

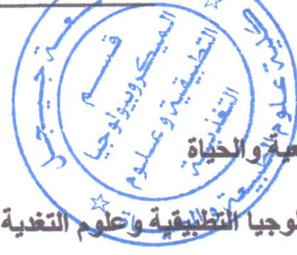
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de Jijel

Faculté des Sciences Nature et de la Vie

Département de microbiologie appliquée
et Science alimentaire



جامعة جيجل

كلية علوم الطبيعة والحياة

قسم الميكروبيولوجيا التطبيقية وعلوم التغذية

M. G. 06113

Mémoire De fin D'études Pour L'obtention Du diplôme Master II en Biologie

Option : Contrôle de Qualité des produits alimentaires

Intitulée

1
1

*Qualité de blé fermenté par la méthode
traditionnelle*

Membres du Jury :

Présidente : Dr. Laggoune. S
Examinatrice : M^r Boudjerda. Dj
Encadreur : Dr. Idoui. T

Présentée par :

Nasri Salah



Année Universitaire 2012/2013

Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	

Introduction	01
I. Synthèse Bibliographique	
Chapitre I : les céréales	
I.1. Généralités sur les céréales.....	02
I.2. Principales céréales cultivées	02
I.2.1. Le blé	02
I.2.1.1. Définition et données.....	02
I.2.1.2. Composition du grain de blé	03
I.2.1.3. Types de blé	04
I.2.1.4. La culture de blé en Algérie et performances de rendement	04
I.2.2. Le seigle	05
I.2.3. L'orge.....	05
I.2.4. L'avoine.....	05
I.2.5. Le maïs	05
I.2.6. Le riz.....	06
I.3. Localisation du processus de stockage	06
I.3.1. Facteurs de stabilité des grains de blé au cours du stockage.....	07
Chapitre II : Méthode de stockage de blé	
II.1. Méthodes traditionnelles.....	07
II.1.1. Stockage en paniers	07
II.1.2. Stockage dans le Matmour (Stockage traditionnel du blé en Algérie).....	07
II.1.3. Stockage en gerbes	08
II.1.4. Fourrage ensilé	08
II.1.5. Stockage dans les noyaux souterrains	08
II.2. Stockage moderne.....	09
II.2.1. Stockage en silos	09
II.2.2. Stockage en épis	10
II.2.3. Stockage des grains avec leurs balles	10
II.2.4. Stockage en sac.....	10
II.2.5. Stockage en vrac	10
II.2.6. Stockage au fut métallique	10
II.2.7. Stockage dans des structures en terre	11
II.3. Contamination des Céréales	11
II.3.1. Contamination d'origine biologique	11
II.3.1.1. Insectes et vertébrés	11
II.3.1.2. Contamination d'origine microbienne	12
II.3.2. Contamination d'origine chimique	12

II. Matérielle et Méthodes

II.1. Matériel	14
II.1.1. Matériel biologique	14
II.1.2. Milieux de culture	14
II.1.3. Produits chimiques et réactifs	14
II.1.4. Appareillage	14
II.2. Méthodes :	14
II.2.1. Evaluation de la qualité physicochimique de blé fermenté	15
	15
II.2.1.1. Poids de mille grains	15
II.2.1.2. Masse à l'hectolitre	15
II.2.1.3. Taux d'impuretés	15
II.2.1.4. Détermination du pourcentage des grains brisés	15
II.2.1.5. Détermination de la teneur en eau et en matière sèche	15
II.2.1.6. Détermination de la matière minérale et organique	16
II.2.1.7. Mesure du pH	16
II.2.1.8. Mesure de l'acidité grasse	16
II.2.1.9. Détermination de la matière grasse totale	16
II.2.1.10. Détermination de la composition en AG par GCMS	17
II.2.1.11. Dosage de protéines	17
II.2.1.12. Dosage des sucres totaux	18
II.2.1.13. Dosage de la cellulose brute	18
II.2.1.14. Dosage de l'amidon, l'amylose et l'amylopectine	18
II.2.1.15. Dosage des éléments minéraux	18
II.2.1.16. Extraction et dosage des principes actifs	19
II.2.2. Mesure de l'activité antioxydante totale	20
II.2.3. Essai de Mouture et analyses physicochimiques des farines	20
II.2.3.1. Détermination de la granulométrie des farines et taux d'extraction	20
II.2.3.2. Détermination de la densité sèche	20
II.2.3.3. Mesure de l'indice de couleur	20
II.2.3.4. Détermination de la conductimétrie	20
II.2.3.5. Mesure de la teneur en eau, matière sèche, pH et acidité grasse	21
II.2.4. Evaluation de la qualité microbiologique du blé fermenté	21
II.2.4.1. Préparation de la solution mère et des dilutions	21
II.2.4.2. Dénombrement de la FTAM	21
II.2.4.3. Dénombrement des levures et moisissure	21
II.2.4.4. Dénombrement des moisissures	21
II.2.4.5. Dénombrement de la flore lactique	21
II.2.4.6. Dénombrement des entérobactéries	21
II.2.4.7. Dénombrement de CT et CTT	21
II.2.5. Traitement statistique	22

III. Résultats et discussion

III.1. Evaluation de la qualité physicochimique de blé fermenté	23
III.1.1. Poids de mille grains	23
III.1.2. Masse à l'hectolitre	23
III.1.3. Taux d'impuretés	24
III.1.4. Pourcentage des grains brisés	24
III.1.5. Teneur en eau et en matière sèche	25
III.1.6. Teneur en cendres et en matière organique	25
III.1.7. pH et acidité grasse	25
III.1.8. Teneur en matière grasse totale	26

II. Matérielle et Méthodes

II.1. Matériel	14
II.1.1. Matériel biologique	14
II.1.2. Milieux de culture	14
II.1.3. Produits chimiques et réactifs	14
II.1.4. Appareillage	14
II.2. Méthodes :	14
II.2.1. Evaluation de la qualité physicochimique de blé fermenté	15
II.2.1.1. Poids de mille grains	15
II.2.1.2. Masse à l'hectolitre	15
II.2.1.3. Taux d'impuretés	15
II.2.1.4. Détermination du pourcentage des grains brisés	15
II.2.1.5. Détermination de la teneur en eau et en matière sèche	15
II.2.1.6. Détermination de la matière minérale et organique	16
II.2.1.7. Mesure du pH	16
II.2.1.8. Mesure de l'acidité grasse	16
II.2.1.9. Détermination de la matière grasse totale	16
II.2.1.10. Détermination de la composition en AG par GCMS	17
II.2.1.11. Dosage de protéines	17
II.2.1.12. Dosage des sucres totaux	18
II.2.1.13. Dosage de la cellulose brute	18
II.2.1.14. Dosage de l'amidon, l'amylose et l'amylopectine	18
II.2.1.15. Dosage des éléments minéraux	18
II.2.1.16. Extraction et dosage des principes actifs	19
II.2.2. Mesure de l'activité antioxydante totale	20
II.2.3. Essai de Mouture et analyses physicochimiques des farines	20
II.2.3.1. Détermination de la granulométrie des farines et taux d'extraction	20
II.2.3.2. Détermination de la densité sèche	20
II.2.3.3. Mesure de l'indice de couleur	20
II.2.3.4. Détermination de la conductimétrie	20
II.2.3.5. Mesure de la teneur en eau, matière sèche, pH et acidité grasse	21
II.2.4. Evaluation de la qualité microbiologique du blé fermenté	21
II.2.4.1. Préparation de la solution mère et des dilutions	21
II.2.4.2. Dénombrement de la FTAM	21
II.2.4.3. Dénombrement des levures et moisissure	21
II.2.4.4. Dénombrement des moisissures	21
II.2.4.5. Dénombrement de la flore lactique	21
II.2.4.6. Dénombrement des entérobactéries	21
II.2.4.7. Dénombrement de CT et CTT	21
II.2.5. Traitement statistique	22

III. Résultats et discussion

III.1. Evaluation de la qualité physicochimique de blé fermenté	23
III.1.1. Poids de mille grains	23
III.1.2. Masse à l'hectolitre	23
III.1.3. Taux d'impuretés	24
III.1.4. Pourcentage des grains brisés	24
III.1.5. Teneur en eau et en matière sèche	25
III.1.6. Teneur en cendres et en matière organique	25
III.1.7. pH et acidité grasse	25
III.1.8. Teneur en matière grasse totale	26

III.1.9. Détermination de la composition en AG par GCMS	26
III.1.10. Teneur en protéines	28
III.1.11. Teneurs en sucres totaux	28
III.1.12. Dosage de la cellulose brute	29
III.1.13. Teneur en amidon, en amylose et en amylopectine	29
III.1.14. Teneur en éléments minéraux	30
III.1.15. Teneurs en principes actifs	31
III.2. Activité anti-oxydante totale	33
III.3. Analyses physicochimiques des farines	34
III.3.1. Granulométrie des farines et taux d'extraction	34
III.3.2. Densité sèche	34
III.3.3. pH est acidité grasse	34
III.3.5. Conductivité électrique	35
III.3.6. Teneur en eau et en matière sèche	36
III.4. Qualité microbiologique du blé fermenté	36
III.4.1. Dénombrement de la FTAM	36
III.4.2. Dénombrement des levures et moisissure	37
III.4.3. Recherche et dénombrement des moisissures	37
III.4.4. Dénombrement de la flore lactique	38
III.4.5. Dénombrement des entérobactéries	38
III.4.6. Dénombrement de CT et CTT	39
IV. Conclusion	40

Tableau 01 : Composition chimique du grain de blé	04
Tableau 02 : Constituant des différentes parties du grain de maïs.....	06

Figure 01 : Coupe longitudinale d'un grain de blé.....	03
Figure 02 : Représentation schématique des filières céréalières actuelles.....	06
Figure 03 : Schéma représentatif du matmour.....	08
Figure 04 : Noyaux souterrain.....	09
Figure 05 : Structure des silos.....	09
Figure 06 : Fut métallique pour le stockage des céréales.....	10
Figure 07 : Structures en terre pour le stockage des céréales	11
Figure 08 : schéma représentative de L'ochratoxine A.	13
Figure 09 : Poids de 1000 grains	23
Figure 10 : La masse de l'hectolitre	23
Figure 11 : Taux des impuretés.....	24
Figure 12 : Pourcentage des grains brisés.....	24
Figure 13 : Taux de l'humidité et Matière sèche.....	25
Figure 14 : Taux des cendres et matière organique	25
Figure 15 : Les valeurs du pH et de l'acidité grasse.	26
Figure 16 : Taux de matière grasse totale.....	26
Figure 17 : Composition en acides gras du blé fermenté. Codé A	27
Figure 18 : Composition en acides gras du blé fermenté. Codé B	27
Figure 19 : Composition en acides gras du blé fermenté. Codé C	27
Figure 20 : Le taux des protéines	28
Figure 21 : Teneur en sucres totaux	29
Figure 22 : Taux de cellulose	29
Figure 23 : Teneur en amidon total, amylose et amylopéctine.....	30
Figure 24 : Concentration des éléments minéraux(BJ)	30
Figure 25 : Concentration des éléments minéraux (BM1).....	30
Figure 26 : Concentration des éléments minéraux (BM2).	31
Figure 27 : Teneurs en phénols totaux des extraits.....	32
Figure 28 :Teneur en flavonoides	32
Figure 29 : Concentration en tannins.....	33
Figure 30 : l'activité antioxydant totale.....	33
Figure 31 : Taux d'extraction des farines.....	34
Figure 32 : La Densité sèche des farines.....	34
Figure 33 : pH et de l'acidité grasse des farines	35
Figure 34 : Indice de couleur des farines	35
Figure 35 : La conductivité électrique des farines	36
Figure 36 : Teneur en eau et en matière sèche.....	36
Figure 37 : La FTAM.....	37
Figure 38 : Les levures et moisissure.....	37
Figure 39 : Les moisissures.....	38
Figure 40 : Les flores lactique.....	38
Figure 41 : Les Entérobactérie.....	39
Figure 42 : Les CT et CTT.....	39

ANOVA : analyse de variance à un facteur

AOAC : Association of Official Method of Analytical Chemistry

CT : Coliformes Totaux

CTT: Coliformes Thermotolérants

D.O : Densité optique

HCL : Acide Chlorhydrique

MRS : Man, Rogosa et Sharpe

OGA : Gélose Glucosée à l'Extrait de Levure et à l'Oxytétracycline

OTA : Ochratoxine A.

OTB : Ochratoxine B

Milieu PDA : Milieu Potatoes Dextrose Agar.

Ufc/g : Unité Formant Colonie par Gramme

Les filières céréalières ont une importance économique considérable. Elles ont été majoritairement tournées vers des usages alimentaires. Elles couvrent les activités qui relèvent de la création variétale, de la production agricole, du stockage et tous les secteurs technico-économiques de la transformation aboutissant à des aliments pour les être humaine et pour les animaux mais aussi pour l'élaboration d'autres produits de la chimie fine et de l'énergie (Abécassis, 2012).

Les céréales et leurs dérivés et surtout le blé constituent l'épine dorsale du système alimentaire Algérien depuis longtemps (Djermoun, 2009). En Algérie, et puisque le blé constitue l'aliment essentiel par excellence le stockage et la conservation deviennent obligatoires. A coté de plusieurs méthodes de stockage, les techniques traditionnelles restent encore très employées, et donne des produits spéciaux.

Selon un ancien habitant de Texanna, Sud-Est de Jijel, la meilleure méthode pour la conservation est le stockage dans des puits souterrains qui s'appellent **Matmour**. Au cours de cette période de stockage, les grains de blé subissent une fermentation ce qui donne naissance à un produit de couleur brune et odeur acide assez accentuée appelé blé fermenté. Ce produit après mouture s'appellera « LEMZEIET » ou « MACHROUB » et sera utilisé pour préparer des aliments traditionnels à savoir le couscous noir, les gallettes, rfiss .

Sur le plan scientifique et à l'heure actuelle, il n'existe pas d'études en ce qui concerne ce produit. Notre objectif sera donc d'enrichir l'information scientifique sur ce sujet, par l'analyse de la qualité physico-chimique ainsi que microbiologiques de trois échantillons du blé fermenté originaires de deux régions différentes (Jijel et Mila), avec un essai de la mouture et analyse physicochimique des farines obtenues.

Notre manuscrit, commence par une introduction qui pose la problématique et l'objectif de notre travail, une deuxième partie relative à une synthèse bibliographique de l'essentiel sur les céréales en général et le blé en particulier sera aborder, la troisième partie sera consacrée à la description des méthodes employées au cours de ce travail. Quant à la quatrième partie, elle regroupera les résultats obtenus avec une discussion. Enfin, une dernière partie comportera la conclusion générale et les perspectives envisagées.

Chapitre I. les céréales

I.1. Généralités sur les céréales

Les céréales sont un groupe de plantes cultivées, appartenant botaniquement parlant, à la famille des *Poacées* dont les grains présentent par leur abondance et leur composition un intérêt majeur pour l'alimentation de l'homme et des animaux. Les plus employées restent le blé, le maïs et l'orge (Abécassis et al., 2012).

Les céréales sont considérées l'une des sources alimentaires les plus importantes de glucides, protéines, vitamines, minéraux et fibres pour les gens partout dans le monde. Néanmoins, la qualité nutritionnelle de certaines céréales et les propriétés sensorielles de leurs produits sont parfois inférieures ou pauvres par rapport à d'autres aliments de base (Rossana et al., 2011). De nombreuses données épidémiologiques ont montré qu'un régime riche en fibres alimentaires exerce des effets protecteurs contre le développement de maladies chroniques telles que les maladies cardiovasculaires, le diabète de type 2 ou le développement de certains cancers (Mabille al., 2012).

En Algérie, les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale. Cette caractéristique est perçue d'une manière claire à travers toutes les phases de la filière. Dans les trois pays du Maghreb (Algérie, Tunisie et Maroc), les céréales constituent un aliment fondamental, culturellement et nutritionnellement. Elles sont la source principale des calories alimentaires et la base commune de tous les régimes alimentaires (urbains et ruraux et pour les différentes strates de revenus. Les blés (blé dur et blé tendre) représentent la quasi-totalité de la consommation directe des céréales et environ les deux tiers de la consommation totale, voisine dans les trois pays de 300 kg par habitant et par an. La préférence pour le blé dur reste très profondément ancrée dans les habitudes alimentaires. Il constitue néanmoins, la matière de base pour la fabrication de très nombreux aliments céréaliers traditionnels (ACT) : Couscous, pain (pita kasra...)... (Abecassis et al., 2012).

I.2. Principales céréales cultivées :

Les principales espèces de céréales cultivées appartiennent à la famille des poacées (blé tendre, blé dur, maïs, riz, avoine, seigle, millet, sorgho) ou des polygonacées (sarrasin) (Moliné et al., 2005)

I.2.1. Le blé

I.2.1.1. Définition et données

Le blé est une monocotylédone appartenant au genre *Triticum* de la famille des *Gramineae*. C'est une céréale dont le grain est un fruit sec, appelé caryopse, constitué d'une graine et de téguments. Les deux espèces les plus cultivées sont le blé tendre (*Triticum sativum*) et le blé dur (*Triticum durum*), mais il existe de nombreuses autres espèces de triticum qui se différencient par leur degré de ploïdie. Le blé tendre possède les trois génomes AA, BB, DD constitués chacun de sept paires de chromosomes homologues numérotés de 1 à 7. Soit au totale 42 chromosomes. Le blé dur ne contient que les deux génomes AA, BB et 28 chromosomes. (Branlard et al., 2012)

L'Algérie se retrouve en premier rang mondial des pays importateurs de céréales (2007), elle signe pour l'acquisition de 4 millions de tonnes de blé, (3,3 millions de tonnes du blé tendre et 8000 tonnes du blé dur), afin de satisfaire la demande nationale (Branlard et al., 2012).

I.2.1.2. Composition du grain de blé

Un grain du blé est composé de trois sous-unités majeures : péricarpe, endosperm et germe (figure 1) (Posner *et al.*, 2005).

Les trois parties principales du grain de blé, albumen, enveloppes et germe, représentent respectivement environ 80%, 12% et 2.5% du poids du grain. L'amidon et les protéines de l'albumen (environ 70% et 10% du poids du grain) constituent la partie essentielle de la farine utilisée en panification. Les enveloppes, tissus de l'ovaire constitués de l'épiderme, des cellules tubulaires et croisées, de la testa, de la couche hyaline ainsi que de la couche à aleurone, forment le son. Ce dernier ainsi que le germe sont généralement exclus de la préparation des farines de type 55 et 65 utilisées en consommation courante et en panification. Le son et le germe sont connus pour renfermer la majorité des substances nutritionnelles ou bioactives telles que les fibres partiellement solubles (les arabinoxylanes), les minéraux (notamment Fe, Mg, Se, Zn, P), des antioxydants, acides phénoliques, anthocyanes, caroténoïdes, lignanes phyto-estrogènes), les vitamines du groupe B et E (Branlard *et al.*, 2012)

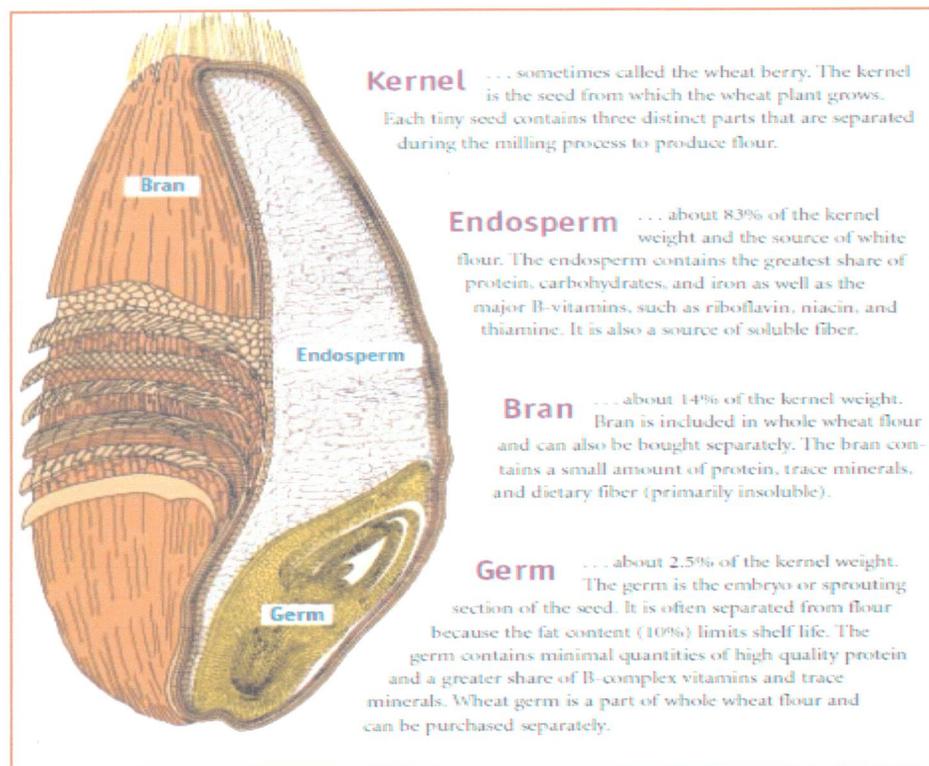


Figure 1 : Coupe longitudinale d'un grain de blé (Anonyme, 2008).

L'amidon se présente sous deux formes sphérique et lenticulaire à un pourcentage de 67 à 68 % de la matière sèche totale. Il est présent sous forme des réserves, et est constitué de granules dont la taille dépend de l'origine. Il est formé de deux composants principaux : l'amylose et amylopectine. Le pourcentage de l'amylose de l'amidon de blé est 26 % (Fischer, 2010). Le tableau 1, donne la composition chimique du grain de blé.

