

République Algérienne démocratique et populaire

Université Abdelhamid Ibn
Badis-Mostaganem
Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT DES SCIENCES ALIMENTAIRES

Mémoire de fin d'études

Présenté par

M. BEHIH Wahib

M. BENZIANE Abdelhaq

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN SCIENCES ALIMENTAIRES

Spécialité : Technologie agroalimentaire et contrôle de qualité

THEME

Qualités physicochimiques et nutritionnelles du blé fermenté type
« El Hamoum ». Aptitudes à la transformation en Couscous

Soutenue publiquement le 14/07/2022

DEVANT LE JURY :

Président	M.GHELAMALLAH Amine	MCA	U.Mostaganem
Encadreur	M. BENABDELMOUMENE Djilali	MCA	U.Mostaganem
Examineur	Mme. BENMAHDI Faiza	MCA	U.Mostaganem
Co encadreur	M. KELOUILI Abir	Doctorante	U.Mostaganem

Année universitaire : 2021-2022

Remerciement

C'est avec un réel plaisir que nous réservons ces lignes en signe de gratitude et de profonde reconnaissance à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation et à l'aboutissement de ce travail et toutes les personnes qui sont présentes autour de nous en ce moment

*Nous tenons à exprimer d'abord tout nous sincère remerciement et notre grand respect à Mr **BENABDELMOUMENE Djilali** pournous avoir encadré, orienté pour toute sa Patience et ses précieuxconseils qu'il nous a donnés.*

*Nous exprimons notre sincère gratitude à Mr **GHELAMALLAH Amine** et nous le remercions pour nous avoir fait l'honneur d'accepter deprésider le jury et d'ouvrir les portes de laboratoire à notre service.*

*Nos remerciements vont également à Mme. **BENMAHDI Faiza** pouraccepté d'examiner ce travail et bien voulue faire partie des membres du jury.*

*Nous adressons nos sincères remerciements à Mlle **KELOULI Abir** et l'ensemble du personnel du laboratoire de physiologie animale **Noureddine, Kamel** et **Nabil** pour leurs aides, soutiens et les bons moments passés qui ne pourront que rester inoubliables pour nous.*

Enfin, on tient à remercier l'ensemble des enseignants du département des sciences alimentaires qui ont participés à notre formation.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail, à tous ceux qui je porte dans mon cœur et à tous ceux qui sont chers à mes yeux...

A Mes chères parents que DIEU me les garde.

*A mes chers grands pères **Abd El Kader et Nebia***

*A mes frères : **Ali Mounir, Soumia et Aya***

*A toutes les familles : **Behih et Bengoua***

*A mon encadreur : **Benabdelmoumene Djilali***

*A mon binôme : **Abdelhaq***

*A tous mes amis de la promotion technologie agro-alimentaire et
contrôle de qualité*

A Tous ceux que j'ai oubliés de citer

Wahib

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail, à tous ceux qui je porte dans mon cœur et à tous ceux qui sont chers à mes yeux...

A Mes chères parents que DIEU me les garde.

*A mes frères et sœurs : **Mohamed, Afif,***

Hamza, Rachida et Naima

*A toutes les familles : **Benziane et Elwala***

*A mon encadreur : **Benabdelmoumene Djilali***

*A mes collègues : **Mohamed et Zakaria***

*A mon binôme : **Wahib***

A tous mes amis de la promotion technologie agro-alimentaire et contrôle de qualité

A Tous ceux que j'ai oubliés de citer

Abdelhaq

Liste des abréviations ;

BFH : blé fermenté hamoum

CBFH : couscous de blé fermenté hamoum

MS : matière sèche

MM : matière minérale

MO : matière organique.

G : gramme

MG : milligramme

µg: microgramme

EAG% : Equivalent en acide gallique

°C : degré Celsius

% : Pourcentage

BF : Blé Fermenté

DO: Densité optique

FCR: Réactif Folin-Ciocalteu

H₂O: Eau

µg EAG/ml : Microgramme d'équivalent acide gallique par millilitre

µg EQ/mg PS : Microgramme d'équivalent quercitrine par millilitre

AlCl₃ : Trichlorure d'aluminium

H: humidité

ANOVA : analyses de variance

NM : nano mètre

Liste des tableaux:

Tableau 01 : Différences entre blé tendre et blé dur

Tableau 02 : Classification par ordre décroissant des tamis utilisés pour chaque échantillon

Tableau 03: teneurs en eau de blé fermenté des wilayas de Tiaret, Relizane, Tissemsilt et Chlef

Tableau 04: teneurs en matière sèche de blé fermenté des wilayas de Tiaret, Relizane, Tissemsilt et Chlef

Tableau 05: teneurs en matière minérale de blé fermenté des wilayas de Tiaret, Relizane, Tissemsilt et Chlef

Tableau 06 : teneurs en matière organique de blé fermenté des wilayas de Tiaret, Relizane, Tissemsilt et Chlef

Tableau 07: teneurs en eau de couscous du blé fermenté des wilayas de Tiaret, Relizane, Tissemsilt et Chlef

Tableau 08: teneurs en matière sèche de couscous du blé fermenté des wilayas de Tiaret, Relizane, Tissemsilt et Chlef

Tableau 09: teneurs en matière minérale de couscous du blé fermenté des wilayas de Tiaret, Relizane, Tissemsilt et Chlef

Tableau 10: teneurs en matière organique de couscous du blé fermenté dès les wilayas de Tiaret, Relizane, Tissemsilt et Chlef

Liste des figures :

Figure 01 Anatomie schématique du grain de blé et les propositions relatives des principaux tissus de grain

Figure 02 (C) matmora de stockage le blé et (D) blé fermenté

Figure 03 Préparation artisanal du Couscous par la femme berbère

Figure 04 Représentation schématique des principales étapes contribuant à l'agglomération du couscous

Figure 05 plats du couscous

Figure 06 Structure chimique de base des polyphénols

Figure 07 Structure du squelette de base des flavonoïdes et leurs classes

Figure 08 Structure des deux types de tanins

Figure 09 Les ustensiles préparation traditionnelle de couscous Hammoum (

Figure 10 Modalité de cuisson du couscous Hammoum (Mokhtari, 2021)

Figure11:Composition en polyphénols totaux de blé fermenté des wilayas de Tired, Relizane, Tissemsilt et Chlef

Figure11:Composition en polyphénols totaux de blé fermenté des wilayas de Tired, Relizane, Tissemsilt et Chlef

Figure12: Composition en flavonoïdes totaux de blé fermenté des wilayas de Tired, Relizane, Tissemsilt et Chlef

Figure13: Composition en polyphénols totaux de couscous du blé fermenté des wilayas de Tired, Relizane, Tissemsilt et Chlef

Figure14: Composition en flavonoïdes totaux de couscous du blé fermenté des wilayas de Tired, Relizane, Tissemsilt et Chlef

Figure 15: la granulométrie de couscous fermenté des wilayas de Tired, Relizane, Tissemsilt et Chlef

Figure 16 : indice de gonflement du couscous des wilayas de Tiaret ,Tismssilt,Relizane et Chlef.

Figure 17: Appréciation de la couleur de couscous de blé fermenté des wilayas de Tiaret,Tisemssilet, Relizane et Chlef

Figure 17: Appréciation de la couleur de couscous de blé fermenté des wilayas de Tiaret,Tisemssilet, Relizane et Chlef

Résumé

L'objectif de notre étude est d'identifier l'influence des zones de récolte sur les qualités physicochimiques du blé fermenté (hamoum) et de sous-produit dérivé le couscous.

D'après nos résultats nous avons trouvés que la teneur en polyphénols du blé fermenté de la wilaya de Tiaret est plus important par rapport aux autres wilaya qui estimé à 5.78 mg EAG/ml ,Alors que le résultat de la wilaya de Chelf sont estimé par 1.93 mg EAG/ml

Les résultats révèlent la recharge du couscous fermenté de la wilaya de Tiaret en flavonoïdes avec une teneur estimée par 14.47 mg AQ/ml par rapport à la wilaya de chlef 6.45 mg EQ/ml

Mots clés: blé, hamoum, couscous, polyphénols, flavonoïdes

ملخص

الهدف من دراستنا هو تحديد تأثير مناطق الحصاد على الصفات الفيزيائية الكيميائية للقمح المخمر (الحموم) والمنتج الثانوي المشتق (الكسكس).

وفقًا لنتائجنا، وجدنا أن محتوى البوليفينول من القمح المخمر في ولاية تيارت أكثر أهمية مقارنة بالولايات الأخرى التي تقدر بنحو 5.78 مغ. في حين أن نتيجة ولاية الشلف تقدر بـ 1.93 مغ

تكشف النتائج عن غنى الكسكس المخمر في ولاية تيارت بالفلافونويد بمحتوى يقدر بـ 14.47 مغ مقارنة بولاية الشلف 6.45 مغ

الكلمات المفتاحية: القمح، الحموم، الكسكس، البوليفينول، الفلافونويد

Abstract

The objective of our study is to identify the influence of harvesting areas on the physicochemical qualities of fermented wheat (hamom) and by-product derived couscous.

According to our results we have found that the polyphenols content of fermented wheat of wilaya of Tiaret is more important compared to other wilaya which estimated at 5.78 mg EAG/ml, While the result of wilaya of Chelf are estimated by 1.93 mg EAG/ml

The results reveal the relapse of the fermented couscous of the wilaya of Tiaret in flavonoids with a content estimated by 14.47 mg AQ/ml compared to the wilaya of Chlef 6.45 mg EQ/ml

Key words: wheat, hamoum, couscous, polyphenols, flavonoids

Table des matières :

Remerciements	
Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Résumé	
Introduction	1

Partie bibliographique

Chapitre I: Blé

1. Généralités	4
2. Production du blé	4
2.1. Production mondiale	4
2.2. Production Algérienne	5
3. Consommation du blé en Algérie	5
4. Importation du blé en Algérie	5
5. Effets de changements climatiques sur la qualité du blé	6
A. Sécheresse.....	6
B. Stress hydrique.....	6
C. Stress thermique.....	7
6. Phylogénie	7
7. Exigences du blé	7
7.1. Température	8
7.2. Photopériode	8
7.3. Eau	8
7.4. Sol	8
7.5 Lumière	9
7.6. Potassium (K)	9
7.7. Fertilisations	9
8. Caractéristiques du blé dur et tendre	9
9. Structure physique du grain de blé	10
9.1 Enveloppe.....	11
9.2. Germe.....	11
9.3. Albumen ou amande	11
10. Composition biochimique des grains du blé	11
10.1. Amidon du blé	12
10.2. Protéine du blé	12
10.3. Lipides du grain	12
10.4 Pigments et Vitamines	12

10.5. Enzymes	13
10.6. Minéraux	13
10.7. Eau	13
11. Fermentation du blé	13
11.1 Fermentation	13
11.2. Blé fermenté	14
12. Impact de la fermentation sur les caractères biochimiques de blé	15
13. Action sur les principales substances	15
13.1. Dégradation des glucides	15
13.2. Dégradation des protéines	15
13.3. Dégradation des lipides	16

Chapitre II: Couscous

1. Historique	18
2. Définition	19
3. Semoule.....	19
3.1. Définition	19
3.2. Différents types de semoules.....	19
4. Fabrication traditionnelle de couscous	20
4.1. Ustensiles traditionnels utilisés pour préparer le couscous traditionnel	20
4.2 Hydratation.....	21
4.3 Malaxage et roulage.....	21
A. Nucléation.....	21
B. Mise en forme	22
C. Finition	22
4.4 Cuisson à la vapeur (pré-cuisson).....	23
4.5. Séchage	23
5 Préparation de plat de couscous	24
5.1 Réhydratation du couscous sec.....	24
5.2 Cuisson de couscous réhydraté.....	24

Chapitre III: Composés phénoliques

1. Historique.....	27
2. Définition	27
3. Principales classes des composés phénoliques.....	28
4. Structure chimique.....	28
5. Rôle des polyphénols	29
6. Classification des composés phénoliques	30
6.1. Acide phénolique	30
6.2 Flavonoïde.....	31
6.2.1 Classification des flavonoïdes	32
6.2.2. Activités biologiques des flavonoïdes	32

6.3 Tanins.....	32
7. Mode d'action des polyphénols	33
7.1. Activité antioxydant	33
7.2. Activité antimicrobienne.....	33

Partie Expérimentale

Chapitre I: Méthodologie

1. Objectif général	36
2. Matériel	36
2.1. Fabrication de couscous noir à base de blé fermenté	36
3. Analyse physico-chimique.....	37
3.1. Détermination du taux d'humidité.....	37
3.2. Détermination de la teneur en matière sèche	37
3.3. Détermination de la teneur en matière minérale.....	38
4. Evaluation de la teneur en polyphénols totaux.....	39
4.1. Extraction des polyphénols totaux.....	39
4.2. Evaluation des polyphénols totaux	39
5. Evaluation des flavonoïdes totaux	40
6. Analyses technologiques de couscous	40
6.1. Granulométrie.....	40
6.2. Indice de gonflement	41
6.3. Colorimétrie	41

Chapitre II: Résultats et discussion

1. Blé fermenté	43
1.1. Composition en polyphénols	43
1.2. Composition en flavonoïdes.....	44
1.3. Teneur en eau	46
1.4. Matière sèche.....	47
1.5. Matière minérale.....	48
1.6. Matière organique.....	49
2. Couscous	49
2.1. Composition en polyphénols	49
2.2. Composition en flavonoïdes.....	51
2.3. Teneur en eau	53
2.4. Matière sèche.....	54
2.5. Matière minérale.....	55
2.6. Matière organique.....	56
3. Analyses technologiques	56
3.1. Granulométrie.....	56
3.2. Gonflement.....	58

3.3. Couleur.....	59
3.4. Protéine	60
Conclusion	63
Références bibliographiques.....	65
Annexes	72

Introduction générale

Introduction générale

La fermentation fait généralement référence à la conversion chimique des glucides tels que les amidons ou les sucres dans les aliments par des bactéries bénéfiques, des levures ou d'autres micro-organismes en alcools et acides. Le processus naturel est une pierre angulaire de la civilisation humaine depuis des millénaires et a contribué à produire certains des aliments les plus savoureux et les plus digestes de nos garde-manger (**Eatcultured**, 2018).

Les céréales fermentées telles que l'orge, le blé et l'épeautre sous forme de grains entiers ou de farine sont une alternative plus saine aux options non fermentées (**Eatcultured**, 2018).

Au fur et à mesure que les grains sont fermentés, une grande partie de l'acide phytique est neutralisée dans le cadre des réactions chimiques dans les aliments qui ont lieu par l'action des microbes. Cet acide est la principale forme de stockage du phosphore dans de nombreuses plantes et également un déclencheur clé pour les personnes sensibles au gluten (**Eatcultured**, 2018).

De même, les vitamines et protéines essentielles enfermées dans le grain deviennent plus biodisponibles grâce au processus de fermentation. Les microbes naturels, à savoir les lactobacilles et les levures, transforment les glucides des grains moulus en acide lactique et en dioxyde de carbone, ce qui fait lever le pain. (**Eatcultured**, 2018)

Les aliments traditionnels constituent un héritage transmis par voie de succession ainsi qu'un patrimoine bien commun d'un groupe humain. En Algérie, la préservation de notre patrimoine gastronomique est devenue une nécessité, car nous avons besoin de plus d'identité dans notre alimentation. D'autre part, les aliments traditionnels jouent un rôle important dans le régime alimentaire des Algériens. Ces produits nécessitent une protection et une valorisation pour empêcher aussi leur disparition. La plupart de ces produits n'ont pas été promus comme des produits spécifiques, ayant une qualité et une origine. "El-Hamoum" est un produit fermenté où la fermentation était traditionnellement effectuée dans des silos souterrains dénommés "Matmora". Il est riche en polyphénols, en fibres et en minéraux...etc (**Mokhtari**, 2020),

Ce blé est caractérisé par une variété de saveurs, de textures et d'arômes particuliers très convoités par les consommateurs des régions spécifiques. Le blé fermenté est alors découvert et entré dans les habitudes alimentaires des Algériens pour la fabrication de couscous «El mechroub » ou encore « El Hammoum» (**Mokhtari**, 2020).

Introduction générale

Le couscous reste le plat préféré des familles algériennes lors de différentes occasions telles que les week-ends (surtout le vendredi), les mariages, les circoncisions, les fêtes religieuses (Eid al-Fitr, Eid al-Adha, etc.), les réunions de famille, les invitations et les funérailles (**Chemache et al.**, 2018)

En raison de l'importance des produits à base de céréales, plusieurs études ont montré que les végétaux produisent des métabolites secondaires, dont toutes les fonctions n'ont pas encore été identifiées, qui sont fondamentaux, notamment pour l'adaptation des plantes aux environnements. Comme les composés phénoliques, chez les végétaux sont impliqués dans le mécanisme de résistance aux stress biotiques et abiotiques et à cause de leurs effets bénéfiques, des études récentes ont suggéré l'implication de ces composés dans la prévention et lutte contre certaines maladies, beaucoup de connaissances d'un point de vue scientifique de telle une augmentation en effet les variations des conditions de culture comme le doublement des teneurs en flavonoïdes (**Kassah et al.**, 2015)

L'objectif de notre étude est de mettre en évidence la richesse du blé fermenté type «Hamoum» en composés phénoliques et d'évaluer l'effet d'aptitude de ce blé pour la transformation en couscous.

Partie bibliographique

Chapitre I: Blé

1. Généralités

Depuis longtemps, les céréales, notamment le blé est devenu un produit de première nécessité à l'échelle mondiale. Son importance dépasse le rôle traditionnel considéré comme aliment (**Ammar**, 2015), appartient à la famille des Poacées. Parmi eux on retrouve les: le blé, l'orge, l'avoine, le seigle, le maïs, le riz, le millet, le sorgho. Ce sont des espèces généralement cultivées pour leur grain, dont l'albumen amylicé, réduit en farine, est consommable par l'homme ou par les animaux domestiques.

De nos jours, les céréales en général, le blé (dur et tendre) en particulier constituent la principale base du régime alimentaire pour les consommateurs algériens. Il présente, un rôle social, économique et politique dans la plupart des pays dans le monde (**Ammar**, 2015).

Leur utilisation est très différée principalement en semoulerie et en meunerie, pour produire la semoule à partir du blé dur et la farine à partir du blé tendre (**Djelti**, 2014), et aussi le blé utilisé depuis plusieurs années comme matière première pour la fabrication de biocarburants.

Le blé est en effet la seule céréale donnant une farine panifiable grâce à la nature unique de ces protéines de réserve qui permettent la formation du réseau de gluten (**Lesage**, 2011). Si le gluten est consommé quotidiennement par des millions d'individus depuis des millénaires et reconnu depuis longtemps pour ses qualités viscoélastiques essentielles à la panification, il est aujourd'hui associé à plusieurs problèmes de santé : maladie cœliaque, allergie au blé, hypersensibilité non cœliaque au gluten (**FFAS**, 2016).

2. Production du blé

2.1. Production mondiale

Les prévisions de FAO concernant la production des céréales en 2021 ont été abaissées de 29.3 millions de tonnes depuis le précédent rapport datant de juillet et s'établissent à présent à 2788 millions de tonnes. Malgré ce recul ; la production mondiale de céréales devrait tout de même progresser de 0.7 pour cent (18.7 millions de tonnes) par rapport à celle de 2020 (**FAO**, 2021) la production mondiale de blé en 2021 a été abaissée de 1 million de tonnes et s'établit maintenant à 784,7 millions de

tonnes, mais reste encore en hausse de 1,2 pour cent en glissement annuel (FAO, 2021) .

2.2. Production algérienne

En Algérie, en 2018, la production céréalière était estimée à 41,2 millions de tonnes pour une superficie de 3 385 560 ha, selon les services statistiques de la direction des services agricoles algériens. Par l'importance des superficies occupées et par son rôle dans la sécurité alimentaire du pays, la céréaliculture occupe une place prépondérante dans la production agricole de l'Algérie. Parmi les agents biotiques qui limitent la production céréalière, les nématodes à kystes du genre *Heterodera* provoquent des pertes considérables et représentent une contrainte majeure à l'intensification de la production de céréales (Fatih et al., 2019).

3. Consommation du blé en Algérie

Chaque année, environ 3,3 millions d'hectares sont consacrés à des cultures céréalières dont environ 1,5 million d'hectares sont plantés de blé dur, 600 000 hectares de blé tendre, la récolte de céréales a atteint 4 MT dont le blé panifié représentait 1% de la production totale. Le blé était le produit de consommation de base, les habitants des pays magrébins sont les plus gros consommateurs de cette denrée au monde notamment l'Algérie avec près de 600 grammes par personne et par jour. Cette consommation de blé a légèrement augmenté ces dernières années en raison de l'urbanisation accrue, de la croissance de la population et de l'augmentation de la capacité de broyage, mais devrait rester plus ou moins stagnante. Selon (FAO, 2014) l'Algérie est classée en quatrième position au niveau Africaines et à la dix-septième position aux niveaux mondiaux avec une production du blé de 2.4 millions de tonnes, colletée est constituée en moyenne de blé dur 58,7%, blé tendre 33% (Zettal, 2017).

4. Importation du blé en Algérie

Sur le marché mondial, l'Algérie demeure toujours parmi les grands importateurs de céréales (en particulier le blé dur et le blé tendre) du fait de la faible capacité de la filière nationale à satisfaire les besoins de consommation croissants de la population. L'Algérie a importé de 6 à 7 Mt par an de blé total au cours des cinq dernières années, le blé tendre représentait environ 80 pour cent du blé total importés en 2015, tandis

que les importations de blé dur représentaient seulement 20 pour cent, car elle est produite moins de blé tendre que de blé dur et que la production domestique est encore principalement axée sur le temps et ne répond pas encore à la demande malgré l'augmentation des rendements due à la stratégie agricole. La France reste le principal fournisseur de blé en Algérie représentant 54 pour cent des importations en 2015 principalement en blé tendre. Et elle est importe le blé dur du Canada, du Mexique et des États-Unis. (Zettal,2017).

5. Effets dechangements climatiques sur la qualité du blé

A. Sécheresse

En agriculture la sécheresse commence à avoir des impacts très négatifs sur la production agricole dans la région méditerranéenne. La sécheresse se traduit par une absence prolongée avec une faible distribution des précipitations, en relation avec une valeur dite normale il faut noter que les céréales sont confrontées à plusieurs types de sécheresse qui les affectent au cours de leur cycle de développement, ils agissent de : la sécheresse au début de cycle végétatif et qui affecte l'installation de la culture ; la sécheresse du milieu de cycle végétatif et qui affecte principalement la fertilité des organes reproducteurs de la plante. Chapitre I partie bibliographique 13 la sécheresse de fin de cycle végétatif qui affecte la formation et le remplissage du grain. La sécheresse est à l'origine du stress hydrique et thermique. (Alismail *et al.*, 2017) .

