixe sur les résidus hydrophobes des acides aminés et se stabilise sous forme anionique. La solution vire au bleu, déplaçant la bande d'absorption maximale de 465 nm à 595 nm.

➤ Mode opératoire (Nasri et Triki, 2007)

Dans des tubes à essai, 2 ml de réactif de Bradford sont ajoutés à 30 µl d'extrait de protéines. Le mélange est homogénéisé et incubé pendant 2 minutes à température ambiante. La densité optique du mélange est déterminée à 595 nm à l'aide d'un spectrophotomètre contre un blanc constitué uniquement de réactif de Bradford. Pour chaque extrait, trois dosages sont réalisés et les teneurs en protéines exprimées en mg/g de poids sec (PS), en référence à une gamme étalon de BSA (albumine de sérum bovin). Les conditions opératoires sont les mêmes que pour les extraits.

4. Teneur en acides gras

La détermination de la teneur en acide gras est effectuée selon la norme NF ISO7305.

➤ Principe

La mesure repose sur un dosage colorimétrique. Les acides gras sont mis en solution dans l'éthanol 95%. Après centrifugation, le surnageant est titré avec l'hydroxyde de sodium.

➤ Mode opératoire (**Guiraud, 2003**)

- Peser une masse M_0 de 5g de l'échantillon
- Introduire M_0 dans 30ml d'éthanol 95%
- Centrifuger à 2000 tours/min pendant 5 min
- Prélever 20 ml du surnageant et ajouter quelques gouttes de phénolphtaléine
- Titrer avec NaOH 0,1N jusqu'au virage au rose pâle persistant quelques secondes
- Un essai à blanc est réalisé en parallèle en remplaçant le volume du surnageant pris avec l'éthanol 95%

➤ Expression des résultats

La teneur en acides gras est exprimée en pourcentage par rapport à la matière humide :

$$\text{Acides gras} = \frac{7,35 (V_1 - V_0) \times T}{M_0}$$

V_1 : Volume en ml de la solution d'hydroxyde de sodium

V_0 : Volume en ml de la solution d'hydroxyde de sodium pour l'essai à blanc

M_0 : Masse en g de la prise d'essai

T : Concentration de la solution d'hydroxyde de sodium utilisée

7,35: Facteur de correction

IV.2.3.3. Analyses technologiques

1. Dosage du gluten par la méthode manuelle (**Brochoire et al., 2005**)

Pour mesurer la teneur en gluten, on réalise un pàton avec 33 g de farine mélangés à 17 ml d'eau, dans un récipient. Une fois qu'il est homogène, on le malaxe à la main sous un mince filet d'eau. Cette opération est dite de **lixiviation**. L'eau de lavage » blanche au début de la lixiviation, devient de plus en plus limpide, au fur et à mesure de l'évacuation de l'amidon. Lorsque cette eau est devenue limpide, on essore le gluten obtenu et on le pèse. On obtient ainsi le gluten humide. En appliquant une règle de trois, on en déduit le pourcentage de gluten humide.

$$\text{Gluten Humide} = \frac{\text{masse du gluten humide}}{33\text{g}} \times 100$$

De même après séchage à environ 100°C, on en déduit le gluten sec.

2. Détermination de l'indice de chute

➤ Principe

La détermination de l'indice de chute est basée sur la capacité de gélatinisation rapide d'une suspension de mouture intégrale dans un bain d'eau bouillante, et sur la mesure de la liquéfaction de l'empois d'amidon par l' α -amylase présente dans l'échantillon (**ISO 3093 : 2009**).

➤ Mode opératoire

Peser une prise d'essai de 7 g auxquels on ajoute 25ml d'eau distillée. Introduire le mélange dans un tube à essai plongé dans un bain marie à 70°C. Mesurer, en seconde, le temps mis par un piston pour tomber au fond du tube (**Brochoire et al., 2005**).

IV.2.4. Analyses phytochimiques

IV.2.4.1. Screening phytochimique

Une extraction à différents solvant a été faite pour détecter les différents composés phytochimiques.

1. Extraction

25 g de mouture ont subi une extraction avec 200 ml d'éther diéthylique sous agitation mécanique pendant 24 h. Après filtration, le résidu résultant de la première extraction a été repris dans 200 ml de dichlorométhane et agité pendant 24 h. Un deuxième résidu obtenu est récupéré dans le méthanol et traité dans les mêmes conditions que précédemment.

2. Détection

2.1. Détection des tanins

Les tanins sont mis en évidence à partir de 1 ml d'extrait placé dans un tube en présence de quelques gouttes de FeCl_3 (1% préparé au méthanol). Après agitation de l'extrait, la couleur vire au bleu noir en présence de tanins galliques et au brun verdâtre en présence de tanins catéchiques (**Karumi et al., 2004**).

2.2. Détection des saponosides

Pour la détection des saponosides, 10 ml d'extrait placé dans un tube à essais sont agités pendant 15 secondes puis déposés durant 15 minutes. Une hauteur de mousse persistante, supérieure à 1 cm indique la présence de saponosides (**Koffi et al., 2009**).

2.3. Détection des anthocyanes

Les anthocyanes sont détectés en plaçant 5 ml d'extrait dans un tube auquel on ajoute 15 ml d' H_2SO_4 à (10%) (Milieu acide). Après agitation, le mélange est ajouté à 5 ml NH_4OH

à (10%) (Milieu basique). La présence d'anthocyanes est affirmée par une coloration bleu-violacée en milieu basique (**Bruneton, 1999**).

2.4. Détection des anthraquinones

Pour la détection des anthraquinones, 10 ml d'extrait sont ajoutés à 5 ml de NH_4OH à (10%). Après agitation, l'apparition d'un anneau rouge indique la présence d'anthraquinone (**Oloyede, 2005**).

IV.2.4.2. Extraction et dosage des polyphénols totaux

1. Extraction

La méthode d'extraction des polyphénols totaux utilisée est celle décrite par **Zielinski et Kozłowska (2000)**. 10 g de mouture ont été traités avec 40 ml de méthanol (90%). Le tout a été placé dans un bain marie à 60 °C pendant 20 min. Ensuite, on centrifuge à 2000 tours/min pendant 15 min. Le surnageant est récupéré, le culot est traité comme précédemment avec 20 ml de méthanol (90%). Les deux surnageants sont combinés constituant ainsi l'extrait brut sur lequel le dosage a été effectué.

2. Dosage des polyphénols totaux

➤ Principe

Le réactif de Folin-Ciocalteu réagit avec la fonction $-\text{OH}$ des phénols en développant une coloration bleu foncée proportionnelle à la concentration en polyphénols. L'absorption à l'aide d'un spectrophotomètre permet de déterminer cette concentration.

➤ Mode opératoire

La teneur en polyphénols de l'extrait des grains de blé a été déterminée par la méthode décrite par **Velioglu et al. (1998)** en utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu. 0,1 ml de l'extrait est mélangé à 0,75 ml de réactif de Folin-Ciocalteu dilué 10 fois. La solution de la réaction est laissée à température ambiante pendant 5 min puis 0,75 ml de la solution de Na_2CO_3 (60g/l) sont ajoutés. Le mélange est ensuite incubé à température ambiante pendant 90 min. L'absorbance de la solution est déterminée à 750 nm à l'aide d'un spectrophotomètre. L'acide gallique a été employé comme standard pour la courbe d'étalonnage avec comme équation de courbe $y=9,7143 x + 0,001$ (x : concentration d'acide gallique, y : absorbance) (**Dordevic, 2010**).

La teneur en polyphénols totaux est exprimée en μg équivalent d'acide gallique par ml d'extrait pur (μg EAG/ml d'extrait pur).

IV.2.5. Analyses statistiques

Chaque analyse a été répétée trois fois. Les données obtenues ont été traitées en utilisant le logiciel STATISTICA (Version 10.1) afin de déterminer les moyennes et les écarts-types. Les seuils de probabilité de 95% et de 99,9% ont été utilisés dans l'analyse du degré de signification à l'aide du test de STUDENT.

CHAPITRE V :

RESULTATS

V.1. Paramètres microbiologiques

V.1.1. Levures et Moisissures

La culture des mycètes effectuée à partir des différents échantillons de blé a montré sur milieux OGA et PDA la présence de levures et de moisissures pour le blé non fermenté. Les moisissures sont caractérisées par un aspect duveteux par rapport aux levures qui sont plutôt représentées par des colonies lisses. L'échantillon de blé fermenté quant à lui n'a révélé aucune présence de mycètes (**figure 5**).

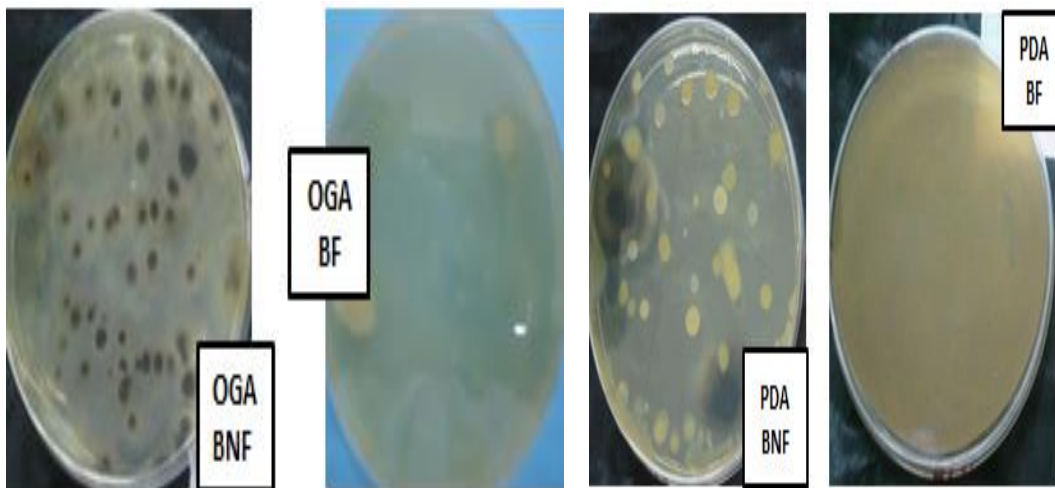


Figure 5: Isolement des levures et moisissures sur OGA et sur PDA

V.1.2. Dénombrement des bactéries lactiques

La détermination des bactéries lactiques sur les milieux MRS et M17 a donné les résultats consignés dans les **figures 6** et 7 et dans le **tableau 2**.

