



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



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTE : SCIENCES

DEPARTEMENT : SCIENCES AGRONOMIQUES

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : Koriba Sara

Benlahbib Khaoula Charifa

DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE (SNV)

FILIERE : SCIENCES AGRONOMIQUES

OPTION : AGROALIMENTAIRE ET CONTROLE DE QUALITE

Thème

Effet de taux d'impuretés sur la valeur meunière du blé tendre

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	Qualité
Mr.Makoudi Mourad	MAA	Président
Mme.Hamini Faiza	MAA	Examineur
Mr.Ait Salah B	MAA	Rapporteur
Mr.Turki Lotfi	MAA	Co-rapporteur

PROMOTION : 2021/2022

Effet de taux d'impuretés sur la valeur meunière de blé tendre

Résumé

Le présent travail est réalisé dans l'objectif d'apprécier la qualité physico-chimique des grains de blé tendre et de la farine extraite de celui-ci sous l'effet de taux d'impuretés. L'expérimentation est effectuée au sein du laboratoire du Complexe Industriel et commercial Agrodif Laghouat. Les résultats d'analyses physico-chimiques et technologiques de la farine obtenue à partir du blé tendre sont globalement conformes aux normes Algériennes. Les résultats statistiques ont montré que la différence entre les moyennes des différents traitements est non significative pour presque tous les paramètres étudiés sauf le taux d'absorption de la farine, Ce dernier a été affecté par le taux d'impuretés ajoutées. Le taux de cendre nous a permis de classer nos quatre farines en deux types : type 65 et type 80, Les farines étudiées sont de qualité acceptable.

Mots clés : le blé tendre, la farine, les impuretés, qualité.

Effect of impurities on the milling value of common wheat

Abstract

This work is being carried out with the aim of assessing the physico-chemical quality of common wheat grains and flour extracted from them under the influence of impurity levels. The experiment is carried out in the laboratory of the Agrodif Laghouat Industrial and Commercial Complex. The results of physico-chemical and technological analyses of the flour obtained from soft wheat generally comply with Algerian standards. The statistical results showed that the difference between the means of the different treatments is not significant for almost all the studied parameters except the absorption rate of the flour, The latter was affected by the level of impurities added. The ash content allowed us to classify our four flours into two types: type 65 and type 80, The flours studied are of acceptable quality.

Keywords: soft wheat, flour, impurities, quality.

ملخص

ويجري هذا العمل بهدف تقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية لحبوب القمح الشائعة والدقيق المستخرج منها تحت تأثير مستويات الشوائب. يتم إجراء التجربة في مختبر مجمع أغروديف الصناعي والتجاري. وتتفق نتائج التحليلات الفيزيائية - الكيميائية والتكنولوجية للدقيق الذي يتم الحصول عليه من القمح اللين عموماً مع المعايير الجزائية. أظهرت النتائج الإحصائية أن الفرق بين طرق المعالجة المختلفة ليس كبيراً بالنسبة لجميع الاعدادات المدروسة تقريباً باستثناء معدل امتصاص الدقيق، وتأثر الأخير بمستوى الشوائب المضافة. سمح لنا محتوى الرماد بتصنيف الدقيق الأربعة إلى نوعين: النوع 65 والنوع 80، والدقيق المدروس بجودة مقبولة

الكلمات المفتاحية: القمح اللين والدقيق والشوائب والجودة.



Dédicace

Je dédie ce modeste travail d'études à :

Mes très chers parents

*À mon tous à la personne la plus chère à mon cœur à mon amie
de vie à ma partie de cœur et d'âme **Maman** Autant de phrases
aussi expressives soient-elles ne sauraient montrer le degré d'amour et
d'affection que j'éprouve pour toi.*

*A toi **papa** rien au monde ne vaut les efforts fournis jours et nuits
pour mon avenir et mon bien être Qu'**ALLAH** le tout puissant te
préserve, t'accorde santé*

*Qu'**ALLAH** vous bénisse, protège et vous donnera la santé et longue
vie.*

*A mes deux parties de cœur Mes sœurs **Hadjer, Manel et Meriem.***

*A mon frère **Yacine** et son épouse **Bouchra***

*A mes amies **Khaoula, Fatima Zahra, Aïcha, Linda, Nacima, Houda**
La source du grand courage tout le moment de travail.*

A tous ceux qui m'aiment et tous ceux que j'aime.