B. Stress hydrique

Le stress hydrique peut se définir comme le rapport entre la quantité d'eau nécessaire à la croissance de la plante et la quantité d'eau disponible dans son environnement, sachant que la réserve d'eau utile pour la plante est la quantité d'eau du sol accessible par son système racinaire. La demande en eau de la plante est quant à elle déterminée par le niveau de transpiration ou évapotranspiration, ce qui inclut les pertes d'eau tant au niveau des feuilles qu'au niveau du sol. Lorsque la quantité d'eau captée par la plante est inférieure à la quantité d'eau perdue par évapotranspiration, un déficit hydrique apparaît. Les effets de ce déficit dépendent de l'âge, de l'organe considéré, de l'intensité et de la durée du stress. Globalement et pour l'ensemble des plantes, le déficit hydrique engendre une diminution voire un arrêt de la croissance un flétrissement des parties aériennes et, si le stress est trop intense ou trop long, la mort

de la plante. Toutes les plantes ne présentent pas les mêmes stratégies face au stress. (Y Despinasse., 2015) Le déficit hydrique s'installe dans la plante quand l'absorption ne satisfait pas la transpiration de cette dernière. Une partie des processus physiologiques commence à être affectée. Il provoque la mise en place d'un état de régulation hydrique de la plante qui se manifeste par la fermeture stomatique et par une régulation du potentiel osmotique. Cependant que cette fermeture de stomate qui constitue un moyen de résistance a comme conséquence, une réduction des échanges gazeux qui se traduisent par une réduction de la production chez la culture (Alismail *et al.*, 2017).

C. Stress thermique

La sensibilité des plantes aux températures extrêmes est très variable, certaines sont exterminées ou affaiblies par des baisses modérées de températures, alors que d'autres parfaitement, acclimatées sont capables de suivre au gel (des dizaines de C° en dessous de zéro), le stress provoqué par des températures élevées induit la synthèse d'un groupe de protéines particulières. (Douaer *et al.*, 2018).

6. Phylogénie

Les différentes espèces de blé ont été générées par des événements successifs de polyploïdisation intervenant après des croisements interspécifiques entre toute espèce ancestrale diploïde, le premier événement impliquant *Triticum urartu* de génome AA et *Aegilops speltoides* de génome BB ; a eu lieu il ya environ 500 000 ans et a conduit à l'apparition du blé dur tétraploïde AABB : *Triticum turgidum* (ou blé à pâtes).

Le deuxième événement de polyploïdisation a eu lieu au cours de la domestication il y a environ 9000-12 000 ans entre le blé dur cultivé (tétraploïde) et un autre blé diploïde de génome DD (*Aegilops tauschii*) et a donné *Triticum aestivum* le blé tendre panifiable actuel, possédant un génome hexaploïde AABBDD (Lesage, 2011).

7. Exigences du blé

Le blé dur il a des besoins élevés en ensoleillement, une faible résistance au froid et à l'humidité, et à une sensibilité à certaines maladies cryptogamiques.

7.1 Température

La germination commence dès que la température dépasse 0°C, avec une température optimale de croissance située entre 15 à 22°C. Les exigences globales en température sont assez importantes et varient entre 1800 et 2400 °C selon les variétés. De même la température agit sur la vitesse de croissance, elle ne modifie pas les potentialités génétiques de croissance ; c'est la somme de température qui agit dans l'expression de ces potentialités. Chaque stade de développement du blé nécessite des températures particulières. (OE Ondo, 2014) .

7.2 Photopériode

Le rayonnement solaire et la durée du jour consolident l'effet positif de la température sur le rendement quand elle n'est pas très élevée et accentue son effet négatif dans le cas contraire. La photopériode affecte aussi la durée de chacune des périodes de développement citées. Les variétés du blé diffèrent quant à leur sensibilité à la photopériode (Kalarasse, 2018).

7.3 Eau

De plus, l'eau est un facteur limitant de la croissance du blé. Ce dernier exige l'humidité permanente durant tout le cycle de développement. Les besoins en eau sont estimés à environ 800 mm. En zone aride, les besoins sont plus élevés au vu des conditions climatiques défavorables c'est de la phase épi 1 Cm à la floraison que les besoins en eau sont les plus importants. La période critique en eau se situe 20 jours avant l'épiaison jusqu'à 30 à 35 jours après la floraison. (OE Ondo, 2014).

7.4 Sol

Les sols qui conviennent le mieux au blé sont des sols drainés et profonds. Des sols limoneux, argilocalcaires, argilosiliceux et avec des éléments fins. Du point de vue caractéristique climatique, les blés durs sont sensibles au calcaire et à la salinité ; un pH de 6,5 à 7,5 semble indiqué puisqu'il favorise l'assimilation de l'azote (OE Ondo., 2014).

7.5 Lumière

La lumière est le facteur qui agit directement sur le bon fonctionnement de la photosynthèse et le comportement de blé. Un bon tallage et garantie, si le blé est placé dans les conditions optimales d'éclaircements (**Siouda et Benkhelifa, 2016**).

7.6 Potassium(K)

Il régule les fonctions vitales de la croissance végétale. - Il est nécessaire à l'efficacité de la fumure azotée. - Il permet une économie d'eau dans les tissus de la plante. - Il assure une meilleure résistance contre la verse et contre les maladies (**Gouasmi, 2017**).

7.7 Fertilisations

Les cultures annuelles telles que le blé craignent la carence en phosphore (P) et en potassium (K) et en azote quand elles sont jeunes, car leurs racines n'exploitent qu'une faible partie du sol. La fertilisation azotephosphorique est très importante dans les régions sahariennes dont les sols sont squelettiques, elle sera en fonction des potentialités des variétés, le fractionnement de l'azote est une nécessité du fait de la grande mobilité de cet élément (**Ouanzar, 2012**).

8. Caractéristiques du blé dur et tendre

Le blé tendre et le blé dur se différencient au niveau de la forme, l'aspect de la plante, leurs utilisations, etc., les différences qui existent entre un blé tendre et un blé dur sont résumées dans le tableau (Tableau 01).

Tableau 01 : Différences entre blé tendre et blé dur (Aidani, 2015).

Caractères	Blé tendre	Blé dur
Aspect génétique	3 génomes A,B et D $2n = 42 = 3 \times (2 \times 7)$	2 génomes A et B $2n = 28 = 2 \times (2 \times 7)$
Prédominance	• De l'amidon	• Des protéines
Aspect de la plante	• Feuilles très étroites • Maturation rapide	• Feuilles larges • Maturation très longue • Moisson tardive exigeante du point de vue sol et climat.
Forme	• Texture opaque • Structure de l'amande farineuse	• Texture vitreuse
Utilisation	• Obtention de la farine utilisée dans la fabrication du pain et des biscuits.	• Obtention de la semoule à partir de laquelle on fabrique de la galette, du couscous et des pâtes alimentaires.

9. Structure physique du grain de blé

Le grain de blé (Figure 01) est un fruit sec indéhiscent (caryopse) constitué d'une unique graine intimement soudée à l'enveloppe qui la contient. De la surface externe vers le centre du grain, on distingue l'enveloppe du fruit ou péricarpe, puis l'enveloppe de la graine, ou testa, et enfin à l'intérieur de la graine, l'épiderme du nucelle, l'albumen et le germe (Barron *et al.*, 2012).

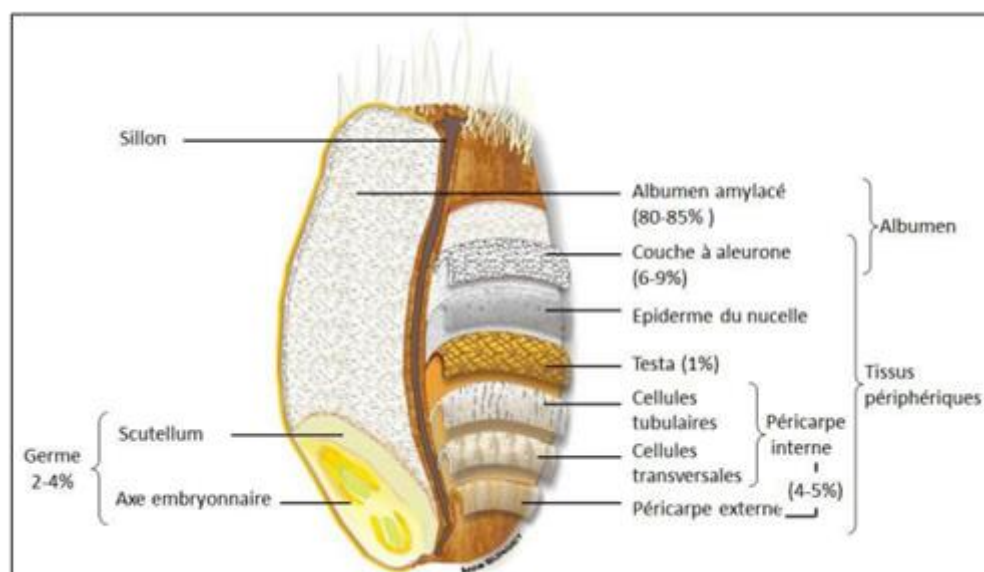


Figure01 : Anatomie schématique du grain de blé et les propositions relatives des principaux tissus de grain (Barron *et al.*, 2012).

9.1 Enveloppe

Représentent 13 à 17% de la graine, ils la protègent et donnent le son après leur transformation meunière. Les enveloppes sont constituées de quatre tissus: le péricarpe externe, le péricarpe interne, le test et la couche nucellaire ou bande hyaline, qui correspond à l'épiderme du nucelle (**Barron et al.**, 2012).

9.2 Germe

Il se compose de deux parties : (1) l'embryon, riche en protéines, lipides et sucres, et (2) le scutellum qui constitue une zone d'échange et de contact entre le germe proprement dit et l'organe de réserve qu'il va progressivement dégrader pour nourrir le germe.

Le germe est riche en lipides et contient des vitamines B et des minéraux (**Barron et al.**, 2012).

9.3 Albumen ou amande

Il représente 83 à 85% du poids du grain. L'albumen appelé aussi « endosperme » est une amande farineuse constituée de granules d'amidon encastrés dans le réseau glutineux. L'albumen est constitué d'albumen amylicé et de couche à aleurone, alors que les tissus périphériques contiennent la majeure partie des fibres et minéraux (**Barron et al.**, 2012).

10. Composition biochimique des grains du blé

Rapportent que, les grains de blé sont principalement constitués de glucides (65-75% amidon et fibres), protéines (7-12%), mais contiennent aussi des lipides (2- 6%) et des micronutriments. Ils sont ainsi une bonne source de minéraux (et plus spécifiquement de magnésium), de vitamines du groupe B et contiennent des molécules ayant des activités d'intérêt (vitamine E, composés antioxydants, phytoestrogènes) (**Barron et al.**2012). Ces constituants se répartissent de manière inégale au sein des différentes fractions histologiques du grain (**Lesage**, 2011).

10.1 Amidon du blé

Le grain de blé est principalement constitué d'amidon environ 70% de la matière sèche (MS). L'amidon est constitué d'amylose et d'amylopectine dans des proportions variables selon les céréales. L'amylose constitue 28% de l'amidon sous forme de chaînes linéaires d'unités de α -D-glucopyranosyl liées en 1→4. L'amylopectine représente 72% de l'amidon du blé, c'est un polysaccharide composé de nombreuses chaînes de 1→4 α -glucan reliées entre elles en 1→6. Le granule d'amidon présente un aspect semi-cristallin dû à la conformation moléculaire de l'amylopectine (Lesage, 2011).

10.2 Protéine du blé

Dans le grain de blé, elles sont essentiellement localisées dans l'albumen et dans la couche à aleurone. La couche à aleurone est constituée de 30 à 35% de protéines. De même, le germe en comporte 35 à 40% alors que le péricarpe, tout comme le centre de l'albumen ne contiennent que 6 à 9% de protéines seulement. 70 à 80% des protéines se trouvent dans l'albumen (Zahid, 2010). Leur teneur est susceptible de varier de 8 à 20%, selon la variété, les facteurs climatiques et agronomiques et de la maturation du grain.

10.3 Lipides du grain

Le grain de blé contient environ 2,7% de lipides, qui se trouvent essentiellement dans l'albumen (environ 60%), dans la couche à aleurone (24%) et dans le germe (13%). Les lipides se trouvent aussi bien à l'état «libre» que «lié» aux composants de l'amidon. (Ouzouline *et al.* 2009) révèlent que les grains de blé dur sont plus riches en acides gras totaux et présentent une teneur plus importante en acide oléique (19 à 21%).

10.4 Pigments et Vitamines

Se concentrent surtout dans le péricarpe et le germe à des teneurs très faibles. Les grains de blé contiennent principalement trois vitamines, la vitamine B1, B2 et B3, d'autres vitamines sont aussi présentes, mais avec une faible teneur (Djelti, 2014).

10.5 Enzymes

Elles sont présentes en faible quantité dans le grain, les plus importantes, selon (Zettal, 2017) sont :

- Les protéases: trouvées en quantité relativement faible, dont l'une d'elles coupe les chaînes polypeptidiques en leur milieu avec une production de molécules de masses encore faibles.
- Les amylases:hydrolases capables de dégrader spécifiquement les liaisons glucosidiques de l'amidon (amylose et amylopectine) qui vont être utilisées par les levures durant le processus de la fermentation panair.
- La lipase:son activité se concentre dans la couche à aleurone et augmente au cours de la germination. Dans la farine, elle croît avec le taux d'extraction puisqu'elle augmente la production d'acides gras insaturés lors de la mouture et la conservation.

10.6 Minéraux

Ils sont présents dans le grain en faible quantité à raison de 2 à 3% de la matière fraîche du grain. Les principaux minéraux sont le potassium, le magnésium, le cuivre souvent associés à des sels, notamment, des phosphates, des chlorures ou des sulfates (Saulnier, 2012).

10.7 Eau

Il représente 8 à 9% avec une valeur moyenne de 14%. Du point de vue physique et chimique, son action de solvant favorise les réactions enzymatiques et les attaques microbiennes lorsque sa teneur dans le gain dépasse un certain seuil (Djelti, 2010).

11. Fermentation du blé

11.1 Fermentation

La fermentation est considérée comme l'un des procédés le plus ancien et le plus économique pour la conservation des aliments, particulièrement dans les pays tropicaux où les fortes températures combinées aux niveaux élevés d'humidité favorisent la fermentation spontanée. Il peut y avoir une ou plusieurs étapes de

fermentation allant de quelques heures à plusieurs mois selon l'aliment (**Prückler et al.**,2015).

11. 2 Blés fermentés

Les aliments fermentés traditionnels représentent environ un tiers de la nourriture dans le monde. En Algérie, le blé fermenté traditionnel appelé Hamoum , une denrée alimentaire ancestrale consommée sous forme de couscous. Ce blé est obtenu après une fermentation naturelle dans un grenier souterrain appelé Matmora (**Ben Mehel et al.**, 2019).

Dans « el Matmora », (figure 02) la fermentation du blé est un phénomène naturel causé par les conditions de stockage, notamment par l'humidité suite aux fortes pluies qui favorisent l'infiltration de l'eau dans les parois d'« el Marmora », l'augmentation progressive de la température en raison de la fermentation du blé et la faible présence d'air. Les phénomènes de fermentation d'origine microbienne peuvent durer plusieurs années (\leq neuf années). Le goût du blé fermenté est entré dans les habitudes alimentaires pour la fabrication de pain de blé fermenté ou de couscous « lemzeiet », « elmechroub » ou encore « Hamoum » (**Mokhtari**, 2012). Ce blé est caractérisé par une variété de saveurs, de textures et d'arômes particuliers très convoités par les consommateurs des régions spécifiques (**Bekhouche et al.**, 2013).

Le « Hamoum » est un produit alimentaire riche en flores bénéfiques. Sa microflore a été analysée afin d'apprécier sa qualité microbiologique en termes de microorganismes bénéfiques et de potentiel pathogène (**Drabo et al.**, 2019).



Figure 02:(C)matmora de stockage le blé et (D) blé fermentés (**Mokhtari**, 2021)

12. Impact de la fermentation sur les caractères biochimiques de blé

Pendant le stockage de blé, de nombreux changements biochimiques peuvent modifier ou abaisser la valeur nutritionnelle du produit stocké en changeant les glucides, les protéines, les lipides et les vitamines (Udayakumar, 2009).

13. Action sur les principales substances

13.1 Dégradation des glucides

Les microorganismes fermenteurs sont capables de dégrader les polymères glucidiques digestibles, y compris l'amidon et différent type de fibres, en mono et oligosaccharides (Mehta *et al.*, 2012).

La dégradation de la cellulose est assez rare et se limite à quelques moisissures et bactéries. L'amidon est hydrolysé par l'action d'amylases présente dans les grains et l'amylase fongique et quelques bactéries et levures, cette dégradation fait intervenir des types d'enzymes selon l'espèce : L'alpha-amylase a une action endomoléculaire conduisant à la formation de maltose et d'une petite quantité de maltodextrine (Bacillus, nombreuses moisissures, quelques Levures), gluco-amylase qui libère des unités glucose à partir des extrémités non réductrices des polymères (moisissures, levures et des bactéries) et la β -amylase qui a une action de type exomoléculaire donnant du maltose et des dextrines (Bacillus, levures et bactéries).

13.2 Dégradation des protéines

Les levures et bactéries fermentatives utilisent leurs activités enzymatiques en plus des enzymes endogènes disponibles pour induire plusieurs changements dans les matières premières céréalières fermentées. Le changement dans la fermentation du levain induit par le pH peut catalyser l'action de certaines enzymes comme les protéases céréalières dégradant la prolamine endogène et améliorer l'hydrolyse des gliadines, gluténines, glutamines, globulines. Les diverses activités protéolytiques par fermentation hydrolysent les protéines pour produire des acides aminés libres, qui agissent comme précurseurs de saveur, tandis que la fermentation bactérienne augmente les teneurs en acides aminés libres dans la pâte, les levures consomment des acides aminés libres pour leur propre métabolisme (Mehta *et al.*, 2012).

13.3 Dégradation des lipides

Les lipides des grains et notamment les triglycérides sont hydrolysés en glycérol et acides gras, grâce à des enzymes exo ou endocellulaires appelées lipases, que l'on rencontre chez les moisissures (*Rhizopus*, *Aspergillus*, *Geotrichum*, *Penicillium*), des levures (*Candida*, *Pichia*) et certaines bactéries (*Bacillus*). Les acides gras sont dégradés chez les microorganismes aérobies et Synthèse bibliographique 17 aéroanaérobies par la β -oxydation (Guiraud, 2003). L'évolution de l'acidité grasse est l'une des manifestations les plus sensibles des modifications biochimiques que subit le blé au cours du stockage (**Feillet**, 2000).

Chapitre II: Couscous

1. Historique

Le couscous est d'origine Numidienne (la population berbère de Numidie) plate de petites boules de semoule de blé dur écrasé cuites à la vapeur traditionnellement servies avec un ragoût à la cuillère dessus. Cependant, il y a peu de publications scientifiques qui ont rendu compte de ce produit alimentaire ethnique des pays du Maghreb ou Monde berbère (Afrique du Nord) (**Chemache et al.**, 2018).

L'étymologie du mot couscous, connu dans le monde entier, peut être dérivée de l'arabe mot *Kaskasa*, signifiant "piler petit" qui viendrait aussi au son de sa préparation lorsque les grains sont tamisés, donnant lieu au bruit qui fait des «keskes» ou aussi du Seksu berbère, qui signifie "bien roulé" ou "bien formé". Cela aurait en outre donné le nom au plat cuit ainsi qu'à l'ustensile dans lequel les grains cuits à la vapeur sont cuits sur une marmite (Borma) sur laquelle il s'ajuste: le tout forme le couscoussier (**Chemache et al.**, 2018).

Un couscoussier est un cuiseur vapeur traditionnel à deux chambres utilisées par les Nord-Africains cuisines berbère et arabe, et maintenant dans le monde entier, pour cuisiner du couscous. La marmite vapeur est appelée en couscoussier français, Taseksut en berbère et Kaskas en arabe. (**Chemache et al.** ; 2018).

Concernant l'origine du couscous, différents points de vue ont été postulés, mais les plus répandus sont celles d'origine berbère. Par exemple, l'historienne culinaire «Lucie Bolens» décrit des pots primitifs qui ressemblent de très près à l'outil de cuisson principal du couscous qui est le couscoussier trouvé dans des tombes en Kabylie datant du règne du roi berbère Massinissa. D'un autre côté, c'est en Afrique du Nord que près de deux millions d'années, les Berbères ont inventé une façon originale de préparer la semoule de blé: en la roulant, légèrement humidifiée, en petits grains sphériques et succulents, légers, parfumés et nourrissants, donnant à la cuisson une masse moelleuse. Ni dans le monde antique ni dans l'Orient. Le monde arabe connaît cette façon de traiter le grain. Le couscous était la céréale de base de la préparation des Berbères avant même la conquête arabe. En utilisant de l'orge ou du blé, c'était certainement plus important que le pain. Le couscous est encore préparé manuellement jusqu'à aujourd'hui ; et il est devenu semi-industriel pour la première fois en Algérie avec l'introduction de l'industrie Établissement Ricci à Blida en 1853 ou Ferrero à Alger. (**Chemache et al.**, 2018).

2. Définition

Le terme « couscous » désigne à la fois l'ingrédient – la semoule – et le plat. On ne sait pas trop d'où il vient, peut-être une onomatopée qui évoque le son (ksskss) que font les bracelets des femmes quand elles roulent la graine. On en retrouve les traces les plus anciennes en Afrique du Nord, alors grenier à blé de Rome. Il suivra les routes du commerce et des conquêtes, de l'Andalousie aux confins du Sahara (**Madani**, 2020).

Originaire du Maghreb, le couscous est un plat complet et savoureux que l'on partage en famille ou avec ses proches. Il est constitué de semoule à gros grains et agrémenté de légumes. Selon la recette du couscous choisie, on peut également y ajouter de la viande comme du poulet, du bœuf ou de l'agneau (**Marie**, 2021).