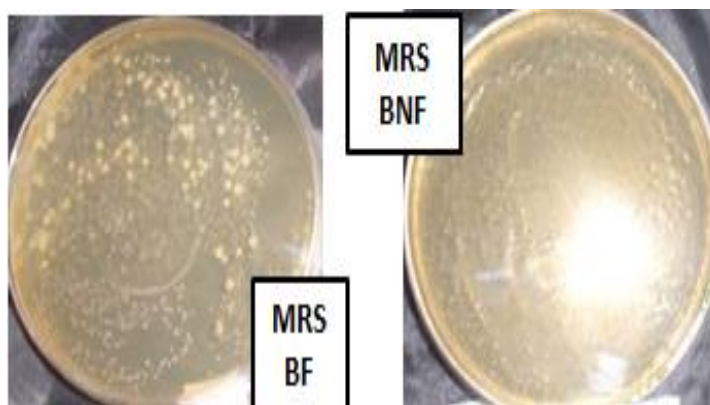


Figure 6 : Dénombrement des bacilles lactiques sur MRS

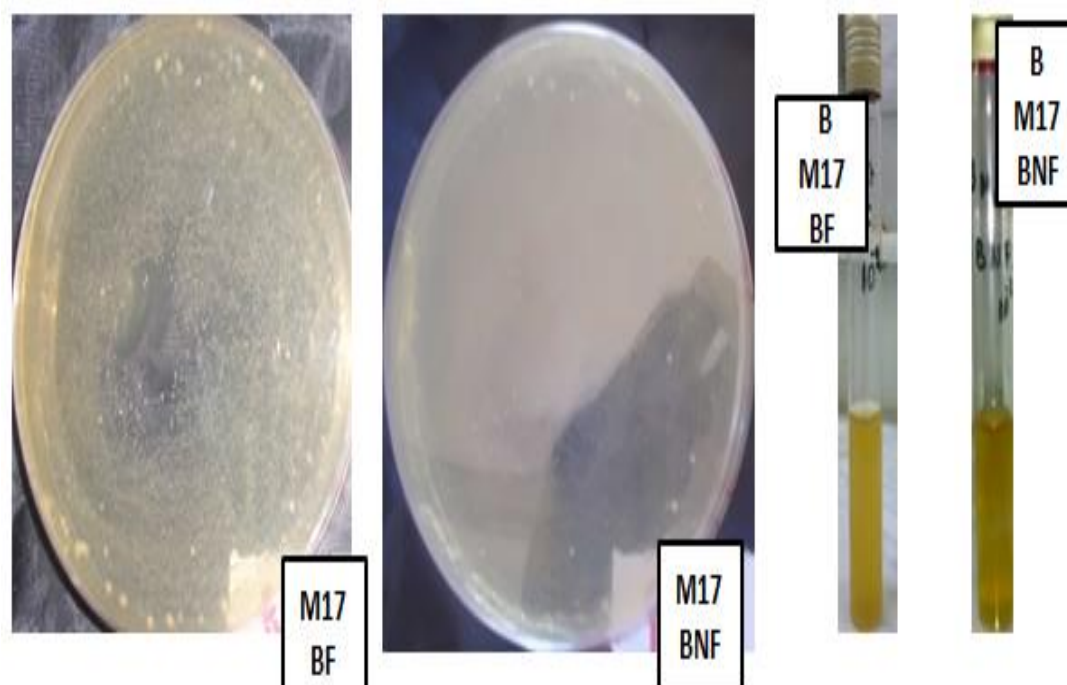


Figure 7: Dénombrement sur gélose M17 et détection sur le bouillon M17 des coques lactiques

Tableau 2 : Dénombrement des bactéries lactiques sur MRS et M17

Echantillons		BF	BNF
Milieux			
Gélose M17	Forme	Coques en chaines et en amas	Coques en chaines et en amas
	Nombre	$1,5 \cdot 10^3$ UFC/ml	100 UFC/ml
Gélose MRS	Forme	Bacilles, coccobacilles en amas	Absence
	Nombre	$1,8 \cdot 10^3$ UFC/ml	-
Bouillon M17		Plus de trouble	Peu de trouble

Le milieu gélosé M17 montre la présence de colonies plus effective dans le BF que dans le BNF. Cette présence est évaluée à $1,5 \cdot 10^3$ UFC/ml contre seulement 100 UFC/ml pour le BNF; ce qui va être confirmé ensuite par la différence de trouble au niveau des bouillons M17.

Concernant le milieu MRS, on dénombre $1,8 \cdot 10^3$ UFC/ml pour le BF et une absence totale de colonies pour le BNF.

V.1.3. Identification des bactéries lactiques

Notre objectif étant de valoriser le blé fermenté, pour confirmer le type de bactérie présent dans notre échantillon, nos différents tests d'identifications ont concerné uniquement notre échantillon de blé fermenté. De ce fait, nous avons obtenu les résultats assemblés dans le **tableau 3**.

Tableau 3: Résultats des tests d'identification des bactéries lactiques du BF

Milieux		M17	MRS
Test			
Coloration de Gram		Positif	Positif
Test d'oxydase		Négatif	Négatif
Test de catalase		Négatif	Négatif
ONPG		Positif	Positif
Mannitol Mobilité		Positif	Positif
TSI	Pente	Jaune	Jaune
	Culot	Jaune	Jaune
	H ₂ S	Négatif	Négatif
	Production de gaz	Négatif	Positif

V.2. Caractéristiques physicochimiques

L'influence de la fermentation du blé sur sa composition en macronutriments et en métabolites secondaires a été déterminée. Les profils des BF et du BNF ont été établis par une caractérisation analytique approfondie et sont présentés dans les **tableaux 4, 5 et 6**.

V.2.1. Caractérisation physique

❖ Teneur en eau

La teneur en eau a diminué de façon significative ($p \leq 0,05$) de 10,43% dans le BNF à 10,14% dans le BF.

❖ Taux de cendres

Le taux de cendres a légèrement diminué de 1,93% à 1,88% sans atteindre le seuil de signification.

❖ pH et acidité titrable

On remarque une diminution très significative du pH de 6,28 à 5,32 (**tableau 4**) ce qui est confirmé par une augmentation de l'acidité titrable qui passe de 7 mEq/100g dans le BNF à 29mEq/100g dans le BF.

Tableau 4: Paramètres physiques du BF et du BNF

Echantillons Paramètres	BNF	BF	
	Moy. \pm S.D	Moy. \pm S.D	Test de Student p
Teneur en eau (%)	10,42 \pm 0,08	10,14 \pm 0,01	0,03984
pH	6,28 \pm 0,03	5,32 \pm 0,06	0,00002
Acidité titrable (mEq /100g)	7 \pm 2,83	29 \pm 1,41	0,01017
cendres (%)	1,93 \pm 0,19	1,88 \pm 0,001	N.S

$p > 0,05$: non significatif ; $p \leq 0,05$: significatif ; $p \leq 0,001$: très significatif ; $p \leq 0,0001$: hautement significatif

Moy. \pm S.D : Moyenne \pm Standard Deviation

V.2.2. Caractérisation biochimique

Les différents résultats des paramètres biochimiques dans le blé fermenté et non fermenté sont résumés dans le **tableau 5**.

❖ Profil glucidique

On observe des modifications importantes au niveau du profil glucidique. La teneur en amidon était de 74,64% dans le BNF qui a très significativement diminué ($p \leq 0,001$) à 43,94% chez le BF.

Les mêmes observations sont faites pour la teneur en oses et en oligosides (**tableau 5**).

❖ Profil des protéines

Les protéines représentent 15,33% dans le BNF et après fermentation leur teneur totale est de 16,08% ; cette augmentation est très significative ($p \leq 0,001$).

❖ Teneur en acide gras

La teneur en acide gras a augmenté dans le BF par rapport au BNF (**tableau 5**).

Tableau 5: Paramètres biochimiques du BF et du BNF

Echantillons Paramètres	BNF	BF	Test de Student p
	Moy.± S.D	Moy.± S.D	
Amidon (%)	74,64 ± 0,9	43,94 ± 6,22	0,00108
Oses et Oligosides (%)	3,46 ± 0,23	1,12 ± 0,09	0,00584
Protéines totales %	15,33 ± 0,33	16,08 ± 0,01	0,00089
Teneur en acides gras (%)	0,15 ± 0,03	0,41 ± 0,03	0,01089

V.2.3. Propriétés technologiques

❖ Gluten

Le gluten humide et le gluten sec qui étaient respectivement de 11% et 3,33 % ont complètement disparu après fermentation. Ceci s'est exprimé par la non formation d'une pâte à partir de la semoule du BF.

❖ Indice de chute

L'activité amylasique s'évalue par la formation d'un gel lors de l'élévation de la température après hydratation de l'échantillon. On remarque un temps de chute très important dans le BNF qui correspond à 326,67 secondes par rapport au BF qui est de 106,67 secondes.

Tableau 6: Résultats des analyses technologiques du BF et du BNF

Echantillons Paramètres	BNF	BF	Test de Student p
	Moy.± S.D	Moy.± S.D	
Gluten humide (%)	10,99±0,01	-	0,000001
Gluten Sec (%)	3,33±0,07	-	0,000002
Indice de chute (sec)	326,67±19,30	106,67±40,41	0,001047

V.3.Caractérisation phytochimique

Les résultats obtenus pour les différentes recherches de métabolites secondaires étaient négatives.

La teneur en polyphénols totaux s'avère importante dans le BF par rapport au BNF; elle est respectivement de 10,1µg EAG/ml et de 4,86 µg EAG/ml d'extrait pur.

CHAPITRE VI :

DISCUSSION

L'étude qui a été menée sur un BF « el hamoum » provenant de la région de Tiaret et stocké pendant 7ans en matmora; et sur lequel ont été effectuées des analyses microbiologiques, physicochimiques et phytochimiques, avait pour but de voir l'effet de la fermentation spontanée sur les différents composés et d'identifier la flore responsable de cette fermentation.