Tableau 1 : Composition chimique du grain de blé (Feillet, 2000)

Nature des composants	Teneur (% ms)
Protéines	10 - 15
Amidon	67- 71
Pentosanes	8- 10
Cellulose	2- 4
Sucre libres	2- 3
Lipides	2- 3
Matière minérales	1.5 – 2.5

I.2.1.3. Types de blé

Le blé a été séparé en plusieurs classes commerciales, ce classement a été basé sur la couleur, la dureté du grain, et la saison croissante. La couleur du grain du blé compte sur le type de blé, ce dernier peut être ambré, rouge, pourpre, ou blanc crémeux (Ralph, 1995).

Le blé de la source rouge dur est planté pendant le printemps de l'année et a moissonné dans l'été dans les régions où l'hiver est trop sévère pour autoriser la production de blé hivernal. Difficilement, le blé de cette source est riche en gluten (Ralph, 1995).

Le blé hivernal rouge dur est produit dans les régions où la chute de pluie annuelle normale est moins que 35 pouces. Il a la même couleur du grain comme les blés rouges durs mais il est plus doux dans la texture et inférieur dans l'apport en protéines. La classe du blé de l'hiver rouge douce n'est pas bonne pour la farine du pain à moins qu'il soit mélangé avec la farine du blé rouge dur et est utilisé généralement pour préparer les gâteaux, les biscuits, les biscuits salés et les farines des pâtes (Ralph, 1995).

Le blé de la source blanche tendre est semencé dans le printemps et est moissonné dans la fin de l'été. Il est pauvre en gluten et est utilisé pour les farines de la pâte et les nourritures de petit déjeuner. Le blé hivernal blanc tendre est planté en automne et est moissonné l'été suivant (Ralph, 1995).

I.2.1.4. La culture de blé en Algérie et performances de rendement

Le déficit en eau marqué en Afrique du nord détermine le niveau de la production des céréales et du blé dur en particulier. En Algérie, les zones céréalières dans l'étage bioclimatique semi-aride sont soumises à d'importantes variations pluviométriques et thermiques intra et interannuelles affectant sérieusement les rendements. En effet, les conditions pluviales méditerranéennes recommandent une économie de l'eau par les techniques agronomiques et les systèmes de cultures (Adjabi et al., 2011)

Sur les hauts plateaux Algériens, les performances de rendement de la culture du blé dur sont limitées par l'action du stress de nature abiotique. La variation des rendements, d'une année à l'autre et d'un lieu à l'autre, à pour origine la sensibilité du matériel végétal à l'effet combiné des basses températures hivernales, du gel printanier, du stress hydrique et des hautes températures de fin de cycle de la culture (Benmahammed et al., 2010).

I.2.2. Le seigle

Le seigle est la céréale la plus proche du blé, moins exigeant que le blé, il était autrefois cultivé dans toute l'Europe sur les sols peu enrichis en engrais, montagneux, voire pauvre. La culture de seigle est aujourd'hui limitée ; elle reste pratiquée en Allemagne et en Europe centrale où la tradition de pains de seigle avec des farines à très fort taux d'extraction s'est conservée (**Vierling, 2008**).

I.2.3.L'orge

Le grain d'orge a sensiblement la même structure et la même composition que le grain de blé, moins riche en protides, peu apte à la panification. L'orge est utilisée sous forme de (**Vierling 2008**):

- Orge mondée : grains entiers privés de leur balle.
- Orge perlée : semoule d'orge obtenue par polissage et ne contenant que l'amande farineuse.
- Malt et extrait de malt : produit de la germination de l'orge, utilisée pour leur apport en enzymes amylasiques et en vitamine B1. Les extraits de malt, déshydratés, en poudre ou paillettes, contiennent deux à trois fois plus de vitamines que l'orge elle-même. Le malt est la matière première de la bière

I.2.4. L'avoine

Céréale allongée de couleur brune, l'avoine est entouré de balle, tunique protectrice du grain, difficile à éliminer, de ce fait le grain, même déshabillé, renferme de grandes fibres végétales. L'avoine contient 12% de protides dont 11 % sous forme d'albumines et 56 % sous forme de globulines. Cette céréale semble avoir une plus grande efficacité protéique que le blé, le seigle ou l'orge. C'est aussi une céréale dite grasse : 5 % de lipides, essentiellement insaturé (58 % des acide gras monoinsaturés et 31 % d'acides gras polyinsaturés). La consommation de l'avoine est réalisée sous forme de biscuits ou farines multi céréales, de porridge, bouillie salée de farine d'avoine entière et flocons d'avoine. À raison de 20 % maximum pour ne pas limiter la panification, l'orge et l'avoine sont maintenant dans des pains en association au blé. Elles apportent des bêtaglucanes, hémicellulose ayant un effet hypocholestérolémiant, de plus ces céréales sont plus riches en minéraux que le blé, et les minéraux sont mieux répartis dans le grain (**Vierling, 2008**).

I.2.5. Le maïs

Le mot maïs est d'origine haïtienne. Il est d'origine d'Amérique du sud où il est cultivé depuis plusieurs milliers d'années. La taille du germe de maïs est près de cinq fois plus important que celle du germe de blé. Le maïs est une céréale dite grasse, mais les lipides sont presque exclusivement répartis dans le germe. L'albumen de maïs est plus riche en amidon que celui du blé et plus pauvre en protéines. Le taux d'amidon est proche de 64 % (amylose 28 % et amylopectine 72 %), celui des oses et diholosides 1.4 % (**Vierling, 2008**).

La composition des grains de maïs est donnée dans le tableau 2.

Tableau 2. Constituant des différentes parties du grain de maïs (Vierling, 2008).

Constituant	Partie	Protéines	Fibres brutes	lipides	Amidon	cendres
Grain entier		8 à 10.5	2.5	3.5 à 4.5	65 à 67	1.3 à 1.5
Enveloppe		4	15	1	10	0.6 à 1.5
assise protéique, albumen		7 à 13	0.5	1	85 à 87	□ 1.1
Germe		17 à 20	3	30 à 50	15 à 20	

I.2.6. Le riz

La culture du riz s'est répandue de ces régions dans toutes les parties chaudes de l'extrême-orient. Il fut introduit en Égypte au VII^e siècle de notre ère. Le riz existe sous forme de deux espèces type : *Oryza sativa*, la plus répandue et *Oryza glutinosa* (appelé riz glutineux mais en fait plus riche en dextrines). L'espèce *Oryza montana* est cultivée sur les montagnes des régions tropicales et subtropicales d'Asie et d'Afrique (Vierling, 2008). Le riz est utilisé pour une grande part pour la fabrication de nourritures fermentées traditionnelles et boissons, dû aux niveaux élevés de fibres diététiques solubles, sélénium et zinc, et l'activité des antioxydants (Rossana et al., 2012).

I.3. Localisation du processus de stockage

Les filières agricoles sont organisées pour assurer la nourriture des populations, celle des animaux ou encore pour développer de nouveaux usages des matières premières. On décrit généralement ces filières en suivant le flux des produits. C'est ainsi que l'on représente traditionnellement la filière céréalière (figure 2) (Abécassis et al., 2012).



Figure 2 : Représentation schématique des filières céréalières actuelles (Abécassis et al., 2012).

I.3.1. Facteurs de stabilité des grains de blé au cours du stockage

La stabilité des grains de blé au cours de stockage dépend de très nombreux facteurs (Feillet, 2000 ; Fourar-Belaifa et al., 2011).

- Certains sont liées aux conditions de stockage comme la température, l'humidité relative, et l'aération ;
- D'autres sont propres aux caractéristiques des produits stockés : teneur en eau, teneur en matières grasses et les activités enzymatiques;
- Un autre facteur est la solidité du grain.

Chapitre II. Méthodes de stockage du blé

II.1. Méthodes traditionnelles

II.1.1. Stockage en paniers

Les premiers systèmes de stockage étaient de grands paniers faits de roseaux ou fioles d'argiles qui sont enfoncées dans le sol, ainsi que des puits, des structures de bois et des puits garnis de paille (Druvefors, 2004). Le but était de préserver par tous les moyens appropriés l'intégrité des principales qualités des grains (Multon, 1982).

Les greniers du panier sont tellement traditionnels et largement utilisés qu'il ne semble pas nécessaire d'inclure un plan pour les faire. Pour augmenter la protection de grain conservé dans des paniers, il faut garder le panier sur la terre et faire une plate-forme solide sur laquelle il peut s'assoir, cela empêche l'humidité d'entrer dans le panier. La forme de la plate-forme dépendra de la forme du panier (Lindblad et al., 1980).

II.1.2. Stockage dans le Matmour (Stockage traditionnel du blé en Algérie)

Le paysan Algérien, sur les Hauts plateaux et sur littoral, conservait tant bien que mal le produit de ses champs d'orge et de blé, dans des enceintes creusées dans un sol argileux, c'est ce qu'on appelle : le Matmour. La capacité de ces lieux de stockage est variable. Elle est de l'ordre de quelques mètres cubes.

a. Structure au Matmour

Selon un ancien habitant de Texanna au Sud-est de la wilaya de Jijel, l'excès de blé est stocké dans un grand puits dans le sol (le matmour). Ces puits sont creusés de 2 mètres à 10 mètres de profondeur dans le sol (**figure 3 : A**). Les murs intérieurs sont couverts par une couche d'argile. Après la sécheresse de ce dernier, le matmour devient prêt pour le stockage de blé. Enfin, il est recouvert par le bois puis le sol de champs. Et selon l'interlocuteur la période de stockage peut atteindre plus de deux ans, au cours de cette période les grains de blé vont subir une fermentation successive, de telle fermentation démarrera à partir des zones les plus proches du mur de matmour vers le centre et cela, grâce à l'humidité élevée. Les grains de blé prennent successivement une couleur marron foncé puis deviennent noirs.

La conservation du blé dans les matmours est une technique archaïque, l'inconvénient majeur de cette méthode de stockage, est la trop forte humidité et les eaux d'infiltration qui favorisent le développement des moisissures et les phénomènes de fermentation bactérienne (Doumandji et al., 2003). La figure 3, donne une idée sur la forme du Matmour.

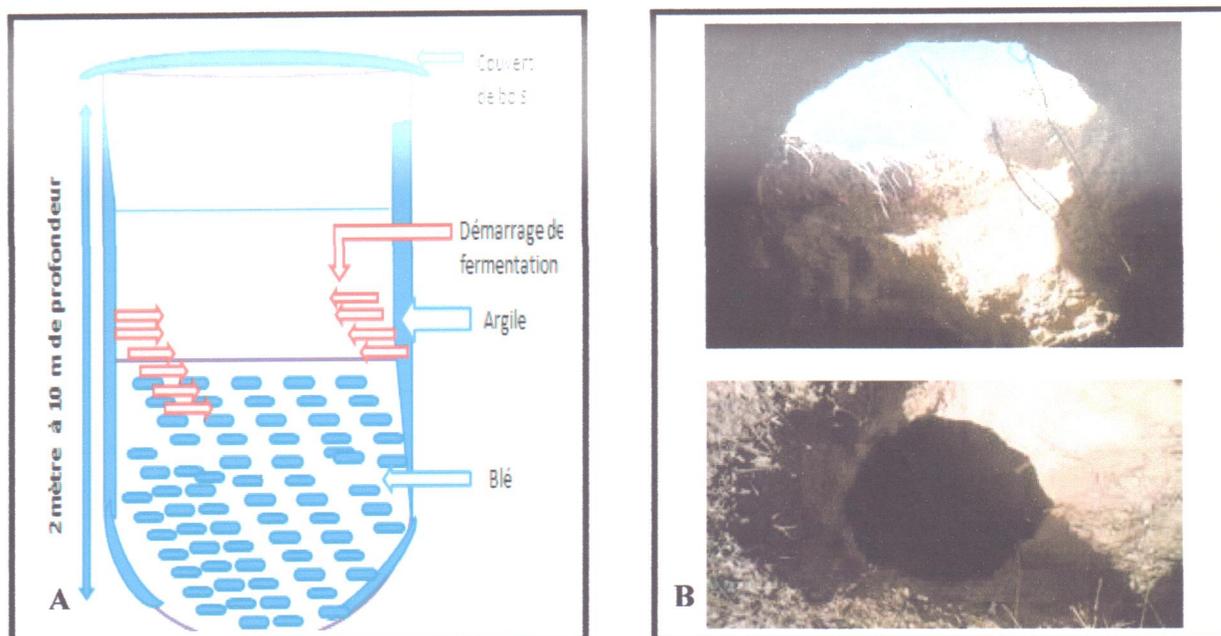


Figure 3 : Schéma représentatif du matmour.

A : structure d'un matmour selon l'ancien habitant, **B :** photos d'un matmour localisé à daïra de Sigus, Wilaya d'Oum El-Bouaghi, Algérie.

b. Fermentation du blé dans le matmour

Au cours de stockage, le blé va subir une fermentation sous l'action des microorganismes. La fermentation est favorisée par l'élévation de la température, l'échauffement physico-chimique et biologique ainsi que l'augmentation de l'humidité. L'apport d'humidité cause une prolifération des champignons en surface ce qui diminue la concentration en oxygène de l'atmosphère interstitielle (Multon, 1982).

II.1.3. Stockage en gerbes

C'est une méthode traditionnelle appliquée depuis le haut Moyen âge au moins dans presque toute l'Europe non méditerranéenne. On peut entasser les gerbes en plein air (gerbiers, meules), mais cette variante semble être plutôt récente (18ème siècle) car l'usage le plus courant étant le stockage en grange. En gerbes, le grain est à l'abri de l'échauffement et du charançon (Multon, 1982).

II.1.4. Fourrage ensilé

Utilisé généralement pour le stockage de maïs et autres grains. Le maïs est entreposé dans le fourrage ensilé sous anaérobiose et pH bas, conditions qui sont considérées défavorables pour l'augmentation de la plupart des moisissures. Cependant, des facteurs tels que la condensation, le chauffage, la fuite d'eau de pluie, l'infection par des insectes, la variation directionnelle pendant l'ensilage et/ou le stockage, pourraient mener à une augmentation indésirable de moisissures (Lanier et al., 2010).

II.1.5. Stockage dans les noyaux souterrains

Les agriculteurs entreposent le grain dans des fosses souterraines (trous) dans de nombreuses régions du monde (figure 4). Les fosses sont utilisées pour stocker le sorgho et le

maïs battu. Ils sont également utilisés pour le blé, les pois et les haricots. Dans les zones où le stockage des stands est utilisé, il a bien servi les agriculteurs comme un moyen d'éviter le vol du grain. Aussi, parce que les fosses sont creusées profondément dans la terre, ils gardent la fraîcheur du grain, en outre, certains stands sont relativement hermétiques (Lindblad et al., 1980).

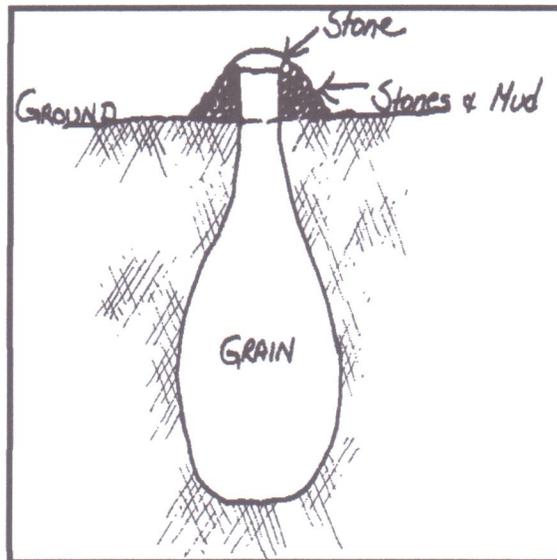


Figure 4 : Noyaux souterrain (Lindblad et al., 1980)

II.2. Stockage moderne

II.2.1. Stockage en silos

De nos jours, les silos permettent de stocker les différents types de céréales en même temps ; il s'agit de multi-produits. Ce sont des enceintes cylindriques en béton armé ou en métal inoxydable (figure 5). L'emploi des silos réduit la main d'œuvre, augmente l'aire de stockage et supprime l'utilisation des sacs onéreux (Doumandji et al., 2003).

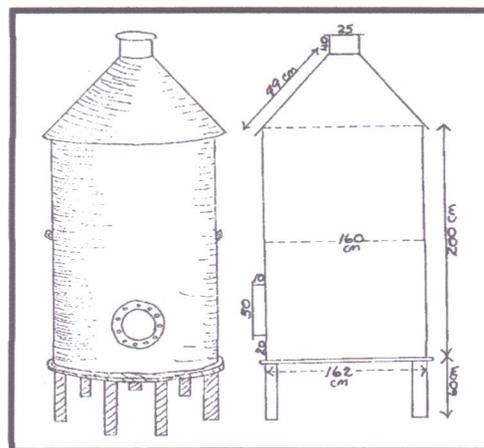


Figure 5 : Structure des silos (Lindblad et al., 1980)

II.2.2. Stockage en épis

Le stockage en épis est une technique très répandue pour toutes sortes de céréales dans le monde. Il demande moins de volume que le stockage en gerbes, d'où un coût moindre en bâtiments et par conséquent le contrôle de l'ambiance du stockage est plus facile (Multon, 1982).

II.2.3. Stockage des grains avec leurs balles

Bien qu'il soit assez peu fréquent, ce mode de stockage n'est pas sans intérêt. Il semble que la présence des balles ralentisse la propagation des insectes ou celle de l'échauffement par rapport à ce qui se passe dans le grain en vrac, sans exiger beaucoup de volume supplémentaire. Le mélange grains-balles est parfois stocké en grenier, comme le grain en vrac. Plus souvent, semble-t-il, il est stocké dans un contenant clos, quoiqu'à parois non étanches au gaz (Multon, 1982).

II.2.4. Stockage en sac

Les grains sont conservés dans des sacs fabriqués en toile de jute, sisal, herbes... Les sacs sont entreposés dans divers locaux, magasins ou hangars. Cette toile de jute permet le passage des fumigants, les pesticides très volatiles capables d'agir sur l'appareil respiratoire des insectes. Souvent ce type de stockage est passager dans les milieux où l'autoconsommation est forte. Les grains stockés dans des sacs faits de fibres peuvent avoir une teneur en eau légèrement supérieure à ceux mis en stockage étanche à l'air. Les agriculteurs peuvent étiqueter les sacs de grains anciens et les nouveaux sacs de céréales pour les garder séparés. Les grains de semence peuvent être aussi marqués et conservés séparément des autres céréales (Lindblad et al., 1980 et Doumandji et al., 2003).

II.2.5. Stockage en vrac

C'est une technique essentielle destinée à conserver le grain dans un état aussi proche que possible de son état initial, les grains sont alors laissés à l'air libre et dans ce cas, la contamination est possible (Multon, 1982 et Doumandji et al., 2003).

II.2.6. Stockage au fut métallique

Dans de nombreuses parties du monde, des barils de pétrole de 220 litres sont disponibles et peuvent être utilisés pour le stockage des céréales (figure6). Le sorgho, le maïs, le blé, le mil, le niébé et l'arachide, sont parmi les matériaux qui peuvent être conservés avec succès dans ces fûts. Le grain doit être sec (moins de 12% d'humidité ou) quand il est mis dans le tambour (Lindblad et al., 1980).

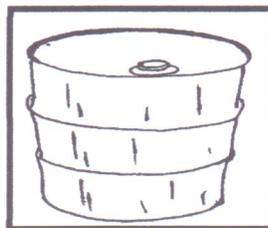


Figure 6 : Fut métallique pour le stockage des céréales (Lindblad et al., 1980)

Parmi les avantages de cette méthode de conservation, on peut citer les points suivants (Lindblad et al., 1980)

- Protège le grain de rongeurs ;
- Fonctionne bien pour les semences, ne semble pas nuire à la capacité de la graine de germer ;
- Fait un bon récipient pour la fumigation des céréales ;
- Méthode non couteuse.

En revanche, des inconvénients existent (Lindblad et al., 1980):

- Le fut possède une petite ouverture pour le remplissage et le vidange ;
- Fonctionne mieux lorsque le grain est entreposé 5 mois ou plus ;
- Doit être gardé à l'abri du soleil afin d'éviter les variations d'humidité et de chauffage stocké dans les grains ;
- Peut rouiller.

II.2.7. Stockage dans des structures en terre

Les agriculteurs depuis des milliers d'années entreposaient le grain dans les poubelles et autres contenants faits d'argile. La terre est disponible et facile à utiliser (figure 7). Plus récemment, il y a eu un intérêt dans l'amélioration de greniers en terre pour les rendre plus étanche et imperméable. Ceci est particulièrement important dans les zones où les insecticides sont difficiles à obtenir et où il ya beaucoup de pluie. Le Casier Pusa, dont il est question ici, a été développé en Inde. Elle est faite de boue des briques. Les murs sont constitués par une couche d'étanchéité de la feuille de matière plastique entre deux couches de briques crues. Les briques de boue protègent le plastique des trous. Le plastique empêche l'air et l'humidité. Il s'agit d'une structure de stockage hermétique et les matériaux sont souvent disponibles localement (Lindblad et al., 1980).