3. Semoule**3.1 Définition**

La semoule est définie par le (**Codex Alimentaire**, 2007) comme étant : « le produit obtenu à partir des grains de blé dur (*Triticum durum L.*). Par un procédé de mouture au cours duquel le son et le germe sont essentiellement éliminés et le reste est broyé à un degré de finesse adéquat. La semoule -du latin Simla fleur de farine est un produit alimentaire plus ou moins granuleux, de couleur ambrée, extrait exclusivement des blés durs par une mouture industrielle spéciale dite de "semoulerie". Elle est reconnue comme substrat principal pour la fabrication des pâtes alimentaires en raison de sa teneur en gluten qui confère aux pâtes (couscous, pâtes alimentaires ...) des propriétés technologiques et rhéologiques spécifiques, de sa dureté, sa couleur unique, sa saveur et sa qualité de cuisson (**Petitot**, 2009).

3.2 Différents types de semoules

Il est possible de fabriquer des pâtes à partir des deux espèces commerciales de blé (dur, tendre). Il est cependant reconnu que la semoule de blé dur constitue la matière première de choix pour préparer les pâtes alimentaires, en raison de sa teneur en gluten ce qui donne une pâte plus résistante à la cuisson, plus ferme, peu collante, de couleur caractéristique.

Dans les pays où l'on n'est pas tenu d'utiliser la semoule de blé dur pour préparer des pâtes alimentaires, la matière première servant à la fabrication peut être de blé tendre.

Dans le commerce, on trouve 3 types de semoule :

- **Semoule SE** : appelée aussi semoule extra, ses particules sont fines. Elle est orientée vers la fabrication des pâtes alimentaires industrielles.
- **Semoule SM** : appelée semoule moyenne. Elle est généralement vendue en l'état pour l'utilisation ménagère (couscous, galette, biscuits, crêpes, etc.) et pour la fabrication du couscous industriel de type moyen.
- **Semoule SG** : la semoule grosse est destinée essentiellement à la fabrication du couscous de type gros (**Amrouche, 2020**).

4. Fabrication traditionnelle de couscous

4.1 Ustensiles traditionnels utilisés pour préparer le couscous traditionnel

- Un couscoussier-cuiseur composé de deux compartiments : une vapeur générateur utilisant de l'eau bouillante et au-dessus, un couscous récipient ou réservoir de vapeur nommé «keskess» où le traitement thermique se produit. (**Benatallah et al., 2008**).
- Les opérations d'hydratation et de roulage sont réalisées dans un grand récipient en bois ou en aluminium appelé "guessâa". (**Benatallah et al., 2008**)
- Quatre tamis différents appelés «dekkak», «reffad», «meâaoudi» et «sekkat» sont utilisés dans les opérations de tamisage ou de calibrage et correspondent respectivement à l'ouverture de maille de 500, 1000, 1130 et 1280 μm . (**Benatallah et al., 2008**).

La classification de la semoule en deux fractions est réalisée au moyen d'un tamis 500 μm tamis. Deux fractions ont été obtenues : la semoule grosse (GS), qui est la fraction retenue, et la semoule fine (FS)

L'étape de classification n'est pas nécessaire si la semoule a une distribution granulométrique homogène. Par la suite, la GS a été précuite à la vapeur pendant 10 à 14 minutes. Cette opération est réalisée pour améliorer les propriétés d'agglomération de la semoule en permettant la formation d'agglomérats plutôt que des grumeaux de pâte (**Chemache et al., 2018**).

4.2 Hydratation

L'hydratation de la semoule est une étape délicate, nécessaire pour obtenir un mouillage homogène de la semoule. Des quantités d'eau élevées favorisent une agglomération exagérée, conduisant à la formation de pâte qui rendra l'étape de roulement très

difficile. La salinité de l'eau utilisée dans l'agglomération pourrait influencer la qualité du couscous. 87% des fabricants de couscous ont hydraté la semoule par une solution d'eau salée. Généralement, la concentration de sel (NaCl) dans l'eau est estimée à 1,6%. Leur choix est justifié d'une part par l'amélioration de la saveur du produit final et d'autre part par une meilleure protection du produit fini contre les altérations pendant le stockage. (Chemache *et al.* 2018).

4.3 Malaxage et roulage

Se déroulent en trois sous-étapes principales connues sous le nom de nucléation, mise informe et finition.



Figure 3 : Préparation artisanale du Couscous par la femme berbère (Chemache *et al.* 2018).

A. Nucléation

Après la préparation de la matière première, le rapport GS / FS est déterminé. L'opération commence par le mélange des deux fractions de semoule. Le rapport GS / FS semble dépendre de plusieurs facteurs. Contrairement au processus industriel, les deux fractions granulométriques sont séparées au début pour la préparation du couscous artisanal. Tout d'abord, l'hydratation se fait progressivement avec de petits volumes d'eau salée, par la suite, le tout est mélangé par des mouvements circulaires de la main. L'ajout de petites quantités de FS permet l'initiation des particules à l'agglomération. Ainsi, l'eau est absorbée par les fines particules qui vont servir d'un point central autour duquel les grosses particules adhèrent, pour former de petites structures appelées noyaux. De plus, les FS contiennent un niveau élevé d'amidon endommagé qui est responsable

de l'absorption d'eau. Ainsi, la gélatinisation et l'agglomération se dérouleront facilement (Chemache *et al.*, 2018).

B. Mise en forme

Le taux de granules formés au cours de l'étape d'hydratation augmente par l'ajout de FS. À ce stade, le roulement est effectué en appliquant des mouvements énergétiques et circulaires avec la paume de la main les particules FS s'agrègent aux grains de couscous (noyaux). Cette étape permet la formation des agglomérats plus grands par effet bille déneige.

Dans cette étape, les grumeaux formés sont décomposés à travers un tamis à mailles de 2860 et 3300 μm en ajoutant de petites quantités de FS. Les particules dont la taille est inférieure à 600 μm sont réutilisées, et celles supérieures à 600 μm subissent une étape de finition (Chemache *et al.*, 2018).

C. Finition

Cette étape correspond à une opération de roulage du grain de couscous humide avec saupoudrage de la farine de blé ou de féculé de maïs sans ajout d'eau. Les quantités de farine de blé ou de féculé de maïs utilisés étaient estimées à 10 g / 100 g (farine de blé ou féculé de maïs / couscous humide). Selon les femmes interrogées, l'utilisation de la farine de blé ou la féculé de maïs vise à homogénéiser et à améliorer davantage la texture des grains de couscous en leur donnant un aspect plus sphérique, une surface plus lisse et des grains bien individualisés. Les particules de semoule non agglomérées ont été réintroduites au début des opérations de roulage. Le processus est répété jusqu'à l'épuisement de la matière première. Il convient de noter qu'à un moment donné, l'opération de laminage doit être arrêtée. Les ménagères ont déclaré qu'il est impossible d'obtenir un rendement de roulage de 100% (Chemache *et al.*, 2018).

4.4. Cuisson à la vapeur (précuisson)

Le couscous humide est ensuite cuit à la vapeur une seule fois avant le séchage. Cependant, certaines ménagères (23%) préfèrent faire le séchage sans effectuer ce traitement hydrothermique. L'étape de cuisson à la vapeur contribue à l'amélioration de la digestibilité et conserve la forme des grains de couscous par la gélatinisation de l'amidon. De plus, cette étape peut prévenir les altérations enzymatiques et microbiologiques du couscous (Chemache *et al.*, 2018).

4.5. Séchage

Le couscous précuit est séché à l'air libre en l'étalant en couches minces sur un tissu. Le séchage peut se faire exclusivement à l'ombre, ce qui réduit l'exposition du couscous précuit à la lumière du soleil et à la température. Le choix de cette méthode de séchage a pour objectif la préservation de la qualité nutritionnelle et organoleptique du couscous séché. Cependant, certains fabricants supposent que le séchage à l'ombre prend beaucoup de temps et le couscous est plus exposé à des altérations et des contaminations. Par conséquent, le séchage au soleil semble être plus rapide et plus efficace pour une réduction maximale de l'humidité du couscous, mais il peut entraîner un brunissement et une modification du goût. Il a également été noté que l'ombre et le séchage au soleil pouvaient être combinés, en commençant par un séchage à l'ombre suivi d'un séchage au soleil. La plupart des ménagères adoptent cette technique de séchage (Fig04) (Chemache *et al.*, 2018).

En conséquence, deux étapes se distinguent : la première permet la préservation de la qualité du couscous, et la seconde assure un bon séchage. À la fin de l'étape de séchage, le produit final obtenu est appelé « couscous sec » qui est emballé dans des sacs en tissu et conservé dans un endroit sec et à température ambiante. Pour augmenter la durée de conservation ou améliorer la qualité organoleptique du couscous, les ménagères ajoutent d'autres ingrédients tels que le poivre noir ou rouge et la feuille de laurier au couscous sèche. (Chemache *et al.*, 2018).

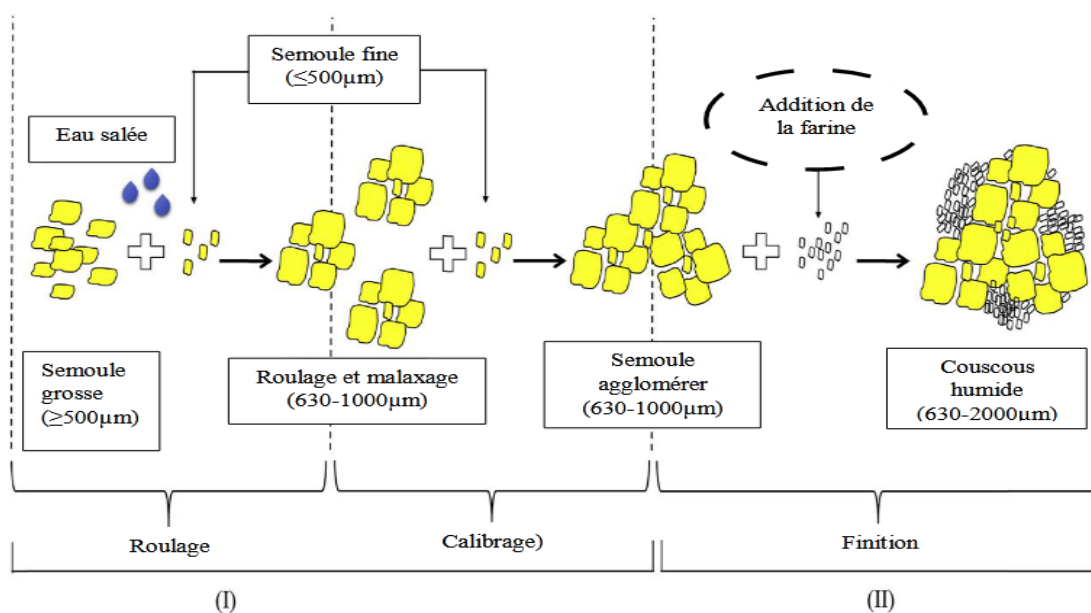


Figure 04 : Représentation schématique des principales étapes contribuant à l'agglomération du couscous (Chemache *et al.* 2018)

5. Préparation de plat de couscous

5.1. Réhydratation du couscous sec

La préparation du couscous le plat commence par la réhydratation. Le couscous sec est trempé dans l'eau pendant quelques minutes, puis égoutté dans une casserole à couscous. Ensuite, le couscous réhydraté est laissé reposer pendant environ 10 minutes, remué et dispersé de temps en temps avant la du couscous réhydraté est ajouté avec la graisse. Il a été constaté que plusieurs types de graisses peuvent être utilisés, comme l'huile végétale.

5.2. Cuisson de couscous réhydraté

Après réhydratation, le couscous est immédiatement égoutté et laissé reposer pendant environ 8 à 10 minutes pour permettre aux grains pour absorber l'eau plus efficacement, puis il est agité et dispersé. Le couscous hydraté est mis dans le couscoussier contenant la soupe en cours de cuisson. Plusieurs critères ont été énumérés pour arrêter la cuisson. La montée de la vapeur est notée par 49% des ménagères, suivie par le développement de la couleur jaune vif (35%). D'autres critères ont également été signalés comme une augmentation du volume et de la sensibilité des grains de couscous cuits.

Par la suite, le couscous est émietté et hydraté avec peu quantité d'eau. Plusieurs types de graisses peuvent être ajoutés ; nous pouvons trouver huile végétale (54%), margarine (39%), beurre fondu (35%) et olive huile (9%). Le choix des graisses ajoutées est basé sur leur disponibilité et la consommation lors d'événements familiaux. Il a été noté que le beurre fondu (déhane) est le plus préféré lors de la préparation du couscous à être servi pendant les célébrations. Ensuite, le couscous est cuit pour la première fois sans ajout de gras, suivi d'une deuxième cuisson après 15 minutes.

Cependant, certaines femmes au foyer ont indiqué qu'elle cuit pour une troisième fois (11%) (**Chemache et al.**, 2018).



Figure 05 : plats du couscous (Tebib *et al.*, 2020)

Chapitre III: Composés phénoliques

1. Historique

Avant 1980, ces composés chimiques étaient nommés « tanin végétal » ou « composé phénolique ». C'est qu'après que le terme « polyphénols » a été employé. À partir de ce moment-là, il a été défini « Composés phénoliques hydrosolubles, de poids moléculaire compris entre 500 et 3000 Dalton, et ayant, outre les propriétés habituelles des phénols, la capacité de précipiter les alcaloïdes, la gélatine et autres protéines. »

Aujourd'hui de plus en plus d'études sont menées afin de découvrir comment ces composés peuvent jouer de façon favorable sur l'organisme (**Anaëll**, 2021)

2. Définition

Les antioxydants sont des molécules naturellement présentes dans de nombreux aliments et qui ont pour fonction de capter les radicaux libres. Ces derniers endommagent nos cellules, y compris l'ADN, et sont responsables notamment du vieillissement des cellules. "Les antioxydants sont les vitamines A, C et E ainsi que toute la famille des polyphénols. Certains oligo-éléments ont également une action antioxydante : le zinc, le sélénium, le manganèse..."(**Ingrid**, 2021).

Les polyphénols sont une famille de molécules organiques très répandue dans le monde végétal et dans beaucoup d'aliments. Ils sont responsables entre autres, de l'arôme et de la couleur des végétaux. On peut citer les flavonoïdes qui sont responsables de l'amertume du pamplemousse, les tanins qui sont à l'origine de l'astringence de plusieurs fruits et les anthocyanines de la couleur des fruits rouges par exemple. (**Anaëlle**, 2021)

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires qui constituent un des groupes les plus représentés et largement distribués dans le monde végétal avec plus de 8000 structures phénoliques (**Bruneton**, 2015 ; **Šaponjac et al.**, 2016). Ces composés sont d'une importance physiologique et morphologique considérable chez les végétaux, ils jouent un rôle important dans leur croissance, leur reproduction, leur pigmentation et dans leur mécanisme de défense contre les rayonnements ultraviolets et les agents pathogènes (**Hu et Luo**, 2016).

Les composés phénoliques sont généralement de faible poids moléculaire, ils ne semblent pas contribuer directement à la fonction principale de la plante et sont donc connus comme métabolites secondaires. (**Delgoda et al.**, 2017).

L'homme consomme environ un gramme de polyphénols chaque jour, soit dix fois plus que de vitamine C et 100 fois plus que de caroténoïdes ou vitamine E. L'activité antioxydante des polyphénols est reconnue et pourrait expliquer leur rôle potentiel dans la prévention de plusieurs maladies associées au stress oxydatif, telles que le cancer, les maladies cardiovasculaires et neurodégénératives. (Scalbert *et al.*, 2018).

3. Principales classes des composés phénoliques

Les composés phénoliques peuvent être regroupés en de nombreuses classes qui se différencient par :

- La complexité du squelette de base (allant d'un simple C6 à des formes très polymérisées). → Le degré de modifications de ce squelette (degré d'oxydation, d'hydroxylation, de méthylation).
- Les liaisons possibles de ces molécules de base avec l'autre molécule (glucides, lipides, protéine, autres métabolites secondaires pouvant être ou non des composés phénoliques). Il existe plusieurs classifications des composés phénoliques.

D'après (Merghem.R, 2009) les composés phénoliques classés en fonction de la longueur de la chaîne aliphatique liée au noyau benzénique.

On distinguera :

- Les dérivés en C6 C1.
- Les dérivés en C6 C3 ou phenylpropanoïdes.
- Les composés en C6 C3 C6 sont les plus importants.

4. Structure chimique

La structure chimique des polyphénols est identique (Manallah, 2012). Elle se caractérise par la présence d'un noyau benzénique, portant un ou des groupement(s) hydroxyle (s) libre (s) ou engagé(s) dans une fonction ester, éther ou hétéroside (Figure 06).

Les composés phénoliques se distinguent par leur squelette carboné, puis leur degré de modification (oxydation, hydratation, méthylation.....) et des liaisons pouvant exister avec d'autres molécules comme des sucres ou d'autres composés phénoliques. On distingue ainsi une dizaine de grande classe de composés regroupant des formes simples et des phénols

condensés issus de la polymérisation des lignines (lignines) ou de certains tanins (Madani,2017).

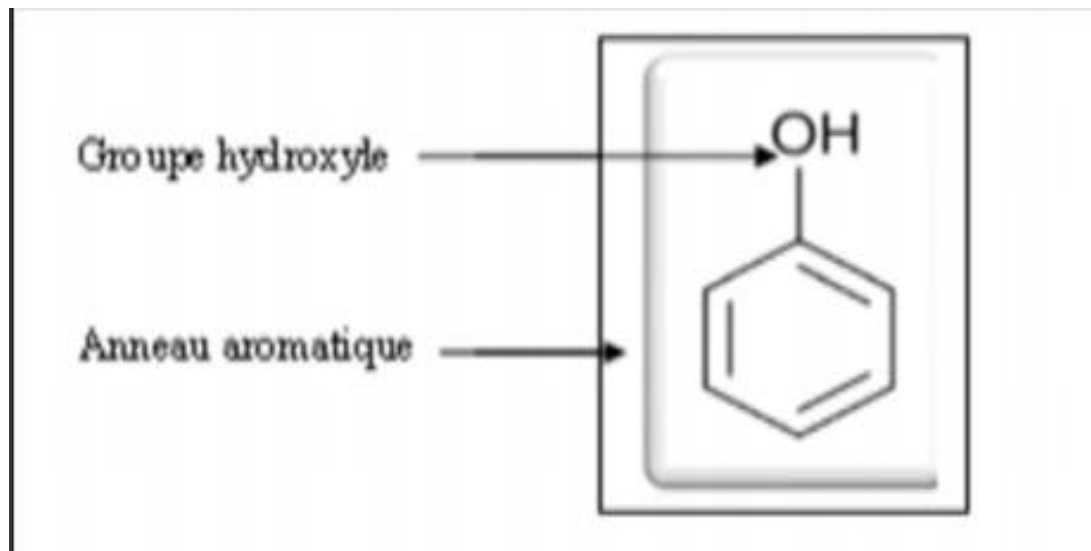


Figure 06. Structure chimique de base des polyphénols (Madani, 2017).

5. Rôle des polyphénols

Leur rôle chez les végétaux est primordial, mais ils sont aussi importants chez l'Homme. Ils sont avant tout réputés pour leurs propriétés antioxydants et permettent de lutter contre la formation de radicaux libres, qui en excès dans l'organisme peut avoir de lourdes conséquences. Les radicaux libres sont des substances qui vont favoriser le vieillissement cellulaire et l'apparition précoce de certaines maladies. (Anaëlle, 2021)

De façon générale, les polyphénols ont des effets préventifs sur plusieurs maladies qui mettent en cause une détérioration des cellules, qu'elles soient métaboliques, inflammatoires ou neuro dégénératives. Chaque polyphénol a quand même un rôle un peu plus spécifique. Par exemple, le resvératrol participe essentiellement au maintien d'un bon système cardiovasculaire, les catéchines participent au maintien d'une bonne glycémie ou encore les curcumines qui diminuent les inflammations ainsi que le dysfonctionnement mitochondrial. (Anaëlle, 2021)

Contre les maladies cardiovasculaires. Les polyphénols pris lors d'un repas permettraient de lutter contre l'oxydation du mauvais cholestérol. Cela empêcherait ainsi les phénomènes à l'origine de l'obstruction des artères.

Contre les cancers. Comme tous les composés antioxydants, les polyphénols préviennent la formation des tumeurs. En effet, ils vont empêcher la formation des agents à l'origine des mutations génétiques nocives.

Contre l'ostéoporose. Certains polyphénols peuvent agir comme des hormones. Il s'agirait par exemple des isoflavones de soja. Certes, leur rôle contre la diminution du capital osseux reste encore controversé chez l'homme (**Alain**, 2018)

6. Classification des composés phénoliques

Les composés phénoliques, dénommés aussi composés phénoliques, sont des molécules spécifiques du règne végétal et qui appartiennent à leur métabolisme secondaire (**Mompon et al.**, 2008).

Ils constituent le groupe de métabolites le plus large et le plus répandu du règne végétal et font partie intégrante de l'alimentation humaine et animale. Le terme «phénol» englobe approximativement 10000 composés naturels identifiés (**Martin et Andriantsitohaina**, 2002 ; **Martin et al.**, 2002). On les trouve dans les plantes, depuis les racines jusqu'aux fruits, Les principales sources alimentaires sont les fruits et légumes, les boissons (vin rouge, thé, café, jus de fruits), les céréales, les graines oléagineuses et les légumes secs. Les fruits et légumes contribuent environ pour la moitié à notre apport en polyphénols, les boissons telles que jus de fruits et surtout café, thé ou vin apportant le reste (**Middleton et al.**, 2000).

6.1. Acide phénolique

Les acides phénoliques sont des substances phytochimiques ayant au moins un groupe carboxyle et un groupe hydroxyphénolique. Ils sont nécessaires pour les fonctions normales des plantes, où ils jouent un rôle important dans la résistance des plantes aux agents pathogènes et les herbivores, la croissance des plantes, la couleur et les caractéristiques organoleptiques des plantes et la prévention du stress oxydatif (**Challacombe et al.**, 2012). Ces composés existent principalement sous forme d'acides hydroxybenzoïques et d'acides hydroxycinnamiques qui peuvent se produire soit sous leur forme libre ou conjuguée (**Martins et al.**, 2011 ; **Garrido et Borges**, 2013).

6.2. Flavonoïde

Actuellement, il existe environ 6000 flavonoïdes qui contribuent aux pigments colorés des fruits, des herbes, des légumes et des plantes médicinales. Ils appartiennent à une classe de

composés phénoliques de bas poids moléculaire largement répandus dans le règne végétal (Panche *et al.*, 2016).