VI.1. Microbiologie du blé fermenté « el hamoum »

Les formes en coque et en bacille des bactéries observées par coloration de gram, provenant respectivement des milieux M17 et MRS, en accord avec les résultats des tests d'identifications à savoir: oxydase et catalase (-); ONPG (+); H₂S (-); immobiles; dégradation du mannitol, du saccharose, du lactose et du glucose, prouvent qu'il s'agit des caractéristiques des bactéries lactiques (**Guiraud, 1998**). La spécificité des différents milieux de culture utilisés à savoir les milieux M17 et MRS nous permet de préciser qu'il s'agit respectivement des streptocoques et des lactobacilles (**Guiraud, 1998 ; Kacem et al., 2005**). La production de gaz sur milieu MRS peut être expliquée selon **Guiraud (1998)** par la capacité de certains lactobacilles hétérofermentaires à produire du gaz et d'autres composés en plus de l'acide lactique pendant la fermentation. Le faible nombre de colonies observé au niveau de l'échantillon de blé non fermenté peut être dû à la présence de la flore commensale.

Le milieu confiné où a eu lieu la fermentation du blé, accuse un non développement de levures, généralement aérobies et faiblement aéroanaérobies, ainsi que de moisissures qui sont des microorganismes aérobies strictes. Ces mêmes résultats ont été rapportés par **Amour et al., 2013**. La non croissance des mycètes dans le BF pour les deux milieux PDA et OGA, peut s'expliquer par la libération de substances inhibant la croissance de levures et les moisissures telles que certains acides organiques (**Bartali et al., 1990 ; Bayrock et Ingledew, 2004; Leyral et Vierling, 2007**).

VI.2. Développement analytique

VI.2.1. Problèmes soulevés

En raison de l'absence de méthodes adéquates préconisées pour les céréales et particulièrement pour le blé, les différentes détections des composés phytochimiques se sont révélées difficiles voir négatives. Ce qui a constitué une limite considérable pour mener à bien la caractérisation phytochimique complète du hamoum.

VI.2.2. Composition physicochimique

La teneur en cendres n'a pas vu de variation au cours de la fermentation (**figure 7** et **tableau 4**). Ceci pourrait être dû au fait que l'activité microbienne n'a aucune influence sur la teneur en minéraux. Seul dans le cas où il y a addition des sels dans le milieu ou utilisation des enceintes métalliques, le taux de cendres peut varier au cours de la fermentation (**Harland et Harland, 1980**).

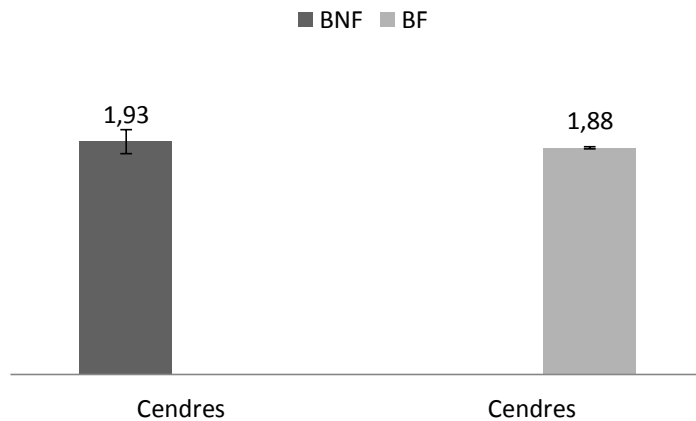


Figure 8: Teneur en cendres par 100g d'échantillon

L'humidité du BF a significativement diminué (**figure 8** et **tableau 4**), contrairement aux résultats des travaux de **Hobamahoro (2013)** et **Amour *et al.* (2013)** sur la même variété de blé. Cette réduction serait la conséquence d'un séchage prolongé de nos échantillons après leur retrait de la matmora.

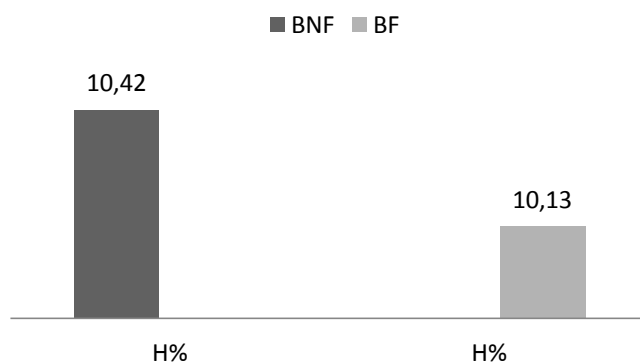


Figure 9: Teneur en eau par 100g d'échantillon

Les glucides existant majoritairement sous forme d'amidon dans le BNF n'ont pas été conservés dans le BF après fermentation. Les taux sont passés respectivement pour le BNF et le BF de 74,64% à 43,94%. L'amylose qui représentait 24% de l'amidon dans le BNF a vu

sa proportion augmenter jusqu'à 41% au détriment de l'amylopectine qui était de 76% dans le BNF et est devenu 59% dans le BF (**figure 9**). L'évolution de la fraction amylosique s'explique par le fait que l'amylose, de forme cristalline, est très peu affecté par l'hydrolyse enzymatique contrairement à l'amylopectine dont la structure ramifiée (zone amorphe et non cristalline) l'expose à l'activité hydrolytique (**Giraud *et al.*, 1995; WHO/FAO, 1999; Svanberg et Lorri, 1999; Naveena *et al.*, 2004; Jeantet *et al.*, 2007**).

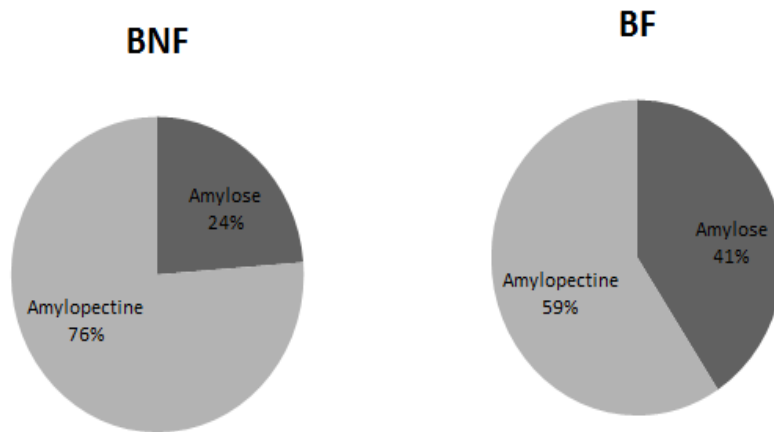


Figure 10: Rapport Amylose-Amylopectine

Autrement dit la faible teneur en amidon dans le BF pourrait être due à l'action des amylases de la farine de blé à laquelle s'ajoute l'activité amylasique des bactéries lactiques (**Raimbault, 1995; Brochoire *et al.*, 2005**) confirmé par la baisse de l'indice de chute (**figure 11 et tableau 8**). Ce qui a conduit à la formation d'un gel moins dense par rapport au BNF.

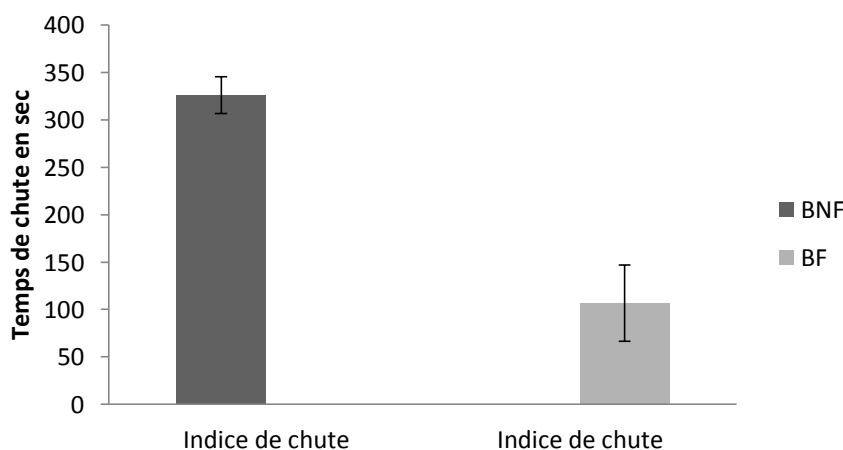


Figure 11: Indice de chute (en sec)

D'après **Giraud *et al.* (1995)** et **Naveena *et al.* (2004)**, l'hydrolyse de l'amidon en sucres simples donc plus assimilables pourrait servir de nutriments aux agents de fermentation

favorisant aussi bien le développement de la biomasse microbienne que la synthèse de différents métabolites. Cette explication pourrait être comprise par la diminution de la teneur en oses et oligosides dans le BF (**figure 12** et **tableau 7**).

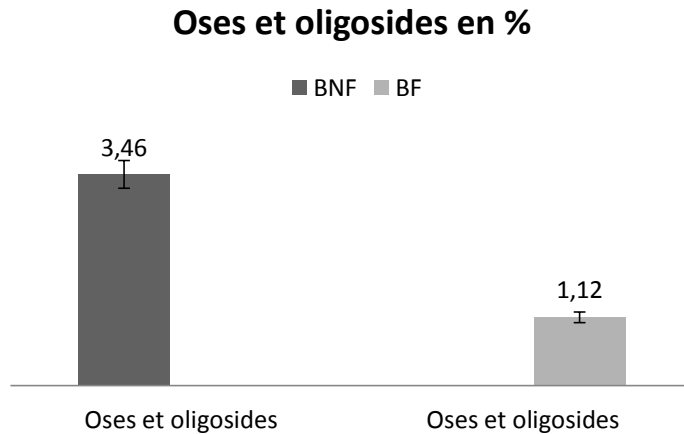


Figure 12: Teneur en oses et oligosides par 100g d'échantillon

Par contre, l'acidification du BF se traduit par la transformation des sucres simples et des lipides en acides organiques par les bactéries lactiques (**Kohadjova et Karovicova, 2007**). Ce qui justifie les valeurs obtenues pour l'acidité titrable qui est étroitement liée au pH dans le BF (**figures 13** et **14**).