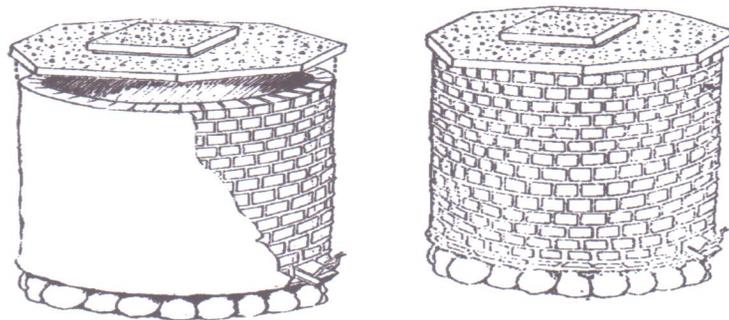


Figure 7 : Structures en terre pour le stockage des céréales (Lindblad et al., 1980)

II.3. Contamination des Céréales

II.3.1. Contamination d'origine biologique

II.3.1.1. Insectes et vertébrés

Les populations des insectes et acariens évoluent au fur et à mesure de dégradation du lot des grains stockés. Les principaux genres d'insectes qui attaquent les grains de blé sont le *Charançon*, *Tribulium*, *Silvain*, *Cryptoleste*, *Capucin*, *Cicadelle*, aussi, les Lépidoptères comme (*Pyrale*, *Alucite*, *Teigne*). S'agissant des vertébrés, les principaux genres sont les rongeurs comme les rats et les souris qui peuvent provoquer des dégâts considérables. Les oiseaux représentent encore une source de contamination microbienne des grains de blé (Feillet, 2000).

II.3.1.2. Contamination d'origine microbienne

- **Origine des flores des céréales**

Les sources microbiennes sont principalement le sol, l'air, les insectes, les oiseaux et matériel. De nombreuses bactéries peuvent atteindre plusieurs millions par gramme sur les grains fraîchement récoltés, la population bactérienne est essentiellement constituée par des eubactéries qui renferment une très forte proportion d'entérobactéries notamment de coliformes ou bactéries jaunes (Mülare, 1982).

- **Moisissures et levures**

C'est une microflore importante qui accompagne normalement les grains sains, celle qui se développent au cours de stockage des grains de blé, se caractérise par la succession de deux types écologiques dite de stockage prenant l'avantage sur les espèces champêtres, Flore de champs, à tendance parasitaire se développant en milieux humides comme l'espèce *fusarium* ; les espèces qui la composent disparaissent progressivement quand la teneur en eau s'abaisse. La flore de stockage est composée d'espèces xérophiles adaptées à des substrats relativement secs, elle peut proliférer au cours de stockage lorsque l'activité de l'eau dépasse 65 à 70 %, les principales moisissures qui la constituent sont des *Penicillium* et des *Aspergillus*, elles ont un rôle déterminant dans l'altération des grains en cours de conservation, représentent un véritable danger et se multiplient d'autant rapidement que la température (jusqu'à 40 °C) et l' a_w sont élevées (Feillet, 2000).

- **Bactéries** Plus l'humidité des grains est importante à la récolte, plus les conditions sont favorables au développement des microorganismes. De bonnes pratiques de conservation consistent à éviter leur altération en contrôlant les principaux facteurs de détérioration (Molinie et al., 2005). Les bactéries lactiques, sont parmi les principaux microorganismes se développant au cours de la fermentation. Elles appartiennent essentiellement aux genres *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* et *Streptococcus* (Yaoa et al., 2009). Le *Lactobacillus plantarum* et le *Lactobacillus rossiae* sont parmi les bactéries lactiques isolées du grain de blé (Giuseppe et al., 2011). En plus, parmi les contaminants de blé on trouve les genres *Pseudomonas*, *Xanthomonas*, *aeromonas*, et les Eubactérisales (Richard-Molard, 1998).

II.3.2. Contamination d'origine chimique

Les altérations d'origine chimique sont peu fréquentes par rapport aux altérations biologiques. Le brunissement enzymatique est l'un de celles-ci, aboutit à une dénaturation de certaines protéines et la destruction des vitamines (vitamine B1), et dans le cas extrême à une atteinte de l'intégrité des granules d'amidon. En général, les activités enzymatiques ne commencent à se manifester que pour les activités de l'eau supérieure à 0.75 (Feillet, 2000).

Le blé est susceptible d'être contaminé par d'autres contaminants chimiques qui sont les mycotoxines, métabolites secondaires, produites par plusieurs espèces fongiques telles que *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* et *Alternaria*. Les plus dangereuses à toxicité humaines démontrée sont l'aflatoxine et l'ochratoxine. Ces métabolites sont produits dans le champ et pendant le stockage dépendants de certains facteurs environnementaux appropriés, principalement la température et l'humidité relative (Corcuera et al., 2011; Chiraz et al., 2012, Oueslati et al., 2012).

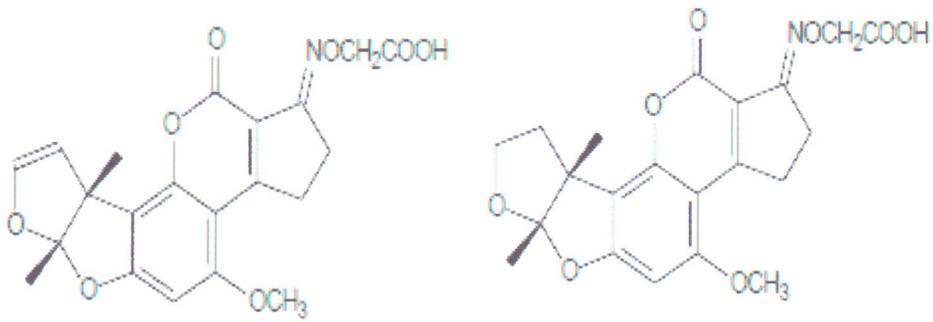


Figure 8: Schéma représentant l'aflatoxine B. A gauche : aflatoxine B1, à droite : aflatoxine B2 (Alice et al., 2007)

Les résidus de pesticides sont aussi des contaminants organiques très dangereux, ils peuvent être des insecticides destinés à la destruction des insectes, des fongicides utilisés pour le traitement des maladies cryptogamiques et enfin des herbicides (Etournaud, 2010).

L'intégralité de notre étude a été réalisée au niveau du département de Microbiologie appliquée et science alimentaire à la faculté des science de la nature et de vie à l'université de Jijel, durant la période Mai- Juin de l'année 2013.

II.1. Matériel

II.1.1. Matériel biologique

Trois échantillons de blé fermenté par la méthode traditionnelle ont été prélevés de deux régions différentes; un de la Wilaya de Jijel (BJ) et deux de la Wilaya de Mila (BM1 et BM2).

II.1.2. Milieux de culture

Les milieux de culture utilisés au cours de cette étude expérimentale, sont les suivants :

- Gélose PCA (Plate Count Agar) pour le dénombrement de la FTAM ;
- Gélose Sabouraud pour le dénombrement des levures et moisissures ;
- Gélose MRS (Man-Rogosa-Sharpe) pour le dénombrement des bactéries lactiques ;
- Gélose VRBG (Gélose Glucosée Biliée au Cristal Violet et au Rouge Neutre) pour le dénombrement des entérobactéries ;
- Gélose VRBL pour le dénombrement de CT et CTT ;
- Gélose PDA pour le dénombrement des moisissures.

II.1.3. Produits chimiques et réactifs

Lors de la réalisation de cette étude les produits et réactifs suivants ont été utilisés :

- **Acides** : Acide gallique, Acide borique (0.5N), Acide chlorhydrique (1N), Acide sulfurique concentré ;
- **Alcools et bases** : Ethanol, Méthanol, Lessive de soude, Potasse, Soude (0.05N), Phénol à 80%, Ether de pétrole, Acétone ;
- **Sels et autres**: Bicarbonate de sodium, Iodure de potassium, Molybdate d'ammonium, Phosphate de sodium, Sulfate de cuivre, Sulfate de potassium, Chlorure d'aluminium, Sélénium ; Quercetine,
- **Colorants et autres** : Bleu de méthylène, Phénolphtaléine, Folin-Ciocalteu, Glucose, Héptane, EDTA

II.1.4. Appareillage

L'appareillage utilisé lors de ce travail est le suivant :

- Agitateur électrique menu d'un barreau magnétique; Agitateur vortex,
- Appareil de Kjeldahl ;
- Autoclave (Shiavx Electronic), Plaque chauffante, Four à moufle, Four Pasteur (Controls) ;
- Bain Marie (Memmert)
- Balance (Denver), Balance analytique (Kernals 220.4N) ;
- Centrifugeuse électrique (Hettich) ;
- Etuves (Memmert) ;
- GC-MS, Absorption atomique ;
- Micropipettes (Microlit)
- pH-mètre;
- Réfrigérateur;

II.2. Méthodes :

Les trois échantillons de blé fermenté ont fait l'objet :

- D'une analyse physico-chimique des grains de blés ;
- D'un essai de la mouture et analyse de quelques paramètres physico-chimiques des farines obtenues ;
- Enfin, une analyse microbiologique.

II.2.1. Evaluation de la qualité physicochimique de blé fermenté

II.2.1.1. Poids de mille grains

Selon **Godon et al. (1997)**, il s'agit de peser 30 g de blé sale, puis éliminer les impuretés, ensuite peser exactement le poids des grains entiers et compter le nombre N de ces grains.

Le poids de mille grains est déterminée par la formule suivante :

$$\text{Poids de 1000 grains(g)} : [10 - p (100 - H)] / N$$

Où :

p : le poids des grains entiers

N : nombre des grains comptés

H : taux de l'humidité de l'échantillon en pourcentage (%)

II.2.1.2. Masse à l'hectolitre

Le volume de l'hectolitre est égale 100 litres, donc pour déterminer la masse de 1 hectolitre il s'agit de peser la masse de 100 litres (**codon et al, 1997**).

II.2.1.3. Taux d'impuretés

30 g de chaque échantillon de blé fermenté ont été pesés, les impuretés ont été ensuite éliminées puis pesées (**Mauze et al., 1972**).

Le taux d'impuretés est déterminé par la formule suivante :

$$M(\%) : (m_1/m) \times 100$$

Où :

m : 30g de blé fermenté

m₁ : poids des impuretés

II.2.1.4. Détermination du pourcentage des grains brisés

Les atteintes mécaniques du grain durant le stockage sont favorables aux développements des champignons et à l'attaque des insectes. Les grains endommagés deviennent un terrain favorable à la pénétration de l'inoculum d'*Aspergillus* et de *Penicillium* à l'intérieur de la graine, d'où l'importance de l'élimination des grains brisés. Il s'agit donc de comptabiliser les grains cassés par rapport à une prise d'essai de 100 graines représentatives de chaque échantillon de blé à analyser (**Gacem et al., 2011**). Le taux des grains brisés est déterminé comme suit :

$$GB(\%) : (GB/100)$$

Où : GB est le nombre des grains brisés.

II.2.1.5. Détermination de la teneur en eau et en matière sèche

Pour déterminer la teneur en eau, on utilise le protocole ayant comme référence **AFNOR NFV 03-707**. Un échantillon de 5g a été placé dans l'étuve à 105C° jusqu'à la stabilité de poids de l'échantillon. L'humidité a été déterminée par la formule suivante :

$$H\% = [(P1 / P)/P_1] \times 100$$

Où :

P : prise d'essai avant séchage
P₁ : prise d'essai après séchage

La matière sèche représente toute la composition de l'échantillon sauf l'eau, donc elle est déterminée comme suit :

$$MS (\%) = 100 - (H\%).$$

Où : H% est la teneur en eau

II.2.1.6. Détermination de la matière minérale et organique

La cendre représente toute la matière minérale, pour la déterminer : 5 g de l'échantillon a été passé dans le four à moufle à $\cong 550C^\circ$ pendant 5 heures (NFV05-113, 1972). Le taux en cette matière est donné par la formule suivante :

$$C(\%) : Ri \times \frac{100}{p} \times \frac{100}{(100 - h)}$$

Où :

Ri : résidu après incinération
P : prise d'essai en g
H : humidité (%)

La matière organique est calculée comme suit :

$$MO(\%) : 100 - C(\%)$$

Où : (C) représente le taux en matière minérale.

II.2.1.7. Mesure du pH

Le pH est un paramètre très important indiquant l'état du produit. Pour déterminer le pH, une solution composée de 5g de blé et 45 ml d'eau distillé a été préparée, puis le pH a été mesuré après 1 h de repos à l'aide d'un pH mètre. La mesure du pH consiste à plonger l'électrode du pH mètre dans l'échantillon et lire la valeur enregistrée sur l'écran (Gacem et al., 2011).

II.2.1.8. Mesure de l'acidité grasse

Pour déterminer l'acidité grasse, 5 g de blé broyé a été ajouté à 30 ml de l'éthanol à 95%, le mélange a été centrifugé pendant 5 min à 6000 trs/min. Après centrifugation, 20ml de liquide a été titré en présence de 5 gouttes de phénol phtaléine avec une solution de NaOH à 0.05N jusqu'au virage de la couleur au rose. En parallèle, un essai à blanc a été effectué (AFNOR NF V033 712. 1982). L'acidité grasse est déterminée selon la formule suivante :

$$AG : \frac{7.35 \times (V1 - V0)}{m} \times \frac{100}{100 - H}$$

V1 : volume de NaOH pour la titration de l'échantillon
V0 : volume de NaOH pour la titration de blanc
H : teneur en eau
m : la masse en g de la prise d'essai

II.2.1.9. Détermination de la matière grasse totale :

La matière grasse totale a été déterminée selon la norme AFNOR NF V03.313. 20 g de blé broyé, a été préparé dans de l'éther de pétrole (250 ml) puis transférer dans l'appareil Soxhlet. Le mélange (cartouche soxhlet) a été chauffé 5 heures jusqu'à épuisement de la matière

grasse, le contenu du ballon a été séché puis refroidi à une température de 70 à 80 °C. Le taux de la matière grasse est calculé selon la formule suivante :

$$\text{MG(\%)} : [(p_2 - p_1) / p_3] \times 100$$

Où :

- p_1 : poids de ballon vide (g)
- p_2 : poids de ballon vide avec huile extrait (g)
- p_3 : poids de la prise d'essai (g).

II.2.1.10. Détermination de la composition en AG par GCMS :

Pour la détermination de la composition lipidique, nous avons suivi la méthode décrite par **Ollivier et al. (2006)**. Dans un premier temps, la préparation des esters méthyliques a été effectuée : dans un tube contenant 20mg du gras extrait par Soxhlet, 0.5ml d'heptane a été ajouté. Après agitation, 0.2ml de la solution méthanolique 2N d'hydroxyde de sodium a été rajouté, le mélange ainsi obtenu a été porté au bain thermostaté à 60°C pendant 1min.

Après agitation pendant 10 secondes, 0.2ml d'HCl à 2mol/l a été ajouté, suivi d'une agitation, le contenu a été transvasé dans un tube en verre pour être évaporé en milieu ventilé. Cette quantité évaporée, a été reprise par 50 μ l d'heptane. Après un temps de repos, la phase supérieure claire contenant les esters méthyliques a été récupérée dont 0.5 μ l a été injecté dans un chromatographe phase gazeuse. Les conditions d'injection sont les suivantes :

- phase stationnaire : SE30 diméthyle polysiloxane ;
- phase mobile : Hélium ;
- solvant : Héptane ;
- détecteur : FID ;
- colonne : Capillaire de type SE3 30 apolaire avec un diamètre de 0.25 μ m et 25m de longueur ;
- température de la colonne : 180-200 °C.

II.2.1.11. Dosage de protéines

Les protéines totales ont été mesurées selon le protocole décrit par **Lecoq (1965)**. Le principe de la méthode est basé sur la transformation de l'azote organique en sulfate d'ammonium sous l'action de l'acide sulfurique en présence d'un catalyseur, alcalinisation des produits de la réaction puis distillation de l'ammoniac libéré et titrage.

En bref, 5 g de chaque échantillon du blé fermenté ont été mis dans un matras de minéralisation avec une pincée de catalyseur (sulfate de cuivre et de potassium), et 15 ml d'acide sulfurique pur, ensuite le mélange a subi un chauffage progressif : d'abord une attaque à froid pendant 15 min jusqu'à l'apparition de vapeur blanche d'anhydride sulfurique, puis le chauffage est rendu plus énergique, attaque à chaud pendant 5 h ; Quand la solution devient limpide, elle est refroidie et complétée à 100 ml avec de l'eau distillée (la distillation a été réalisée dans un distillateur semi automatique où l'ajout de 20 ml de lessive de soude à 35% dans le matras et 25 % d'acide borique dans une fiole de 250 ml est réalisé). L'ammoniac dégagé a été récupéré dans une solution d'acide borique contenant l'indicateur coloré (mélange de bleu de méthylène et rouge de méthyle). L'excès d'ammoniac est alors dosé par l'acide sulfurique 0.05 N dans un titrateur automatique. La teneur en azote total est déterminée par la formule suivante :

$$N (\%) = \frac{V}{V'} \cdot (N - N') \cdot 0,05 \cdot 1,4$$

Où :

V : le volume de la solution minéralisée (ml).

V' : le volume de la solution de soude ajoutée (ml).

N : la quantité d'acide sulfurique lue après titrage (ml).

N' : le volume de l'acide sulfurique dépensé dans le titrage du témoin (ml).

P : le poids de la prise d'essai (g).

La teneur en protéine est calculée en multipliant le taux d'azote total (N %) par le coefficient 6.25

II.2.1.12. Dosage des sucres totaux

La teneur en sucres totaux a été mesurée selon la méthode de **Dubois et al. (1977)**. En bref, 10 g de blé broyé ont été mélangés avec 100 ml d'eau distillée, ensuite 2 ml d'extrait a été additionné à 0.05 ml de solution de phénol à 80 % et 3 ml d'acide sulfurique concentré, les tubes ont été agités légèrement. Après 10 min, les tubes sont mis sous un courant d'eau froide, et la lecture des absorbances a été faite à une longueur d'onde de 490nm contre un blanc réalisé dans les mêmes conditions.

La courbe d'étalonnage a été réalisée par du glucose 0.05%.

II.2.1.13. Dosage de la cellulose brute

1 g de chaque échantillon du blé broyé a été mélangé avec 50ml de H_2SO_4 à 0.3N, ensuite le mélange a été séché à ébullition douce pendant 30min avec agitation tout les 5minute en évitant que la matière adhère aux parois du ballon. 25 ml de NaOH à 1.5 N et 0.5 g d'EDTA ont été additionnés, le chauffage a été poursuivi pendant 5 min. Après chauffage, le mélange a été filtré dans un creuset filtrant, lavé avec 25 ml de H_2SO_4 (0.3N) puis 3 volumes d'eau distillée (50 ml pour chacun), ensuite avec 25 ml d'éthanol et enfin 25 ml d'acétone. A la fin, le creuset a été séché à l'étuve à 130°C pendant deux heures, et passé au four à 400°C pendant 2 heures(AOAC.

Le contenu en cellulose en g est déterminé par la formule suivante :

1995).

$$Cel (g) = [(p - p') / P_E] \times 100$$

Où :

P : poids de creuset après filtration

P' : poids de creuset après incinération

P_E : poids de la prise d'essai

Cel (g): cellulose brute en g pour 100 g de produit

II.2.1.14. Dosage de l'amidon, l'amylose et l'amylopectine

Les dosages de l'amidon, l'amylose et l'amylopectine ont été déterminés selon les méthodes décrites par **Lecoq (1965)**. 0.1 g de blé broyé a été mélangé avec 5 ml de KOH (1N), le mélange a été bien homogénéisé, puis neutralisé avec 5 ml d'HCl (1N). Ensuite le mélange a été mis à ébullition au bain-marie pendant 15min. Après ce traitement, le volume est réajusté à 10 ml, puis centrifugé. 0.05 ml du surnageant a été prélevé et mélangé avec 4.85 ml H_2O et 0.1 ml de réactif I_2KI , après incubation pendant 10 min, les absorbances ont été lues à 720 nm pour l'amidon et 580 nm pour l'amylose. La courbe d'étalonnage a été réalisée en utilisant l'amidon.

II.2.1.15. Dosage des éléments minéraux

Des cendres claires de blé broyé ont été humectés par 2 ml d'eau distillé et 1 ml d'acide chlorhydrique (HCl) concentré lentement ajouté, ce mélange a subi un chauffage sur plaque chauffante, jusqu'à l'apparition des premières vapeurs, ensuite quelques ml d'eau distillée ont été additionnées avant la filtration dans une fiole jaugée de 100 ml, un rinçage par l'eau tiède a été répété 4 fois. Le papier filtre a été incinéré à 550C° pendant une demi- heure puis il a été rincé par 5ml d'eau distillée et chauffé sur plaque chauffante sans dépasser 100C°. Le contenu a été repris par 1 ml d'HCl concentré puis lavé à l'eau tiède. Enfin la solution a été filtrée et complétée

par l'eau distillé jusqu'au trait de jauge. Cette solution a été dosé par spectrophotométrie d'absorption atomique des éléments : Mg, Fe, Cu, Zn, par émission de flamme (AFNOR NFV 05-113,1972).

II.2.1.16. Extraction et dosage des principes actifs

a. Préparation de l'extrait du blé fermenté

L'extrait méthanolique du blé fermenté a été préparé en utilisant le protocole décrit par **Bruneton (1999)**. Une quantité de la poudre obtenue après broyage de l'échantillon, a été additionnée de trois volumes de son poids (360 ml) de méthanol à 70 %, puis laissée macérer pendant 48 heures. Le mélange a été ensuite filtré et le filtrat a été évaporé, en utilisant un évaporateur rotatif à une température de 45 °C. Après évaporation, l'extrait brut méthanolique a été récupéré et conservé à l'abri de la chaleur et de la lumière.

b. Dosage des polyphénols totaux

Le taux des composés phénoliques totaux de l'extrait a été estimé selon la procédure d'**Othman et al. (2007)**. La méthode de Folin-Ciocalteu est considérée comme étant la meilleure méthode pour la quantification des polyphénols totaux. En effet, elle repose sur la capacité d'un phénol à réduire le réactif Folin-Ciocalteu de couleur jaune constitué de l'acide phosphotungstique et l'acide phosphomolibdique en milieu alcalin, en un mélange de tungstène et de molybdène de couleur bleue, dont l'absorbance maximale est comprise entre 700-760 nm.