Les flavonoïdes sont composés à faible poids moléculaire, sont des composés possédant un squelette de base à quinze atomes de carbone, constitués de deux noyaux aromatiques et d'un hétérocycle central de type pyrane, formant une structure C6-C3-C6 ce sont les composés les plus abondants parmi tous les composés phénoliques les flavonoïdes montrent une grande diversité et une complexité qui dépende de la nature et de la position des hydroxylation, méthylation et glycosylation du squelette carbone de base en C15.

Les flavonoïdes peuvent alors être subdivisés selon des modifications de ceci de base squelette dans des: flavones, flavonols, flavanones, flavons, flavan-3-ols, et anthocyanines, (Azri, 2017).

Les différentes classes de flavonoïdes sont représentées dans la figure 07

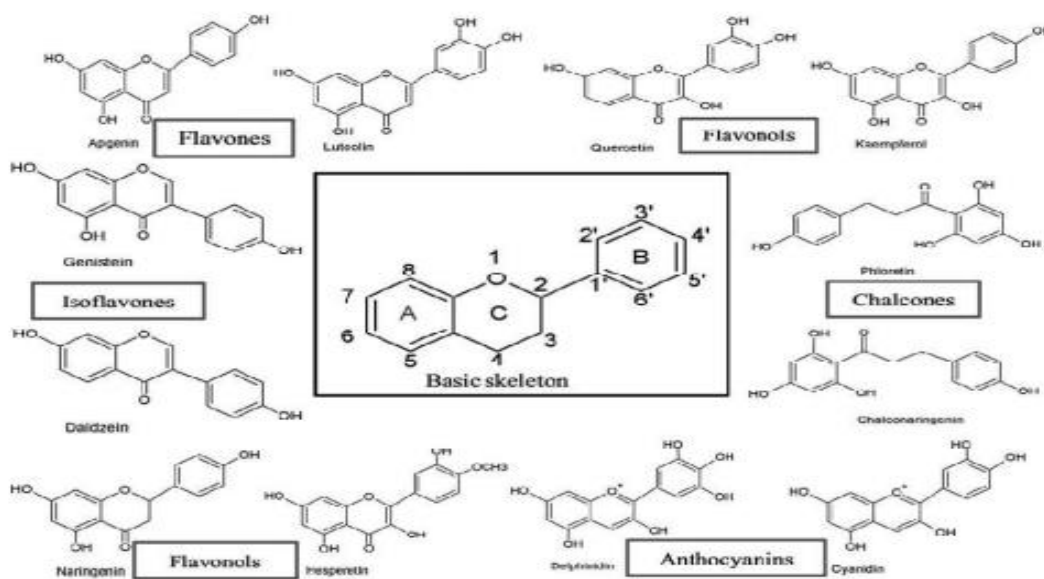


Figure 07. Structure du squelette de base des flavonoïdes et leurs classes (Panche *et al.*, 2016).

6.2.1 Classification des flavonoïdes

Plus de 5000 variétés de flavonoïdes ont été identifiées et peuvent classer selon leur structure sur la base du degré de substitution et l'oxydation (Yao LH *et al.*, 2004).

Les flavonoïdes prédominants sont le plus souvent divisés en six sous-classes : les flavones, les flavonols.

6.2.2. Activités biologiques des flavonoïdes :

Comme cela a été démontré par de nombreux travaux, les flavonoïdes sont des molécules de défense contre les organismes pathogènes, leurs propriétés ont été exploitées pour leur un potentiel en thérapeutique contre les microorganismes. On leur reconnaît des activités antivirales, antitumorales, anti-inflammatoires, antiallergiques et anticancéreuses. Ils ont également des actions positives sur le diabète, les maladies d'Alzheimer et de Parkinson (Saffidine, 2015).

6.3. Tanins

Les tanins sont composés de molécules relativement élevées qui constituent le troisième groupe important de composés phénoliques (Azri, 2017). Ils sont très répandus dans le règne végétal, mais ils sont particulièrement abondants dans certaines familles comme les conifères, les fagacées, les rosacées. Ils peuvent exister dans divers organes: l'écorce, les feuilles, les fruits, les racines et les graines (Boudouref, 2011). Les tanins peuvent former des complexes avec de multiples molécules (protéine, polysaccharides, alcaloïdes...) et le processus peut être réversible ou irréversible (Azri, 2017).

Selon leur nature chimique, ces composés sont divisés en deux classes:

- Lestanninshydrolysables
- Les tanins condensés (figure08)

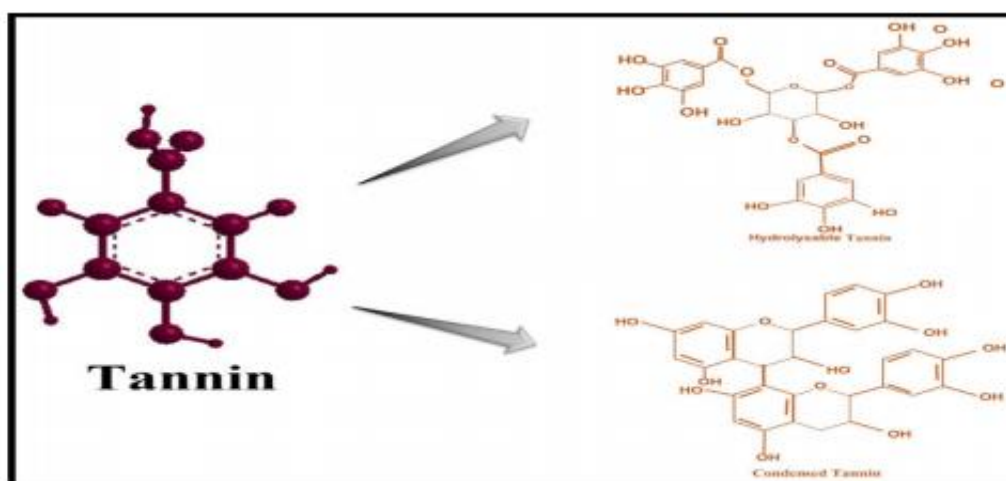


Figure 08: Structure des deux types de tanins (Kavitha et Kandasubramanian, 2020)

7. Mode d'action des polyphénols**7.1 Activité antioxydante**

Les polyphénols et en particulier les flavonoïdes sont de puissants inhibiteurs de l'oxydation. Le rôle protecteur de divers composés phénoliques vis-à-vis de la peroxydation lipidique a fait l'objet de nombreuses études (**Chan et al.**, 2014 ; **Tátraaljai et al.**, 2014 ; **Wu et al.**, 2015) . Les antioxydants naturels comme les composés phénoliques, et particulièrement les acides phénoliques et les flavonoïdes peuvent empêcher l'oxydation d'un autre substrat en s'oxydant plus rapidement que ce dernier.

7.2. Activité antimicrobienne

L'effet antimicrobien des composés phénoliques est principalement lié aux altérations membranaires, à l'inhibition de la synthèse d'ARN et d'ADN ou à celle de l'activité ou de la synthèse d'hydrolases. (**Clérivet et al.** 2013)

Partie expérimentale

Chapitre I : Méthodologie

1. Objectif général :

L'objectif de notre étude est de mettre en évidence la richesse du blé fermenté « Hamoum » en composés phénoliques et d'évaluer l'aptitude de ce blé pour la transformation en couscous

2. Matériel

En Algérie, le blé était historiquement conservé dans des silos souterrains appelés matmora. Suite à l'infiltration accidentelle des eaux de précipitation dans le matmora les grains de blé humidifiés ou inondés, en périphérie et en profondeur du silo, subissent une fermentation spontanée. La présence d'humidités, de température non contrôlée et l'absence d'air créent dans le matmora, engendrent les phénomènes de fermentation d'origine microbienne qui peuvent durer plusieurs années. Le blé sur lequel nous avons travaillé est récupéré dans les régions de (Relizane, Chlef, Tissemsil et Tiaret). Après fermentation du blé dans la matmora, il est extrait et séché à l'ombre. Ensuite, nous avons moulu le blé fermenté (Hamoum) deux fois, la 1^{ère} fois avec un broyeur manuel ce qui le convertit en blé concassé. La 2^{ème} avec un broyeur électrique et après elle est convertit en poudre qui est inclus dans la recette.

2.1 Fabrication de couscous noir à base de blé fermenté

Après avoir broyé les grains de blé fermentés et obtenu la semoule, nous la tordons et la transformons en une taille plus grande. Nous utilisons la quantité de sel dans l'eau tourbillonnante pour empêcher la moisissure. Ensuite on le met dans la marmite à couscous posée sur le feu et on fait cuire à la vapeur (Figure 02), puis on verse le couscous cuit sur un morceau de tissu et on l'étale à la main et on remue tous les jours jusqu'à ce qu'il s'en évapore comme de l'eau et devienne complètement sec. Cela, Il est nettoyé de la saleté qui est bloquée dans un tamis (Figure 01).



Figure 09: Les ustensiles préparation traditionnelle de couscous Hammoum (Mokhtari, 2021)

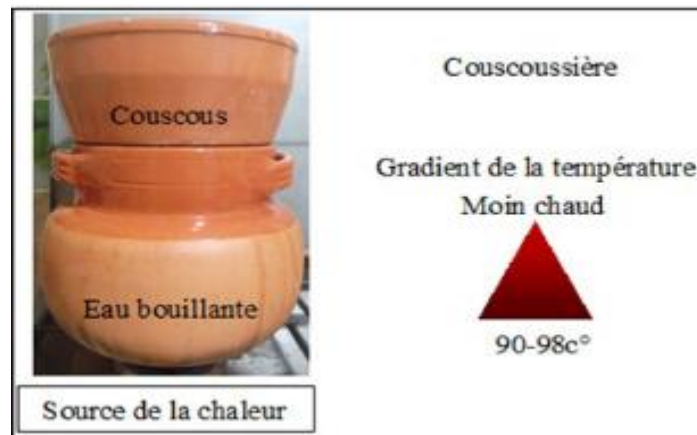


Figure 10: Modalité de cuisson du couscous Hammoum (Mokhtari, 2021)

3. Analyse physico-chimique

3.1. Détermination du taux d'humidité

Il est obtenu par la dessiccation à l'étuve d'une prise d'essai de 5 g de grains entiers broyés à 105 °C, jusqu' à ce que le poids devienne pratiquement constant. Le taux d'humidité est défini comme étant la perte de poids subie lors de la dessiccation. La détermination du taux d'humidité se fait par le calcul de la différence de poids avant et après la dessiccation selon la formule suivante :

$$H \% = \frac{M_0 - M_1}{M_0} \times 100$$

H% : taux d'humidité en %.

M1 : masse en g avant étuvage (échantillon + capsule).

M2 : masse en g de l'ensemble (échantillon + capsule) après étuvage.

3.2 Détermination de la teneur en matière sèche (AFNOR, 1985)

La teneur en matière sèche de l'échantillon est déterminée en séchant 5g de produits à l'étuve réglée à une température de 105°C.

Méthode :

La première étape consiste à peser la matière brute. Pour ce faire, on pèse 5g de chaque échantillon à l'aide d'une balance de précision. L'aliquote est mise dans un creuset en porcelaine. Il faut noter que le creuset doit être pesé. La deuxième étape fera l'objet de déshydratation de l'aliquote à l'étuve (105°C pendant 24h).

Après 24 heures, les creusets seront refroidis dans le dessiccateur pendant 45 minutes, la

matière sèche restante est alors pesée par différence avec la masse initiale, la quantité d'eau évaporée est ainsi déduite préalablement.

En ce qui concerne le calcul :

Après séchage :

La teneur en matière sèche (MS) en gramme de l'échantillon est calculée par l'expression suivante :

$$MS (g) = (\text{Poids du creuset} + \text{l'aliquote après séchage}) - \text{poids du creuset vide}$$

Calcul de la matière sèche en % :

$$MS (\%) = (MS(g) / \text{masse})$$

La teneur en eau de l'échantillon est calculée par l'expression suivante

$$\text{Teneur en eau (c/o)} = 100 - MS (\%)$$

3.3 Détermination de la teneur en matière minérale (AFNOR ; 1985)

La teneur en cendres de l'aliment est conventionnellement le résidu de la substance après destruction de la matière organique par l'incinération à 550°C dans un four à moufle pendant 2 heures.

La teneur en matières minérales de l'échantillon est calculée par la relation suivante :

$$MM (g) = (\text{Poids du creuset contenant les cendres} - \text{poids du creuset vide})$$

Calcul de la matière minérale en % :

$$MM (\%) = (MM(g) / (M1 - M2)) \times 100$$

Avec :

M1 : Masse totale du creuset contenant la prise d'essai (en gramme).

M2 : Masse totale du creuset et les minéraux bruts (en gramme).

Détermination de la matière organique

$$MO (\%) = MS (\%) - MM (\%)$$

3.4 Protéine

La teneur en protéines est déterminée selon la méthode de (Kjeldhal, 2009). La minéralisation est réalisée sur 1g de couscous en présence d'acide sulfurique concentré, l'ammoniac libéré par l'addition de la soude et dosé par titrimétrie. Le coefficient de conversion de l'azote en protéines est de 5,7 (AFNOR V03-050)

4. Evaluation de la teneur en polyphénols totaux

A. Extraction des polyphénols totaux

La méthode d'extraction des polyphénols totaux employée est celle décrite par Zieliński et Kozłowska (2000) et modifiée par Oufnac (2006), dix grammes de grains de (blé broyés / couscous) de chaque échantillon ont été transférés dans des tubes à essai. Par la suite, 40 ml de méthanol (90%, v/v) ont été ajoutés dans ces tubes, puis vortexés pour mélanger l'ensemble. Les tubes à essai ont été couverts et placés dans un bain d'eau à 60°C pendant 20 minutes. Ils ont été vortexés deux fois pendant l'incubation. Les deux phases liquide et solide de chaque tube à essai ont été séparées par centrifugation à 2000 rpm pendant 15 minutes. Le surnageant (phase liquide) a été transféré et le résidu (phase solide) a été mélangé à 20 ml du même solvant pour lancer la deuxième extraction. Le deuxième surnageant a été combiné avec le précédent. Le tube contenant les deux surnageants a été alors placé dans un rotavapor pour enlever le solvant et après lyophiliser le produit et éliminé l'eau pour donner un extrait sec. L'extrait sec a été pesé pour évaluer le rendement d'extraction des échantillons

B. Evaluation des polyphénols totaux

La teneur en polyphénols totaux de l'extrait des grains de blé a été déterminée par la méthode décrite par Velioglu et al. (1998), en utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu diluée 10 fois avec de l'eau distillé. 0.020 g de l'extrait sec des grains de blé sont dissout dans 1 ml de méthanol (90%), 0.1 ml de cette solution d'extrait de grains est mélangé à 0.75 ml de réactif de Folin-Ciocalteu dilué. La solution de la réaction est laissée à température ambiante pendant 5 minutes. 0.75 ml de la solution de bicarbonate de soude (60 g/l) est y ajouté. Le mélange est incubé à température ambiante pendant 90 minutes. L'absorbance de la solution est déterminée à 750 nm en utilisant un spectrophotomètre UV-Évident. L'essai est triplé pour chaque extrait.

L'absorbance, ramenée à une moyenne, est employée dans le calcul. L'acide gallique a été employé comme standard pour la courbe d'étalonnage (annexe II). Le contenu en polyphénols totaux est exprimé en mg équivalent d'acide gallique par gramme d'extrait sec.

5. Evaluation de flavonoïde

La méthode du trichlorure d'aluminium $AlCl_3$ a été adoptée pour quantifier les flavonoïdes totaux dans l'extrait de la poudre de blé fermenté / couscous fermenté. Un volume de 0,75ml d' $AlCl_3$ (2 %) dans le méthanol a été mélangé à un volume égal d'extrait, puis l'ensemble a été incubé à l'ombre à la température ambiante pendant 10 minutes, et l'absorbance a été lue à 430 nm. La courbe étalon préalablement tracée avec la quercétine comme substance de référence. Le blanc même mélange sans l'extrait (on a remplacé par le méthanol). (Chang *et al*, 2002)

6. Analyses technologiques de couscous

6.1. Granulométrie

Principe

La granulométrie est déterminée par le tamisage de 100g g de semoule ou de couscous sec par un tamiseur de type ROTACHOC (capacité maximale: 200 tour /min) pendant 07 minutes.

Appareillage

- Tamiseur à base des tamis de différentes ouvertures des mailles.
- Balance technique.

Mode opératoire

- Peser 100g d'échantillons à l'aide d'une balance technique.
- Classer les tamis utilisés selon l'ordre décroissant des ouvertures des mailles des tamis utilisés (Tableau 02).
- Mettre la prise d'essai dans le tamiseur pendant 7 minutes.
- Après le tamisage de la prise d'essai, peser le refus de chaque tamis par la balance technique.

Tableau 02 : Classification par ordre décroissant des tamis utilisés pour chaque échantillon

Echantillon	Tamis utilisés (μm)
Semoule	600, 500, 450, 355, 250, 200, 150
Couscous Fin	1000, 900, 800, 630, 500
Couscous Moyen	1600, 1400, 1250, 1120, 1000, 900, 800, 630
Couscous Gros	3150, 2800, 2500, 2240, 2000, 1800, 1600

6.2 Indice de gonflement

Objectif

L'indice de gonflement a pour objet d'apprécier la capacité du couscous à s'hydrater et à devenir volumineux, bien aéré et léger après traitement traditionnel à la vapeur.

Appareillage

- Eprouvette graduée de 250ml précise à 2ml.
- Chronomètre précise à la seconde.
- Balance précise à 0,1g.
- Tige d'agitation en acier inoxydable.

Mode opératoire

- Peser 50 g de couscous à vider par gravité dans l'éprouvette graduée. Soit V1 lavalour du volume lue sur l'éprouvette.
- l'éprouvette de la prise d'essai.
 - Remplir l'éprouvette avec 200 ml ± 1 ml d'eau de ville.
 - Verser rapidement et en pluie la prise d'essai dans l'éprouvette.
 - Remuer deux à trois fois à l'aide de la tige d'agitation et déclencher simultanément le chronomètre.
- Après 30 min ± 1, relever le volume V2 à exprimer à 2 ml prés.

Expression des résultats

L'indice de gonflement IG est exprimé comme suit :

$$IG = V2/V1$$

6.3 Colorimétrie

Principe

La détermination des différents indices de couleur : Indice de clarté, indice de brun, indice de jaune de la semoule, couscous et pâtes alimentaires.

Appareillage

- Chroma-mètre CR-410.
- Broyeur.

Mode opératoire

- Allumer le colorimètre.
- Placer votre échantillon dans le compartiment nécessaire fourni avec l'appareil.
- Mettre la tête de mesure à la verticale au-dessus de l'échantillon.
- Appuyer sur la touche Mesure/entre(ou la touche de mesure sur la tête de mesure) dès que le voyant prêt est allumé et ne pas bouger la tête pendant la mesure.
- Lire directement le résultat sur l'écran LCD du colorimètre.

Chapitre II : Résultats et discussion

1. Blé fermenté

1.1 Composition en polyphénols

Les résultats obtenus sont représentés dans la Figure (11).

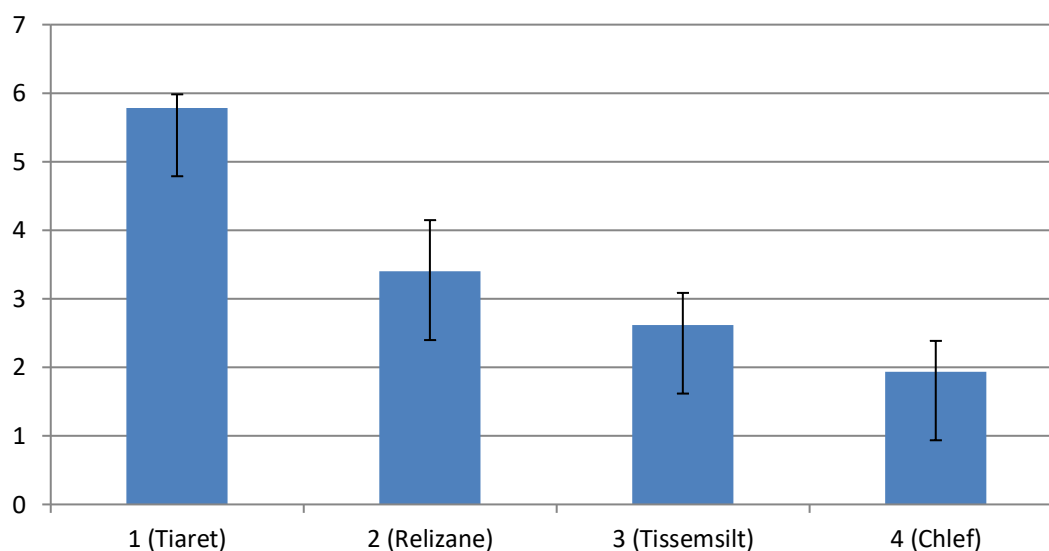


Figure11:Composition en polyphénols totaux de blé fermenté des wilayas de Taret, Relizane, Tissemsilt et Chlef

L'analyse statistique des résultats révélés des différences significatives ($p < 0.05$) entre la composition en polyphénols des blés de chaque wilaya de l'étude (Figure 11).

D'après nos résultats, nous avons remarqué que les teneurs en polyphénols du blé fermenté de Tiaret sont plus importantes par rapport aux teneurs des autres échantillons des autres wilayas.

Le rapport de différence entre les taux de polyphénols de la wilaya de Tiaret et celui de la wilaya de Relizane est estimé à 41%.

Le rapport de différence entre la composition en polyphénols de la wilaya de Tiaret et la wilaya de Tissemsilt est estimé à 55%.

Après extrapolation des résultats de la D.O. sur la courbe d'étalonnage, la teneur en composés phénoliques totaux de notre échantillon de blé fermenté des wilayas de (Tiaret, Relizane, Tissemsilt et Chlef) est estimée à $5,78 \pm 0,19$ / $3,39 \pm 0,75$ / $2,61 \pm 0,46$ et $1,93 \pm 0,45$ mg EAG/g respectivement.

Notre résultat est confirmé par (**Alghanem et El-Amier**2017) qui trouvent un teneur en polyphénols de valeur de $7,94 \pm 0,04$ mg EAG/g E dans *P.tomentosa*, et d'après les résultats de (**Rached, 2009**), qui révèle la teneur en polyphénols de l'ordre de $42,46 \pm 3,09$ mg EAG/g, qui est particulièrement très riche en substances phénoliques.