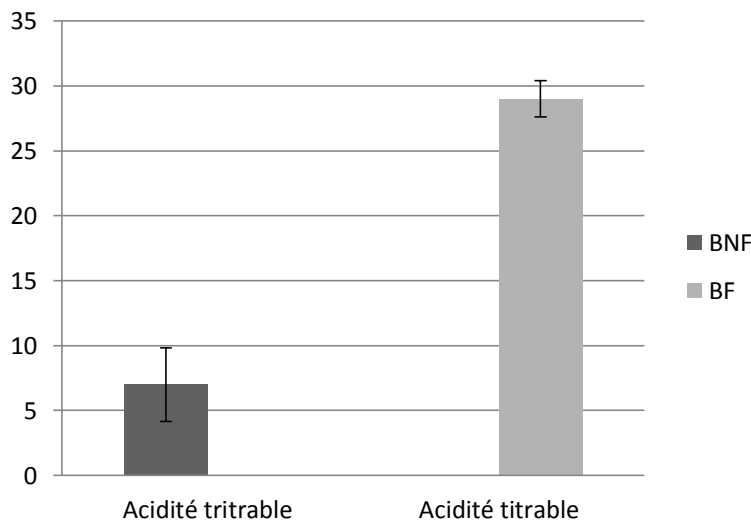


Figure 13: pH des échantillons de BF et de BNF

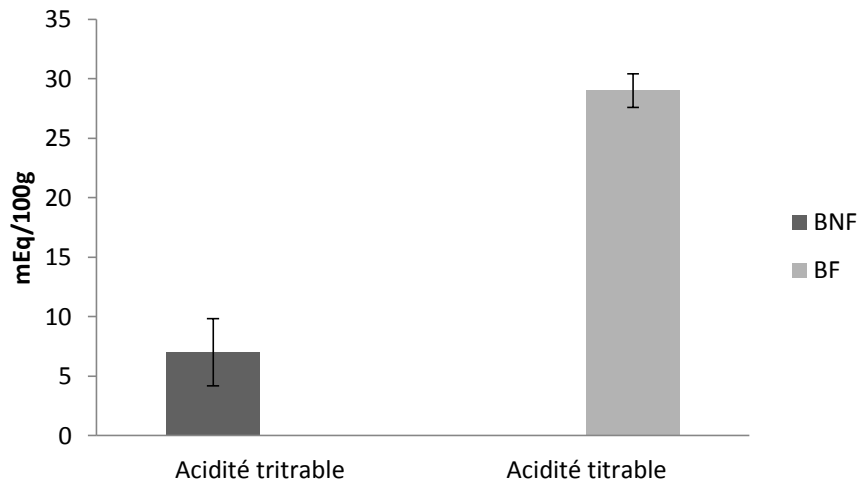


Figure 14: Acidité Titrable en mEq/100g

La flexibilité des différents constituants causée par l'effet de la fermentation sur le blé va donc entraîner sous l'action des lipases, l'hydrolyse des lipides en acides gras libres et en glycérides. Ce qui est révélé par l'augmentation de la teneur en acide gras dans le BF (**figure 15** et **tableau 5**).

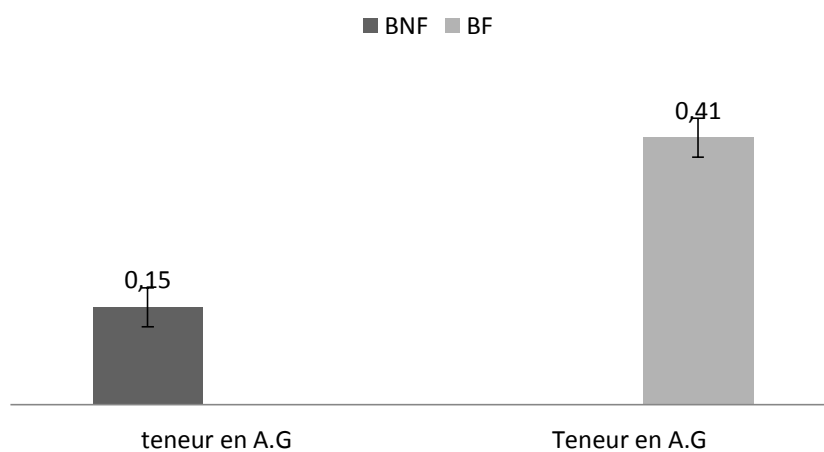


Figure 15: teneur en Acides Gras (en %)

L'hydrolyse des différentes fractions protéiques dans le BF, (**figure 16**) serait donc due à une forte activité protéolytique occasionnée par les bactéries lactiques pour la synthèse de nouvelles substances azotées, tels que les protéines, les acides aminés, les bactériocines,... (**Svanberg et Lorri, 1999**). Ce qui est constaté par une augmentation des protéines totales après fermentation (**tableau 5**).

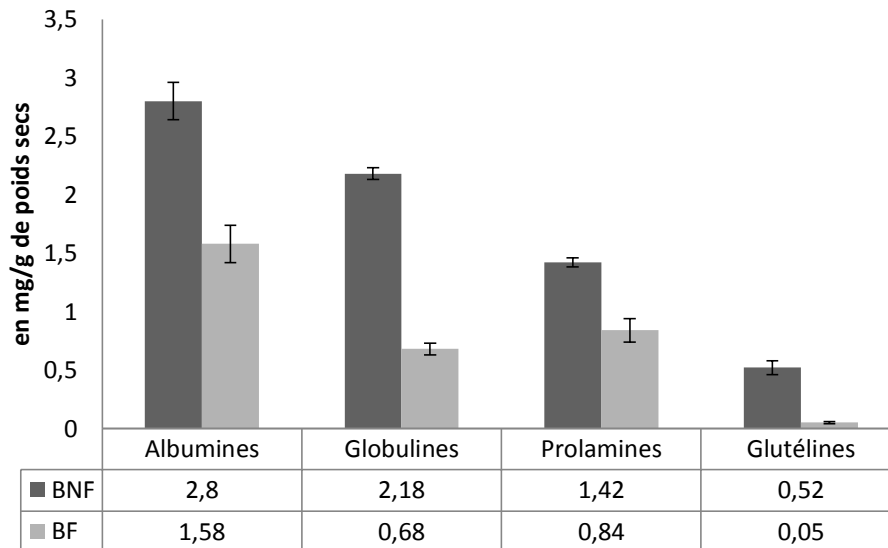


Figure 16: Fractionnement des protéines du blé (en mg/g de poids sec)

La non-formation de pâte après hydratation de l'échantillon est la conséquence de la disparition de la quasi- totalité du gluten dans le BF qui est un phénomène lié à la baisse significative des prolamines et des glutélines. Rappelons sur le plan technologique que les prolamines et les glutélines sont responsables de la ténacité, l'élasticité et l'extensibilité de la pâte au cours de la panification (**Brochoire et al., 2005**). Quant à l'indice de chute, il renseigne sur la formation de gel, qui est lié à l'activité amylasique de l'échantillon. De ce fait, la baisse de l'indice de chute lors d'un processus de panification, peut conduire à des pains plats à croute fine (**Brochoire et al., 2005**). Dans notre cas, la disparition du gluten associée à la baisse de l'indice de chute peut donc être comprise par la consommation d'el hamoum uniquement sous forme de couscous.

VI.2.3. Composition phytochimique

Alors que les études sont controversées sur l'effet de la fermentation sur la teneur en polyphénols au cours de la fermentation, nos résultats ont révélé une augmentation significative ($p \leq 0,05$) passant de 4,86 μg EAG/ml à 10,01 μg EAG/ml d'extrait pur (**figure 17**).

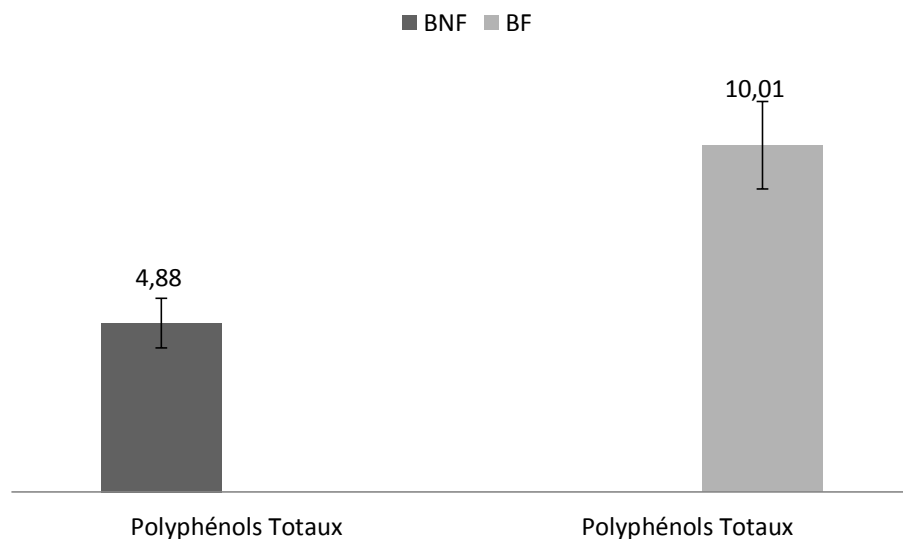


Figure 17: Teneur en polyphénols totaux (µg EAG/ml d'extrait pur)

Les résultats obtenus concordent avec les études menées par **Eom et al. (2011)**, **Shi et al. (2012)** et **Hobamahoro (2013)** démontrant l'augmentation de la teneur en polyphénols au cours de la fermentation. Mais cette augmentation n'est possible qu'avec certaines souches de *Lactobacillus*.

VI.3. Bioactivité d'el hamoum

Les modifications importantes qu'a subies le blé après fermentation lactique au niveau de la matmora ont induit des améliorations du point de vue organoleptique, nutritionnel et santé si bien que le hamoum s'impose comme aliment bioactif :

✓ Qualité organoleptique

La forte odeur dégagée par le BF est justifiée par la formation des composés volatils contribuant à l'amélioration des saveurs (**Blandino et al., 2003; Yao et al., 2009**).

✓ Qualité nutritionnelle

L'activité protéolytique des bactéries lactiques au cours de la fermentation, caractérisé par la baisse significative ($p \leq 0,05$) des différentes fractions protéiques du blé, va augmenter la teneur et la biodisponibilité des acides aminés (**Svanberg et Lorri, 1997; FAO, 1999**).