Pour ce faire, 0.2 ml de l'extrait a été additionné de 1.5 ml de réactif Folin Ciocalteu dilué à 1/10, le mélange a été ensuite incubé pendant 5 min, à température ambiante et à l'obscurité. 1.5 ml de Na₂CO₃ à 7.5 %, a été ajouté au mélange précédent, puis ré-incubé pendant 90 min à température ambiante et à l'obscurité. La concentration en composés phénoliques de l'extrait a été déterminée en mesurant l'absorption optique à 750 nm, en se référant à la courbe d'étalonnage établie avec l'acide gallique. La teneur moyenne en flavonoïdes a été exprimée, en milligrammes équivalent acide gallique par gramme d'extrait brut (mg EAG/g EB).

c. Dosage des flavonoïdes

La teneur en flavonoïdes totaux a été estimée, selon la méthode de **Djeridane et al. (2006)**. Le principe de dosage des flavonoïdes totaux repose sur la propriété de ces composés à chélater les ions aluminium. La couleur jaune obtenue est le résultat de formation du complexe flavonoïdes-Aluminium. En bref, 1.5 ml de l'extrait a été additionné de 1.5 ml de chlorure d'aluminium (AlCl₃) à 2 %, puis incubé pendant 30 min à température ambiante et à l'obscurité. La concentration en flavonoïdes de l'extrait a été déterminée en mesurant l'absorption optique à 430 nm et en se référant à une courbe d'étalonnage établie avec la quercétine comme standard. La teneur moyenne en flavonoïdes a été exprimée en milligrammes équivalent quercétine par gramme d'extrait brut (mg EQ/g EB).

d. Dosage des tanins condensés (Proanthocyanidines)

Nous avons suivi la méthode décrite par **Maksimovic et al. (2005)**. 3ml de mélange butanol-HCl (butanol-HCl : 95V/5V) et 0.1 ml du réactif ferrique (2% de sulfate d'ammonium ferrique dans 2 M d'HCl) ont été ajoutés à 0.5 ml d'extrait du blé fermenté. Le mélange a été mis dans un bain d'eau bouillante pendant 1 h, après refroidissement, les absorbances ont été mesurées à 550 nm. La teneur en proanthocyanidines est calculée par la formule suivante :

$$C \text{ (mg/g vit C)} = \frac{AB \cdot MM \cdot DF \cdot 10}{L \cdot E}$$

Où :

AB : Absorbance.

MM : poids moléculaire de cyanidine (34700g/mol).

L : Le trajet optique longueur de la cuve (1cm).

DF : Facteur de dilution.

E : Le facteur d'absorbance molaire de cyanidine-3-glucoside (287 ,24).

II.2.2. Mesure de l'activité antioxydante totale

Le protocole utilisé dans cette méthode est celui de **Prieto et al. (1999)**. Il consiste à mélanger 0.5 ml de l'extrait avec 4.5 ml de la solution réactive (0.6 mol d'acide sulfurique + 28mM de phosphate de sodium + 4 Mm de molybdate d'ammonium). Le mélange a été incubé à ébullition (95°C) pendant 90 min. Après refroidissement, la lecture par spectrophotomètre à 695 nm a été réalisée contre un blanc préparé dans les mêmes conditions.

II.2.3. Essai de Mouture et analyses physicochimiques des farines

Le but de cet essai est l'obtention sous forme de farine d'un maximum de l'amande farineuse présenté dans les grains de blé. La mouture est définie par le taux d'extraction, cette dernière n'est pas complète, une quantité d'amande reste adhérente aux enveloppes du grain.

Les graines ont été broyées par un Moulinex. les farine obtenus sont subissent un tamisage de trois tamises successive avec des diamètre respectivement 1000 μ ,500 μ et enfin 250 μ .

II.2.3.1. Détermination de la granulométrie des farines et taux d'extraction

Le but de ce test est de définir le taux de rendement de la farine et de mesuré le poids de refus ou la perte. Pour déterminer la granulométrie nous avons fait passer 30 g du blé fermenté broyé à travers une série de tamis de diamètres de mailles différents : 1000 μ m ,500 μ m et 250 μ m. Le refus a été pesé chaque fois et le rendement a été calculé comme suit (**AACC no 55-30.01**) :

$$R.F : (p_1 / p_0) \times 100$$

Où :

p_1 : le poids de la farine après tamisage.

p_2 : le poids d'échantillon (prise d'essai).

II.2.3.2. Détermination de la densité sèche

Pour déterminer la masse volumique de la farine, nous avons pesé un volume déterminé après étuvage de l'échantillon. La densité sèche est exprimée en kg/L (**AFOR NF VO3-719.1996**).

II.2.3.3. Mesure de l'indice de couleur

Le protocole utilisé dans cette méthode est celui de **Abbasi et al. (2007)**. En bref, un mélange de 20ml de l'eau distillée avec 20 ml de l'éthanol à 95 % a été préparé. Ensuite 10 ml de la solution a été ajouté à 1 g de l'échantillon, le mélange a été mis à ébullition puis refroidi et filtré. Finalement les absorbance ont été lues à une longueur d'onde de 420 nm contre un blanc constitué de l'eau distillée et de l'éthanol.

II.2.3.4. Détermination de la conductimétrie

La conductimétrie électrique est un paramètre important dans les analyses physico-chimiques des farines, elle reflète le taux des éléments minéraux dans les grains. Pour ce faire, une solution de 5 g de blé broyée et 20 ml d'eau distillé a été préparée puis, la conductimétrie a été mesurée à l'aide d'un conductimètre.

II.2.3.5. Mesure de la teneur en eau, matière sèche, pH et acidité grasse

Ces paramètres ont été déterminés selon les méthodes déjà décrite en partie (II.2.1).en fait la même procédure.

II.2.4. Evaluation de la qualité microbiologique du blé fermenté

II.2.4.1. Préparation de la solution mère et des dilutions

10 g de blé fermenté a été mis dans 90 ml d'eau physiologique, la solution a été homogénéisée et laissée en contact pendant 30 min, puis des dilutions décimales ont été préparées jusqu'à la dilution de 10^{-6} (Larpen, 1997).

II.2.4.2. Dénombrement de la FTAM

Le dénombrement de la flore totale mésophile permet d'apprécier le degré de pollution microbienne d'un produit alimentaire. Les encensements ont été réalisés en étalant en masse 0,1 ml de la dilution 10^{-6} de la gélose PCA préalablement coulé et solidifié. L'incubation s'est effectuée à 37°C pendant 24h. On dénombre toute les colonies lenticulaires (Bourgeois, et al., 1996).

II.2.4.3. Dénombrement des levures et moisissure

La recherche et le dénombrement de cette flore ont été effectués sur le milieu Sabouraud coulé et solidifié et par étalement de 0,1 ml de la dilution 10^{-5} en surface. Les boites ont été incubées pendant 3 jours à une température de 25°C. Après l'incubation nous avons dénombré toute colonie blanche sphérique et filamenteuse (Guiraud, 2003).

II.2.4.4. Recherche et Dénombrement des moisissures

Le dénombrement des moisissures a été réalisé sur milieu PDA acidifié. 0.5 ml de la dilution 10^{-2} a été étalé en surface du milieu. Les boites ont été incubées à 25 °C pendant 3 à 5 jours (Larpen, 1977). Les moisissure donnent des tapis filamenteuse.

II.2.4.5. Dénombrement de la flore lactique

0.1ml de la dilution 10^{-3} a été déposé à la surface du milieu gélosé MRS, coulé et solidifié, puis étalé. L'incubation a été effectuée à 37°C pendant 3 jours. Les colonies à dénombrer sont de petites tailles, de couleur blanchâtre et brillantes, à pourtour régulier. Elles peuvent apparaître en forme circulaire ou lenticulaire (Larpen, 1977).

II.2.4.6. Dénombrement des entérobactéries

Le dénombrement s'est effectué sur le milieu VRBG. L'ensemencement a été fait en profondeur en déposant au fond de chaque boite de Pétri 1 ml de la dilution 10^{-6} , puis la gélose VRBG fondue et refroidie à 45°C a été coulée. L'incubation a été faite à 37°C pendant 24 h. Les entérobactéries donnent des colonies pigmentées, lisses ou rugueuses de 1 à 3 mm de diamètre (Guiraud, 2003).

II.2.4.7. Dénombrement de CT et CTT

Pour les coliformes totaux (CT), l'ensemencement se fait en profondeur en faisant déposer dans une boite de Pétri 0.1 ml de la dilution 10^{-3} , puis on fait couler la gélose VRBL chauffée et refroidie à 44.5 C°. L'incubation se fait à 37C° pendant 24 à 48H (Guiraud, 2003).

S'agissant des coliformes thermotolérants(CTT), l'ensemencement se fait en profondeur en faisant déposer dans une boite de Pétri 0.1ml de la dilution 10^{-2} , puis on fait couler la gélose VRBL, l'incubation se fait à 44 °C pendant 24 heures.

Après incubation, les colonies à considérer comme des coliformes sont violettes, d'un diamètre voisin de 0.5 à 1mm, et entourées d'un halo de précipités de sels biliaries (**Guiraud, 2003**).

II.2.5. Traitement statistique

Les moyennes et les écarts types sont calculés à partir de trois essais avec Excel de Microsoft Office 2007.

Touts les données représentent la moyenne de trois essais. Pour la comparaison des résultats, (Origin6.0.) Sont utilisée et le degré de signification de données est pris à la probabilité $P < 0,05$.

III.1. Evaluation de la qualité physicochimique de blé fermenté

III.1.1. Poids de mille grains

Le poids de mille grains est un paramètre très important pour la mise au point de la qualité du blé d'une manière générale. Il a été mesuré à partir de trois échantillons, les résultats sont illustrés par la figure suivante :

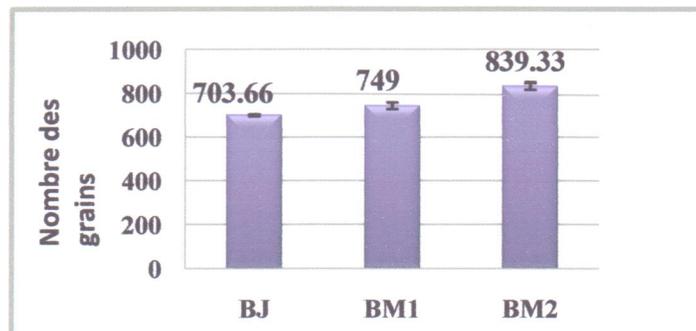


Figure 09 : Poids de 1000 grains

D'après cette figure, la différence de poids de 1000 grains des trois échantillons est significativement différente ($p < 0.05$, $p=0.03$). En effet nous avons noté un poids plus élevé pour l'échantillon BM2 839.33 ± 14.26 et cela comparativement avec les autres échantillons (BJ et BM1) avec un poids respectivement 703.66 ± 4.04 et 749 ± 15.13 .

III.1.2. Masse à l'hectolitre

La masse à l'hectolitre est un paramètre qui mesure la masse volumique de blé. En matière de chiffre, les masses d'hectolitre des trois échantillons BJ, BM1 et BM2 sont respectivement les suivantes : 65.3 ± 1.53 kg, 58.36 ± 0.832 kg, et enfin 64.4 ± 0.207 kg (figure 10). On note que celle de BJ est la plus élevée.

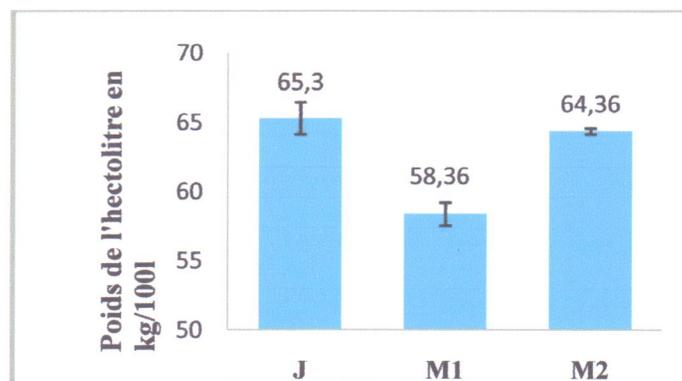


Figure 10 : La masse de l'hectolitre.

Les résultats du test ANOVA montrent que la masse à l'hectolitre des trois échantillons n'est pas significativement différente ($p > 0.05$, $p=0.06$). Nos résultats ne se concordent pas et ceux de **Fourar-Belaifa et al. (2011)**, qui ont trouvé que la masse de l'hectolitre des grains stocké a longue période dans des récipients avec taux de l' a_w égale à 0.75 sont en moyen 77.85kg, et selon eux ce paramètre (masse à l'hectolitre) reste un critère commercial officiel, sans vrai rapport aux niveaux de la qualité technologiques.

III.1.3. Taux d'impuretés

Les résultats des impuretés des trois échantillons BJ, BM1 et BM2 sont respectivement les suivants $0.88 \pm 0.69\%$, $1.99 \pm 0.65\%$ et $1.22 \pm 0.19\%$. L'analyse statistique démontre que le taux d'impureté étudié n'est pas significativement différent ($p=0.121$).

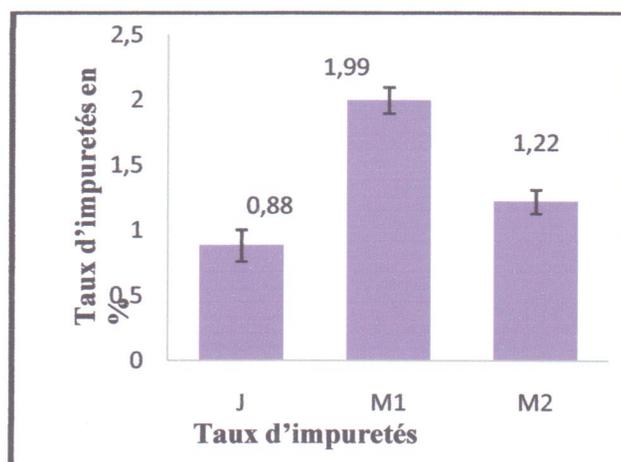


Figure 11 : Taux des impuretés.

III.1.4. Pourcentage des grains brisés

A partir de 100 grains prélevés au hasard, des trois échantillons, une constatation de l'état physique a été effectuée pour déterminer le nombre des grains brisés ou casés, les moyennes des grains brisées de chaque échantillon : BJ, BM1 et BM2 sont respectivement les suivantes : $6.66 \pm 0.12\%$, $13\% \pm 0.1\%$ et $12.66 \pm 0.09\%$ (figure 12). Ces résultats sont significativement différents ($p=0.02472 < 0.05$).

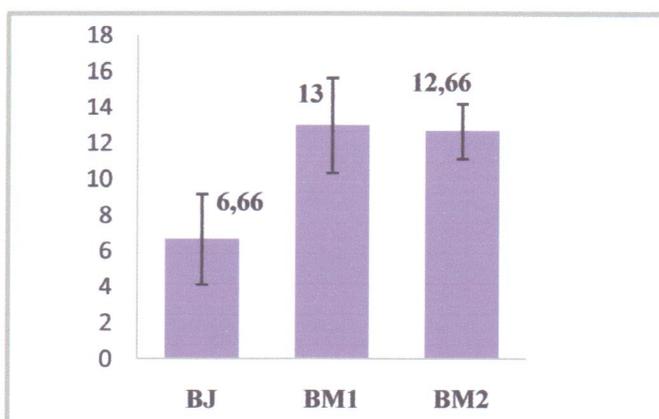


Figure 12 : Pourcentage des grains brisés

Ces valeurs sont très loin de celles rapportées par **Gacem et al. (2011)**, qui ont trouvé un taux de grains brisés de 5.34% pour le blé stocké dans des silos en béton armé, situés au sein de l'office Algérien interprofessionnel des céréales de la localité de Saida et cela, surtout pour les échantillons codés BM1 et BM2.

III.1.5. Teneur en eau et en matière sèche

Les valeurs moyennes de la teneur en eau des trois échantillons de blé fermenté sont plus ou moins proches surtout pour les échantillons codés BJ et BM respectivement 93.07 et 92.4. L'échantillon BM2 montre la valeur la plus basse avec un pourcentage de 91.5%.

La teneur en matière sèche aussi assez différente entre les trois échantillons. avec un taux de 6.93 pour l'échantillon BJ mais 7.6 et 9.5 respectivement pour BM1 et BM2

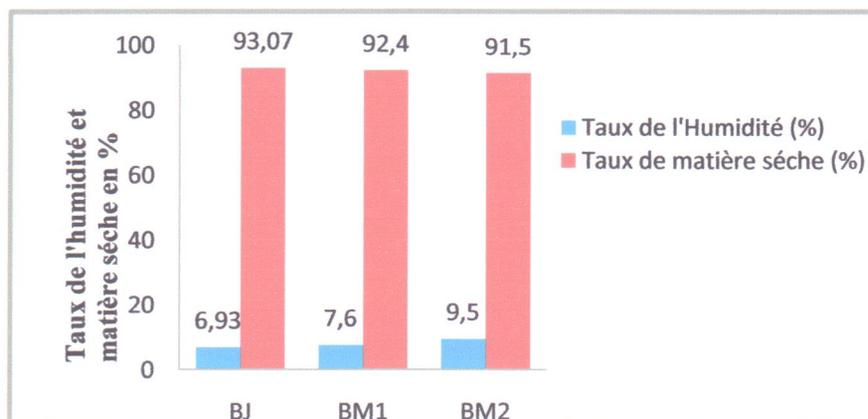


Figure 13 : Taux de l'humidité et Matière sèche.

III.1.6. Teneur en cendres et en matière organique

Les résultats sont illustrés par la figure suivante :

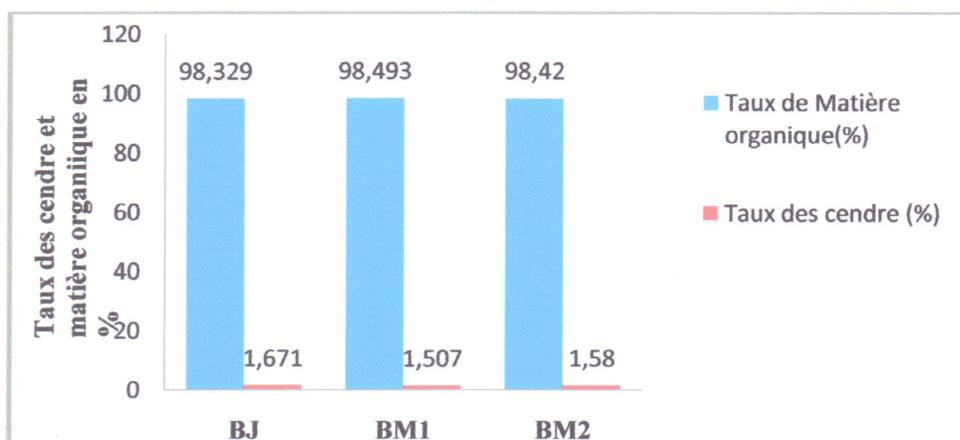


Figure 14 : Taux des cendres et matière organique.

D'après le graphe ci-dessus, les teneurs en matière organique des échantillons de blé fermenté étudiées sont de 98.32%, 98.43% et 98.42% pour les échantillons codés BJ, BM1 et BM2 respectivement. Alors que le taux des cendres est de 1.58% pour BM2, 1.507 % pour BM1, et enfin 1.671 pour BJ. On remarque que l'échantillon BJ possède le taux de cendres le plus élevé comparativement aux autres échantillons.

III.1.7. pH et acidité grasse

L'ensemble des échantillons présente un pH acide. Les valeurs sont illustrées par la figure 15. D'après l'étude statistique, ces résultats sont très significativement différents

($p=0.003 < 0.05$). En effet, nous avons enregistré les valeurs suivantes : 4.93 ± 0.095 , 5.61 ± 0.3 et 5.75 ± 0.02 et cela respectivement pour BJ, BM1 et BM2.

S'agissant de la matière grasse, les résultats obtenus sont respectivement 8.39 ± 3.24 , 10.68 ± 3.74 et 10.43 ± 3.21 pour BJ, BM1 et BM2. Ils ne présentent aucune différence significative ($p=0.6816 > 0.05$) (figure 18).

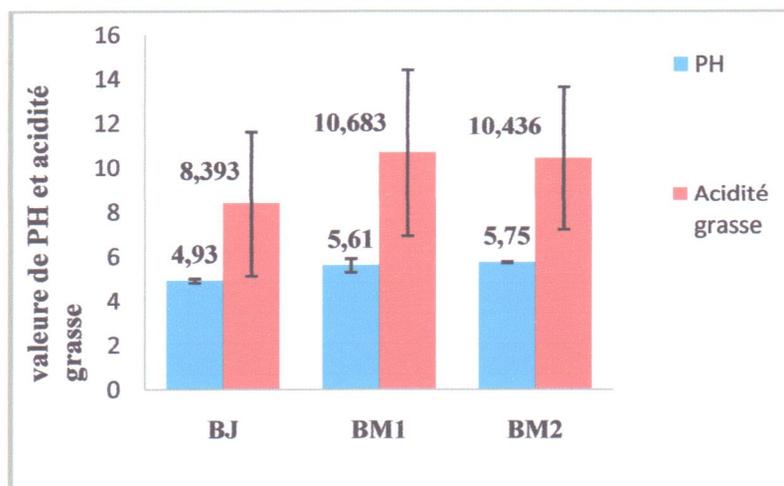


Figure 15 : Les valeurs du pH et de l'acidité grasse

III.1.8. Teneur en matière grasse totale :

Les résultats montrent que les valeurs de matière grasse totale des échantillons de blé fermenté varient entre 5.3% pour BJ, 8.76 % pour BM1 et enfin 31.5% pour BM2. Il apparaît que l'échantillon codé MB2 présente un taux assez important de matière grasse.