SARA



Dédicace

*A celles qui m'a comblées d'affection,
d'amour et de tendresse, et qui a veillé à calmer de mon
berceau pour consoler mes cris de douleurs, et qui n'a
jamais cessé de le faire. **Ma mère.***

A mon père qui a toujours été là pour moi.

*A celui qui fait le plus brave des hommes, m'ouvrant ses
bras dans les sombres moments et m'aidant à aller de l'avant
vers le meilleur, et qui m'a tant soutenu moralement et
matériellement **Mon mari.***

A mes très chers frères

A ma très chère sœur

*Et sans oublier celle qui m'a été d'une aide précieuse **mes
collègues,** que je les respecte et à qui je leur souhaite une
bonne réussite.*

*A tous **mes amies,** son nom en particulier.*

Khaoula

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

Nos remerciements les plus cordiaux à notre promoteur Mr Aït salah Boubekour et également témoigner notre gratitude pour sa patience et son soutien qui nous a été précieux afin de mener notre travail.

Nous tenons à remercier Mr Turkí Lotfi, et le personnel de laboratoire du Complexe Industriel et commercial Agrodív de Laghouat de nous avoir accueillis et également pour leurs aides qu'ils nous ont offerte tout au long de nos travail.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et l'enrichir par leurs propositions.

Enfin, tous ce qui ont contribué de près et de loin à la réalisation de ce travail trouvent ici l'expression de notre parfaite reconnaissance.

TABLE DE MATIERE

RESUME	I
DEDICACES	II
REMERCIEMENT	III
TABLE DE MATIERE	IV
LISTE DES TABLEAUX	V
LISTE DES FIGURES	VI
INTRODUCTION	1
PARTIE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	
CHPITRE I : DONNEES GENERALES SUR LE BLE TENDRE	3
1. Historique	3
2. Origine génétique et géographique du blé tendre	4
3. Production du blé dans le monde et en Algérie	6
4. Structure et composition biochimique du grain de blé tendre	7
4.1. Structure	7
4.2. Composition biochimique du grain de blé tendre	9
5. L'utilisation du blé tendre	12
CHAPITRE II : LA FARINE DE BLE TENDRE	14
1. La Farine de blé tendre	14
1.1. Composition de la farine	14
1.2. Les types de farine du blé et leur utilisation	17

TABLE DE MATIERE

1.3. La qualité du la farine	18
2. Processus de transformation de blé tendre en farine	19
2.1. Réception de la matière première	19
2.2. Nettoyage	19
2.3. La mouture	20
2.4. Le broyage	20
2.5. Le convertissage et le claquage	20
2.6. Le blutage	20
2.7. Le sassage	20
2.8. Le curage de son	20
2.9. Détacheurs	21
2.10. Le blutage de sureté	21
2.11. Collecte des farines	21
CHAPITRE 3 : L'INCIDENCE DES IMPURETES SUR LA QUALITE TECHNOLOGIQUE DE BLE TENDRE	22
1. La qualité technologique du blé tendre	22
1.1. La teneur en protéines	22
1.2. La valeur meunière	22
1.2.1. Le rendement possible d'un blé en farine	22
1.2.2. La faculté de séparation de l'amande farineuse des enveloppes qui la recouvrent	23