✓ Qualité sanitaire

Le blé est un aliment riche en fibres et les bactéries lactiques sont dépourvues d'enzymes pouvant dégrader la partie insoluble des fibres (lignine, cellulose et hemicellulose). Partant de ce fait, il est possible d'affirmer que les fibres dans le BF n'ont

pas subi de variation significative (**Hobamahoro, 2013**). Ceci constitue un gain important car les fibres sont reconnues pour leurs effets préventifs dans les maladies comme le cancer du côlon et stimulent la sensation de satiété qui aide à prévenir l'obésité (**Godon et Willm, 1998; Fredot, 2005; Jeantet et al., 2007**). Selon **FAO/WHO (2005)** et **Okarter et Liu (2010)**, la présence des fibres dans le blé lui confère actuellement la dénomination d'aliment fonctionnel. Et à ces propos, nous pouvons ajouter multiples autres qualités, en l'occurrence, la diminution de l'amylopectine qui est un avantage non négligeable dans la mesure où certaines littératures rapportent que plus le rapport amylose/amylopectine est élevé, plus l'index glycémique est bas (**Alouane, 2007; Layat 2010**). La réduction de l'amylopectine dans el hamoum (**figure 9**) pourrait donc contribuer à la diminution de la charge glycémique. L'hydrolyse des fractions protéiques dans le BF peut être utilisée comme un outil de réduction de certains allergènes dérivés du gluten, et qui sont impliqués dans les maladies cœliaques. Certains auteurs ont pu démontrer que les espèces de *Lactobacillus* ont la capacité de dégrader les gliadines (**Rollan et al, 2005**). Aussi, la présence de polyphénols dans el hamoum lui octroie une importance capitale grâce à leurs effets sur la santé; vu que leur rôle d'antioxydants naturels suscite de plus en plus d'intérêt pour la prévention et le traitement de certaines maladies telles que le cancer, le diabète, les maladies inflammatoires, cardiovasculaires et neurodégénératives (**Ozdemir et al., 2007; Rodriguez et al., 2009 ; Okarter et Liu, 2010; Martins et al., 2011**). Il est primordial de savoir que la convoitise des bactéries lactiques pour des processus fermentaires est due à bon nombre de leurs propriétés jugées intéressantes. Parmi celles-ci, on peut citer les effets probiotiques et /ou prébiotiques qu'elles peuvent conférer à un aliment (**Favre, 2004**). Les nombreuses propriétés conférées au BF par la fermentation lactique au niveau de la matmora, peuvent nous permettre de dire qu'el hamoum a acquis des propriétés probiotiques et prébiotiques.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Aliment très apprécié en Algérie, el hamoum reste malgré tout un produit mal connu car minime sont les auteurs qui ont fait de lui un objet de recherche. Pour cela, l'intérêt de notre travail s'est inscrit premièrement dans la détermination de la flore microbienne ayant contribué à la fermentation d'un blé dur de variété VITRON, afin de déterminer les variations subies par ses constituants au cours de la fermentation, et confirmer les résultats des études antérieures en comparaison avec un blé non fermenté de même variété et de même provenance; et deuxièmement, d'évaluer la bioactivité de ce produit longtemps laissée dans l'ombre.

De l'étude microbiologique, nous avons pu dégager que la fermentation en matmora est essentiellement de type lactique et dominée à majorité par les genres *Lactobacillus* et *Streptococcus*. Cette constatation a été validée par des tests biochimiques qui nous permettent à présent d'affirmer que le blé dur fermenté (el hamoum) subit en matmora une fermentation lactique. Aucune présence de levures et de moisissures n'a été observée pour l'échantillon de blé fermenté contrairement au blé non fermenté qui en renfermait quelques-unes.

A l'issue de l'approche microbiologique, des modifications considérables ont pu être remarquées sur le plan physicochimique et phytochimique. Elles se sont soldées par un pH acide : 5,32 confirmé par l'augmentation de l'acidité titrable (7 à 29 mEq/100g). Le séchage de l'échantillon a conduit à une baisse significative du taux d'humidité à 10,14% contre 10,42% pour le BNF. Ceci s'est traduit par un taux de cendre presque inchangé : 1,93 et 1,88% respectivement pour le BNF et le BF. Les paramètres biochimiques ont révélé quant à eux une réduction d'amidon (74,64 à 43,94%) et d'oses et oligosides (3,46 à 1,12%) contre une augmentation de la teneur en protéines (15,33 à 16,08%) et en acidité grasse (0,15 à 0,41%). L'évaluation technologique a montré une forte activité amylasique qui a entraîné un temps de chute de 326,67 secondes pour le BNF contre 106,67 secondes pour le BF qui ne contient pas également de gluten contrairement au BNF qui a affiché un gluten humide de 10,99% et un gluten sec de 3,33%. Le screening phytochimique s'est avéré négatif pour l'ensemble des détections. Par contre, la teneur en polyphénols a significativement augmenté de 4,86 à 10,01 µg EAG/ml d'extrait pur. En conséquence aux résultats donnés précédemment, l'examen des nouveaux constituants du BF nous a permis de constater qu'el hamoum répond aux normes d'un aliment fonctionnel.

Pour cela, il est convenable de dire que le blé dur fermenté (el hamoum) est un aliment prometteur qui mérite d'ailleurs d'être mieux exploité. Il serait donc assez intéressant à l'avenir de compléter ces recherches en se penchant sur :

- ✓ La détermination des espèces microbiennes prédominantes pour un meilleur contrôle de la fermentation et voir si ces espèces ne pourraient pas être recommandées pour des cultures starters;
- ✓ L'étude approfondie de la spécificité des composés volatils contribuant à la flaveur d'el hamoum à des fins technologiques;
- ✓ L'évaluation des différents enzymes trouvés dans el hamoum à but industriel;
- ✓ L'évaluation de la pathogénicité d'el hamoum variété VITRON en comparaison avec d'autres variétés d'el hamoum;
- ✓ L'élaboration d'une méthode adaptée au blé dur pour un meilleur screening phytochimique.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

1. **Aalami, M., Prasada Rao, U.J.S., Leelavathi, K. (2007).** Physicochemical and biochemical characteristics of Indian durum wheat varieties: Relationship to semolina milling and spaghetti making quality. *Food chemistry*, 102, 993-1005
2. **Adra M. (2010).** Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (*Triticum durum Desf.*) au stress hydrique. Mémoire de magistère: Biotechnologies Végétales. Constantine: Université Mentouri, 93 p.
3. **Agati, V., Guyot, J.P., Morlon-Guyot, P., Tlamond, P., Hounhouigan, D.J.(1998)** Isolation and characterization of new amylotitic strains of *Lactobacillus fermentum* from fermented maize doughs (mawè and ogi) from Benin. *J. Appl. Microbiol.*,85, 512-520
4. **Alouane L.T. (2007).** Charge glycémiant: Conseils hygiéno-diététiques pour diabète. Nutrition Tunisie. Tunis. 42p
5. **Amour M., Mekhtoub L., Tahri F. (2013).** Etude physicochimique, microbiologique et biologique des blés non fermentés et fermentés (El-hammoum). Mémoire de fin d'étude: Nutrition et Technologie Agro-Alimentaire. Tiaret: Université Ibn KHALDOUN. 86p
6. **Auricchio, S., De Ritis, G., De Vincenzi, M., Occorsio, P., Silano, V.(1982).** Effects of gliadin derived peptides from bread and durum wheats on small intestine cultures from rat fetus and coelic children. *Pediatr. Res.* 16, 1004-1012
7. **Badiaga M. (2012).** Etude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de *Nauclea Latifolia Smith*, une plante médicinale africaine récoltée au Mali. Thèse de doctorat: Chimie Organique. Clermont-Ferrand: Université Blaise Pascal. 183p
8. **Bartali E.H. (1987).** Underground Storage Pits in Morocco. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 2 (4), 381-383.
9. **Bartali, E. H. (1995).** Systèmes de stockages traditionnels « matmoras » et « sellas ». *Hommes, Terre et Eaux, Revue Marocaine des Sciences et Techniques du Développement Rural*, 25 (98), 16-22.
10. **Bartali, H., Dunkel, F.V., Said A., Sterling, R.L. (1990).** Performance of plastic lining for storage of barley in traditional underground structures (Matmora) in Morocco. *J. Agric. Engng Res.*, 47, 297-314.
11. **Bartaschi C. (2009).** Les levures et les moisissures: Classification, développement et reproduction. Conidia. Villeurbanne. 28p
12. **Blandino, A., Al-Aseeri, M.E., Pandiella, S.S., Cantero, D., Webb, C. (2003).** Cereal-based fermented foods and beverages. *Food Research International*, 36, 527-543

13. **Bayrock, P.D., Ingledew, M.W. (2004).** Inhibition of yeast by lactic acid bacteria in continuous culture: nutrient depletion and/or acid toxicity? *J. Ind. Microbiol Biotechnol*, 13,62–368
14. **Bonarme P. (2011).** Etude des fonctionnelle des écosystèmes fromagers. Conférence ISVV, Université de Bordeaux. 2p
15. **Bornet, F. (1993).** Technological treatments of cereals: Repercussion on the physiological properties of starch. *Carbohydrates polymers* 21, 195-203
16. **Boudreau, A., Menard, G. (1992).** Le blé : éléments fondamentaux et transformation. Les Presses de l'Université Laval. Québec. 442p
17. **Bourgeois, C.N., Mescmle, J.F., Zucca J. (1996).** Microbiologie alimentaire Tome 1: Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Edition Technique et Documentation Lavoisier. Paris. 393 – 414
18. **Brochoire, G., Del Frate, R., Stephan, C. (2005).** Les nouvelles de la boulangerie pâtisserie: Mieux contrôler la farine. SOTAL. 16p.
19. **Bruneton, J. (1996).** Plante toxique: Végétaux dangereux pour l'homme et les animaux. Editions Tec & Doc Lavoisier. Paris. 529 p.
20. **Caplice, E. Et Fitzgerald, G.F. (1999).** Food fermentations: role of microorganisms in food production and preservation. *International Journal of Food Microbiology*, 50, 131-149.
21. **Chacko, A., Muraleedharan, H., Sastry, P.S. (2010).** Effect of storage conditions on the microbial quality of fermented foods. *World Applied Sciences Journal*, 9 (12), 1365-1369
22. **Chen, Y., Dunford, N. T., Goad, C. (2013).** Phytochemical composition of extracts from wheat grain fractions obtained by tangential abrasive dehulling. *LWT- Food Science and Technology*, 54, 353-359.
23. **Cruz, J.F., Dimanche, P., Ducamp-Collin, M.N., Fliedel, G., Joas, J., Marchand, J.L., Mestres, C., Troude, F. (2002).** La récolte, le stockage et la première transformation. In « Mémento de l'agronome ». CIRAD-GRET. Paris. 717-746.
24. **Diallo, D., Sanogo, R., Yasambou, H., Trare, A., Coulibaly, K., Maiga, A. (2004).** Etude des constituants des feuilles de *Ziziphus mauritiana lam.* (Rhamnaceae) utilisées traditionnellement dans le traitement du diabète au Mali. *C.R. Chimie*, 7, 1073-1080
25. **Djermoum, A. (2009).** La production céréalière en Algérie: les principales caractéristiques. *Revue Nature et Technologie*, 1, 45-53