Ces différences des composés phénoliques des extraits dépend essentiellement: de leur origine (**Ebrahimzadeh et al., 2008**), la variété, la saison de récolte, la localisation géographique, les différentes maladies qui peuvent affecter la plante, la maturité de la plante (**Park et Cha, 2003**), et les conditions climatiques dures des endroits où elles poussent (température élevée, grande exposition au soleil, la sécheresse et la salinité) qui stimulent la biosynthèse des métabolites secondaires comme les polyphénols. Aussi, elle peut être liée à la distribution des métabolites secondaires, peut changer pendant le développement de la plante (**Falleh et al., 2008**). Le dosage des polyphénols totaux par le test Folin-Ciocalteu implique que toutes les molécules réductrices, comme les sucres réducteurs ou la vitamine C, sont dosées, ce qui par conséquent rend ce dosage non sélectif vis-à-vis des polyphénols (**Fukushima et al, 2009**).

1.2 Composition en flavonoïdes

Les teneurs de flavonoïdes totaux de blé fermenté des wilayas de Tired, Relizane, Tissemsilt et Chlef sont représentés dans la Figure (12).

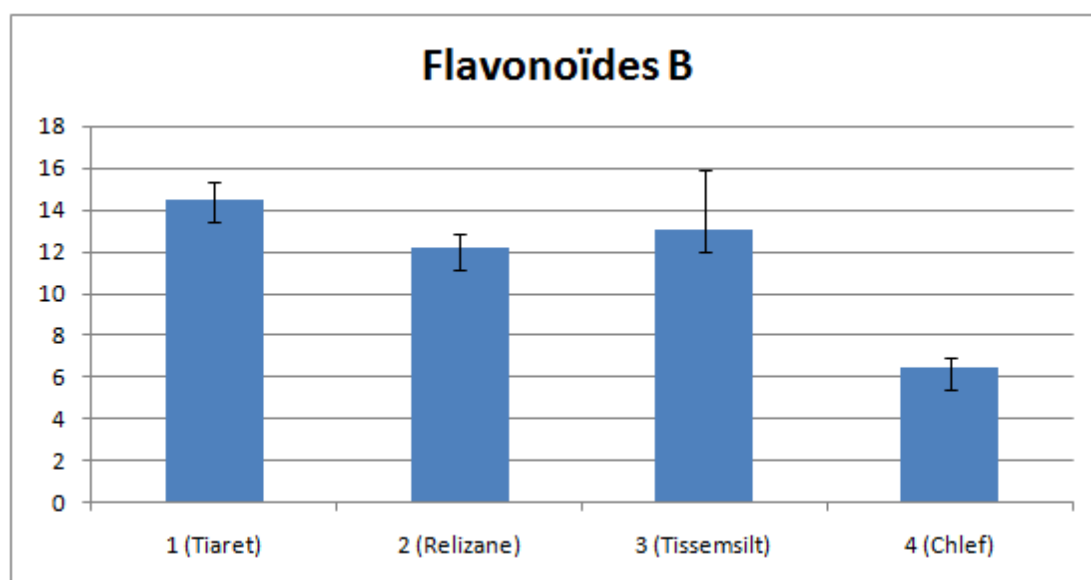


Figure12: Composition en flavonoïdes totaux de blé fermenté des wilayas de Tired, Relizane, Tissemsilt et Chlef

Le blé fermenté des wilayas de Tired, Relizane, Tissemsilt et Chlef présentait une différence significative ($p < 0,05$) dans la teneur totale en flavonoïdes (figure 12). L'analyse statistique des résultats a montré que les teneurs en flavonoïdes du blé fermenté de Tiaret sont plus importantes par rapport aux teneurs des autres échantillons des autres wilayas.

Le rapport de différence entre les niveaux de flavonoïdes de la wilaya de Tiaret et que de la wilaya de Tissemsilt est estimé à 10%. La différence entre la wilaya de Tiaret et la wilaya de Relizane est estimée à 16 % et avec la wilaya de Chlef.

La détermination de la teneur des flavonoïdes de l'extrait brut a été effectuée au moyen d'un dosage spectrophotométrique selon la méthode au trichlorure d'aluminium, celle-ci est la plus employée, elle se base sur la formation d'un complexe flavonoïde-ion d'aluminium ayant une absorbance maximale à 430 nm. D'après les résultats expérimentaux obtenus lors du dosage des flavonoïdes, on constate que le blé fermenté des wilayas (Tiaret, Relizane, Tissemsilt et Chlef) présente une teneur en flavonoïdes qui est de l'ordre de $14,47 \pm 0,85$ / $13,01 \pm 2,88$ / $12,17 \pm 0,63$ / $6,45 \pm 0,47$ mg EQ/g E.

À partir des résultats du dosage des flavonoïdes (Bouchouka, 2016) constate que l'extrait aqueux du chloroforme de la plante *Periploca laevigata* (Asclépiadacées) possède une teneur égale à $46,99 \pm 5,32$ mg ECT/g E. Nous constatons également que c'est l'extrait aqueux du chloroforme qui a donné la teneur la plus élevée étant donné que les flavonoïdes sont des petites molécules hydrosolubles riches en groupements hydroxyles se solubilisant donc dans les solvants polaires. La faible teneur des flavonoïdes dans l'extrait éthanolique brut s'expliquerait par la présence de plusieurs composés phytochimiques dans l'extrait éthanolique ce qui engendrerait un encombrement stérique et empêcherait ainsi la formation du complexe jaunâtre entre les groupements hydroxyles des flavonoïdes et le chlorure d'aluminium.

Les écarts trouvés entre les résultats obtenus et les données de la bibliographie sont tout à fait justifiés. En effet, les conditions d'extraction, l'état et l'origine de l'échantillon en termes de provenance géographique, saison de collecte et cultivation (Ranalli *et al.*, 2006 ; Falleh *et al.*, 2008 ; Atmani *et al.*, 2009). Ainsi la diversité structurale des composés phénoliques conduit à la variabilité des propriétés physico-chimiques, la différence des standards utilisés, les méthodes de conservation et

d'exposition des plantes à la lumière peuvent affecter la teneur en composés phénoliques (Mateus *et al.*, 2003 ; Athamena *et al.*, 2010).

1.3 Teneur en eau

Les teneurs en eau sont illustrées dans le tableau suivant :

Tableau 03: teneurs en eau de blé fermenté des wilayas de Tiaret, Relizane, Tissemsilt et Chlef

	Tiaret	Relizane	Tissemsilt	Chlef
Teneur en Eau (%)	10,46±0,66	10,89±1,15	9,91±0,31	9,22±0,80

Notre résultat représente une différence significative ($p < 0.05$) dans les valeurs entre la teneur en eau de blé fermenté des wilayas de Tiaret, Relizane, Tissemsilt et Chlef

Nous avons constaté que la teneur en eau du blé fermenté du Relizane est plus importante par rapport aux teneurs d'autres échantillons de l'autre wilaya.

Le rapport de différence entre la teneur en eau de la wilaya de Relizane et celui de l'autre wilaya (Tiaret, Tissemsilt et Chlef) est estimé à 4 % 9 % et 15 % respectivement.

La valeur de la teneur en eau de blé non fermenté se situe dans l'intervalle cité par (Jeant *et al.* 2007) (9-13 %). Ils sont également en accord avec ceux de (Hobamahoro, 2013) sur la même variété de blé (9,22±0,80 % et 10,89±1,15%). Nos résultats montrent une augmentation significative de taux d'humidité du blé non fermenté. Cette valeur reste supérieure à celle citée par (Bekhouche *et al.*, 2013) qui est de l'ordre de (12,99%), mais elle est conforme aux normes d'utilisation optimale (Fredot, 2006). De manière générale nos résultats restent dans l'intervalle cité par Dubois (1996) $\leq 16\%$.

Selon Bartali (Bartali et Persoons, 1989), le blé fermenté qui se trouve près des murs de la « Matmora » a une teneur en eau élevée.

La variation de la teneur en eau est due au stockage du blé dans l'entrepôt "Matmora", ces résultats sont presque similaires aux études réalisées par (Bartali et Debbbarh, 1991) où il a été déterminé la variation de l'humidité des échantillons extraits après différentes durées de stockage dans la "Matmora" revêtue de paille.

Les résultats ont montré une augmentation de l'humidité du blé emmagasiné, sachant que le taux initial de blé étudié était de 11.76 % peut atteindre 18.26 % après 3 mois de stockage. Cette augmentation est due à l'humidité relative dans les entrepôts revêtus de paille qui est de 89% (Bartali et Debbbarh, 1991). La réduction de l'humidité de couscous «Elhammoum» serait la conséquence d'un séchage prolongé de nos échantillons après leur préparation en couscous. Selon la norme du codex alimentarius (CODEX STAN 202-1995) la teneur en humidité des couscous produits reste toujours inférieure à 13,5%

1.4 Matière sèche

Les teneurs de matière sèche sont illustrées dans le tableau suivant :

Tableau 04: teneurs en matière sèche de blé fermenté des wilayas de Tiaret, Relizane, Tissemsilt et Chlef

	Tiaret	Relizane	Tissemsilt	Chlef
Matière sèche %	89,53±0,66	89,10±1,15	89,41±1,02	90,77±0,80

Les résultats de ces travaux représentent une différence significative dans les valeurs entre la matière sèche du blé fermenté des wilayas de Tiaret, Relizane, Tissemsilt et Chlef ($p < 0,05$).

Nos résultats ont montré que la matière sèche du blé fermenté de Chlef est plus importante par rapport aux teneurs d'autres échantillons des autres wilayas.

Le rapport de différence entre les matières sèches de la wilaya de Chlef et celui de la wilaya de Tiaret est estimée à 1.3 %

La différence entre la wilaya de Tiaret et la wilaya de Tissemsilt est estimée à 1.5%

Et en fin la wilaya de Relizane, la capacité de la différence est de 2%.

1.5 Matière minérale

Les teneurs de matière minérale sont illustrées dans le tableau suivant :

Tableau 05: teneurs en matière minérale de blé fermenté des wilayas de Tiaret, Relizane, Tissemsilt et Chlef

	Tiaret	Relizane	Tissemsilt	Chlef
Matièreminérale%	9,87±0,63	9,89±0,77	9,55±0,8	10,18±0,49

Les résultats obtenus représentent une différence significative entre la matière minérale du blé fermenté des wilayas de Tiaret, Relizane, Tissemsilt et Chlef ($p < 0,05$).

D'après les résultats nous avons noté que la teneur en matière minérale du blé fermenté de la wilaya Chlef est plus importante par rapport aux autres Wilayas (Relizane, Tissemsilt, Chlef) par des valeurs estimées à (9,87% vs 9,89%, 9,55%, 10,18%).

En ce qui concerne la wilaya de Tissemsilt, la capacité de l'écart est de 6%.

Nos résultats indiquent que les valeurs de cendre pour le blé fermenté restent dans l'intervalle (1.91 - 2.036 %) citées par (**Feillet**, 2000). De même la diminution du taux de cendres de blé fermenté reste toujours dans l'intervalle des valeurs relatives et similaires aux résultats rapportés par (**Bekhouche et al**, 2013).

La fermentation améliore l'activité enzymatique hydrolytique et modifie la structure et les composants du grain (**Traore et al**, 2004). La réduction des substances minérales pourrait être due à l'interaction des minéraux avec les conditions environnementales (augmentation de l'humidité, augmentation du CO₂, augmentation de la température et longue durée de stockage 9 ans, et avec les différents processus métaboliques pendant le stockage dans "Matmora" (**Dupin et al**, 1992; **Prescott et al**, 2010). (**Miranda et al.**, 2010) indiquent que la réduction des substances minérales se traduit par la diffusion de ces micronutriments dans les espaces intercellulaires, en particulier à des températures élevées.

1.6 Matière organique

Les teneurs de matière organique sont illustrées dans le tableau suivant :

Tableau 06 : teneurs en matière organique de blé fermenté des wilayas de Tiaret, Relizane, Tissemsilt et Chlef

	Tiaret	Relizane	Tissemsilt	Chlef
matière organique %	79,65±0,41	79,21±1,87	80,52±1,11	80,58±1,19

L'analyse statistique des résultats révèle des différences significatives ($p < 0,05$) entre les différents blés fermentés de chaque wilaya dans notre étude sur la matière organique.

D'après nos résultats, nous avons remarqué qu'il n'y a pas de différence entre la wilaya de tissemsilt et Chlef et aussi que les résultats des wilayas de Tiaret et Relizane sont presque les mêmes.

2. Couscous

2.1 Composition en polyphénols

Les résultats obtenus sont représentés dans la Figure (13).

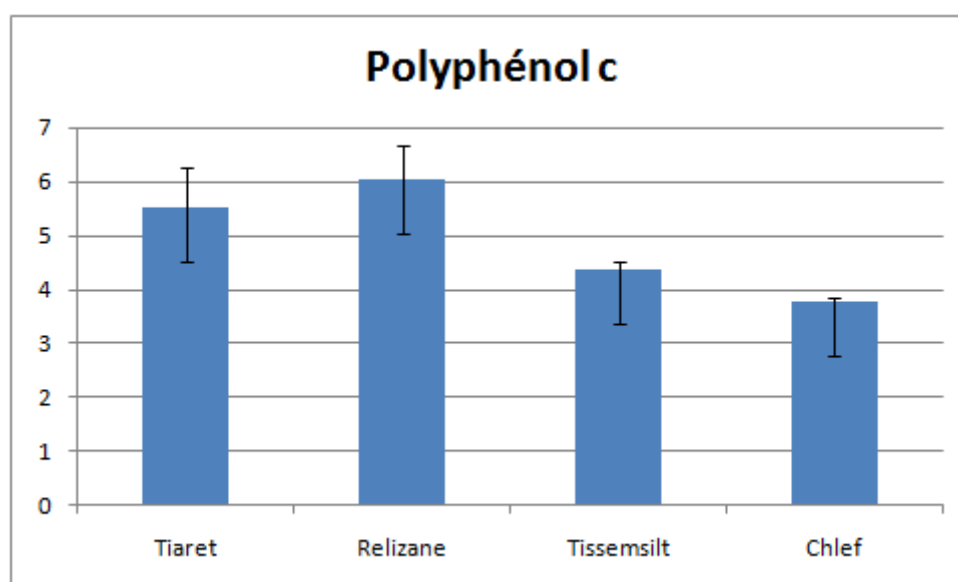


Figure13: Composition en polyphénols totaux de couscous du blé fermenté des wilayas de Tirt, Relizane, Tissemsilt et Chlef

L'analyse statistique des résultats révèle des différences significatives ($p < 0.05$) entre les différents couscous de chaque wilaya de l'étude dans la teneur en polyphénols totaux (Figure 13).

D'après nos résultats, nous avons remarqué que les teneurs en polyphénols du couscous du blé fermenté de Relizane sont plus importantes par rapport aux teneurs des autres échantillons des autres wilayas.

Le rapport de différence entre les taux de polyphénols de la wilaya de Relizane et celui de la wilaya de Tiaret est estimé à 9%

La différence entre la wilaya de Relizane et la wilaya de Tisemsilt est estimée à 30%.

Quant à la wilaya de Chelf, la capacité de la différence est de 41%.

Les composés phénoliques constituent le groupe principal qui contribue à l'activité antioxydante des végétaux, fruits, céréales et d'autres matériels à base de plantes (**Tachakittirungrod et al.**, 2007). Ces composés possèdent aussi diverses activités biologiques telles que les activités anti-inflammatoire, antibactérienne, antivirale, antiallergique, antithrombotique et vasodilatatrice qui peuvent être reliées à leur activité antioxydante (**Gulcin et al.**, 2010). C'est la raison pour laquelle, le dosage des phénols totaux de notre plante a été effectué dans cette étude. Dans le but de déterminer la teneur totale des phénols de notre plante, un dosage a été effectué au niveau de l'extrait brut de composés phénoliques par la méthode colorimétrique de Folin-Ciocalteu. Cette méthode est la plus utilisée pour déterminer la quantité totale des polyphénols solubles, mais elle reste très globale et ne donne aucune indication sur les différents composés présents dans l'extrait.

Après extrapolation des résultats de la D.O. sur la courbe d'étalonnage, la teneur en composés phénoliques totaux de notre échantillon de couscous de la wilaya de (Relizane, Tiaret, Tisemsilt et Chlef,) est estimée à $6,03 \pm 0,62$ / $5,50 \pm 0,73$ / $4,37 \pm 0,12$ et $3,76 \pm 0,08$ mg EAG/g E respectivement. Notre résultat est confirmé par (**Alghanem et El-Amier** 2017) qui trouvent un teneur en polyphénols de valeur de $7,94 \pm 0,04$ mg EAG/g E dans *P.tomentosa*, et d'après les résultats de (**Rached**, 2009), qui révèle la teneur en polyphénols de l'ordre de $42,46 \pm 3,09$ mg EAG/ml, qui est particulièrement très riches en substances phénoliques.

Ces différences des composés phénoliques des extraits dépend essentiellement: de leur origine (**Ebrahimzadeh et al.**, 2008), la variété, la saison de récolte, la localisation

géographique, les différentes maladies qui peuvent affecter la plante, la maturité de la plante(**Park et Cha**, 2003), et les conditions climatiques dures des endroits où elles poussent(température élevée, grande exposition au soleil, la sécheresse et la salinité) qui stimulent la biosynthèse des métabolites secondaires comme les polyphénols. Aussi, elle peut être liée à la distribution des métabolites secondaires, peut changer pendant le développement de la plante (**Falleh et al.**, 2008).

Le dosage des polyphénols totaux par le test Folin-Ciocalteu, implique que toutes les molécules réductrices, comme les sucres réducteurs ou la vitamine C, sont dosées, ce qui par conséquent rend ce dosage non sélectif vis-à-vis des polyphénols (**Fukushima et al.**, 2009).

2.2 Composition en flavonoïdes

Les teneurs de flavonoïdes totaux de couscous du blé fermenté des wilayas de Tired, Relizane, Tissemsilt et Chlef sont représentés dans la Figure (14).

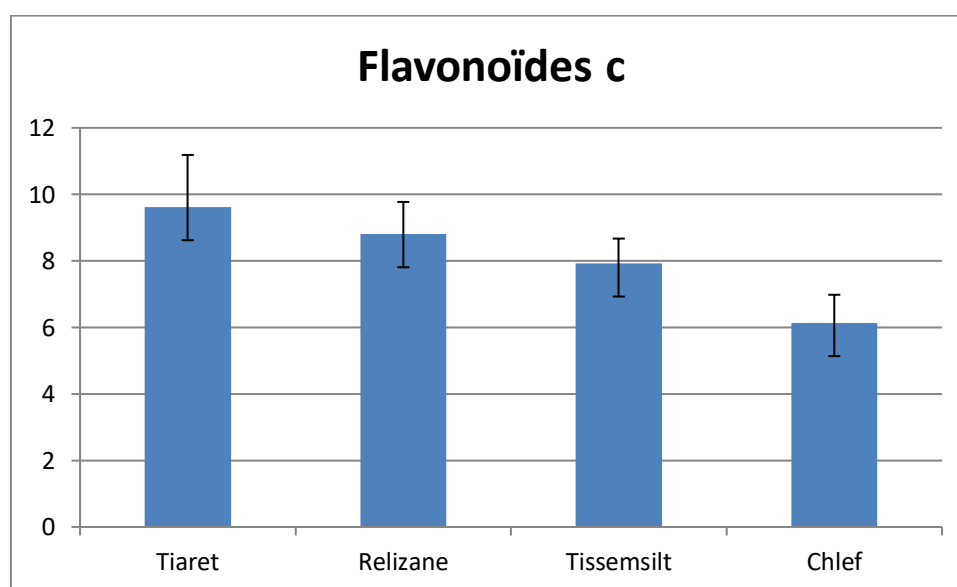


Figure 14: Composition en flavonoïdes totaux de couscous du blé fermenté des wilayas de Tired, Relizane, Tissemsilt et Chlef

Les couscous du blé fermenté des wilayas de Tired, Relizane, Tissemsilt et Chlef montrent une différence significative ($p < 0.05$) dans la teneur en flavonoïdes totaux (Figure 14).

L'analyse statistique des résultats a montré que les teneurs en flavonoïdes du couscous du blé fermenté de Tiaret sont plus importantes par rapport aux teneurs des autres échantillons des autres wilayas.

Le rapport de différence entre les taux de flavonoïdes de la wilaya de Tiaret et celui de la wilaya de Relizane est estimé à 9 %

La différence entre la wilaya de Tiaret et la wilaya de Tissemsilt est estimée à 18 % et avec la wilaya de Chlef, la capacité de la différence est 36 %.

La détermination de la teneur des flavonoïdes de l'extrait brut a été effectuée au moyen d'un dosage spectrophotométrie selon la méthode au trichlorure d'aluminium, celle-ci est la plus employée, elle se base sur la formation d'un complexe flavonoïde-ion d'aluminium ayant une absorbance maximale à 430 nm.

D'après les résultats expérimentaux obtenus lors du dosage des flavonoïdes, on constate que le couscous des wilayas (tiaret, relizane, tésmssilt et chlef) présente une teneur en flavonoïdes qui est de l'ordre de $9,62 \pm 1,56$ / $8,80 \pm 0,96$ / $7,92 \pm 0,74$ / $6,13 \pm 0,84$ mg EQ/g E.

A partir les résultats du dosage des flavonoïdes (Bouchouka, 2016) constatent que l'extrait aqueux du chloroforme de la plante *Periploca laevigata* (Asclépiadacées) possède une teneur égale à $46,99 \pm 5,32$ mg ECT/g E. Nous constatons également que c'est l'extrait aqueux du chloroforme qui a donné la teneur la plus élevée étant donné que les flavonoïdes sont des petites molécules hydrosolubles riches en groupements hydroxyles se solubilisant donc dans les solvants polaires. La faible teneur des flavonoïdes dans l'extrait éthanolique brut s'expliquerait par la présence de plusieurs composés photochimiques dans l'extrait méthanolique ce qui engendrerait un encombrement stérique et empêcherait ainsi la formation du complexe jaunâtre entre les groupements hydroxyles des flavonoïdes et le chlorure d'aluminium.

Les écarts trouvés entre les résultats obtenus et les données de la bibliographie sont tout à fait justifiés.