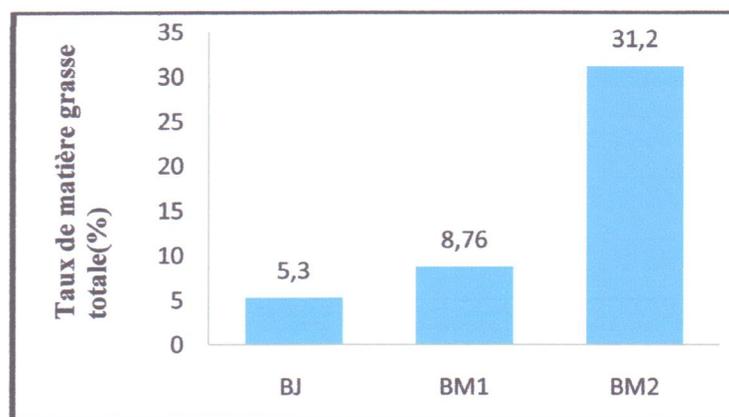


Figure 16 : Taux de matière grasse totale

Les valeurs trouvées ici attirent l'attention sur la nécessité d'une bonne conservation. Au cas échéant, une lipolyse rapide en acides gras libres se produirait et entraînerait une altération à court terme (Morrison, 1993). De plus, en cas d'une mouture poussée un contact intime entre les enzymes lipolytiques et les matières grasses est favorisé.

III.1.9. Détermination de la composition en AG par GCMS :

L'analyse de l'extrait lipidique (extraction par Soxhlet) des différents échantillons de blé fermenté par chromatographie en phase gazeuse couplé à la spectrométrie de masse a révélé la présence d'une gamme tout à fait différente des acides gras.

Les chromatogrammes sont représentés dans les figures suivantes :

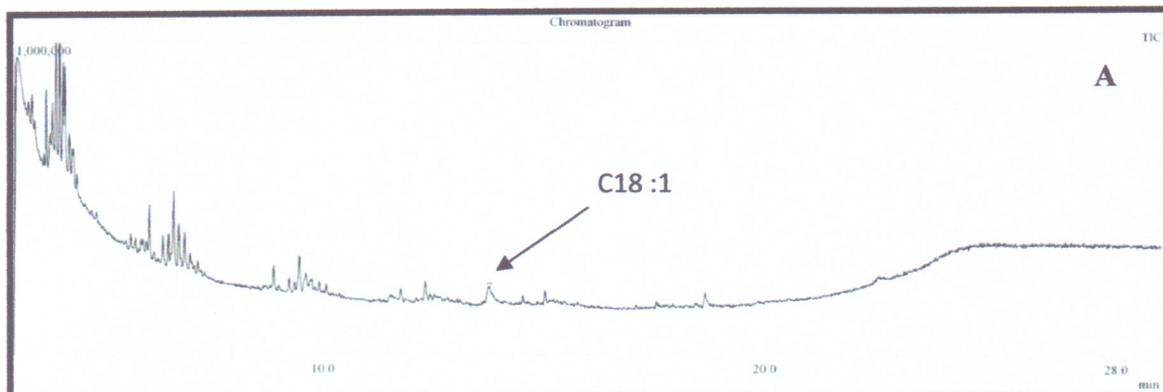


Figure 17 : Composition en acides gras du blé fermenté. Codé A.

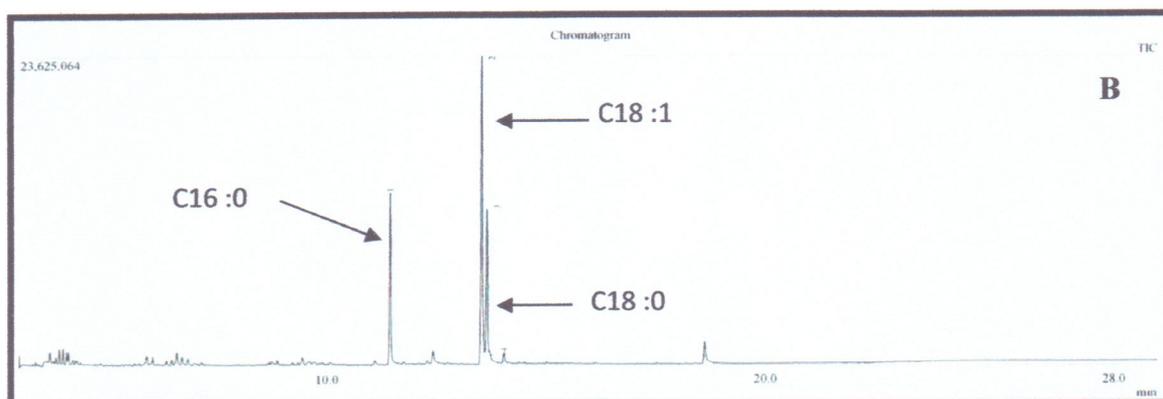


Figure 18 : Composition en acides gras du blé fermenté. Codé B

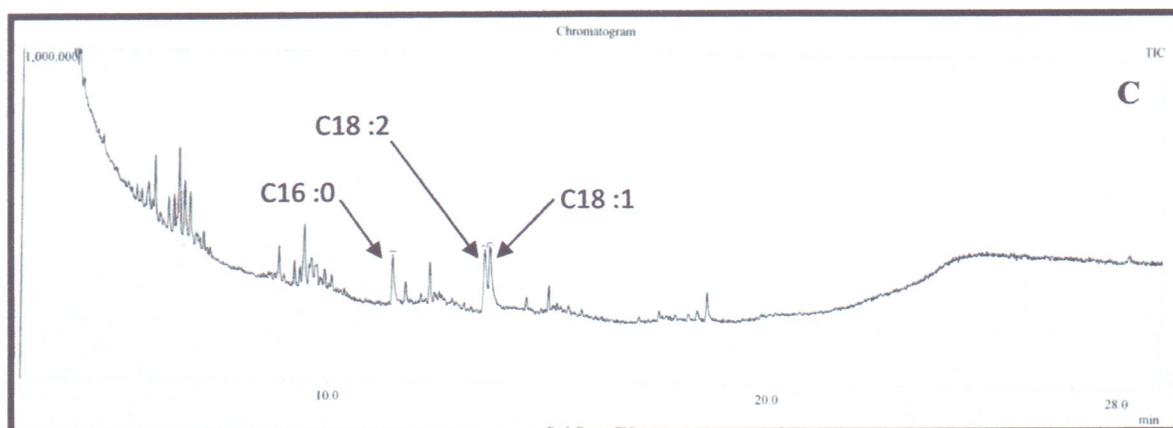


Figure 19 : Composition en acides gras du blé fermenté. Codé C

D'après le chromatogramme A, la matière grasse extraite du blé codé BJ ne contient qu'un seul acide gras qui est l'acide octadécenoïque (C18:1), un isomère de l'acide oléique. D'autre part, l'échantillon codé BM1 semble être plus riche en acides gras. En effet, nous avons pu détecter trois pics représentant chacun trois acides gras qui sont : l'acide hexadécanoïque

L'analyse de l'extrait lipidique (extraction par Soxhlet) des différents échantillons de blé fermenté par chromatographie en phase gazeuse couplé à la spectrométrie de masse a révélé la présence d'une gamme tout à fait différente des acides gras.

Les chromatogrammes sont représentés dans les figures suivantes :

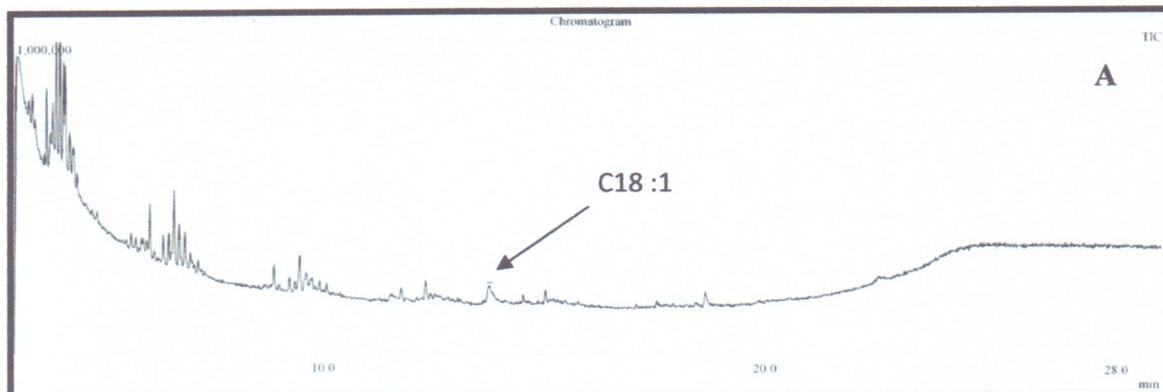


Figure 17 : Composition en acides gras du blé fermenté. Codé A.

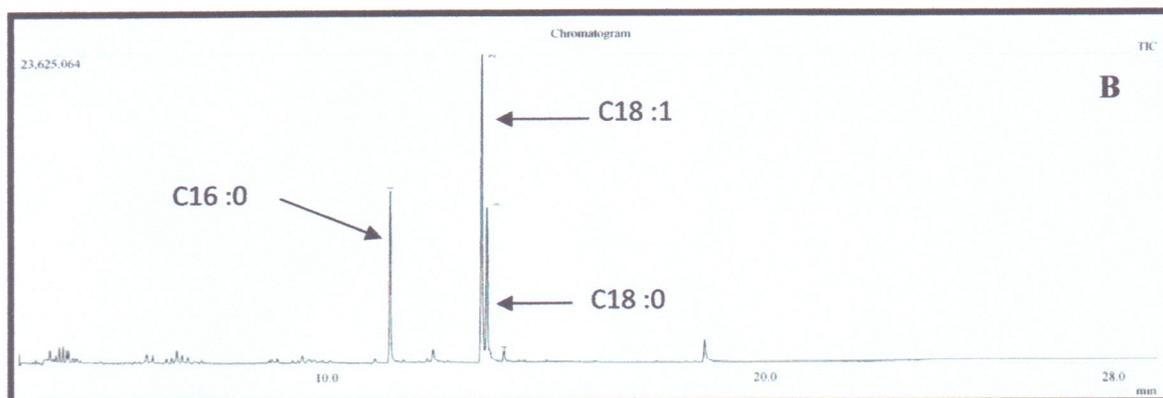


Figure 18 : Composition en acides gras du blé fermenté. Codé B

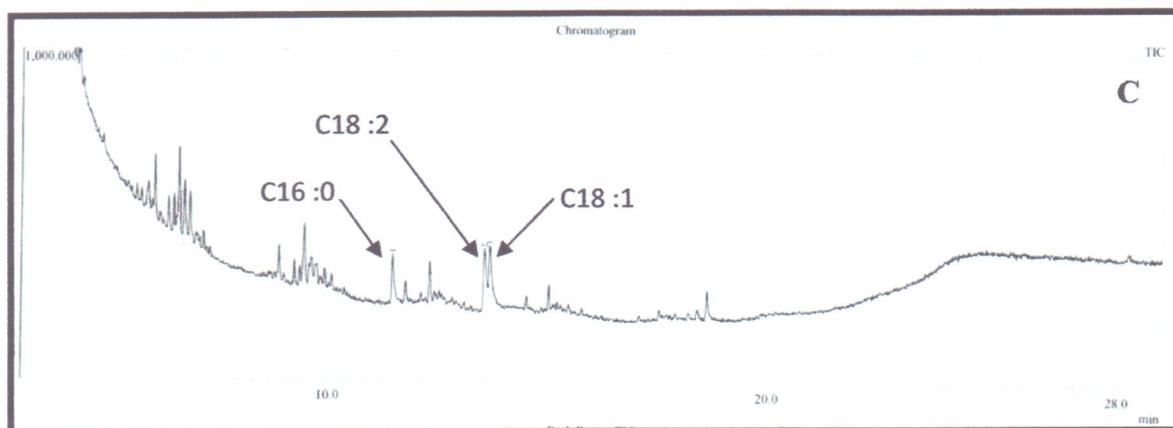


Figure 19 : Composition en acides gras du blé fermenté. Codé C

D'après le chromatogramme A, la matière grasse extraite du blé codé BJ ne contient qu'un seul acide gras qui est l'acide octadécenoïque (C18:1), un isomère de l'acide oléique. D'autre part, l'échantillon codé BM1 semble être plus riche en acides gras. En effet, nous avons pu détecter trois pics représentant chacun trois acides gras qui sont : l'acide hexadécanoïque

(C16 :0) qui est l'acide palmitique, l'acide octadecenoïque (C18 :1) et l'acide octadecanoïque (C18 :0) appelé aussi acide stéarique.

S'agissant du blé codé BM2, il contient aussi trois types d'acides gras : l'acide hexadecanoïque (C16 :0) ou acide palmitique, l'acide octadecadiénoïque (C18 :2) qui est l'acide linoléique et l'acide octadecenoïque (C18 :1).

D'après ces résultats on constate que les échantillons codés BM1 et BM2 sont plus riches en acides gras saturés, ces derniers représentent un pourcentage de 66.66 % pour le premier échantillon et 33.33 % pour le deuxième. tous les pics non mentionnés sont des impuretés.

III.1.10. Teneur en protéines

La qualité nutritionnelle des farines peut être évaluée par dosage des protéines. Les protéines sont les principaux nutriments susceptibles d'être en partie éliminés lors du procédé de fabrication des farines, particulièrement lors du décorticage du fait de leur localisation dans l'ensemble des structures de la graine. Donc la teneur protéique varie parallèlement avec le taux d'extraction. tous les pics qui n'ont pas été signalés par les flèches sont des impuretés.

Les résultats du dosage des protéines par la méthode de kjeldahl sont illustrés dans la figure 20. Ces résultats sont significativement différents ($p < 0.05$). Nous avons noté que les teneurs en protéines des farines codées BJ et BM2 sont très proches (5.84 % et 5.46 % respectivement). Tandis que la farine codée BM1 a une teneur très faible en protéines (0.175 %).

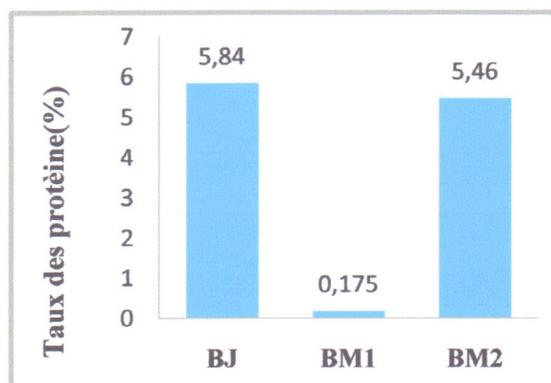


Figure 20 : Taux des protéines

le taux des protéines des grains stockés pendant une longue période du temps varie entre 11.91 % et 12.71 %. Nos résultats sont très loin de ces derniers, cela peut être dû à une perte de la qualité nutritionnelle des grains stockés dans le matmour suite à une protéolyse excessive. (Fourar-Belaifa et al.2011).

III.1.11. Teneurs en sucres totaux

Le graphique suivant représente les résultats de dosage des sucres totaux dans les grains de blé fermenté.

L'analyse statistique des résultats du dosage des sucres totaux dans les trois échantillons a montré une différence non significative ($P > 0,05$).

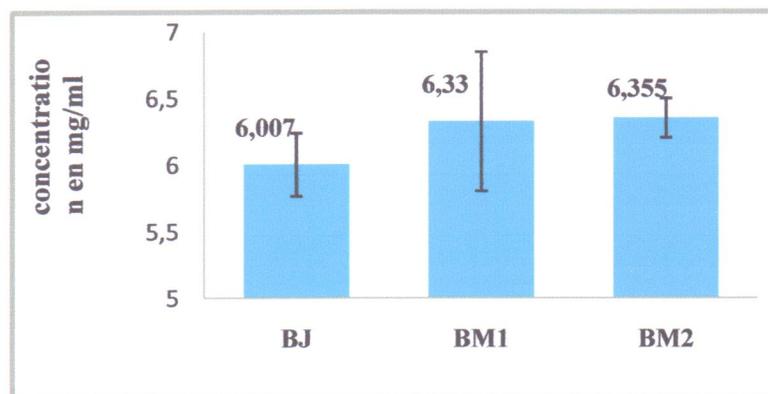


Figure 21 : Résultats de dosage des sucres totaux dans les grains de blé fermenté.

D'après la figure ci-dessus, le blé code BM2 contient un taux élevé en sucres totaux estimé à $6.355 \pm 0.48 \text{ mg/g}$ comparativement avec les autres échantillons qui contiennent $6.007 \pm 0.23 \text{ mg/g}$ et $6.33 \pm 0.52 \text{ mg/g}$ respectivement pour BJ et BM1.

III.1.12. Dosage de la cellulose brute

Les résultats illustrés par la figure 22 montrent les taux de cellulose brute obtenus.

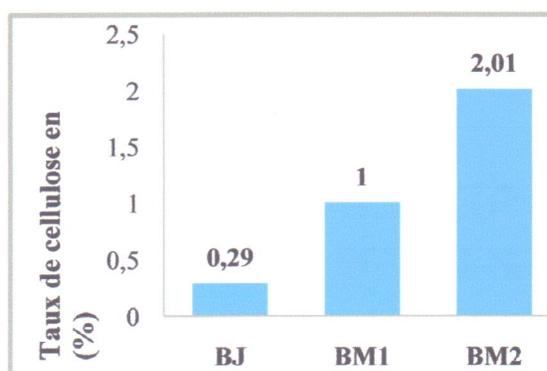


Figure 22: Taux de cellulose

La cellulose permet d'estimer la digestibilité d'une farine. La cellulose brute est une fibre des téguments externes du grain, indigeste pour l'homme et peut provoquer des troubles intestinaux et réduire la digestibilité des autres aliments. Par contre, lorsqu'elle est consommée en quantités modérées, elle contribue à la formation du ballast intestinal, donc abaisserait l'incidence du cancer du côlon (Cheftel, 1977).

L'analyse statistique a montré que les résultats sont significativement différents ($p < 0.05$). De plus, nous avons noté un taux élevé de la cellulose brute pour l'échantillon BM2 (2.01 %) contre seulement 0.29 % pour BJ et 1 % pour BM.

III.1.13. Teneur en amidon, en amylose et en amylopectine

Les résultats du dosage spectrophotométrique de l'amidon, l'amylose et l'amylopectine dans les trois échantillons de blé fermenté sont illustrés par la figure 23. Les résultats concernant le dosage de l'amidon sont significativement différents ($P = 0.00934$), de même ceux de l'amylose et de l'amylopectine qui sont encore significativement différents ($p = 0.0374$).

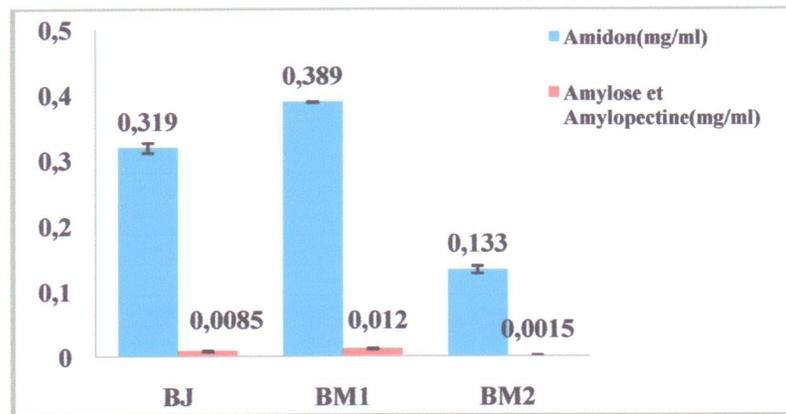


Figure 23 : Teneur en amidon total, amylose et amylopectine

Les taux les plus élevés en amidon, amylopectine et amylose ont été enregistrés pour l'échantillon codé BM1 (0.389 mg/ml pour l'amidon et 0.012 mg/ml pour l'amylose et l'amylopectine).

III.1.14. Teneur en éléments minéraux

Les figures suivantes résument les teneurs en élément minéraux pour les trois échantillons BJ, BM1 et BM2 de blé fermenté. Les éléments dosés sont les suivants : le fer, le cuivre, le zinc, le plomb, le manganèse, le cadmium et le chrome.

Les minéraux accomplissent quelques fonctions essentielles : ils contrôlent l'équilibre hydrique, règlent l'équilibre acido-basique, font partie de certaines structures (os, dents,...) et entrent dans la composition des enzymes et des hormones. Par ailleurs, ils contribuent au métabolisme des lipides, des glucides, des protéines et au bon fonctionnement du système nerveux (Dimli-bouras, 2004).

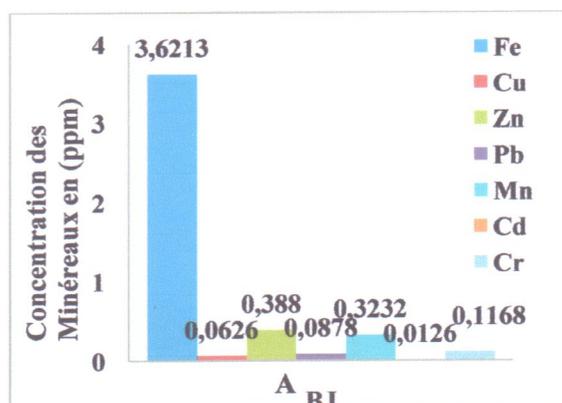


Figure 24: Teneur en éléments minéraux.