26. **Dordevic, T.M., Siler-Marinkovic, S., Dimitrijevic-Brankovic, S. (2010).** Effect of fermentation on antioxidant properties of some cereals and pseudo cereals. *Food Chemistry*, 119, 957-963.
27. **Doumandji, A., Doumandji Mitiche, B., Salaheddine, D. (2003).** Cours de technologie des céréales technologie de transformation des blés et problèmes dus aux insectes au stockage. Office des Publications Universitaires. Alger. 22p.
28. **Eom, S.H., Kang, Y.M., Park, J.H., Yu, D.U., Jeong, E.T., Lee, M.S., Kim, Y.M. (2011).** Enhancement of polyphenol content and antioxidant activity of brown alga *Eisenia bicyclis* extract by microbial fermentation. *Fish Aquat Sci*, 14, 192-197.
29. **FAO (1999).** Fermented cereals, a global perspective. FAO Agricultural Services Bulletin, Vol 138. FAO. Rome. 126 p
30. **Favre G. (2004).** Prébiotiques et probiotiques : ont-ils un réel intérêt pour la santé ? Rôle du pharmacien dans leur conseil à l'officine. Thèse de doctorat : Pharmacie. Grenoble: Université JOSEPH FOURIER. 84p
31. **Fredot, E. (2005).** Connaissance des aliments. Editions Tec & Doc-Lavoisier. Paris. 613 p
32. **Gilliquet, M., Verbrugge, J.C. (1989).** Le stockage enterré : réponse aux problèmes du Tiers Monde. In « Céréales en régions chaudes ». AUPELF-UREF. Paris. 39-46.
33. **Giraud E., Brauman A., Keleke S., Gosselin L., Raimmult M. (1995).** Contrôle de la fermentation du manioc pour un meilleur gari: utilisation d'un starter de *Lactobacillus plantarum* à activité linamarase et amylase. Editions ORSTOM. Cali. 354-365.
34. **Godon, B. (1991).** Biotransformation des produits céréaliers. Technique et Documentation-Lavoisier. Paris. 540 p.
35. **Godon, B., Loisel, W. (1984).** Guide pratique d'analyses dans les industries des céréales. Edition Technique et Documentation Lavoisier. Paris. 683p
36. **Godon, B., Loisel, W. (1997).** Guide pratique d'analyses dans les industries des céréales 2^{ème} édition revue et augmentée. Edition Technique et Documentation Lavoisier. Paris. 819p
37. **Godon, B., Willm C. (1998).** Les industries de première transformation des céréales. Technique et Documentation-Lavoisier. Paris. 656 p
38. **Guiraud, J.P. (1998).** Microbiologie alimentaire. Edition Dunod. Paris. 71-75
39. **Guiraud, J.P. (2003).** Microbiologie alimentaire. Edition Dunod. Paris. 8-101.
40. **Harland, B.F., Harland, J. (1980).** Fermentative reduction of phytate in rye, white, and whole wheat breads. *Cereal Chemistry*, 57,226-229

41. **Hemery, Y., Rouau, X., Lullien, P. V., Barron, C., Abecassis, J. (2007).** Dry processes to develop wheat fractions and products with enhanced nutritional quality. *Journal of Cereal Science*, 46,327-347
42. **Hobamahoro A.F. (2013).** Etude comparative des caractéristiques physicochimiques, phytochimiques et technologiques des blés non fermentés et fermenté (El-hammoum). Mémoire de fin d'études: Technologie Alimentaire. Tiaret: Université Ibn KHALDOUN. 61p
43. **ISO (2007).** Céréales, légumineuses et produits dérivés: Dosage du taux de cendres par incinération. ISO 2171 : 2007 (F). *ISO*. Genève. 16 p.
44. **ISO (2009).** Céréales et produits céréaliers: Détermination de la teneur en eau-Méthode de référence. ISO 712 : 2009 (F). *ISO*. Genève. 22p
45. **ISO (2009).** Blés tendres, seigles et leurs farines, blés durs et leurs semoules – Détermination de l'indice de chute selon Hagberg-Perten. ISO 3093 : 2009 (F). *ISO*, Genève, 14 p
46. **ITCF(2001).** Contrôle de la qualité des céréales et protéagineux: guide pratique 2^{ème} édition. ITCF. Paris. 280 p.
47. **Jarvis, C.E., Walker, J. R. L (1993).** Simultaneous, rapid spectrophotometric determination of total starch, amylose and amylopectin. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 63, 53-57.
48. **Jeanet R., Croguennec T., Schuck P., Brulé G. (2007).** Science des aliments 2. Editions Tec & Doc-Lavoisier. Paris. 456 p.
49. **Karumi, Y., Onyeyili, P.A. & Ogugbuaja, V.O. (2004).** Identification of active principals of *M. balsamina* (Balsam apple) leaf extract. *J Med Sci* 4, 179-182
50. **Kermiche M. (2013).** Caractérisation de certaines souches microbiennes évoluant dans le blé fermenté et mise en évidence de leurs activités enzymatiques. Mémoire de magistère: Biotechnologie Alimentaire. Constantine: Université Constantine I, 91 p.
51. **Kim, K.H., Tsao, R., Yang, R., Cui, S.W. (2006).** Phenolic acid profiles and antioxidant activities of wheat bran extracts and the effect of hydrolysis conditions. *Food Chemistry*, 95, 466-473.
52. **Kohajdova, Z., Karovicova, J. (2007).** Fermentation of cereals for specific purpose. *Journal of Food and Nutrition Research*, 46, 51-57
53. **Kodio, O. (1989).** Structures paysannes de stockage. In « Céréales en régions chaudes ». AUPELF-UREF. Paris. 19-25.

54. **Larpent, J.P. (1997).** Microbiologie Alimentaire, Techniques de laboratoire. Tec& Doc. Lavoisier. 1074 p
55. **Larpent, J.P., Larpent G.M. (1990).** Memento technique de microbiologie 2^{ème} édition. Herman Technique et Documentation Lavoisier. Paris. 417p
56. **Layat, T. (2010).** L'index glycémique: des fondements à son intérêt en nutrition. Elsevier Masson.8p
57. **Lecoq, R. (1965).** Manuel d'analyses alimentaires et d'expertises usuelles Tome I. Edition Doin et Cie. Paris. 2185p
58. **Lewalle L. (2011).** Des céréales pour nourrir le monde. SOS Faim. Bruxelles. 36p
59. **Leyral, G., Vierling, E. (2007).** Microbiologie et toxicologie des aliments : Hygiène et sécurité alimentaires 4^{ème} édition. Edition Doin. Paris. 287p
60. **Liu, R.H. (2007).** Whole grain phytochemicals and health. *Journal of Cereal Science*, 46, 207-219
61. **Liu, Z., Wang, H., Wang, X., Xu, H., Gao D., Zhang G., Chen P., Liu D. (2008).** Effect of wheat pearling on flour phytase activity, phytic acid, iron, and zinc content. *LWT*, 41, 521-527.
62. **Lv, J., Lu, Y., Niu, Y., Whent, M. , Ramadan, M. F. ,Costa, J., Yu, L.(2013).** Effect of genotype, environment, and their interaction on phytochemical compositions and antioxidant properties of soft winter wheat flour. *Food Chemistry*, 138, 454–462
63. **Marchal, L., Bourdon, J.L. (1982).** Les milieux de culture pour l'isolement et l'identification biochimique des bactéries .Edition Doin. Paris. 482 p
64. **Martins, S., Mussatto, S.I., Martínez-Avila, G., Montañez-Saenz, J. Aguilar, C.N., Teixeira, J.A. (2011).** Bioactive phenolic compounds: Production and extraction by solid-state fermentation. A review. *Biotechnology Advance*, 29, 365-373
65. **Mensah P., Tomkins A.M., Drasar B.S., Harrison T.J. (1991).** Antimicrobial effect of fermented Ghanaian maize dough. *J. Appl Bacteriol*, 70,203-21
66. **Multon, J.L. (1982).** Conservation et Stockage Des Grains et Graines et Produits Derivés- Céréales, oléagineux, protéagineux, aliments pour animaux. Technique et Documentation Lavoisier. Paris.576p.
67. **Nasri, N., Triki, S. (2007).** Les protéines de réserve du pin pignon (*Pinus pinea L.*). *C. R. Biologies* ,330 ,402–409
68. **Naveena, B.J., Alta, F M.D., Bhadrappa, K., Madhavendra, S.S., Reddy, G (2004).** Direct fermentation of starch to L (+) lactic acid in SSF by *Lactobacillus amylophilus*