En effet, les conditions d'extraction, l'état et l'origine de l'échantillon en termes de provenance géographique, saison de collecte et cultivars (Ranalli *et al.*, 2006 ; Falleh *et al.*, 2008 ; Atmani *et al.*, 2009). Ainsi la diversité structurale des composés phénoliques conduit à la variabilité des propriétés physico-chimiques, la différence des standards utilisés, les méthodes de conservation et d'exposition des plantes à la lumière peuvent affecter la teneur en composés phénoliques (Mateus *et al.*, 2003 ; Athamena *et al.*, 2010).

2.3 Teneur en eau

Les teneurs en eau sont illustrées dans le tableau suivant :

Tableau 07: teneurs en eau de couscous du blé fermenté des wilayas de Tiaret, Relizane, Tissemsilt et Chlef :

	Tiaret	Relizane	Tissemsilt	Chlef
Teneur en eau%	12,73±1,59	10,3±0,12	9,73±0,01	8,75±0,04

Notre résultat représente une différence significative ($p < 0.05$) dans les valeurs entre la teneur en eau de couscous du blé fermenté des wilayas de Tiaret, Relizane, Tissemsilt et Chlef.

Nous avons constaté que la teneur en eau du couscous du blé fermenté du Tiaret est plus importante par rapport aux teneurs d'autres échantillons des autres wilayas.

Le rapport de différence entre la teneur en eau de la wilaya de Tiaret et celle des autres wilayas (Relizane, Tissemsilt et Chlef) est estimé à 24 % - 19 % et 31 % respectivement.

La valeur de la teneur en eau de couscous non fermenté se situe dans l'intervalle cité par (Jeantet *et al.*, (2007) (9-13 %). Nos résultats montrent une augmentation significative de taux d'humidité du couscous du blé non fermenté. Cette valeur reste supérieure à celle citée par (Bekhouché *et al.*, 2013) qui est de l'ordre de (2.17% et 1.84%), mais elle est conforme aux normes d'utilisation optimale (Fredot, 2006). De manière générale nos résultats restent dans l'intervalle cité par Dubois (1996) $\leq 16\%$.

Selon Bartali (**Bartali** et **Persoons**, 1989), le blé fermenté qui se trouve près des murs de la « Matmora » a une teneur en eau élevée.

La variation de la teneur en eau est due au stockage du blé dans l'entrepôt "Matmora", ces résultats sont presque similaires aux études réalisées par (**Bartali** et **Debbarh**, 1991) où ils ont déterminé la variation de l'humidité des échantillons extraits après différentes durées de stockage dans la "Matmora" revêtue de paille. Les résultats ont montré une augmentation de l'humidité du blé emmagasiné, sachant que le taux initial de blé étudié était de 11.76 % peut atteindre 18.26 % après 3 mois de stockage. Cette augmentation est due à l'humidité relative dans les entrepôts revêtus de paille qui est de 89% (**Bartali** et **Debbarh**, 1991). La réduction de l'humidité de couscous «Elhammoum» serait la conséquence d'un séchage prolongé de nos échantillons après leur préparation en couscous. Selon la norme du codex alimentarius (CODEX STAN 202-1995) la teneur en humidité des couscous produits reste toujours inférieure à 13,5%

2.4 Matière sèche

Les teneurs de matière sèche sont illustrées dans le tableau suivant :

Tableau 08: teneurs en matière sèche de couscous du blé fermenté des wilayas de Tiaret, Relizane, Tissemsilt et Chlef

	Tiaret	Relizane	Tissemsilt	Chlef
matière sèche %	87,26±1,59	89,69±0,12	89,59±1,14	91,24±0,04

Les résultats de ce travail représentent une différence significative dans les valeurs entre la matière sèche de couscous du blé fermenté des wilayas de Tiaret, Relizane, Tissemsilt et Chlef ($p < 0.05$).

Nos résultats ont montré que la matière sèche du couscous du blé de Relizane est plus importante par rapport aux teneurs d'autres échantillons des autres wilayas.

Le rapport de différence entre la matière sèche de la wilaya de Chlef et celui de la wilaya de Relizane et Tissemsilt est estimée à 2 %

Et enfin la wilaya de Tiaret, la capacité de la différence est 4%.

2.5 Matière minérale

Les teneurs de matière minérale sont illustrées dans le tableau suivant :

Tableau 09: teneurs en matière minérale de couscous du blé fermenté des wilayas de Tiaret, Relizane, Tissemsilt et Chlef

	Tiaret	Relizane	Tissemsilt	Chlef
Matière minérale %	8,37±2,26	9,68±0,47	8,96±0,33	10,26±0,59

Les résultats représentent une différence significative dans les valeurs entre la teneur en eau de couscous du blé fermenté des wilayas de Tiaret, Relizane, Tissemsilt et Chlef ($p < 0.05$).

Nos résultats ont montré que la matière minérale du couscous de blé fermenté du Chlef est plus importante par rapport aux teneurs d'autres échantillons des autres wilayas.

Le rapport de différence entre les métiers secs de la wilaya de Chlef et celui de la wilaya de Relizane est estimée à 6%

La différence entre la wilaya Chlef et la wilaya de Tissemsilt est estimée à 13 %. Quant à la wilaya de Tiaret, la capacité de la différence est de 18 %.

Nos résultats indiquent que les valeurs de cendre pour le blécouscous de blé fermenté restent dans l'intervalle (1.67-2.052 %) citées par (**Bekhouche et al**, 2013)

La fermentation améliore l'activité enzymatique hydrolytique et modifie la structure et les composants du grain (**Traore et al**, 2004). La réduction des substances minérales pourrait être due à l'interaction des minéraux avec les conditions environnementales (augmentation de l'humidité, augmentation du CO₂, augmentation de la température et longue durée de stockage 9 ans, et avec les différents processus métaboliques pendant le stockage dans "Matmora" (**Dupin et al**, 1992; **Prescott et al**, 2010). (**Miranda et al.**, 2010) indiquent que la réduction des substances minérales se traduit par la diffusion de ces micronutriments dans les espaces intercellulaires, en particulier à des températures élevées.

2.6 Matière organique

Les teneurs de matière organique sont illustrées dans le tableau suivant :

Tableau 10: teneurs en matière organique de couscous du blé fermenté des wilayas de Tiaret, Relizane, Tissemsilt et Chlef

	Tiaret	Relizane	Tissemsilt	Chlef
matière organique %	78,89±2,23	80,01±0,55	81,29±0,32	80,98±0,60

L'analyse statistique des résultats révèle des différences significatives ($p < 0.05$) entre les différents couscous du blé fermenté de chaque wilaya de notre étude dans la teneur en matière organique.

Depuis le tableau on observe que la matière organique du couscous du blé fermenté de la wilaya de Tissemsilt est plus importante par rapport aux teneurs d'autres échantillons des autres wilayas.

Le rapport de différence entre la matière organique de la wilaya de Tissemsilt et celui de la wilaya de Chlef est estimée à 0.5 % et à 1.6% avec la wilaya de Relizane.

Et concernant à la wilaya de Tiaret, la capacité de la différence est de 3 %.

3. Analyses technologiques

3.1. Granulométrie

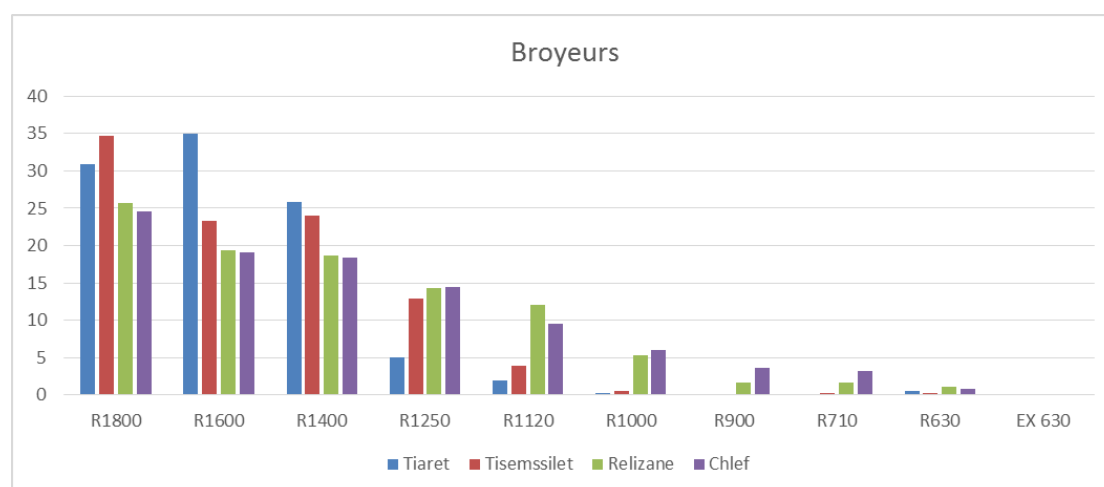


Figure 15: la granulométrie de couscous fermenté des wilayas de Tiaret, Relizane, Tissemsilt et Chlef

L'analyse granulométrique des échantillons de couscous étudiés (figure n) montre que la granulométrie médiane se situe entre 600 et 2000 μm . Elle est de 1800 μm pour le couscous témoin de la Wilaya de Tiaret, 1600 μm , 1400 μm , 1250 μm des autres Wilayas des Tissemsit, Relizane et Chlef. Pour les échantillons de 15% et 40%. On remarque qu'il n'y a pas une grande différence entre les diamètres des particules des échantillons de couscous analysés. Ceci s'explique par la granulométrie médiane mise en œuvre qui est de même diamètre et par le roulage effectué par la même personne.

Nous remarquons aussi que le couscous influence sur la granulométrie des échantillons de blé en raison de leur petite granulométrie. Selon la norme (NF V03-721 JUIN 1994), le diamètre de couscous se situe dans l'intervalle de 850 μm et 1000 μm , nous pouvons classer notre produit parmi les couscous à granulométrie moyenne. Le couscous roulé à la main, présente une granulométrie plus homogène.

La granulométrie du couscous et son homogénéité sont considérées parmi les paramètres essentiels qui définissent sa qualité pour la majorité des consommateurs (Yousfi, 2002). Ainsi, la granulométrie a un effet évident sur sa qualité culinaire notamment le gain du poids (absorption) et le temps de cuisson (**Angar et Belhouchet, 2002**).

Selon (**Guezlane, 1993**), la taille des particules et leur homogénéité dépendent pour une large part des conditions opératoires retenues pour réaliser l'opération de roulage et les caractéristiques des matières premières mises en œuvre. (**Dahoun-Lefkir, 2005**) a montré que la granulométrie médiane augmente avec l'augmentation du taux d'hydratation et de la durée du malaxage et diminue avec l'augmentation de la température de l'eau de roulage, son état minéral et avec l'ajout de sel.

Généralement, le procédé artisanal fabrique un seul type de couscous c'est-à-dire la fabricante fixe au début la granulométrie désirée (fine ou moyenne) et le procédé conduit à un seul produit final qui sera totalement homogène.

Les notes attribuées aux granules révèlent que les couscous analysés présentent une granule moyenne de toutes les wilayas (Tiaret, Tissemsit, Relizane et Chlef)

3.2. Gonflement

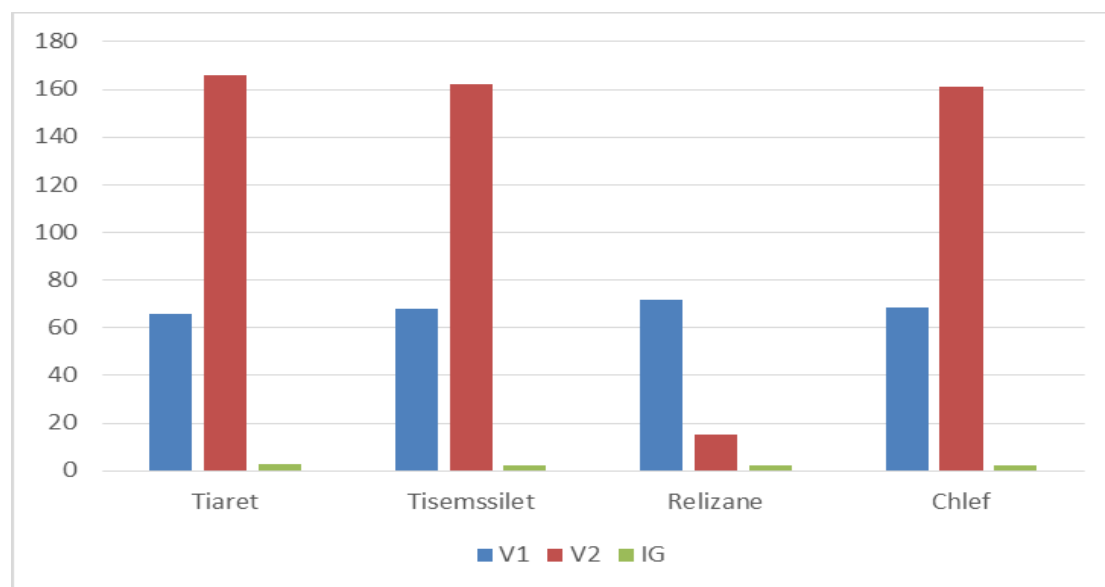


Figure 16 : indice de gonflement du couscous des wilayas de Tiaret ,Tismssilet,Relizane et Chlef.

Notre résultat représenté une différence significative ($p < 0.05$) dans les valeurs entre la wilaya de Relizane avec les autres 3 wilayas Tiaret, Tismssilet et Chlef.

D'après nos résultats nous avons observé qu'il n'y a pas de grande différence dans le volume 1 et 2 entre les 3 wilayas Tiaret, Tismssilet et Chlef qui est estimé à volume 1 (66cm, 68cm, 68cm) et volume 2 (166cm, 162cm, 161cm) respectivement et par rapport à la wilaya de Relizane qui est estimée à v1 (71.33cm) et v2 (15.4cm).

Et remarqué aussi pas de différence dans l'indice de gonflement qui est estimé à 2% des quatre wilayas.

La valeur de gonflement pour le couscous industriel entre les quatre échantillons de Tiaret est supérieure à celle des couscous industriels des autres échantillons par des valeurs estimées à (166cm vs 162cm, 71,66cm et 161,33cm).

Cette différence est due à la faible hydratation au cours de la préparation du couscous. Ces résultats concordent avec ceux trouvés par (Aluka., *et al.*, 1985). Qui a montré que l'indice de gonflement augmente nettement avec le taux d'hydratation des semoules. On a constaté aussi que la taille des grains de couscous augmente avec l'augmentation du taux d'hydratation (Yesli, 2001). Cela est confirmé par (Guezlane, 1993) et (Yettou., *et al.*, 2000) qui ont constaté qu'une hydratation insuffisante a pour

effet de diminuer de manière très importante le taux de roulage aux profits des fractions fines. D'après (Mezroua, 2011) L'absorption de l'eau ou le degré d'hydratation est influencé par la technique de transformation utilisée (industrielle, traditionnelle) ou la quantité d'eau ajoutée par l'industriel au cours du mélange (Bar, 2001). Ce paramètre présente deux objectifs ; l'un est de connaître son comportement lorsqu'il ya un contact avec les liquides (sauce, lait.....etc.) et l'autre est de constater indirectement la durée de vie ou de stockage du couscous en fonction du degré d'hydratation des particules (Bar, 2001).

3.3. Couleur

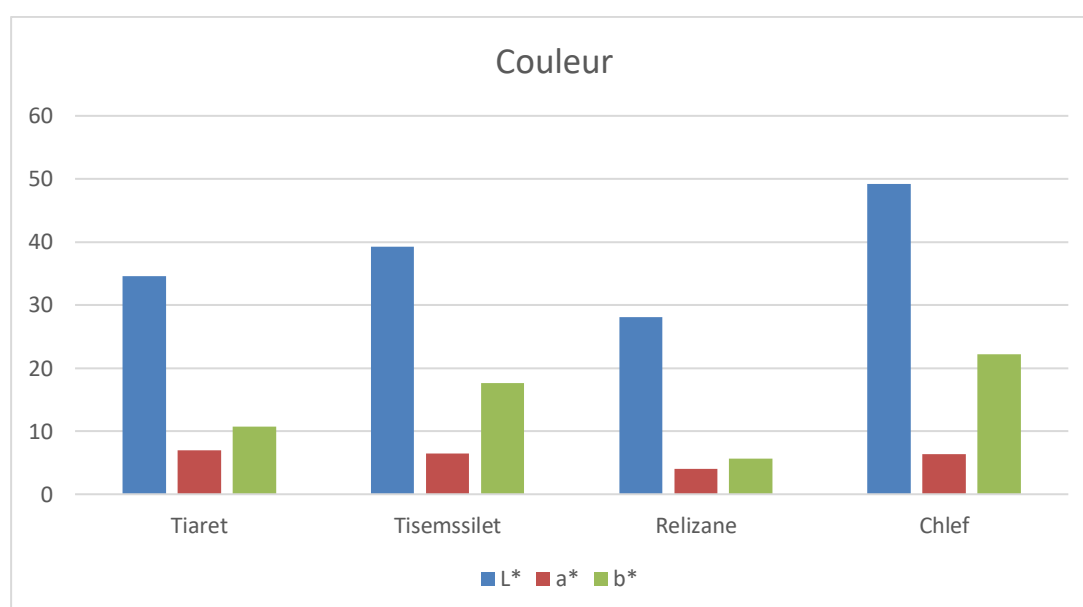


Figure 17: Appréciation de la couleur de couscous de blé fermenté des wilayas de Tiaret, Tisemssilet, Relizane et Chlef

La couleur est le premier paramètre observé par le dégustateur, il lui accorde une grande importance et ceci pour apprécier la qualité d'un produit.

La couleur du couscous de Tiaret a été jugée « excellente » par 34,6% des dégustateurs, alors que le couscous d'autres échantillons estimés à 28,07% et 49,2% d'incorporation de blé et l'ont qualifié « moyenne » par 60% des dégustateurs, cela dû à la quantité de blé incorporée qui a dégradé la couleur originale du couscous.

3.4 Protéine

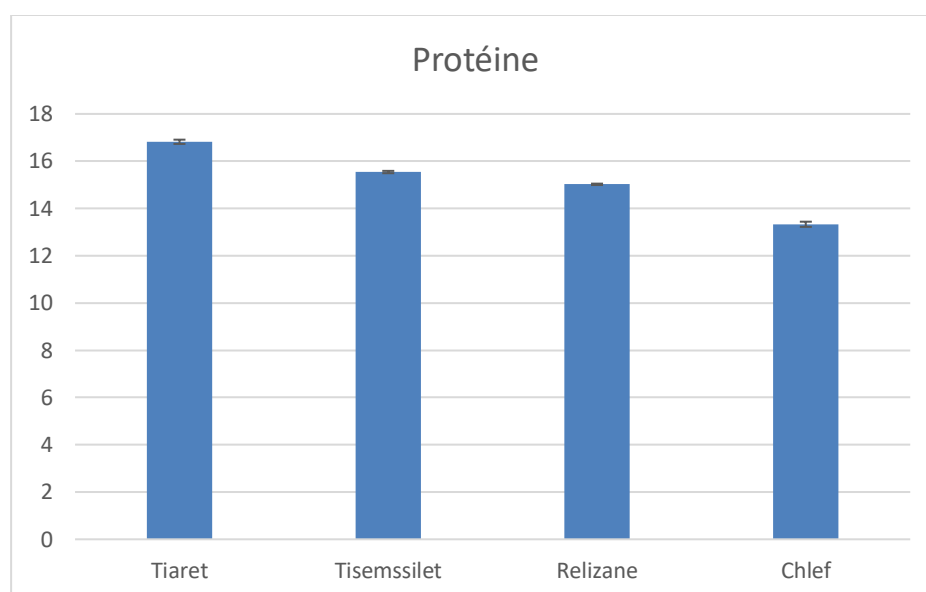


Figure 18: le Teneur de protéine de couscous de blé fermenté des wilayas (Tiaret, Tisemssil, Relizane et Chlef)

Le couscous fermenté des wilayas de Taret, Relizane, Tissemsilt et Chlef présentait une différence significative ($p < 0,05$) dans le dosage en protéine (figure 18).

L'analyse statistique des résultats a montré que le dosage protéine de couscous fermenté de Tiaret est plus important par rapport au dosage des autres échantillons des autres wilayas.

Alors la différence entre la wilaya de Tiaret et Tisemssilet à estimé par 8 % Et entre Tiaret et Relizane est 11 % et 21% avec la wilaya de Chlef.

D'après les résultats enregistrés, on constate que la proportion des protéines existante dans le couscous industriel est peu faible que celle du couscous industriel. Ces résultats sont comparables aux travaux de (Liu *et al.*, 1996). Qui a trouvé une teneur en protéine de 16,82%. Cette différence peut être expliquée par différents facteurs tels que l'influence du patrimoine génétique de chaque type de produit qui est adopté de synthétiser telles quantité et qualité d'acides aminés. La teneur en protéines est un critère important d'appréciation de la qualité aussi bien pour l'alimentation animale (valeur alimentaire d'un produit) que pour l'alimentation humaine (valeur d'utilisation) (Bar, 2001).

Cette détermination est presque toujours spécifiée dans les contrats de compte tenu des teneurs qui existent entre la teneur en protéines et la valeur d'utilisation des variétés, c'est un des critères intéressants à prendre en compte dans le classement des lots à la réception (**Bar**, 2001).

Conclusion

Conclusion

Le « Hamoum » est un blé fermenté par la technique traditionnelle due au stockage souterrain «Matmora». Ce produit constitue un produit terroir que nos aînés utilisaient pour leur consommation, il était considéré comme un aliment aux propriétés médicinales très appréciées.

Cette étude est entamée par une enquête au niveau de 4 communes des wilayas de : Relizane, Chlef, Tiaret et Tisemssil connues par les cultures céréalières. Elle visait à recueillir les informations sur les conditions du nouveau procédé aux prés des artisans et des commerçants des produits céréaliers et des aliments traditionnels.

L'analyse des principaux résultats de l'enquête a permis la reproduction expérimentale de la fermentation, avec deux types d'échantillons : blé et couscous.

L'analyse de la composition et des caractéristiques physico-chimiques du blé fermenté a présenté un effet marqué de la fermentation du blé par rapport au couscous caractérisée principalement par l'augmentation des composés phénoliques et la diminution de la teneur en eau.

D'après nos résultats, nous concluons :

Les résultats obtenus ont permis d'émettre des conclusions intéressantes sur le plan physicochimique. En effet, le blé fermenté de Tiaret a révélé une augmentation de la teneur en polyphénols (5.78 mgEAG/ml) et celles des flavonoïdes (14.47 mgEAG/ml) par rapport aux autres échantillons. On a observé une légère augmentation de polyphénols de couscous de Tiaret aussi (5.5 mgEAG/ml) et un taux de flavonoïdes de (9.62 mgEAG/ml) par rapport à les autres.