TABLE DE MATIERE

1.3. La valeur boulangère	23
2. Agréage (détermination des différents types d'impuretés)	24
2.1. Conditions de réalisation d'un agréage parfait	24
2.2. Modalités d'agréage	25
3. Les impuretés	26
3.1. Origine des impuretés et incidence sur la qualité	26
3.1.1. Grains de blé endommagés	26
3.1.2. Autres céréales	29
3.1.3. Grains nuisibles et/ou toxiques	29
3.1.4. Matières étrangères (impuretés proprement dites)	30
PARTIE II : PARTIE EXPEREMENTLE	
CHAPITRE 4 : MATERIELS ET METHODES	31
1. But de l'étude	31
2. Lieu d'expérimentation	31
3. Méthodes	31
3.1. Nettoyage de blé et collecte des impuretés	31
3.2. Préparation des échantillons pour analyse	31
3.3. Les analyses physico-chimiques et technologiques effectuées	32
3.3.1. Détermination de la teneur en eau	32
3.3.2. Déterminations de taux de cendre	34
3.3.3. Détermination du poids spécifique (PS)	36

TABLE DE MATIERE

3.3.4. Détermination de taux de Gluten humide et sec	36
3.3.5. Déterminations de la granulométrie	38
3.3.6. Déterminations de taux d'absorption	39
3.3.7. Déterminations de taux d'extraction	40
3.3.8. Détermination la teneur en protéines	41
CHAPITRE 5 : RESULTAT ET DISCUSSION	43
1. Taux d'humidité des grains	43
2. Poids spécifique des grains de blé tendre	44
2.3. Le taux de cendre des grains	45
2.4. Taux d'extraction de la farine	47
2.5. Granulométrie	48
2.6. Gluten humide	49
2.7. Gluten sec	50
2.8. Taux de cendre de la farine	51
2.9. Taux d'absorption de la farine	52
2.10. Taux de protéine de la farine	54
CONCLUSION	56
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE	58
ANNEXES	63

LISTES DES TABLEAUX

Tableaux 1 : : Composition chimique du grain de blé	9
Tableaux 2 : Protéines du grain de blé	10
Tableaux 3 : Vitamines présentes dans le blé	11
Tableaux 4 : Minéraux présents dans le blé	12
Tableaux 5 : Type des farines	18
Tableaux 6 : valeurs moyennes de taux d'humidité	43
Tableaux 7 : valeurs moyennes de poids spécifique des grains de blé tendre	44
Tableaux 8 : valeurs moyennes de taux de cendre des grains	46
Tableaux 9 : valeurs moyennes de taux d'extraction de la farine	47
Tableaux 10 : valeurs moyenne de granulométrie	48
Tableaux 11 : valeurs moyenne de gluten humide	49
Tableaux 12 : valeurs moyenne de gluten sec	50
Tableaux 13 : valeurs moyenne de taux de cendre de la farine	51
Tableaux 14 : valeurs moyenne de taux d'absorption de la farine	53
Tableaux 15 : valeurs moyenne de taux de protéine de la farine	54

LISTE DES FIGURES

Figures1 : La diffusion du blé vers l'Europe	4
Figure 2 : Le blé tendre	5
Figure 3 : Production et consommation algérienne totale du blé entre.	6
Figure 4 : Histologie du grain de blé	8
Figure 5 : la Farine de blé tendre	14
Figure 6 : Constituions des traitements pour analyse	32
Figure 7 : les étapes de détermination de taux de cendre	35
Figure 8 : Formation de pâte (à gauche) et lixiviation manuelle de l'échantillon sous un mince filet d'eau (à droite.)	37
Figure 9 : Glutimer	38
Figure10 : tamis de granulométrie	39
Figure 11 : la détermination de taux d'absorption	40
Figure 12 : minéralisateur et distillateur de Kjeldhal.	42
Figure 13 : histogramme représentatif des résultats de taux d'humidité	44
Figure 14 : histogramme représentatif des résultats de poids spécifique	45
figure 15 : histogramme représentatif des résultats de taux de cendre des grains	46
Figure 16 : histogramme représentatif des résultats de taux d'extraction de la farine	48
Figure 17 : histogramme représentatif des résultats de la granulométrie	49
Figure 18 : histogramme représentatif des résultats de gluten humide	50
Figure 19 : histogramme représentatif des résultats de gluten sec	51
Figure 20 : histogramme représentatif des résultats de taux de cendre de farine	52
Figure 21 : histogramme représentatif des résultats de taux d'absorption de la farine	53
Figure 22 : histogramme représentatif des résultats de taux de protéine de la farine	55

INTRODUCTION

INTRODUCTION

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**), appartiennent à la famille des Poacées. Parmi eux on retrouve 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 (**Moule, 1971**). Parmi les céréales, le blé en particulier occupe une place importante dans la production agricole et constitue la nourriture de base pour 35% de la population mondiale (**MEBARKIA et al., 2005**).