- GV6 using wheat bran as support and substrate: medium optimization using RSM. *Process Biochemistry*, 40,681–690
69. **Niquet, G. (1989)**. Stockage et conservation des grains à la ferme: Guide pratique. ITCF. Paris. 107p.
70. **Ntsam S. (1989)**. Pourquoi stocker? In « Céréales en régions chaudes ». AUPELF-UREF. Paris. 19-25.
71. **Okarter, N., Liu, R.H. (2010)**. Health Benefits of Whole Grain Phytochemicals. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50 (3), 193-208
72. **Olasupo, N.A., Olukoya, D.K. Odunfa, S.A. (1996)**. Studies on local strains of amylolytic *Lactobacillus* from Nigerian fermented foods. *Nahrung*, 40, 44-46
73. **Oloyede, O.I. (2005)**. Chemical profile of unripe pulp of *Carica papaya*. *Pak. J. Nutr.*, 4, 379-381
74. **Ozdemir, S., Gocmen, D., Kumral, A.Y. (2007)**. A traditional Turkish fermented cereal food: Tarhana. *Food Reviews International*, 23 (2), 107-121
75. **Raimbault, R. (1996)**. Importance des bactéries lactiques dans les fermentations du manioc. Editions ORSTOM. Cale. 260-275
76. **Rodriguez, H., Curiel, J.A., Landete, J.M., De Las Rivas, B., De Felipe, F.P., Gomez-Cordoves, C., Mancheño, J.M., Muñoz, R. (2009)**. Food phenolics and lactic acid bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 132, 79–90
77. **Rollan, G., De Angelis, M., Gobbetti, M., De Valdez, G.F. (2005)**. Proteolytic activity and reduction of gliadin-like fractions by sourdough lactobacilli. *Journal of Applied Microbiology*, 99, 1495–1502
78. **Roy R. (1979)**. Travaux Pratiques de Microbiologies. Edition Maloines. Paris.242p
79. **Shi, M., Yang, Y., Wang, Q., Zhang, Y., Wang, Y., Zhang, Z. (2012)**. Production of total polyphenol from fermented soybean curd residue by *Lentinus edodes*. *International Journal of Food Science and Technology*, 47, 1215-1221
80. **Sidhu, J.S., Kabir, Y., Huffman, F.G. (2007)**. Functional foods from cereal grains. *International Journal of Food Properties*, 10 (2), 231-244
81. **Steinkraus, K.H. (1997)**. Classification of fermented foods: worldwide review of household fermentation techniques. *Food Control*, 8, 311-317.
82. **Surget, A., Barron C. (2005)**. Histologie du grain de blé. *Industries des céréales*, 145, 3-7
83. **Svanberg, U., Lorr, I W. (1997)**. Fermentation and nutrient availability. *Food Control*, 8, 319-327.

84. **Tamang, J.P., Kailasapathy, K. (2010).** Fermented foods and beverages of the world. Edition Taylor & Francis Group. Floride. 434 p.
85. **Velioglu, Y.S., Mazza, G., Gao, L., Oomah, B.D. (1998).** Antioxidant activity and total phenolic in selected fruits, vegetables, and grain products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, 4113-4117
86. **WHO/FAO (1996).** Fermentation: Assessment and research. Report of a Joint FAO/WHO Workshop on fermentation as a household technology to improve food safety. Pretoria. 79 p.
87. **Yao, A.A., Egounlet, Y M., Kouamé, L.P., Thonart P. (2009).** Les bactéries lactiques dans les aliments ou boissons amylacés et fermentés de l’Afrique de l’Ouest: leur utilisation actuelle. *Ann. Méd. Vét.*, 153, 54-65.
88. **Zielinski, H., Kozłowska, H. (2000).** Antioxidant activity and total phenolics in selected cereal grains and their different morphological fractions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 2008-2016
89. **Zouaoui N. (2012).** Effet des polyphénols sur la résistance à l’infestation fongique dans le grain de blé dur. Mémoire de magistère: Biotechnologie Alimentaire. Constantine : Université Constantine I. 83p.

ANNEXES

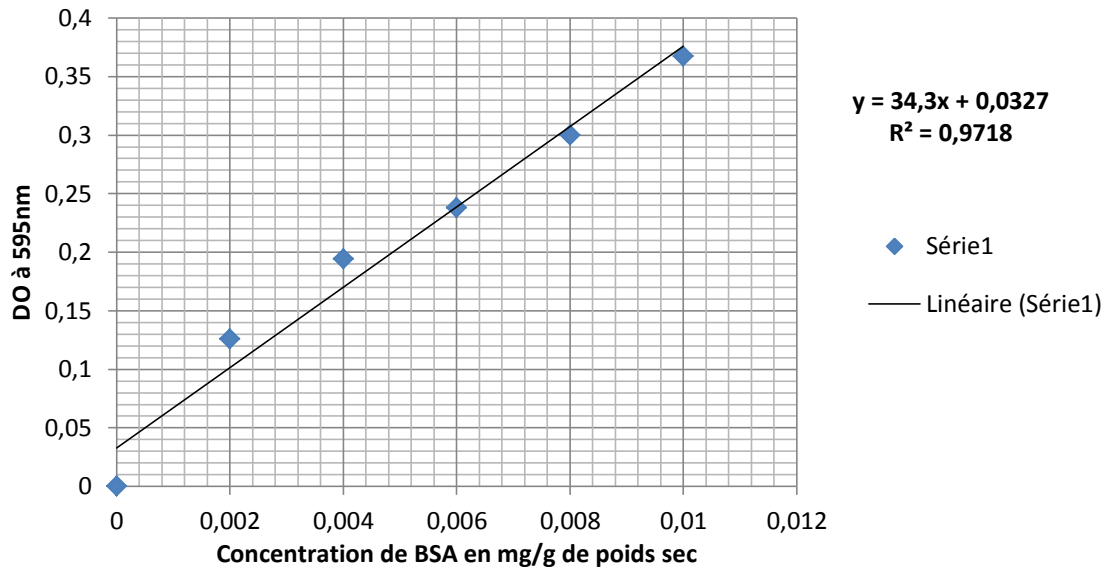
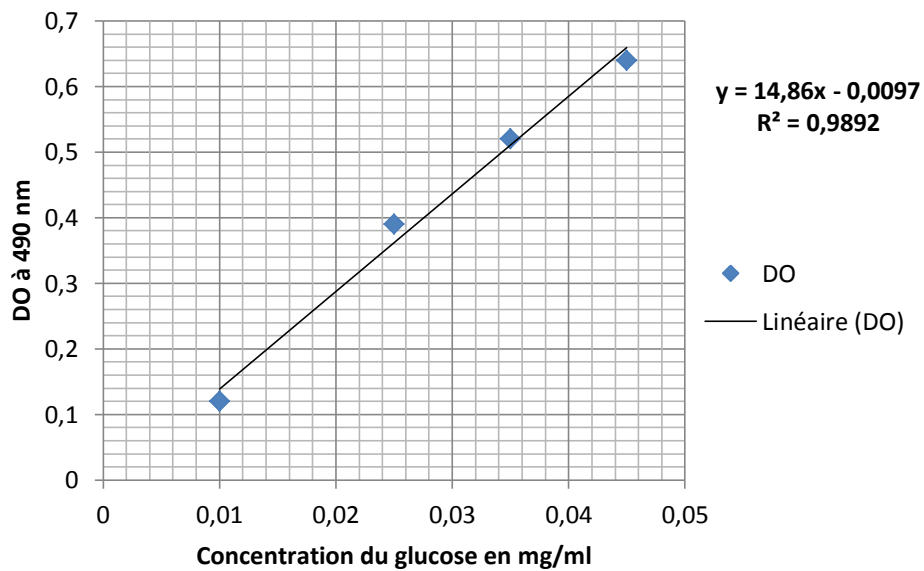
Annexes 1: Composition du grain de blé dur**1.1. : Composition physicochimique du grain de blé dur**

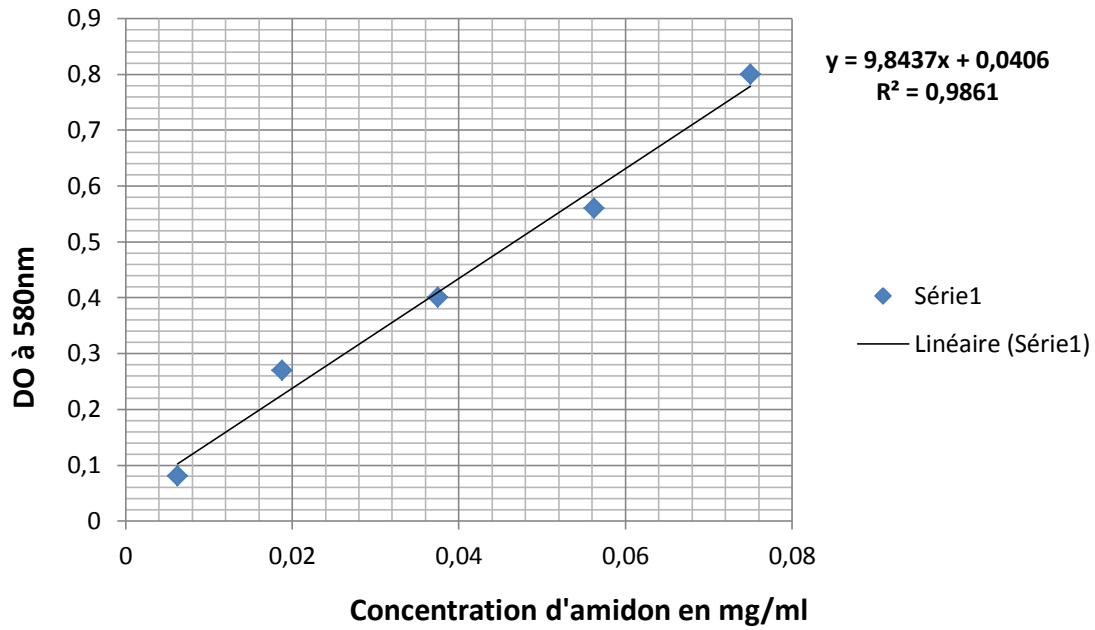
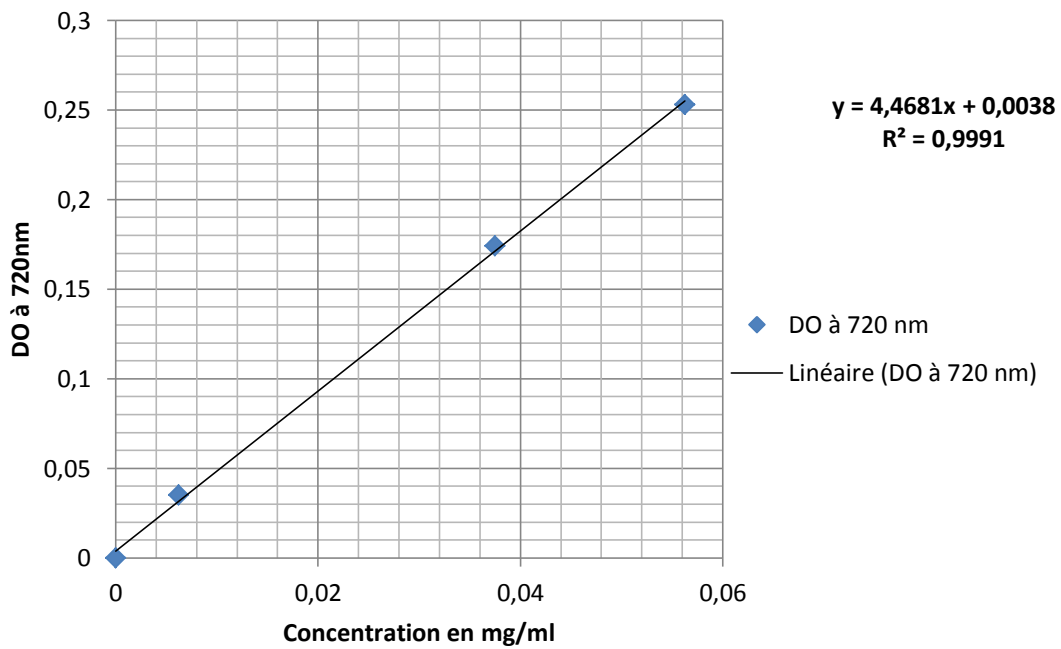
Paramètres	Quantités
Teneur en eau	13-15% (1)
Teneur en Amidon et petits glucides	61-66% (2)
Teneur en fibres alimentaires	5-5,5% (2)
Teneur en protéines	13-14% (2)
Teneur en lipides	1,8-2%(2)
Teneur en minéraux	1,8-2% (2)