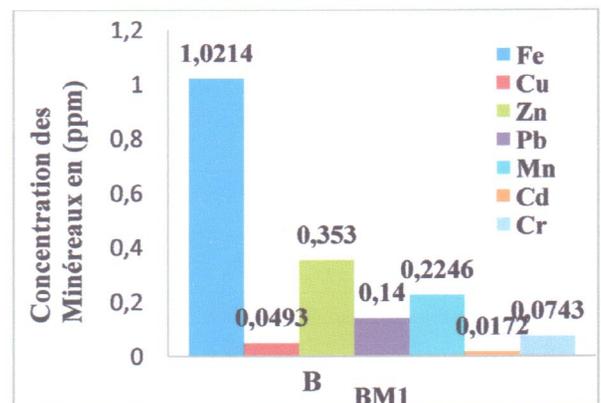


Figure 25: Teneur en éléments minéraux.

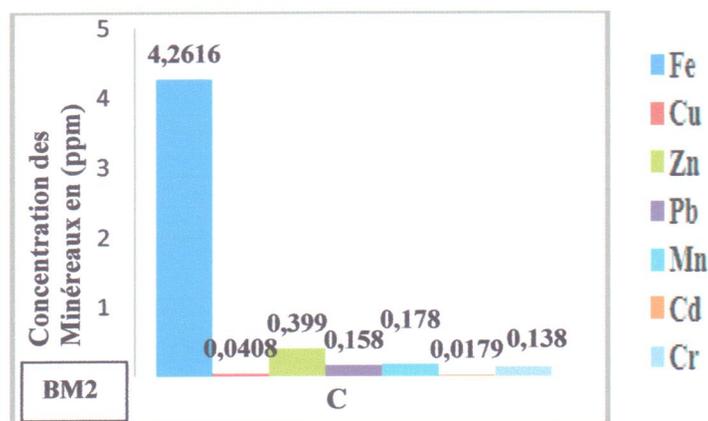


Figure 26: Teneur en éléments minéraux [A : BJ, B : BM1 et C : BM2].

Le fer est un élément essentiel car il a des fonctions biologiques importantes à la vie : il fait partie de l'hémoglobine, la myoglobine du muscle et les enzymes essentielles au métabolisme cellulaire, comme il joue un rôle majeur dans les échanges d'oxygène et de gaz carbonique avec le milieu extérieur (Dupin et al., 1992). D'après la figure ci-dessus, l'échantillon BM2 a enregistré la teneur la plus élevée en cet oligo-élément, elle atteint 4.2616 ppm et cela comparativement avec BJ (3.6213 ppm) et BM1 (1.0214 ppm). Les résultats sont significativement différents ($P < 0.05$).

S'agissant du cuivre, il apparaît que l'échantillon BJ représente la valeur la plus élevée (0.0626 ppm), si l'on compare avec BM1 et BM2 (0.0493 ppm, 0.0408 ppm). En effet, cet élément accomplit plusieurs fonctions : il intervient dans la défense anti-oxydante et immunitaire (Jaccot et Campillo, 2003)

Par ailleurs, le zinc est un composant de plus de 50 enzymes, il participe à la synthèse protéique, à l'immunité cellulaire et humorale, à la transcription génique et à la structure des hormones (Jaccot et Campillo, 2003). L'échantillon codé BM2 semble avoir la valeur la plus élevée (0.399 ppm) que les deux autres échantillons.

En analysant la figure ci-dessus, le plomb et le manganèse étaient présents dans nos échantillons. En effet, l'échantillon codé BM2 (0.158 ppm) semble avoir la valeur la plus élevée en plomb, alors que celle du manganèse a été enregistrée pour l'échantillon BJ (0.3232 ppm). D'autre part, le cadmium était présent avec les valeurs suivantes : 0.0126, 0.0172 et 0.0179 ppm respectivement pour BJ, BM1 et BM2. Ces valeurs sont très proches pour les échantillons codés BM1 et BLM2. L'étude statistique a montré que tous ces résultats sont significativement différents ($p < 0.05$).

De sa part, le chrome fait partie des oligo-éléments essentiels (Dilmi-bouras, 2004). L'échantillon codé BM2 a enregistré la teneur la plus élevée en cet oligo-élément (0.138 ppm) comparativement à BJ (0.1168 ppm) et BM1 (0.0743 ppm). Ces résultats sont significativement différents ($p < 0.05$).

III.1.15. Teneurs en principes actifs

Les substances naturelles qui présentent une activité anti-oxydante appartiennent à des classes chimiques très variées dont les composés phénoliques regroupent la plus grande partie, ils jouent de ce fait un rôle important dans la stabilité des grains et à la conservation ainsi que l'intensité de certains caractères organoleptiques des grains.

a. Teneur en polyphénols totaux

La figure 27 montre les résultats de dosage des polyphénols totaux. Les résultats obtenus montrent clairement que BM1 est le plus riche en composés phénoliques avec une teneur de 1.534 ± 0.024 mg EAG/g EB. Tandis que BJ et BM2 révèlent les teneurs les plus faibles 0.1005 ± 0.0021 et 0.238 ± 0.0049 mg EAG/g respectivement. Ces résultats sont significativement différents ($p < 0.05$), mais ils sont très loin de ceux trouvés par Tijana et al. (2010), qui ont enregistré des valeurs d'environ 18.4 mg EAG/g EB dans le blé fermenté légèrement par la levure *S. cerevisiae*.

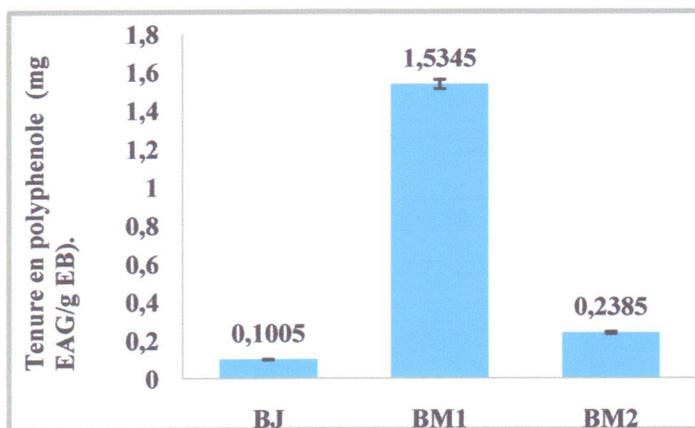


Figure 27: Teneurs en phénols totaux des extraits

b. Dosage des flavonoïdes

Les résultats obtenus montrent que les trois échantillons étudiés présentent aussi des teneurs variables en flavonoïdes (figure 28). Après analyse statistique, nous avons noté que ces résultats sont significativement différents car la valeur P était inférieure à 0.05.

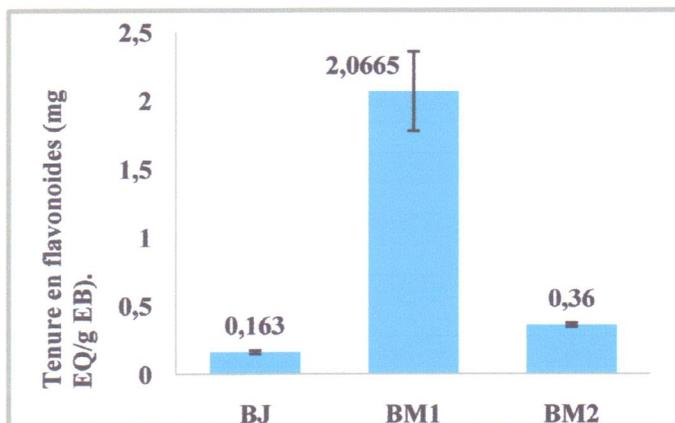


Figure 28: Teneur en Flavonoïdes.

Nous remarquons clairement que l'échantillon BM1 présente la teneur la plus élevée en flavonoïdes (2.066 ± 0.29 mg EQ/ g EB), suivie par BM2 (0.36 ± 0.012 mg EQ/ g EB) et BJ ($0.163 \pm 0,012$ mg EQ/ g EB).

c. Teneur en tanins condensés (Proanthocyanidines)

Les résultats des dosages ont mis en évidence la présence de tanins totaux dans les trois échantillons. Ces derniers varient d'un échantillon à une autre, et l'analyse statistique révèle que la différence est très significative ($P < 0,01$, $p = 0,00158$). En effet, l'échantillon

BJ présente la concentration la plus élevée parmi les trois échantillons étudiés, sa teneur en tannins est de 89.99 ± 5.43 mg/g Vit C suivie par BM1 avec une teneur de 79.12 ± 2.55 mg/g Vit C, et finalement BM2 présente la teneur la plus faible 24.55 ± 1.704 mg/g Vit C.

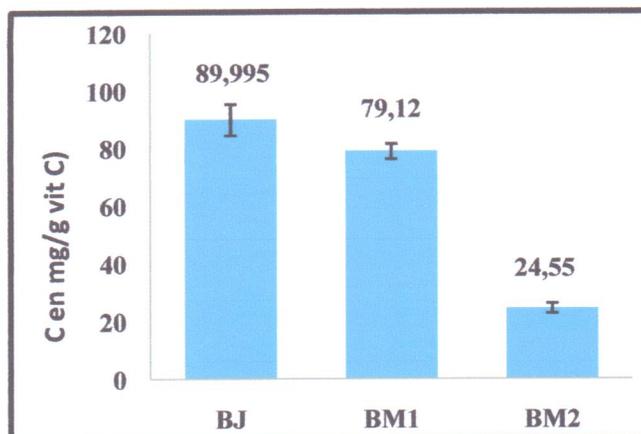


Figure 29 : Concentration en tannins

III.2. Activité anti-oxydante totale

Les résultats obtenus sont illustrés par la figure 30.

La méthode de phospho-molybdate a été utilisée en routine pour déterminer l'activité anti-oxydante totale, en effet l'extrait ayant une absorbance plus élevée c'est lui qui possède l'activité la plus importante. De ce fait, l'échantillon BM1 semble avoir l'activité la plus importante (2.541) contre seulement 0.137 et 0.1355 pour BJ et BM2 respectivement à une concentration de 0.075 g/ml. L'échantillon BM1 possède aussi l'activité la plus élevée à la concentration 0.015 g/ml et 0.03 g/ml. L'analyse statistique a montré que ces résultats sont significativement différents ($p < 0.05$).

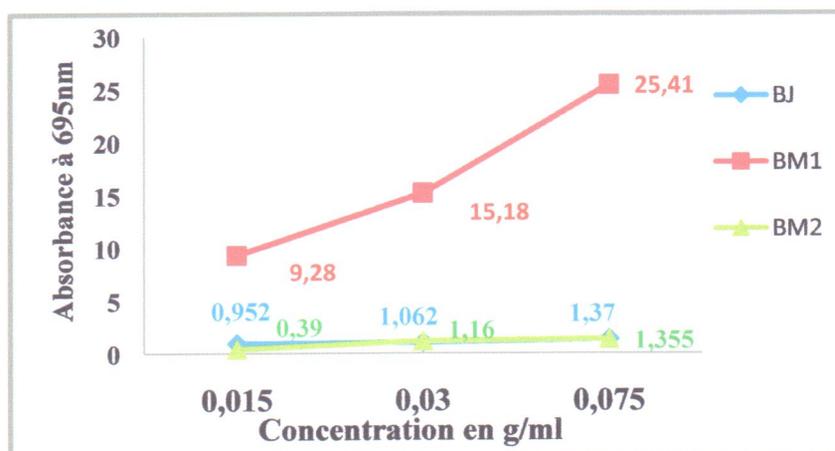


Figure 30 : Activité antioxydant totale.

III.3. Analyses physicochimiques des farines

III.3.1. Granulométrie des farines et taux d'extraction

Les taux d'extraction des farines sont illustrés par la figure ci-dessous.

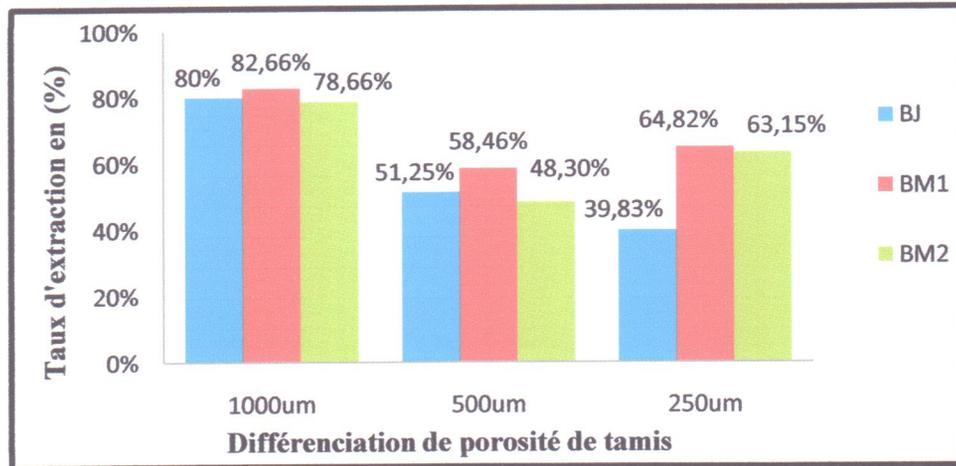


Figure 31 : Taux d'extraction des farines.

D'après cette figure, la farine issue du blé codé BM1 est la plus fine, car 64.82 % de particules ont un diamètre inférieur à 250 µm. De plus après passage au tamis à ouverture de maille de 500 µm, elle enregistre un taux d'extraction de 58.46 % contre seulement 51.25 % pour BJ et 48.30 % pour BM2.

III.3.2. Densité sèche

Les résultats obtenus sont illustrés dans la figure 32.

A partir de la figure ci-dessous, nous avons remarqué que les farines ont des densités variables. D'après le même graphe, on remarque que la densité de l'échantillon BM2 est la plus élevée (606.92 Kg/l±0.106), suivie par celle de BJ (566.26kg/l ±0.084) et enfin de BM1 avec 551.88kg/l ±0. 46.

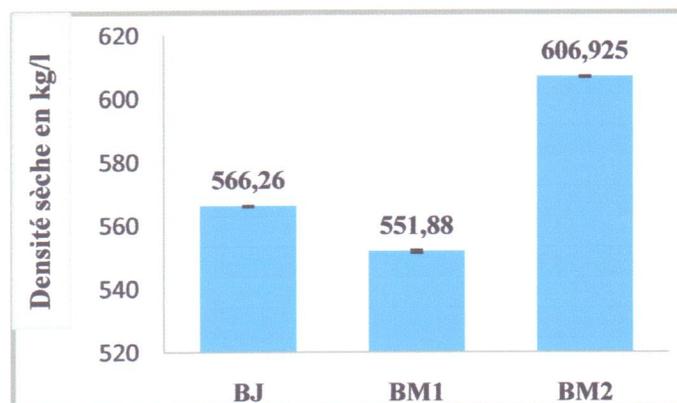


Figure 32 : Densité sèche des farines

III.3.3. pH est acidité grasse

Les résultats du pH ainsi que de l'acidité grasse sont illustrés dans la figure 33.

Le pH le plus bas a été enregistré pour la farine codée BJ ($pH_{3.91 \pm 0.014}$) contre $pH_{4.71 \pm 0.014}$ et $pH_{3.96 \pm 0.042}$ pour BM1 et BM2 respectivement, ce sont des pH extrêmement bas si on les compare avec des farines de blé non fermenté. Les résultats du test ANOVA montrent que les valeurs du pH sont significativement différentes ($p=0.026 < 0.05$).

En revanche, les résultats de l'acidité grasse ne sont pas significativement différents ($p=0.12 > 0.05$), les valeurs pour BJ, BM1 et BM2 sont respectivement 22.29 ± 0.12 , 22.95 ± 0.22 et 25.76 ± 0.57 mg NaOH/g de MS.

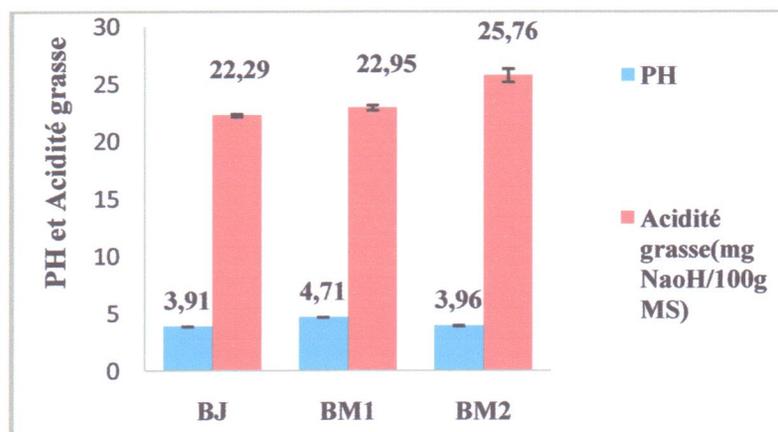


Figure 33 : pH et de l'acidité grasse des farines

III.3.4. Mesure de l'indice de couleur

La couleur de la farine est parmi les indices qui reflètent sa qualité. Les résultats obtenus sont illustrés par la figure 34. Ces résultats sont significativement différents ($p < 0.01758$).

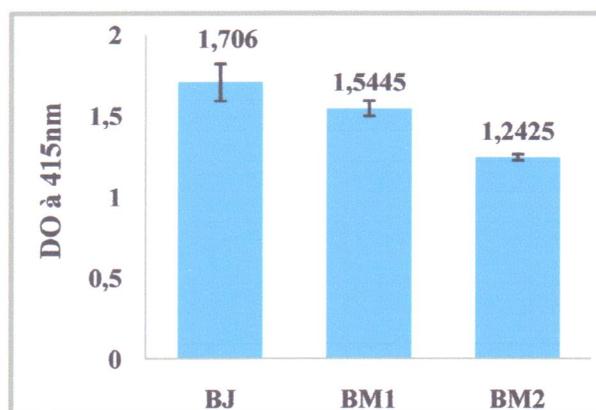


Figure 34 : Indice de couleur des farines

D'après les résultats obtenus, la farine issue de l'échantillon code BJ représente l'indice le plus élevé (1.706 ± 0.115) suivi par 1.5445 ± 0.047 et 1.2425 ± 0.019 respectivement pour BM1 et BM2.

III.3.5. Conductivité électrique

La conductivité électrique est un paramètre important dans les analyses physico-chimiques des farines. Les résultats trouvés pour les trois farines sont très proches et varient de 1.32, 1.33 et 1.135 μs respectivement pour les farines BJ, BM1 et BM2 (figure 35). La valeur la

plus élevée a été enregistrée pour BM1. Ces résultats ne sont pas significativement différents ($p>0.05$).

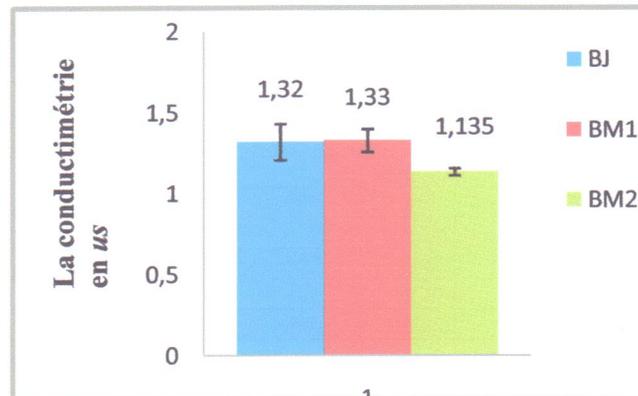


Figure 35 : La conductivité électrique des farines

III.3.6. Teneur en eau et en matière sèche

La teneur en eau est un paramètre qui permet d'apprécier la conservabilité des farines. Cette dernière est un critère de choix pour l'évaluation de la valeur marchande d'une farine. La valeur la plus basse a été enregistrée pour la farine codée BM1 (8.74 %) (figure 36), donc cette farine est plus conservable que les deux autres. Concernant la matière sèche, elle corrèle bien avec la teneur en eau, et l'échantillon avec teneur en eau faible contient un taux élevé en matière sèche. L'analyse statistique a démontré que ces résultats concernant la teneur en eau et en matière sèche sont significativement différents ($p<0.05$).

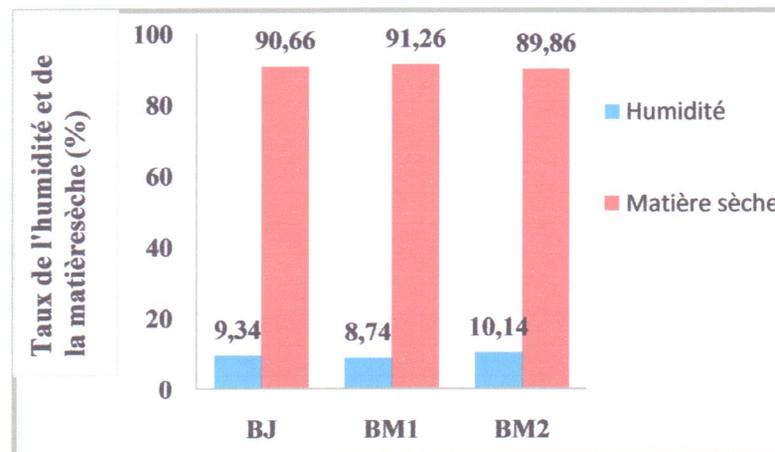


Figure 36: Teneur en eau et en matière sèche

III.4. Qualité microbiologique du blé fermenté

Le contrôle de qualité d'un produit destiné à la consommation ne pourrait se faire sans évaluation de la qualité microbiologique. En effet, les micro-organismes sont les agents les plus fréquemment rencontrés dans les aliments responsables des troubles de la santé (FAO, 1995).

III.4.1. Dénombrement de la FTAM

Les résultats du dénombrement de la FTAM sont illustrés par la figure 37.

L'examen microbiologique des grains de blé fermenté montre que la flore de ces dernières est essentiellement constituée de germes aérobies mésophiles jusqu'à $105 \pm 7.07 \times 10^6$ ufc/g pour l'échantillon codé BJ, les deux autres échantillons ont montré une flore non dénombrable.