Les différentes analyses effectuées correspondent aux normes algériennes et à l'internationale ce qui prouve que le produit fini de notre Couscous de blé fermenté est de bonne qualité et apte à la consommation.

Pour avoir un produit fini qui satisfait les besoins de consommateurs et la dominance dans le marché local et international, il est très nécessaire d'appliquer les bonnes analyses de qualité et de choisir la meilleure matière première.

En perspective de ce travail, il serait intéressant de faire des tests de cuisson et des tests de dégustation pour mieux évaluer la qualité organoleptique pour le couscous.

Références

A

Ammar, M.(2015). Organisation de la chaîne logistique dans la filière céréales en Algérie états des lieux et perspective. Thèse de Doctorat de CIHEAM Montpellier, pp: 17-20

Alismail W,(2017). Influence de la densité de semis sur la production du blé dur dans la zone semi-aride du Haut Cheliff. Thèse de mastère. Univ de Khemis-Miliana.51p.

B

Bekhouche F., Merabti, R., Bailly J.D. (2013).Traditional couscous manufacture from fermented wheat (Algeria): investigation of the process and estimation of the technological and nutritional quality. Afr J Sci Technol. 167–175.

Barron, C., Abécassis, J., Chaurand, M., Lullien-Pellerin, V., et al. 2012. Accès à des molécules d'intérêt par fractionnement par voie sèche. UMR-IATE Ingénierie des Agropolymères et Technologies Emergentes INRA, CIRAD, SUPAGRO, UM II Montpellier, France. N°19 : 51-62 p.

(BENMEHEL,2016)Quaternary International, Volume 406, Part B, 2016, pp. 137-146

BENATALLAHL.AGLI, A et ZIDOUNE, M.N (2008). Gluten-free couscous preparation: Traditional procedure description and technological feasibility for three rice-leguminous supplemented formulae. Journal of food, agriculture and environnement.

BEN MEHEL B., BOUSBAHI S., GÉRARD, (2019). Impact nutritionnel d'un blé fermenté type Hamoum sur la translocation bactérienne intestinale chez le rat malnutri en phase de réalimentation. Nutrition Clinique et Métabolisme, vol. 33, no 1, p. 102.

C

CHEMACHE, L; KEHAL, F; NAMOUNE, H; CHAALAL, M et GAGAOUA, M(2018). Couscous: ethnic making and consumption patterns in the Northeast of Algeria. *Journal of Ethnic Foods*.

CHANG, CHATTOPADHYAY, C.; BIRAH, A.; JILALI, B.L2002. Climate change: Impact on biotic stresses afflicting crop plants. In *Natural Resource Management: Ecological Perspectives*; Peshin, R., Dhawan, A.K., Eds.; Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 2019; pp. 133–146.

D

Despinasse Y, (2015). Diversité chimique et caractérisation de l'impact du stress hydrique chez les lavandes. Thèse de doctorat. Université Jean Monnet-Saint-Etienne.167p.

Douaer a (2018). Contribution à l'étude de l'effet de stress hydrique sur quelques Variétés de Blé dur (*Triticum durum Desf.*). Thèse de mastère. Univ de Khemis-Miliana.44p.

DRABO, MoustaphaSoungalo, KHADEM, Hafidha, BENATMANE, Nour-eddine,(2019).Qualité microbiologique du blé dur fermenté de MatmorHamoum: Indispositions digestives, microflore avantageusement technologique et potentiels pathogènes. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 27, no 1, p. 11-18.

Djelti, H. (2014). Etude de la qualité du blé tendre utilisé en meunerie algérienne. Mémoire de magistère. Option : Technologie Des industries Agro-alimentaire. Université Abou Bekr Belkaid- Tlemcen : 51p.

F

FAO (2021):organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, publié le 02/09/2021.

Fatiha Righi Assia¹, Kada Righi¹, Karima Boungab¹ et Aissa Mokabli²
;Cah. Agric. (2019), 28, 17.

Feillet P. (2000). Le grain de blé : Composition et utilisation. INRA, Paris. P 308.

G

Guirand J. P. (2003). Microbiologie alimentaire. Série Agro-alimentaire. P 696.

Gouasmi R,(2017). Etude biochimique de l'influence du séchage sur la valeur nutritionnelle de deux variétés de blé dur Algériennes (Bousseleme et Siméto). Thèse de mastère. Univ de Khemis-Miliana. 61p.

K

KASSAH , L et KHENIOUA , S (2015).Etude quantitative et qualitative des composés phénolique chez quatre variétés de blé tendre (*Triticumaestivium*) et d'orge(*Hordeumvulgare*) soumises à un stress hydrique et leurs activités antimicrobiennes: mémoire en vue de l'obtention du diplôme de master

Kalarasse A,(2018). Effet des altérations de la semence sur le développement de la culture et la qualité du rendement chez le blé. Thèse de mastère. Univ Guelma.51p.

L

Lesage, V.(2011). Contribution à la validation fonctionnelle du gène majeur contrôlant la dureté /tendreté de l'albumen du grain de blé par l'étude de lignées quasi-isogéniques. Sciences agricoles. Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II. Français : 118 p

M

MDANI ,L(2020). Le couscous, désormais patrimoine mondial : son histoire, notre recette. L'humanité

- MARIE ; D (2021).** Quels légumes mettre dans un couscous ? : cuisineaz
- Mehta B. M., Kamal-Eldin A., Iwansk R. Z. (2012).**Fermentation : effects on food properties. CRC prees.P 363.
- Mokhtari S., Kheroua O., Saidi D. (2016).** Isolation and identification of lactic acid bacteria from Algerian durum wheat (*Triticum Durum*) natural fermented in underground silos matmora “ElHammoum” and their antimicrobial activity again pathogenic germs. *Journal of Nutrition and Health Sciences*, 3 : 4.
- Mokhtari, S. (2012).** Mémoire de Magister : Effet protecteur de certaines bactéries lactiques isolées à partir de blé fermenté type hamoum. Université El Senia (Oran, Algérie)
- MOKHTARI, S(2021).** Etude des activités biologiques et propriétés nutritionnelles de blé fermenté type « El- Hammoum »: Thèse de doctorant en science

O

- Ondo EO, (2014).** Caractérisation d'une collection de variétés anciennes de blé pour leur réponse à la mycorhization et impact sur la qualité du grain. Thèse de doctorat.Université de Bourgogne.157p.
- Ouzouline, M., Tahani, N., Elamrani, A., Serghini C.-H. (2009).** Comparaison De La Composition Lipidique De Grains De Blé Dur Et Blé Tendre De Variétés Marocaines. *Les Technologies De Laboratoire - N°15 : 9-15 p.*
- Oanzar S, (2012).**Etude comparative de l'effet du semis direct et du labour conventionnel sur le comportement du blé dur (*Triticum durum*), mémoire pour obtenir de diplôme magister ; université Abed ALHAMID Ben Badis Mostaghanem.p15.

P

Prückler M., Lorenz C., Endo A., Kraler M., Dürschmid K., Hendriks K., Soares da Silva F., Auterith E., Kneifel W., Michlmayr H., (2015).Comparison of homo- and heterofermentative lactic acid bacteria for implementation of fermented wheat bran in bread.Food Microbiology. 49: 211-219.

S

Saulnier, L. (2012).Les grains de céréales : diversité et compositions nutritionnelles. Cahiers de nutrition et diététique, N° 47 : 4-15 p.

Siouda A, Benkhelifa Z, (2016). Etude écophysiological des quelque écotypes de blé dur dans les régions semi-aride de setif. Univ Med El-ibrahimi B.B.A.setif.P11.

T

TEBIB, S et SEBROU ,H (2020).Caractérisation physico-chimique et sensorielle du couscous d'orge :Mémoire de projet de fin d'études en vue de l'obtentionDu diplôme master II

U

Udayakumar, N. (2009). Safestorage Guidelines for Durumwheat. Library &Archive. Canada; 104P.

Z

Zettal Y,(2017). Le blé : importance, santé et risque . Thèse de mastère.univ Constantine.34p

Zahid, A. (2010). Mécanismes cellulaires et moléculaires régissant le métabolisme des semences de céréales Rôle du réseau rédoxines - Système antioxydant dans la prédiction de la qualité germinative. Thèse de doctorat présenté à l'université de Toulouse pour l'obtention du grade de Docteur universitaire : 18-45 p.

Références

Zielinski H. and Kozłowska H., 2000. Antioxidant activity and total phenolics in selected cereal grains and their different morphological fractions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 48, pp 2008 - 2016.

Annexes

Tableau 01 : Différences entre blé tendre et blé dur (Aidani, 2015).

Caractères	Blé tendre	Blé dur
Aspect génétique	3 génomes A,B et D $2n = 42 = 3 \times (2 \times 7)$	2 génomes A et B $2n = 28 = 2 \times (2 \times 7)$
Prédominance	<ul style="list-style-type: none"> • De l'amidon 	<ul style="list-style-type: none"> • Des protéines
Aspect de la plante	<ul style="list-style-type: none"> • Feuilles très étroites • Maturation rapide 	<ul style="list-style-type: none"> • Feuilles larges • Maturation très longue • Moisson tardive exigeante du point de vue sol et climat.
Forme	<ul style="list-style-type: none"> • Texture opaque • Structure de l'amande farineuse 	<ul style="list-style-type: none"> • Texture vitreuse
Utilisation	<ul style="list-style-type: none"> • Obtention de la farine utilisée dans la fabrication du pain et des biscuits. 	<ul style="list-style-type: none"> • Obtention de la semoule à partir de laquelle on fabrique de la galette, du couscous et des pâtes alimentaires.

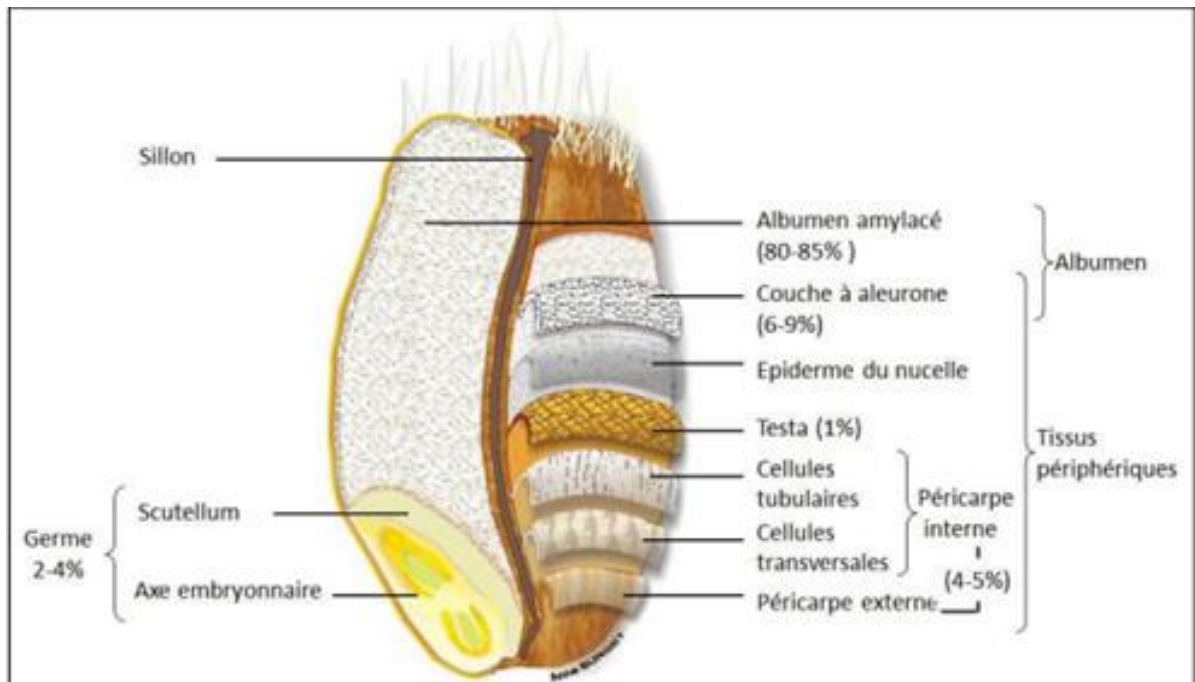


Figure 01 : Anatomie schématique du grain de blé et les proportions relatives des principaux tissus du grain (**Barron et al., 2012**)



Figure 02: (c) matmora de stockage le blé et (D) blé fermenté (**Mokhtari, 2021**)



Figure 03 : Préparation artisanal du Couscous par la femme berbère (CHEMACHE, *et al.*2018).

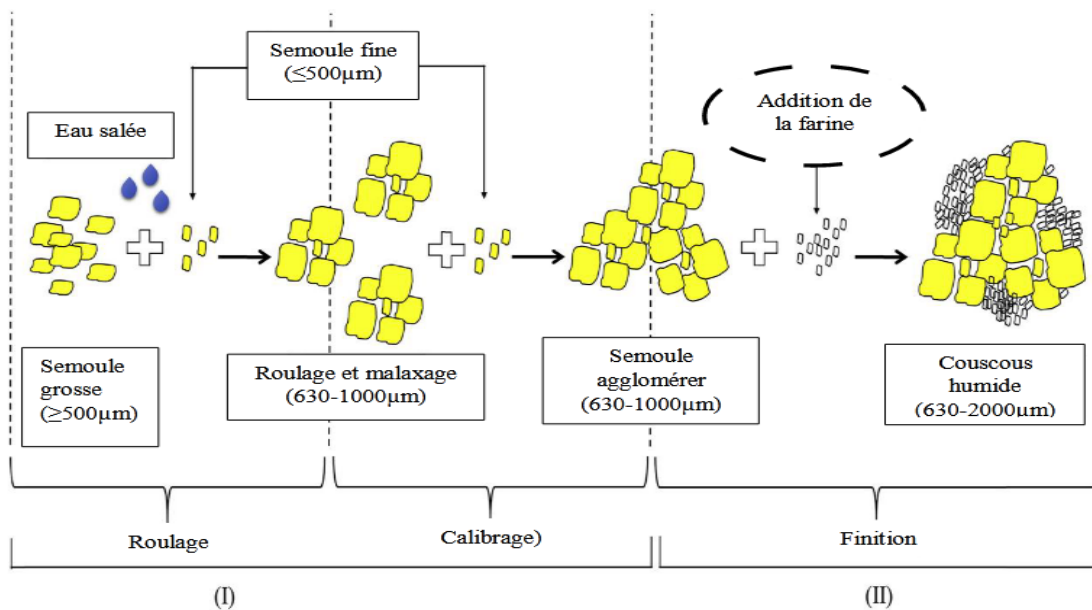


Figure 04 : Représentation schématique des principales étapes contribuant à l'agglomération du couscous (CHEMACHE, *Let al.*2018)



Figure 05 : plats du couscous (TEBIB *et al*, 2020)

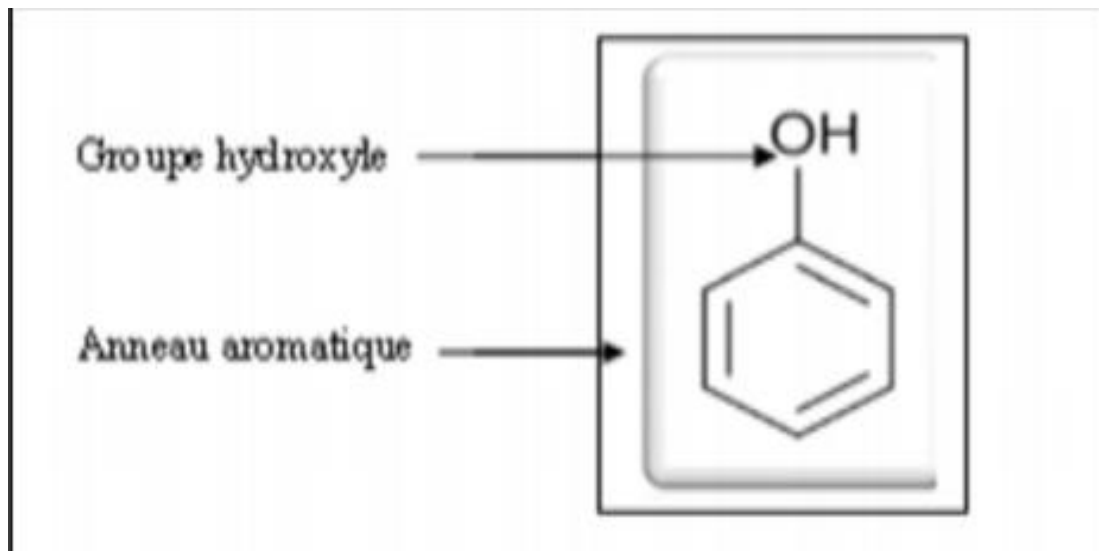


Figure 06. Structure chimique de base des polyphénols (Madani, 2017).

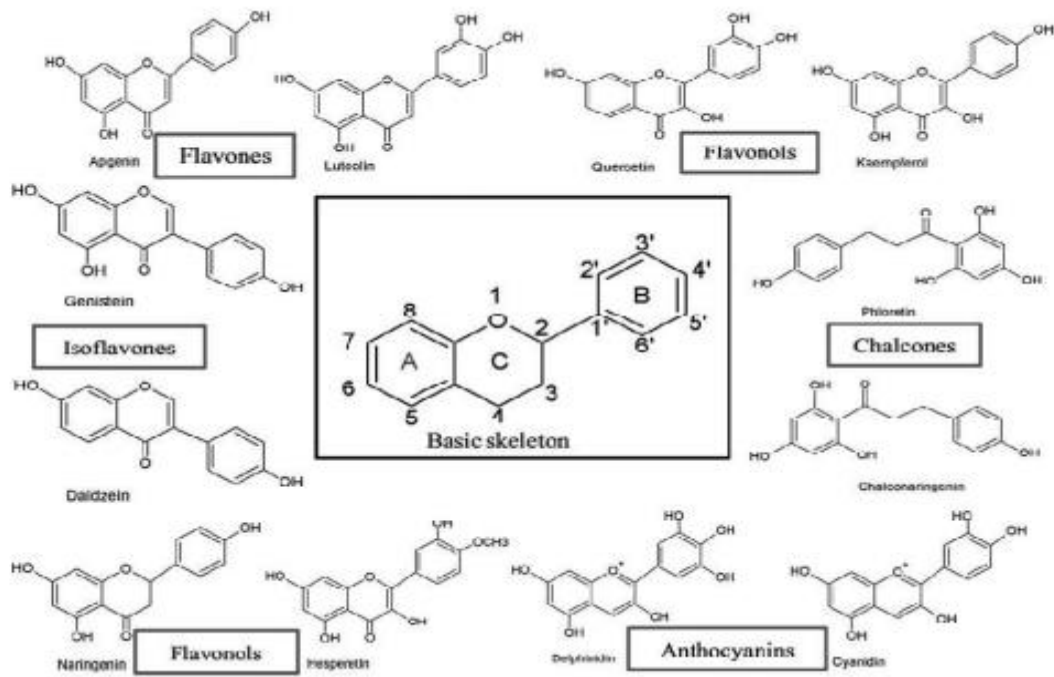


Figure 07. Structure du squelette de base des flavonoïdes et leurs classes (Pancheet *al.*, 2016).