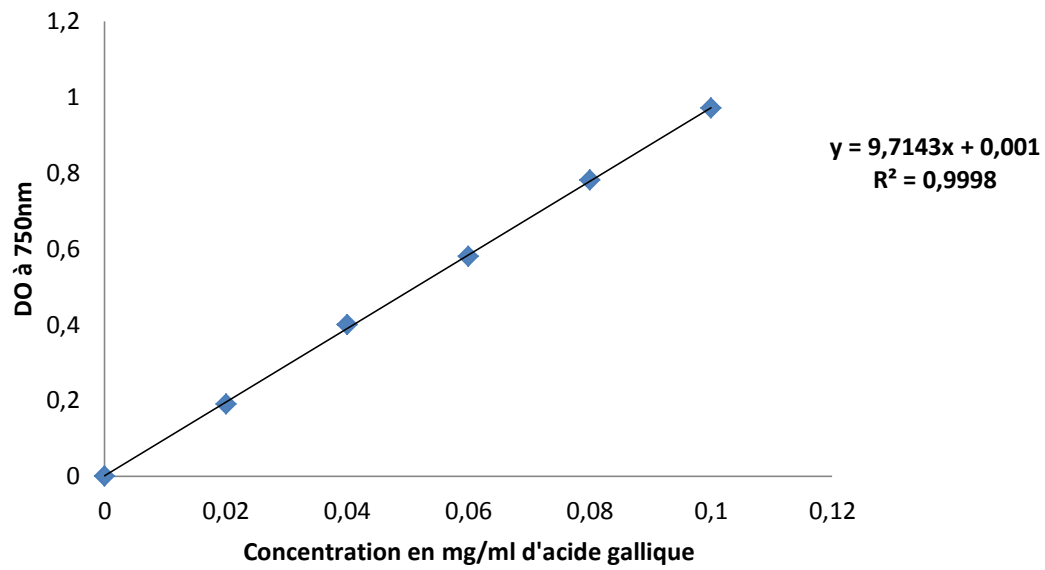
(1) Fredot, 2005 ;(2) Jeantet *et al.*, 2007

1.2. : Composition minérale du grain blé (Fredot, 2005)

Eléments	K	P	Mg	Ca	Na	Fe	Zn	Cu	Se
Quantité en mg par 100g	435	400	140	35	3	5	4,1	0,6	0,1

Annexes 2: Courbes d'étalonnage**2.1. : Courbe d'étalonnage pour le fractionnement des protéines****2.2. : Courbe d'étalonnage pour le dosage des oses et oligosides**

2.3 : Courbe d'étalonnage pour le dosage de l'amidon**2.4 : Courbes d'étalonnage pour le dosage de l'amylose**

2.5 : Courbe d'étalonnage pour le dosage des polyphénols totaux

Annexes 3: Composition des milieux de cultures (Guiraud, 1998)

3.1 : Composition du Milieu MRS

- Peptone universelle: 10g
- Extrait de levure: 5g
- Extrait de viande : 5g
- D(+) glucose : 20g
- Hydrogénocitrate dipotassique: 2g
- Tween SO : 1g
- Hydrogénocitrate de di-ammonium : 2g
- Acétate de sodium : 5g
- Sulfate de magnésium: 0, 1g

Autoclavage à 120°C pendant 15 minutes.

3.2 : Composition du Milieu M17

- Peptone de soja : 5g
- Peptone de viande : 2,5g
- Peptone de caséine : 2,5g
- Extrait de levure : 5g
- Extrait de viande : 5g
- Lactose: 5g
- Acide ascorbique: 0,5g
- Glycérophosphate de sodium: 19g
- Sulfate de magnésium: 0,25g

Autoclavage à 120°C pendant 15 minutes

3.3 : Composition du Milieu OGA

- Extrait de levure : 5g
- Glucose : 20g
- Agar-Agar : 16g

Autoclavage à 120°C pendant 15 minutes

3.4 : Composition du Milieu PDA

- Pomme de terre : 200g
- Glucose : 20g
- Agar : 15g
- Eau distillée : 1000ml

Autoclavage à 120°C pendant 15 minutes

3.5 : Composition du Milieu Mannitol-Mobilité

- Peptone : 20g
- Mannitol : 2g
- Rouge de phénol 1%: 4ml
- Agar : 4g

3.6 : Composition du Milieu TSI

- Tryptone : 14g
- Extrait autolytique de levure : 3 g
- Extrait de viande: 3 g
- Glucose: 1 g
- Lactose: 10 g
- Saccharose: 10g
- Chlorure de sodium: 5 g
- Thiosulfate de sodium: 0,3 g
- Citrate ferrique ammoniacal: 0,3 g
- Rouge de phénol: 24 mg
- Agar bactériologique : 13,5 g
- Eau distillée: 1000ml

RESUME

Introduction et objectif : Notre étude a porté sur le blé fermenté en matmora (el hamoum) dont l'objectif est de voir à partir de différentes analyses si celui-ci peut être un aliment fonctionnel.

Matériels et méthodes : Les analyses ont consisté en une caractérisation microbiologique, physicochimique et phytochimique de ce blé fermenté en référence à un blé non fermenté de même provenance.

Résultats : Il a été remarqué que « el hamoum » est issu d'une fermentation de type lactique dominée par les genres *Lactobacillus* et *Streptococcus*. Les modifications physicochimiques et phytochimiques occasionnées par les bactéries lactiques ont induit des augmentations au niveau de l'acidité titrable, des protéines, de l'acidité grasse et des polyphénols ; soit des valeurs respectives de 314%; 5%; 173%; 106% mais aussi des baisses en humidité, pH, l'amidon, oses et oligosides ainsi que de l'indice de chute ; respectivement de 3%; 15%; 41%; 68%; 67% avec un taux de cendre pratiquement constant et une disparition totale du gluten.

Discussion et conclusion : Toutes ces modifications importantes qu'a subies le blé pendant la fermentation en matmora ont induit des améliorations du point de vue organoleptique, nutritionnel et sanitaire si bien que « el hamoum » s'impose comme aliment fonctionnel.

Mots clé : blé, el hamoum, matmora, fermentation lactique, aliment fonctionnel

ABSTRACT

Introduction and objective: Our study dealt with the fermented wheat in matmora (el hamoum) in the optic of seeing from diverse analyzes if the latter can be a functional food.

Materials and methods: Analyzes consisted of microbiological, physicochemical and phytochemical characterization of that fermented wheat, compared to unfermented wheat of the same origin.

Results: It was noticed that “el hamoum” derives from lactic fermentation dominated by *Lactobacillus* and *Streptococcus* genus. The physicochemical and phytochemical modifications brought about by the lactic acid bacteria rise at level of assayable acidity, proteins, fatty acidity and polyphenols increasing; namely the respective values of 314%; 5%; 173%; 106% but also decrease of moisture, pH, the starch, simples sugars as of the failing

index; respectively of 3%; 15%; 41%; 68%; 67% with a practically constant rate of ash and a total disappearance of the gluten.

Discussion and Conclusion: All those important modifications undergone by the wheat during fermentation in matmora induced improvements from the organoleptic, nutritional and medical point of view to such an extent that “el hamoum” is undeniable functional food

Keywords: wheat, el hamoum, matmora, lactic fermentation, functional food

ملخص

المقدمة و الهدف : دراستنا انصبت حول القمح المخزن في المطمورة {الحموم} ، و الهدف من الدراسة يتمثل في المعرفة و من خلال عدة تحليلات مختلفة هل يمكن للحموم أن يكون من الأغذية الوظيفية.

الوسائل و الطرق :

التحاليل تمت حول : الخصائص الميكروبيولوجية ، الفيزيائية ، و النباتية للقمح المتخمر بالمقارنة مع قمح غير مخمر من نفس المصدر

النتائج :

لوحظ ان الحموم هو نتيجة التخمر اللبني ، غلب عليها نوع هو لاكتوباسيليسو و ستيربوكوكيس .

التغيرات الفيزيائية و النباتية تسببها بكتيريا حمض اللبنيك التي أدخلت تغيرات على مستوى حموضة البروتينات و حموضة الدهون و البوليفينول ؛ أما القيم المعنية ل 314% ؛ 5% ؛ 173% ؛ 106% ، كما لوحظ انخفاض في الرطوبة و درجة الحموضة ، النشاء ، السكريات الأحادية و يوغوساكاريدس ، و مؤشر الهبوط على التوالي 3% 15% 41% 68% 67% بمعدل الرماد الثابت عمليا و إختفاء مجموعة الغلوتين.

الخاتمة و المناقشة:

جميع هذه التغيرات الهامة التي طرأت على القمح المتخمر {الحموم} في المطمورة ، قد يفضي الى ادخال تحسينات من حيث الصحة و التغذية الحسية لذلك { الحموم عبارة عن غذاء وظيفي }

الكلمات الرئيسية : القمح ، الحموم، المطمورة ، التخمر اللبني ، الأغذية الوظيفية