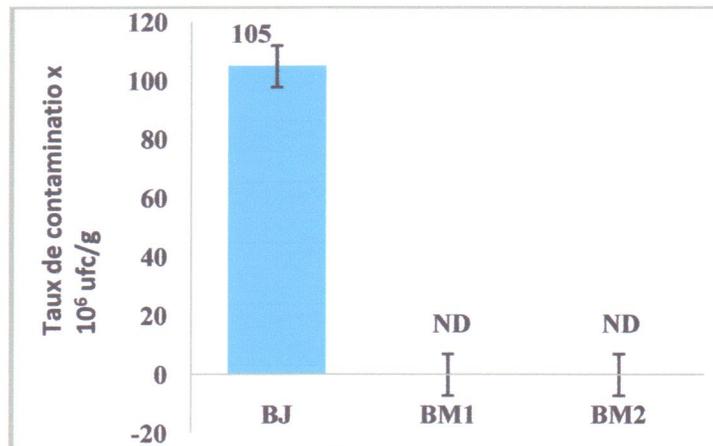


Figure 37 : Nombre de la FTAM des grains fermentés

III.4.2. Dénombrement des levures et moisissure

Les résultats du dénombrement de ces flores sont représentés dans la figure 38.

Le taux de contamination par les levures et moisissure est assez important chez les trois échantillons, il est de 71×10^6 pour BM1 et non dénombrable pour BJ et BM1.

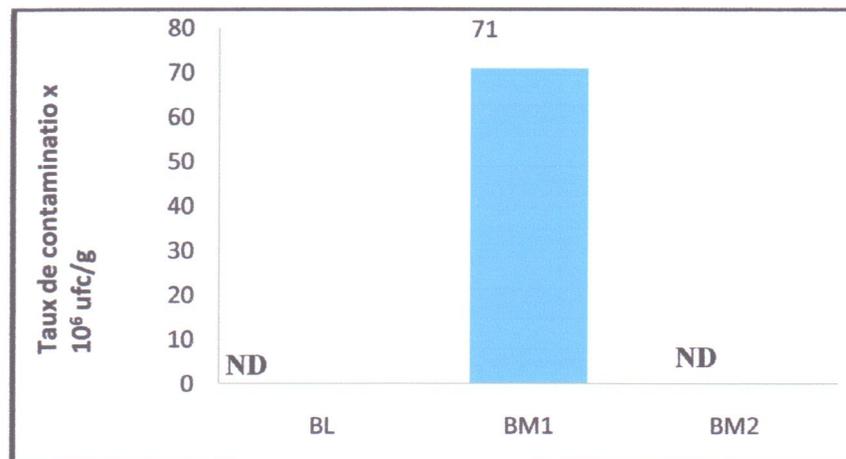


Figure 38 : Nombre de levures et moisissure des grains fermentés (ND : non dénombrable)

III.4.3. dénombrement des moisissures

Les moisissures peuvent se développer le plus souvent en présence de l'air, leur action se manifeste d'autant plus que l'humidité du milieu est plus élevée, mais pour certaines moisissures, elles agissent déjà au dessous de 20% d'humidité relative. De plus, les indicateurs de la qualité et des bonnes pratiques de fabrication des aliments sont les microorganismes et/ou leurs produits métaboliques, dont la présence dans des aliments peut être utilisée pour évaluer la qualité (fraîcheur) d'un produit.

Les résultats du dénombrement des moisissures à partir des trois échantillons du blé fermenté sont illustrés par la figure ci-dessous. Ces résultats sont significativement différents ($p < 0.05$). L'échantillon de blé fermenté codé BM1 présente la charge la plus élevée, elle atteint $119 \pm 9.89 \times 10^2$ ufc/g suivi par BM2 avec une charge de mycoflore égale à $50 \pm 11.31 \times 10^2$ ufc/g et enfin BJ à 3×10^2 ufc/g. Ces résultats ne se concordent pas avec celui de **Gacem et al.(2011)** qui ont enregistré une moyenne de 36.95×10^2 ufc/g et surtout l'échantillon de BM2.

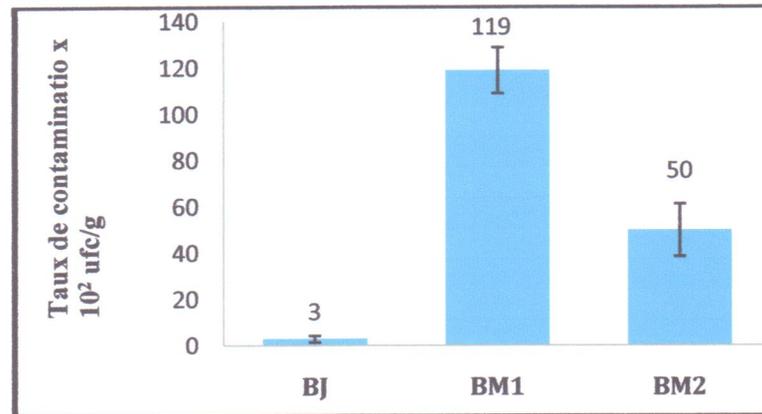


Figure 39 : Nombre de moisissures des grains fermentés

III.4.4. Dénombrement de la flore lactique

Le résultat du dénombrement de cette flore sur milieu MRS (figure 40), montre une charge bactérienne de l'échantillon du blé fermenté codé BJ estimée à 33×10^3 ufc/g contre seulement $15 \times 10^3 \pm 1.41$ ufc/g pour BM1 et 2×10^3 pour BM2. Cette flore semble avoir une incidence technologique importante.

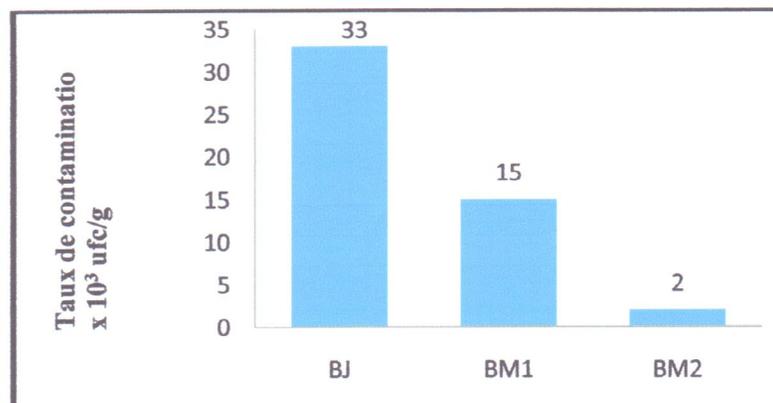


Figure 40 : Nombre de flore lactique dans les grains fermentés

III.4.5. Dénombrement des entérobactéries

Les entérobactéries sont la plus part des hôtes normaux (commensaux) de l'homme et des animaux, elles sont très répandues dans la nature en raison de leur contamination de l'environnement par l'intermédiaires des matières fécales animales et des eaux d'égout (**Bourgeois et al., 1996**).

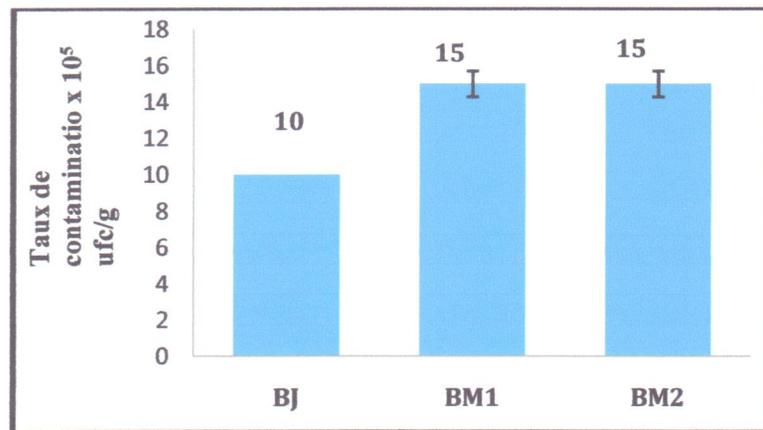


Figure 41 : Nombre des Entérobactérie dans les grains fermentés

Les résultats du dénombrement sont illustrés par la figure ci-dessus. Après analyse de cette figure, le taux de contamination des échantillons du blé fermenté par cette flore est presque proche. Il est de même pour les échantillons codés BM1 et BM2 ($15 \times 10^5 \pm 0.07$ ufc/g) et plus bas à celui de BJ à une nombre de 10×10^5 ufc/g pour

III.4.6. Dénombrement de CT et CTT

Les coliformes sont un indice de contamination fécale. Les résultats de leur dénombrement sont représentés par la figure ci-dessous.

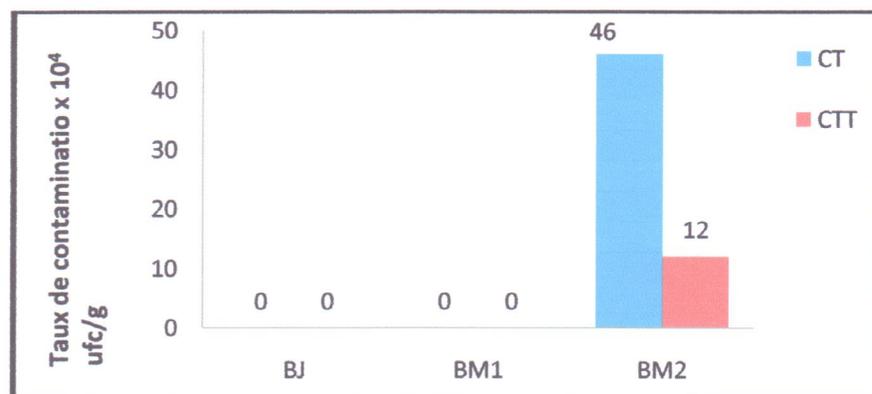


Figure 42: Nombre en CT et CTT dans les grains fermentés

Pour les coliformes totaux, nous avons noté une absence totale de ces germes dans les échantillons du blé codés BJ et BM1. En revanche, ils sont présents dans l'échantillon BM2 avec une charge de 46×10^4 ufc/g.

S'agissant des coliformes thermo-tolérants, nous avons aussi noté une absence totale en ces germes dans les mêmes échantillons (BJ et BM1), alors que BM2 renferme une charge de 12×10^4 ufc/g.

La méthode traditionnelle de conservation des céréales joue un rôle très important pour la survie de la population Magrébines. La conservation dans le Matmoure est l'une des ces méthode qui consiste à sauvegarder le froment par la fermentation lent ce qui aboutit à un changement biochimique et organoleptique des grains.

La présente étude avait pour objectifs de l'étude de la qualité physico-chimique et microbiologique des trois échantillons de blé fermenté par la méthode traditionnelle de deux région Jijel et Mila.

L'étude de la qualité physico-chimique indique que les trois échantillons présents des résultats proches tels que le poids de mille graine et la masse à l'hectolitre et le taux de cendre et matière organique. D'autre part le taux de l'impureté et taux des grains brisés est plus élevé dans l'échantillon de BM1 et BM2.

Le taux des protéines et passable dans l'échantillon de BJ et BM2 et très faible dans BM1 (0.175%). Les valeurs du pH et acidité grasse est très proche dans l'échantillon de BM1 et BM2 respectivement (pH est 5.61, 5.71. l'acidité grasse est 10.68 et 10.43). Est plus bas dans l'échantillon de BJ (pH 4.78 avec acidité de 8.39).

Le taux de matière grasse totale et de cellulose est plus élevé dans BM2 respectivement (31.2 % et 2.1%) mais plus bas dans BJ et BM1 soit respectivement (5.3% et 0.29%, 8.76 et 1%).

Concernant la teneur en cendres, elle était plus élevée pour la variété codée BJ (1.68%) suivie à la variété codée BM2 (1.58) et en fin BM1 (1.50).

Le dosage des minéraux et métaux lourds indique que les minéraux la plus dominants dans les trois échantillons est respectivement Fe, Zn, Mn et Pb. Alors que le Cd, Cu et Cr présentent des concentrations plus basses.

Par la suite Nos travaux sur le côté microbiologique nous ont permis d'effectuer des bilans d'analyse pour les levures et moisissures et quelques espèces bactériennes. Il nous est alors apparu que les flores la plus dominantes sont les levures et moisissures et les FTAM. Par contre les flores lactiques présentent des nombres très bas.

Aussi pour le côté d'hygiène, les CT et CTT ne sont présentes que dans l'échantillon codé BM2 et absentes totalement dans l'échantillon BJ et BM1. Alors que les entérobactéries sont présentes dans toutes les variétés étudiées avec des nombres élevés (10×10^5) pour BJ et (15×10^5) pour BM1 et BM2. Ces résultats nous amènent alors à préciser que la variété codée BJ est plus hygiénique que BM1 et BM2.

Nous concluons en rappelant que l'évaluation de la qualité de ce produit fermenté, nécessite un travail, parfois long, et complexe pour la mise en place de tous les caractères sur le plan nutritionnel et hygiénique et le maintien de cet artisanat depuis la production de récolte et la mise en **Matmoura** jusqu'à la distribution et consommation.

A-B-C.D

AACC no 55-30.01 .

Abbasi S. et Azari S., 2007. Novel freeze drying of onion slices using microwaves. *In: Evangelos Lasos (Ed), proceeding of the 5th international congress on food technology*, vol I, Alexander Technological Educational, Institution of Thessaloniki (Sindos), Faculty of Food Technology and Nutrition, Thessaloniki, Greece.54-61.

Abécassis J., Rousset M., 2012. Quelles évolutions pour les filières céréalières /*Innovations Agronomiques*, vol.19, p.1-11.

Adjabi A., Chennafi H., Harkati N., Mébarkia A., Saci A.2011. L'optimisation du rendement de la culture du blé sous l'effet du précédent cultural et l'outil de labour en environnement semi-aride. *Options Méditerranéennes*. A no. 96.

AFNOR NFV 03-707

AFNOR NF V033 712. 1982

AFNOR NF V03.313

AFNOR NFV 05-113,1972

AFOR NF VO3-719.1996

Alice N. Lee and Ivan R. Kennedy., 2007. Immunoassays.*In.foods toxicant analysis ,techniques ,strategies and developments.yalonda pico.1^e edition. Elsevier B.V.1. p 112.*

Anonyme., (2008). Wheat and Flour Testing Methods.version 2. 68p

Benmahammed. Amar ., Hind Nouar ., Leila Haddad ., Zahra Laala ., Oulmi Abdelmalek ., Hamenna Bouzerzour., 2010 .Analyse de la stabilité des performances de rendement du blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous conditions semi-arides .*Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 14(1), p.177-186.

Bourgeois C.M., Mesle J.F. et Zucca J. 1996. Microbiologie alimentaire. Tome I : Aspect microbiologie de la sécurité et de la qualité des aliments. Ed.Tech et Doc-Lavoisier, Paris, 650 p.

Branlard G., Pujos E., Nadaud I., Bancel E., Piquet A., 2012. Nouveaux outils pour une analyse fine de la composition des grains. *Innovations Agronomiques* ,19, 37-49.

Bruneton J. (1999). Pharmacognosy: Photochemistry, Medicinal plants. *2eme Ed. Lavoisier. Paris.* pp : 240-387.

Cheftel (J.C.), 1977. Introduction à la Biochimie et à la Technologie des aliments. *Lavoisier, Paris, 19n: 105-142.*

Chiraz Zaid., Nidhal Zouaoui., Hassan Bacha., Salwa Abid.2012. Natural occurrence of zearalenone in Tunisian wheat grains ,vol.25,p. 773-777.

Corcuera L.A., L. Arbillaga., A. Vettorazzi., A. Azqueta., A. López de Cerain., 2011. Ochratoxin A reduces aflatoxin B1 induced DNA damage detected by the comet assay in Hep G2 cells. *Food and Chemical Toxicology*, vol. 49 , p. 2883–2889.

Dilmi-bouras A., 2004. Biochimie alimentaire. *Office des publications universitaires*.110p.

Djeridane A., yousfi .M. Najemi B., Boutassouma, D. Stocher pand vidal N., 2006. Antioxydant activity of some algérien medicinal plants extracts containing phenolic compound food chemistry ; 97 : 654- 660.

Djermoun. Abdelkader., 2009. La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques. *Revue Nature et Technologie*. 01 : 45 à 53.

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, pp. 1-22.

Druvefors, U.Ä., 2004. Yeast Biocontrol of Grain Spoilage Moulds Mode of Action of *Pichia anomala*. Doctoral thesis. University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden. *Agraria* 44-466

Dubois GE., Grosby G.A et Saffron p., 1977. non nutritive sweeteners :teste structure relationships with for some new simple dihydrochalcones .science .195.397.399.

Dupin H., Cuq J.L., Malewiak M.I., Rouaud C.L. et Berthier A.M., 1992. Alimentation et nutrition humaine. *Ed. ESF*. Paris. 1533p.

E-F-G

Etournaud. Alain . controle des denrée alimentaire., 2010. In.science et technologie des aliment .Alain Etournaud.première édition .Italie . presses polytechnique et universitaire romands . 4.p614.

FAO (Food and Agriculture Organisation of the United Nations).Le sorgho et le mil dans la nutrition humaine. Rome, 1995 : 142-194.

Feillet Pierre., 2000.Les grains de blé composition et utilisation .1^é édition .paris .jouve .. 308p. ISBN :2-7380-0896-8.

Fischer Monica., 2010. les gucides .In.science et technologie des aliment .Alain Etournaud.première édition .Italie . presses polytechnique et universitaire romands . 4. p219

Fourar-Belaifa Rebiha., Francis Fleurat-Lessard., Zouaoui Bouznad., 2011. A systemic approach to qualitative changes in the stored-wheat ecosystem: Prediction of deterioration risks in unsafe storage conditions in relation to relative humidity level, infestation by *Sitophilus oryzae* (L.), and wheat variety. *Journal of Stored Products Research*. 47 :48-61.

Gacem M. A., Ould el hadj khelil A. et Gacemi B., 2011. étude de la qualite physico-chimique et mycologique du blé tendre local et importe stocke au niveau de l'office algérien interprofessionnel des céréales (oac) de la localite de saida (ALGERIE) / vol. 1, n° 2,: 67-76.

Giuseppe Carlo Rizzello., Angela Cassone., Rossana Coda., Marco Gobbetti., 2011. Antifungal activity of sourdough fermented wheat germ used as an ingredient for bread making,vol.127,p .952–959.

Godon et loisel w., 1997. guide pratique d'analyse dans les industrie des céréales .2^e édition .tec et doc .lavoisier .paris .pp.76.99.

Guiraud jp. 2003 .microbiologie alimentaire .Ed.Dunod paris .615.p .

J-K-L-M-

Jaccot B. et Campillo B. 2003. Nutrition humaine. *Ed. MASSON.* Paris. 311 p.

Lanier Caroline ., Estelle Richard ., Natacha Heutte ., Rachel Picquet ., Valérie Bouchart ., David Garon., 2010. Airborne molds and mycotoxins associated with handling of corn silage and oilseed cakes in agricultural environment, *Atmospheric Environment.*, vol.44,p.1980-1986.

Larpent JP., 1977. Microbiologie Alimentaire .

Lecoq R., 1965 . Manuel d'analyse alimentaire et d'expertise usuelles .Tome I. Ed .Doin .

Lindblad C., Druben L.,1980. Storage methods and Small farm grain storage.3^{ème} édition. Virginia. p5- 100.

Mabille F., Abecassis J., Delenne J.Y.#, Sadoudi A., Samson M.-F., Lullien-Pellerin V., 2012. Expérimentation et modélisation pour la compréhension des mécanismes de fractionnement des céréales. *Innovations Agronomiques.* 19- 95-105.

Mauz c ., richard M.ET Scatti .G., 1972. contrôle de la qualité des blés .guide pratique de l'industrie technique des céréales et des fourrages .paris .p 170-188.

Maksimovic Z., Malencic D. et Kovacevie N. 2005. Polyphenol contents and antioxidant activity of Maydis stigma extraits Bioresource. *Technology.* **96** : 873-877.

Molinié, A., Faucet, V., Castegnaro, M. & Pfohl-Leszkowicz, A., 2005. Analysis of some breakfast cereals collected on the French market for their content in OTA, Citrinin and Fumonisin B1. Development of a new method for simultaneous extraction of OTA and Citrinin. *Food chemistry* 92, 391-400.

Morrisson (W.R.), 1993. Functionality of lipids in cereal processing. in Gereal science and technologie, impact on achanging in Africa. *Taylor*, : 147-162.

Müller, H.M., 1982. Decontamination of Mycotoxin. *I. Physical process. Ubersicht Tierernähr* 10, 95-122.

MULTON J.L., 1982.Conservation et stockage des grains et graines et produit dérivé. technique et documentation Lavoisier, Paris, pp 656.

O-P-Q

Olivier JCJ ., Berdowski., JJH ,Peters Jahw., Bahher J., visschedijk AJH et Bloos JP., 2006., application of EDGAR Including a description of EDGAR V3.0 /reference database with trend data for 1970 -1995 –NRP Report-410200051 ,Rivm.

Othman A., Ismail A ., Abdulghani N et Adenan I., 2007. Antioxidant capacity and phenolic content of cocoa beans .food chemistry :100 :1523-1530.

Oueslati S., Romero-González R., Lasram S., Garrido Frenich A., Martínez Vidal J. L., 2012. Multi-mycotoxin determination in cereals and derived products marketed in Tunisia using ultra-high performance liquid chromatography coupled to triple quadrupole mass spectrometry. *Food and Chemical Toxicology*, vol 50, p. 2376–2381.

Prierto p., Pineda M., Aguilar M., 1999. spectrophotometric quantification of antioxidant capacity through the formation of phosphomolybdenum complex :specific application to determination of vitamine E *Anal Biochem*, 269 : 337 – 41.

R-S-T

Ralph .E.1995., Home Storage of Wheat. *Extension Agronomist*, FN-371.