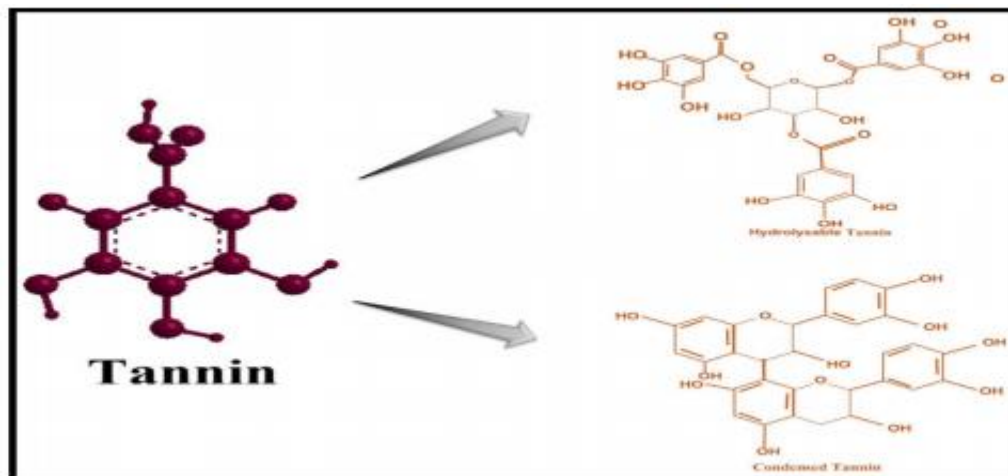


Figure 08. Structure des deux types de tanins (Kavitha et Kandasubramanian 2020,)



Figure 09: Les ustensiles préparation traditionnelle de couscous «El-Hammoum»
(Mokhtari, 2021)

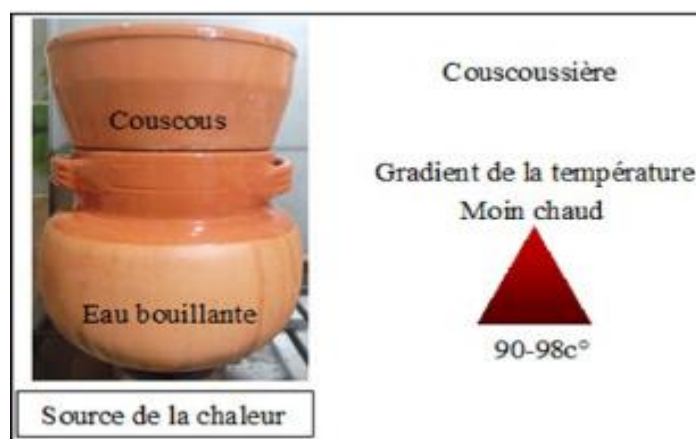


Figure 10: Modalité de cuisson du couscous «El-Hammoum» (Mokhtari, 2021)

Tableau 02 : Classification par ordre décroissant des tamis utilisés pour chaque échantillon

Echantillon	Tamis utilisés (μm)
Semoule	600, 500, 450, 355, 250, 200, 150
Couscous Fin	1000, 900, 800, 630, 500
Couscous Moyen	1600, 1400, 1250, 1120, 1000, 900, 800, 630
Coucous Gros	3150, 2800, 2500, 2240, 2000, 1800, 1600

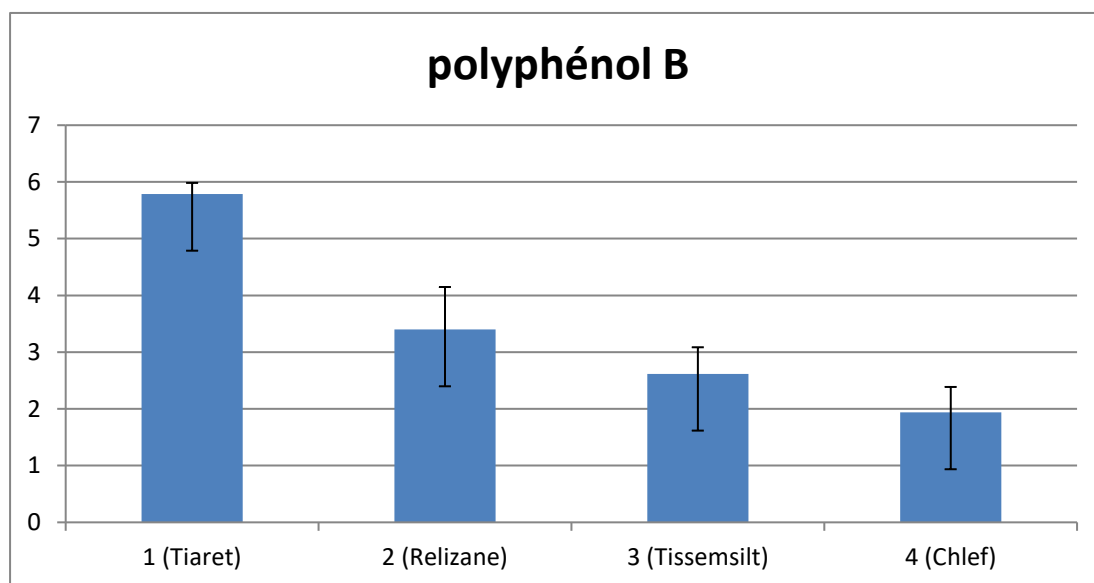


Figure11: Composition en polyphénols totaux de blé fermenté des les wilayas de Tired, Relizane, Tissemsilt et Chlef

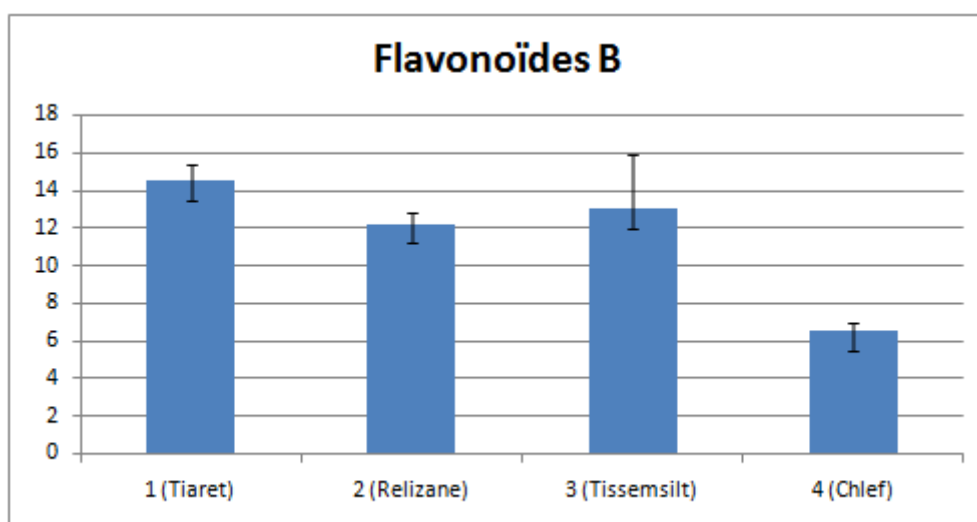


Figure12: Composition en flavonoïdes totaux de blé fermenté des les wilayas de Tired, Relizane, Tissemsilt et Chlef

Tableau 0: teneurs en eau de blé fermenté des les wilayas de Tiaret, Relizane, Tissemsilt et Chlef

	1 (Tiaret)	2 (Relizane)	3 (Tissemsilt)	4 (Chlef)
tenure eau%	10,46±0,66	10,89±1,15	9,91±0,31	9,22±0,80

Tableau 0: teneurs en matière sèche de blé fermenté des les wilayas de Tiaret, Relizane, Tissemsilt et Chlef

	1 (Tiaret)	2 (Relizane)	3 (Tissemsilt)	4 (Chlef)
matère sèche %	89,53±0,66	89,10±1,15	89,41±1,02	90,77±0,80

Tableau 0: teneurs en matière minérale de blé fermenté dès les wilayas de Tiaret, Relizane, Tissemsilt et Chlef

	1 (Tiaret)	2 (Relizane)	3 (Tissemsilt)	4 (Chlef)
Matièreminérale%	9,87±0,63	9,89±0,77	9,55±0,8	10,18±0,49

Tableau 0: teneurs en matière organique de blé fermenté des les wilayas de Tiaret, Relizane, Tissemsilt et Chlef

	1 (Tiaret)	2 (Relizane)	3 (Tissemsilt)	4 (Chlef)
matière organique %	79,65±0,41	79,21±1,87	80,52±1,11	80,58±1,19

Figure0: Composition en polyphénols totaux de couscous du blé fermenté des les wilayas de Tired, Relizane, Tissemsilt et Chlef

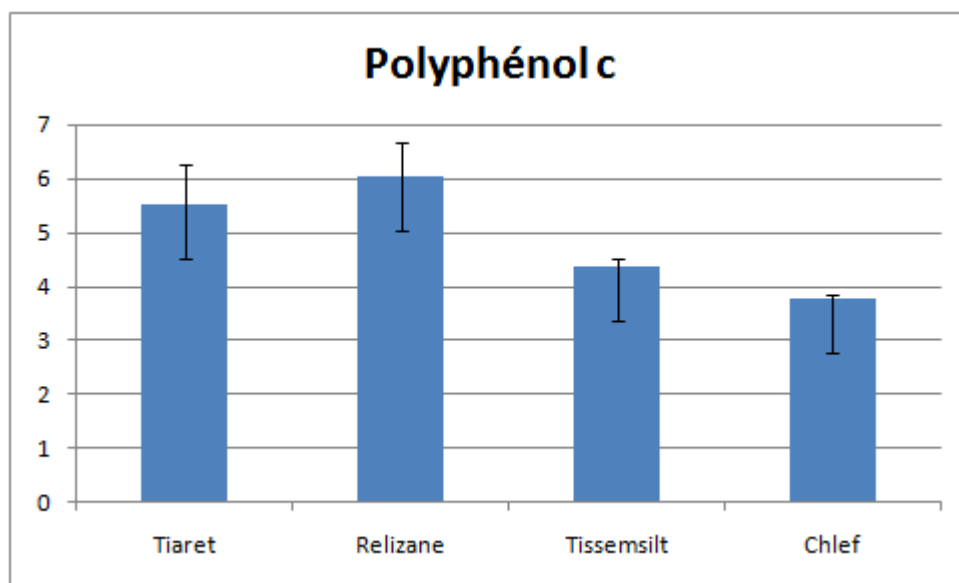


Figure 13: Composition en polyphénols totaux de couscous du blé fermenté des les wilayas de Taret, Relizane, Tissemsilt et Chlef

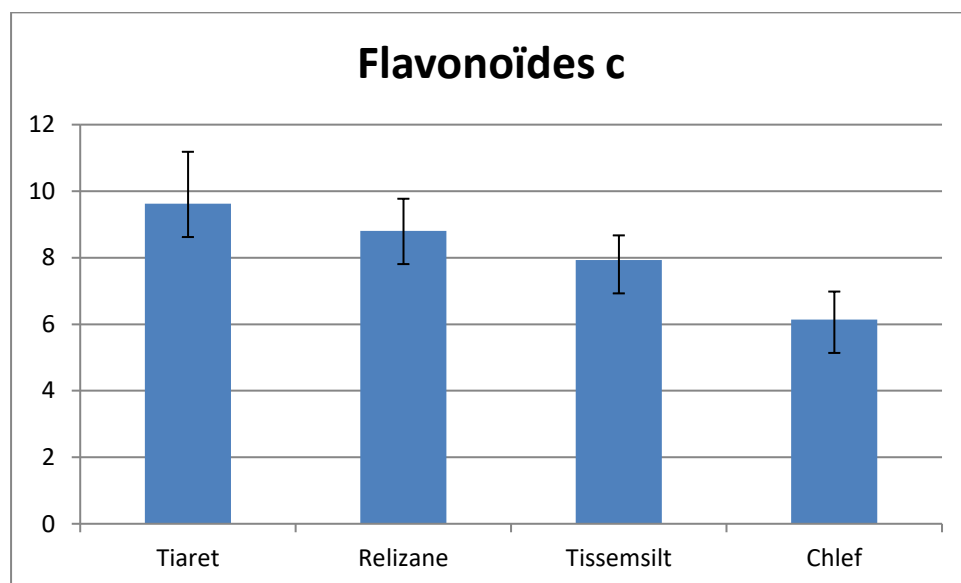


Figure 14: Composition en flavonoïdes totaux de couscous du blé fermenté des les wilayas de Taret, Relizane, Tissemsilt et Chlef

Tableau 00: teneurs en eau de couscous du blé fermenté des les wilayas de Tiaret, Relizane, Tissemsilt et Chlef

	(Tiaret)	(Relizane)	(Tissemsilt)	(Chlef)
Teneur en eau%	12,73±1,59	10,3±0,12	9,73±0,01	8,75±0,04

Tableau 0: teneurs en matière sèche de couscous du blé fermenté des les wilayas de Tiaret, Relizane, Tissemsilt et Chlef

	(Tiaret)	(Relizane)	(Tissemsilt)	(Chlef)
matière sèche %	87,26±1,59	89,69±0,12	89,59±1,14	91,24±0,04

Tableau 0: teneurs en matière minérale de couscous du blé fermenté des les wilayas de Tiaret, Relizane, Tissemsilt et Chlef

	(Tiaret)	(Relizane)	(Tissemsilt)	(Chlef)
Matière minérale %	8,37±2,26	9,68±0,47	8,96±0,33	10,26±0,59

Tableau 0: teneurs en matière organique de couscous du blé fermenté dès les wilayas de Tiaret, Relizane, Tissemsilt et Chlef

	(Tiaret)	(Relizane)	(Tissemsilt)	(Chlef)
matière organique %	78,89±2,23	80,01±0,55	81,29±0,32	80,98±0,60

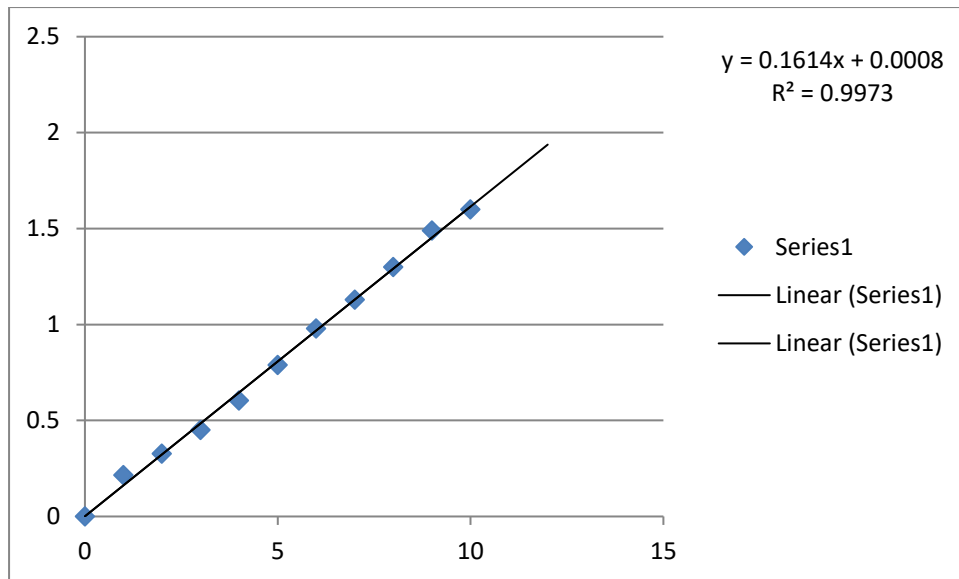


Figure 15: Courbe d'éthanolage d'acide galique

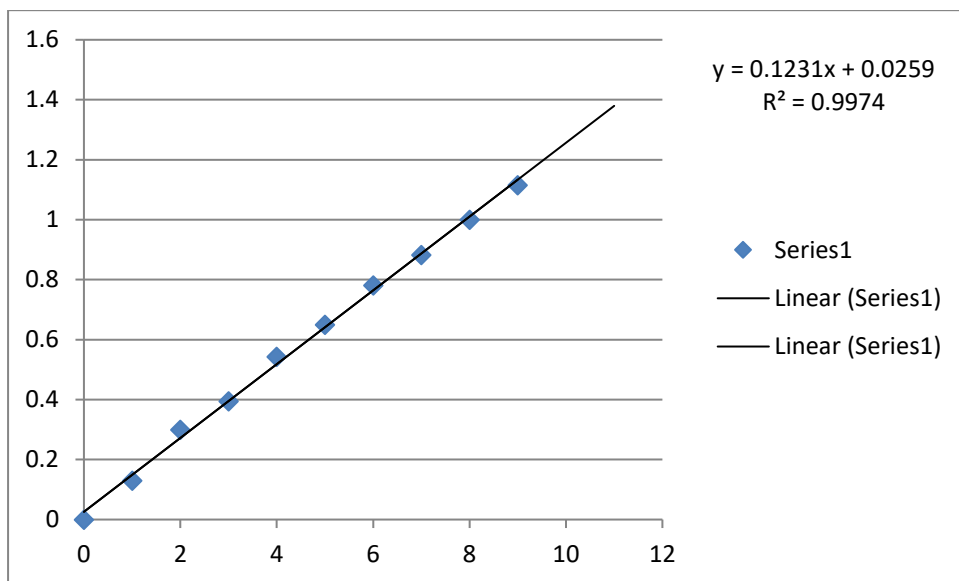


Figure 16 : Courbe d'éthanolage quercétine

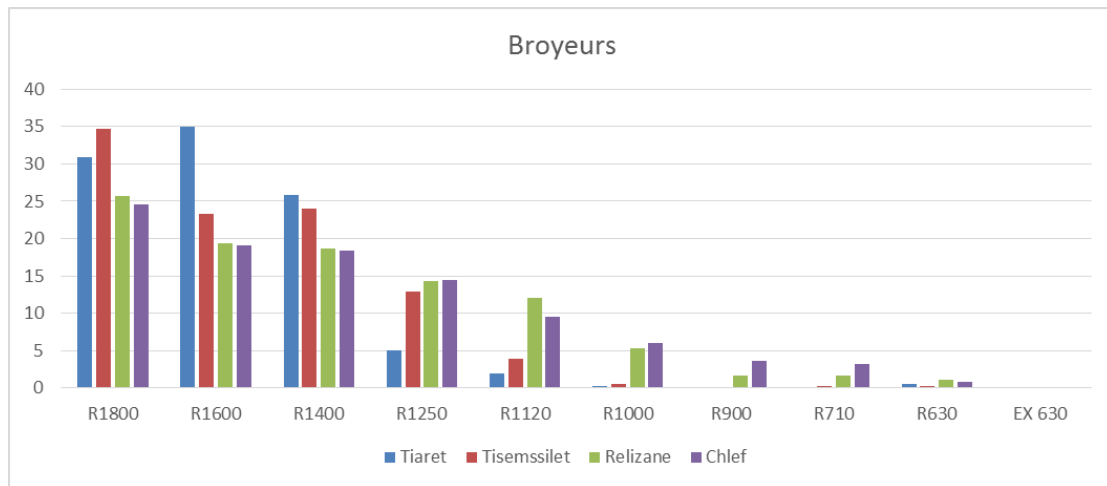


Figure 16: la granulométrie de couscous fermenté des wilayas de Taret, Relizane, Tissemsilt et Chlef

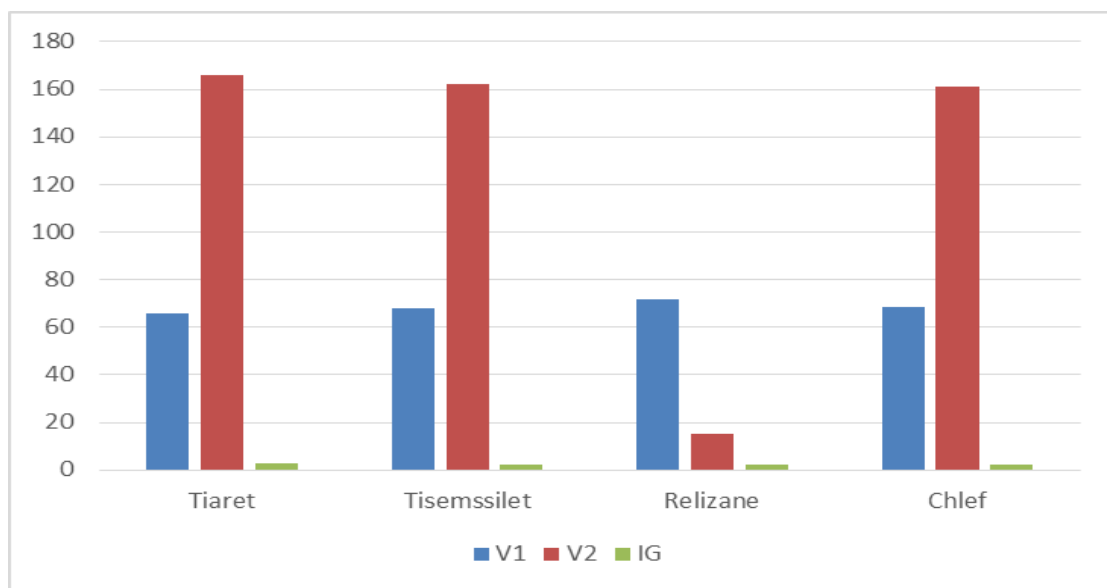


Figure 17 : indice de gonflement du couscous des wilaya de Taret ,Tismssilet,Relizanechlef.

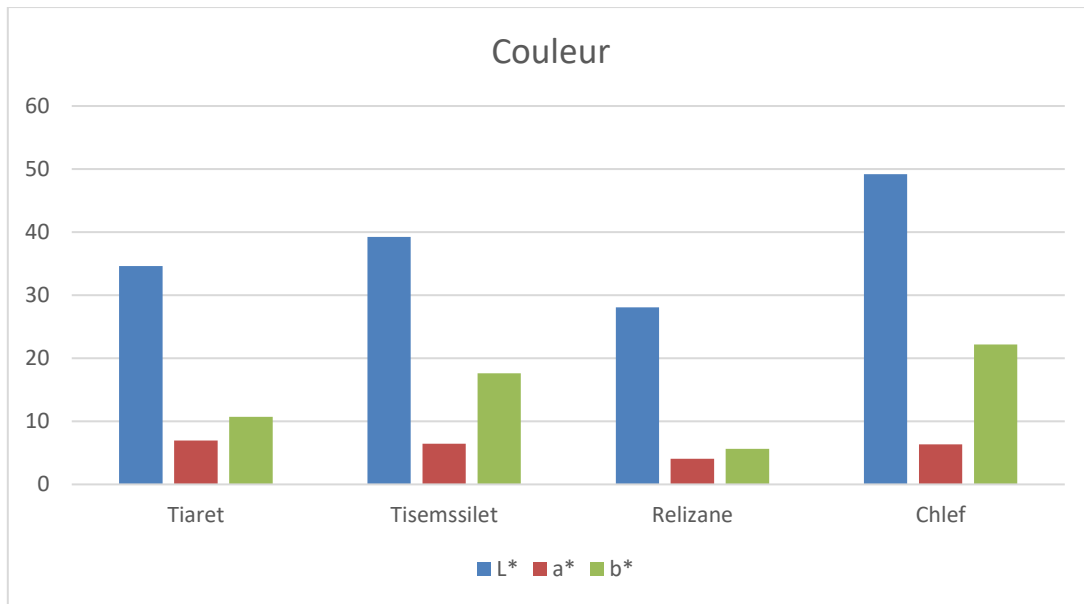


Figure 18:Appréciation de la couleur de couscous de blé fermenté de les wilayas (Tiaret ,Tisemssilet,Relizane,Chlef

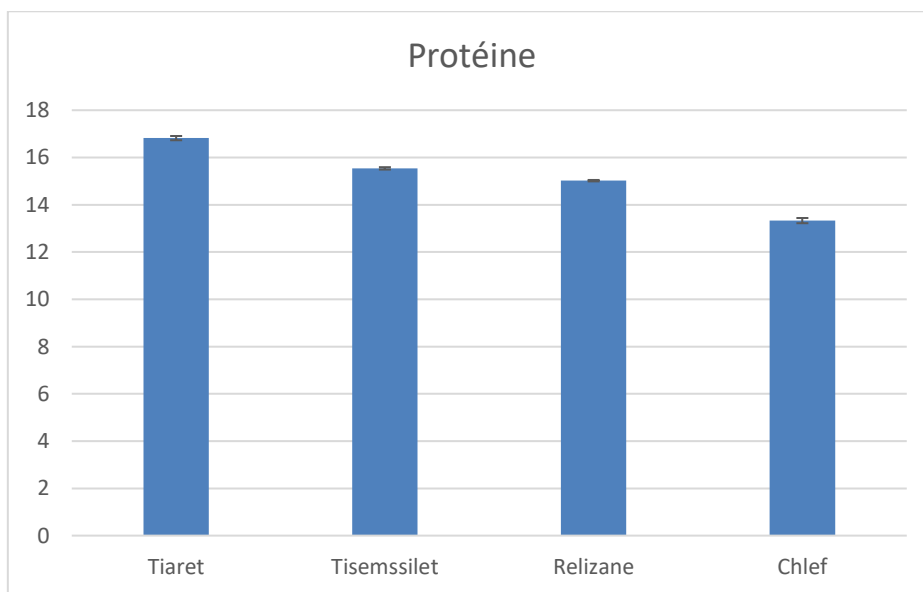


Figure 19:le Teneur de protéine de couscous de blé fermenté de les wilayas (Tiaret ,Tisemssilet,Relizane,Chlef