Richard – Molard D., 1998. Microbiologie des céréales et farines, pp 159-173, dans « les industries des premières transformations des céréales » par GODON B. et WILLM C. Ed : technique et documentation Lavoisier, paris, pp 656.

Rossana Coda., Alessia Lanera., Antonio Trani., Marco Gobbetti., Raffaella Di Cagno., 2012. Yogurt-like beverages made of a mixture of cereals, soy and grape must: Microbiology, texture, nutritional and sensory properties. *International Journal of Food Microbiology*, ,vol.150, p.120–127.

Rossana Coda., Carlo Giuseppe Rizzello., Antonio Trani., Marco Gobbetti., 2011. Manufacture and characterization of functional emmer beverages fermented by selected lactic acid bacteria. *Food Microbiology*, vol.28, p. 526-536 .

Tijana M. Đorđević., Slavica S. Šiler-Marinković., Suzana I. Dimitrijević-Branković., 2010. Effect of fermentation on antioxidant properties of some cereals and pseudo cereals. *Food Chemistry*. 119. 957–963

W-X-Y-Z

Yaoa. A., Egounlety M., Kouame L.P., Thonart P., 2009. Les bactéries lactiques dans les aliments ou boissons amylicés et fermentés de l’Afrique de l’Ouest : leur utilisation actuelle. *Ann. Méd. Vét.*, 153, p. 54-65.

Vierling Elisabeth., 2008. les céréales peu hydratés. paris. 1^{ier} édition.

Annexe I : Composition des milieux de culture.➤ **Milieu MRS (pH 6.5)**

Peptone	10g
Extrait de viande	10g
Extrait de levure	5g
Glucose	20g
Tween 80.....	1ml
Phosphate bipotassique	2g
Acétate de sodium	5g
Citrate d'ammonium	2g
Sulfate de magnésium, 7 H ₂ O	0.2g
Sulfate de manganèse, 4 H ₂ O	0.5g
Agar	15g
Eau distillée qsp	1000ml

➤ **Milieu PDA (Potatoes Dextrose agar)**

Pomme de terre (macération 500ml de filtrat)	200 g
Dextrose	10 g
Agar.....	15g
Eau distillée.....	1000ml

➤ **Eau physiologique**

Nacl.....	9g
Eau physiologique	1000ml

➤ **Milieu Sabouraud**

Formule en g. L⁻¹ d'eau distillée :

Peptone pepsique de viande	10g
Glucose.....	20g
Chloramphénicol.....	0,5g
Agar	15g
pH =	7,0
pH du milieu prêt à l'emploi à 25°C: 5, 7 +/- 0,2	

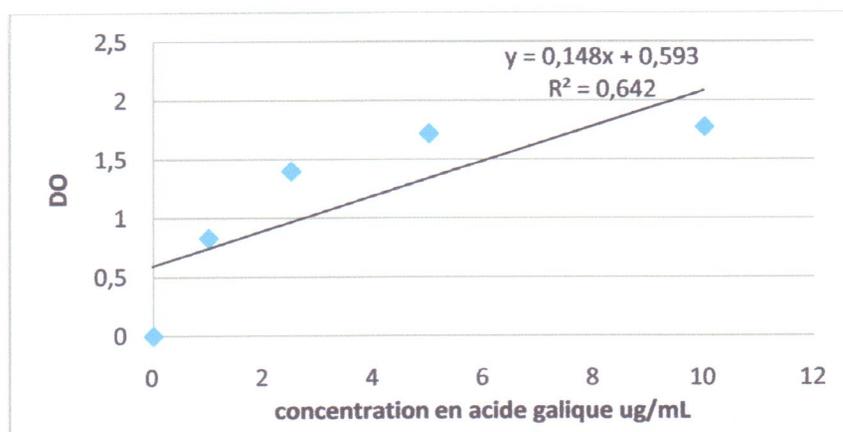
Annexe II : Courbes d'étalonnage

Figure II.1 : Courbes d'étalonnage de l'acide galique.

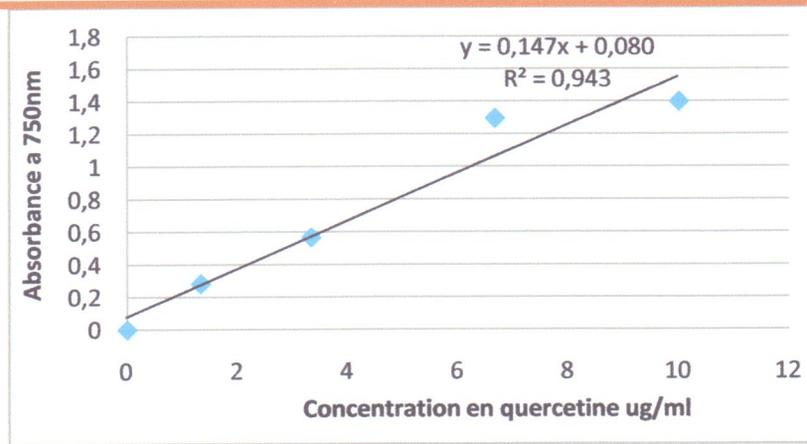


Figure : II.2.Courbe d'étalonnage de la quercetine

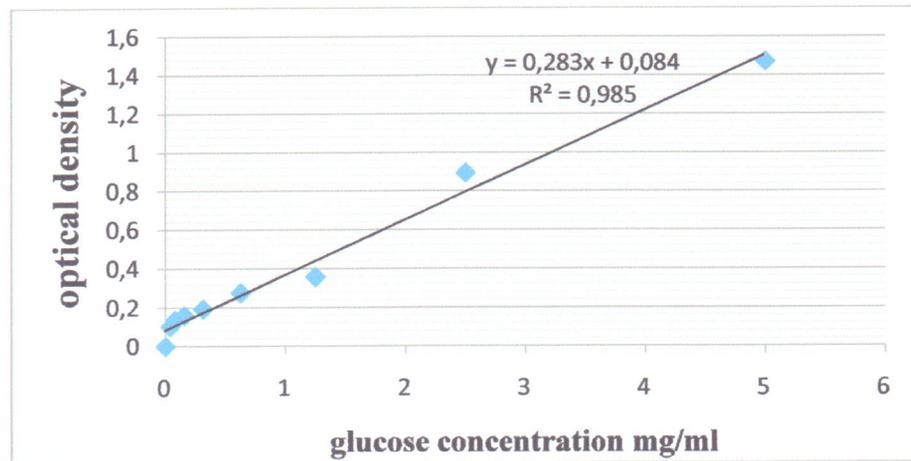


Figure : II.3. Courbe d'étalonnage de glucose

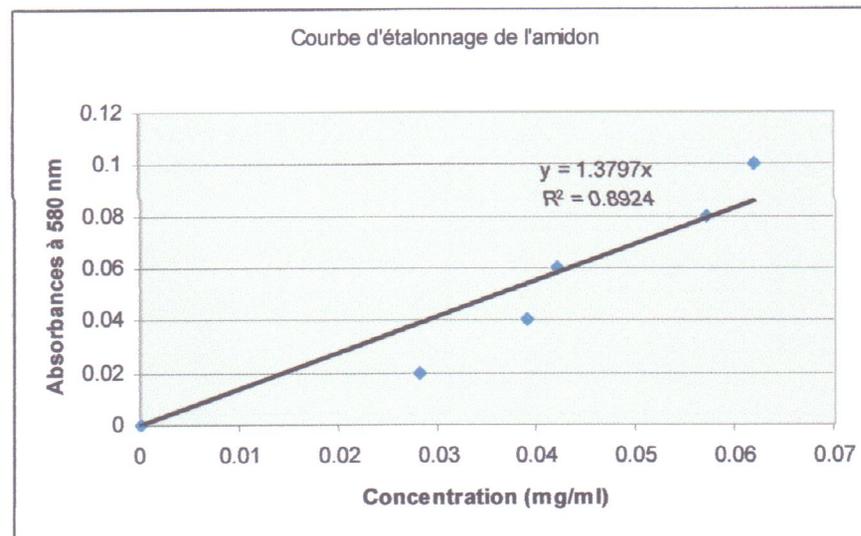


Figure II.4 : Courbe d'étalonnage de l'amidon g/l

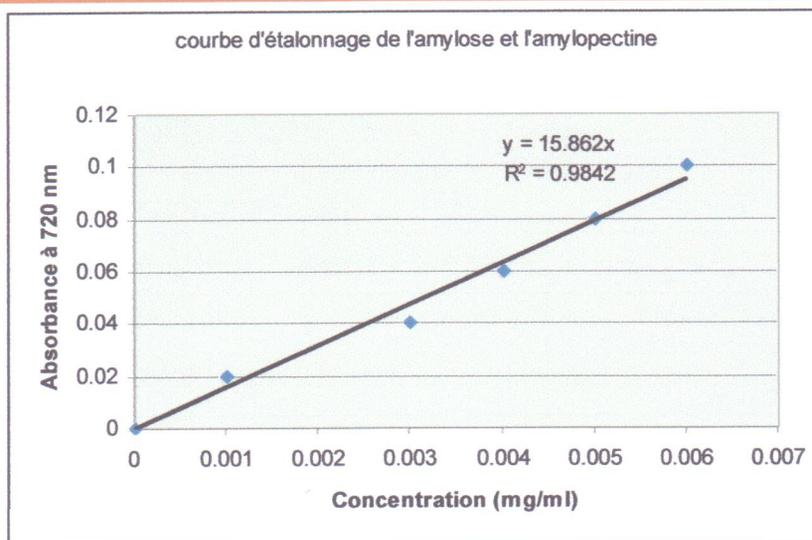


Figure II.5 : Courbe d'étalonnage de l'amylose et amylopectine

Annexe III : Les Figure

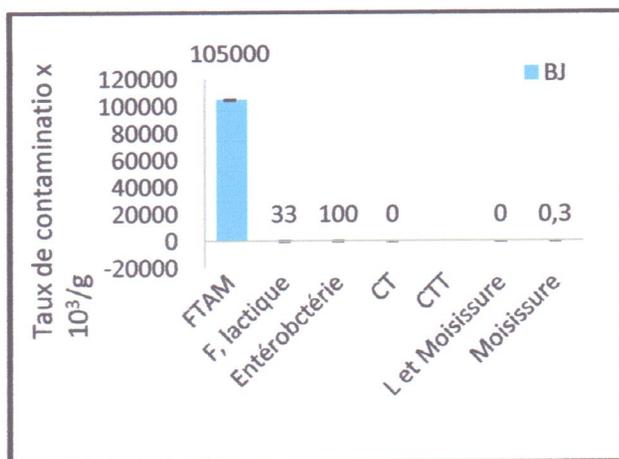


Figure 1 : Tout les flore B1.

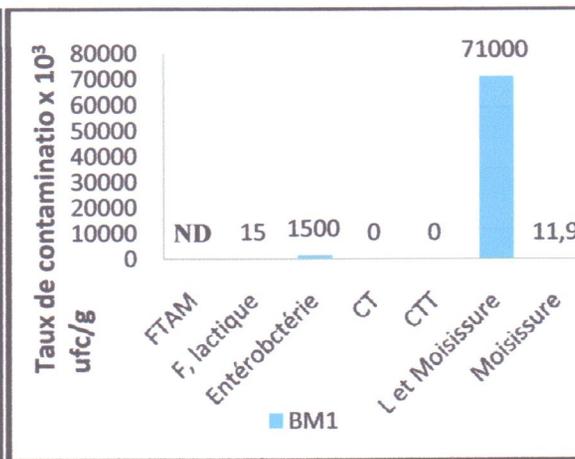


Figure 2 : Tout les flore BM1.

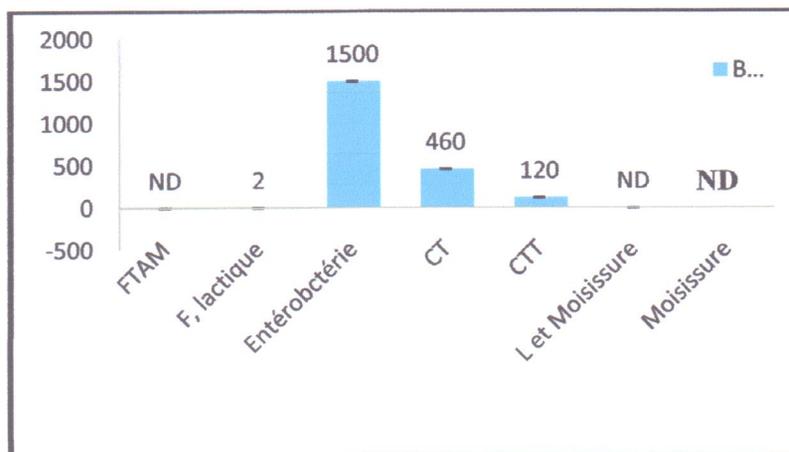
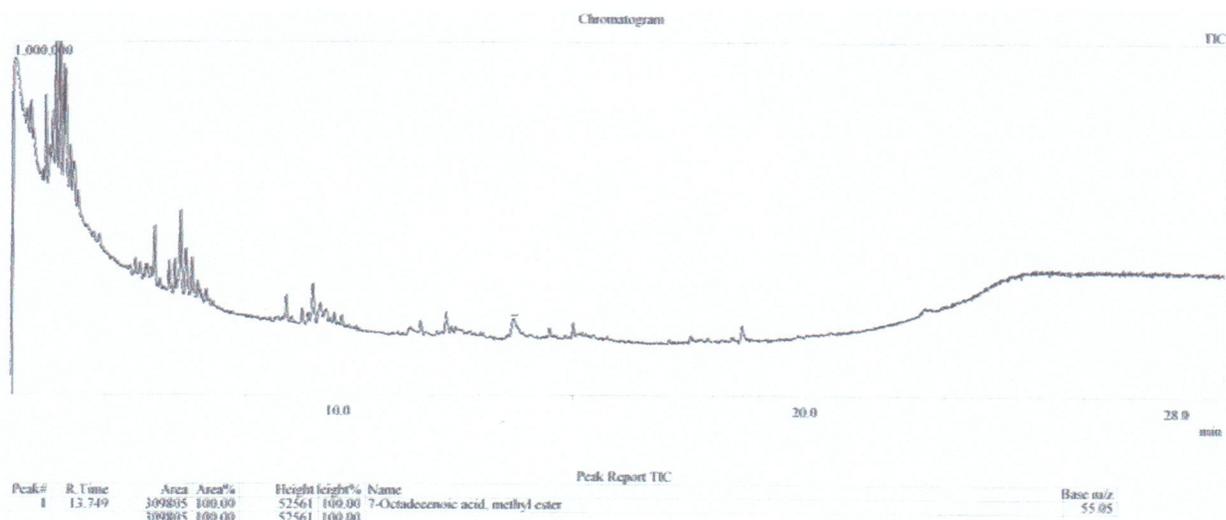
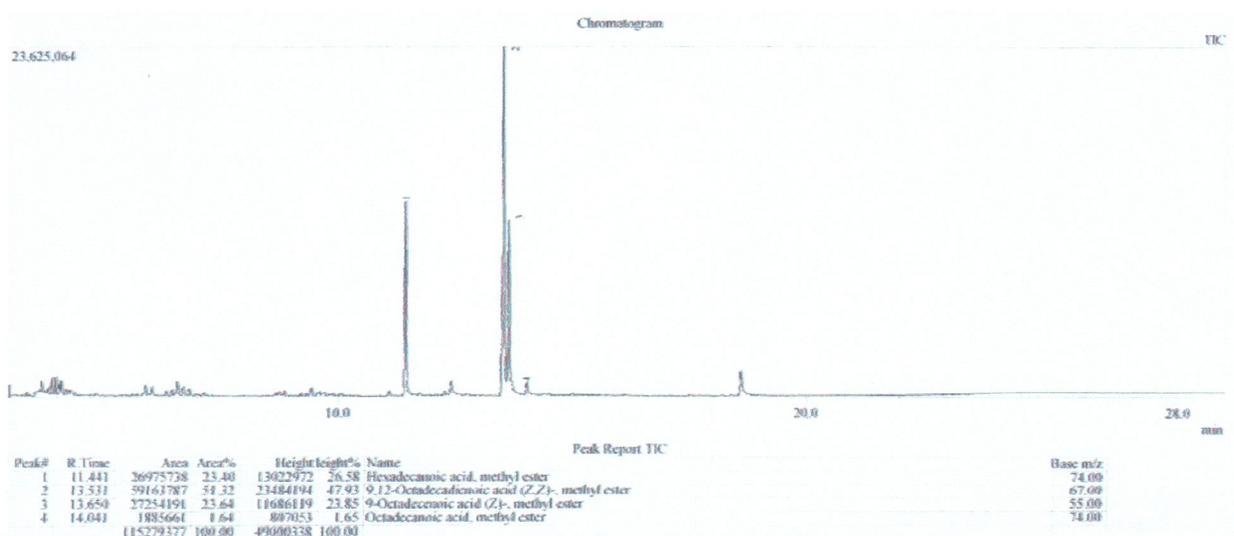


Figure 3 : Tout les Flore BM2

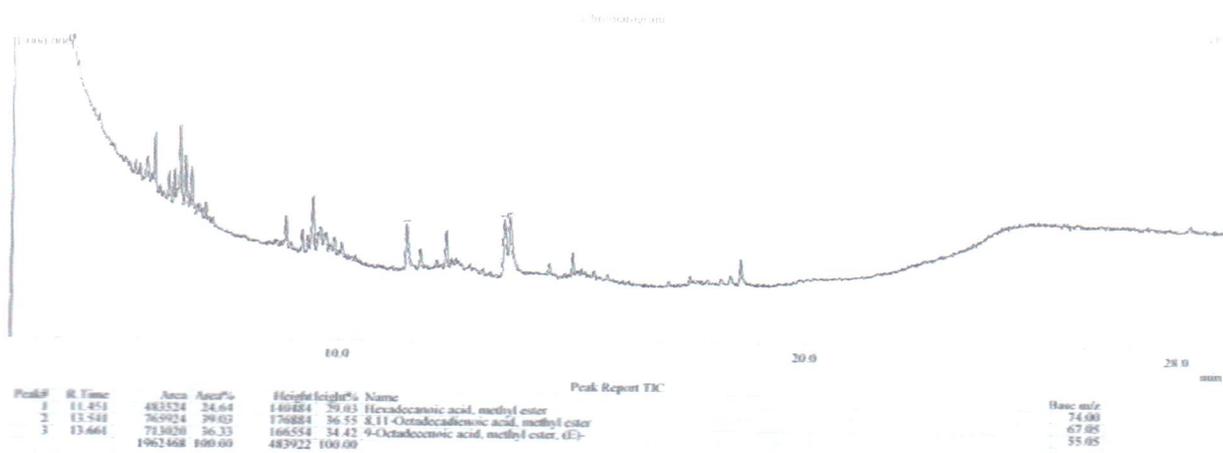
Annexe IV. Les chromatogramme



Annexe IV.1. Chromatogramme de blé fermenté codé BJ



Annexe IV.2. Chromatogramme de blé fermenté codé BM1.



Annexe IV.3. Chromatogramme de blé fermenté codé BM2

Annexe V : Les Photo



Figure III.1 : Les colonies des moisissure (BJ, BM1 et BM1).

Présenté par: Nasri Salah

Encadreur : D' Idoui. T

Date de soutenance : 03 /07/2013

La qualité de blé fermenté par la méthode traditionnelle

Nature du diplôme : Master II : Option Contrôle de Qualité des denrées alimentaire

Résumé

Notre étude a pour but d'évaluer la qualité physicochimique et microbiologique de trois échantillons de blé fermenté par la méthode traditionnelle de deux régions différentes. Les résultats obtenus ont montré une différence très importante de la qualité de ces trois échantillons. Il en ressort, de l'analyse physico-chimique que tous les échantillons sont riches en eau, protéines, sucres, composés phénoliques, et que leurs extraits possèdent une activité anti-oxydante assez importante. S'agissant de l'analyse microbiologique, le blé originaire de Jijel (BJ) représente une bonne qualité hygiénique. De plus, les farines obtenues de ces grains de blé présentent des bas pH ce qui est caractéristique du produit traditionnel (LEMZEIET).

Mots clés: Mots clé : Blé fermenté, Qualité, Activité antioxydante, Farine.

Abstract

Our study aims to evaluate the physicochemical and microbiological quality of three samples of wheat fermented by the traditional method of two different regions. The results showed a very significant difference in the quality of these three samples. This spring, the physico-chemical analysis, all samples are rich in water, proteins, sugars, phenolic compounds, and their extracts have a sizeable anti-oxidant activity. Regarding the microbiological analysis, wheat originating Jijel (BJ) is a good hygienic quality. In addition, the flour obtained from these grains of wheat have low pH which is characteristic of the traditional product (LEMZEIET).

Key words: Fermented Wheat ,Quality, Antioxidant Activity, Flour

ملخص

تهدف دراستنا لتقييم الجودة الفيزيوكيميائية والميكروبيولوجية للثلاث عينات من القمح المخمرة بواسطة الطريقة التقليدية في إقليمين مختلفين. أظهرت النتائج وجود فرق كبير جدا في جودة هذه العينات الثلاث ولقد استخلصنا من خلال التحاليل الفيزيائية والكيميائية، أنها غنية بالمياه، والبروتينات، والسكريات، والمركبات الفينولية، أما المستخلصات التابعة لها أظهرت نشاط مضاد للأكسدة. وفيما يتعلق بالتحليل الميكروبيولوجي فاعن قمع منطقة جيجل أظهر جودة صحية جيدة. بالإضافة الى ذلك فاعن الطحين المستخلص من هذه العينات أظهر انخفاض في pH وهذا ما يميز طبقا المزيث التقليدي.

الكلمات المفتاحية : القمح المخمر، النوعية، النشاط المضاد للأكسدة، طحين.