En Algérie, le blé tendre est la matière première nécessaire pour l'industrie de la transformation et l'extraction de la farine ainsi que du son dont la première matière d'une part, rentre dans la fabrication de tous les types de pain d'autre part, elle constitue l'ingrédient de base de l'industrie des biscuiteries. Toutefois, le son est un sous-produit de la mouture des grains de blé tendre destiné quasiment pour l'alimentation de bétail dans les zones à vocation céréalières et élevage. Aussi plusieurs facteurs tels que les conditions de stockage, de mouture peuvent altérer la qualité des farines et entraîner par la suite des troubles de santé (cancérigène) chez les personnes qui consomment leurs produits dérivés (**Belkacem, 2008**).

Ainsi, il est important de connaître leur qualité et de savoir dans quelles conditions on peut les conserver. D'une façon particulière, les mauvaises conditions d'hygiène, de stockage et de vente des farines boulangères dues en générale à une mauvaise habitude peuvent altérer leur qualité.

Différentes causes peuvent être à l'origine d'une altération des grains au cours de leur conservation (**Cruz et al., 1988**). Les altérations possibles sont de types mécaniques (détérioration de l'enveloppe des grains ou des grains brisés), biologiques (infestation par des insectes, rongeurs), enzymatiques (dégradation de l'amidon, rancissement des lipides) et chimique (**Pierre et al., 2014**). Des précautions peuvent être prises pendant la manutention des grains pour éviter des chocs susceptibles de provoquer des fissures et des brisures. Ces altérations sont liées à des conditions de stockage particulièrement agressives (**Feuillet, 2000**).

Les critères de qualité sont aujourd'hui de plus en plus souvent pris en compte depuis les acheteurs de matières premières jusqu'aux producteurs et transformateurs. La satisfaction des besoins de l'industrie agroalimentaire et des consommateurs est la condition de la qualité requise dans la transformation du blé. Ensuite il y'a l'agréage qui est une opération technique servant à la détermination de la qualité physique des céréales. Les impuretés regroupent les grains de céréales endommagés et tous éléments organiques et non organiques autres que les grains des céréales concernés. **(Aziez et al., 2003).**

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre travail qui a pour objectif de faire une appréciation de la qualité technologique de la farine de blé tendre sous l'effet de taux d'impuretés.

Ce mémoire est composé de deux parties : La première partie propose une mise au point bibliographique. Elle est divisée en trois chapitres, le premier chapitre présente des généralités sur le blé tendre (leur structure, utilisation, composition...) tout en mettant l'accent sur Le deuxième chapitre décrit sur la transformation du blé tendre en farine, le troisième chapitre comporte l'incidence des impuretés sur la qualité technologique de blé tendre.

La deuxième partie est une étude expérimentale qui comporte deux chapitres : le quatrième chapitre est consacré au matériel et méthodes utilisées et le cinquième chapitre présente les résultats et leur interprétation. Une conclusion générale, suivies de la liste de références bibliographiques et annexes.

PARTIE I
DONNES BIBLIOGRAPHIQUES

CHAPITRE I
DONNES GENERALES SUR LE BLE
TENDRE

Chapitre I

Données générales sur le blé tendre

1. Historique :

Les premières cultures furent à l'origine de bouleversements majeurs pour les sociétés humaines. En effet, l'homme sachant désormais produire sa propre nourriture, sa survie devenait moins dépendante de son environnement. L'agriculture marque aussi le début du commerce.

Dans un premier temps, le blé semble avoir été consommé cru puis grillé ou cuit sous forme de bouillie puis de galettes sèches élaborées à partir des grains simplement broyés entre deux pierres. Le blé s'impose par la suite comme l'aliment essentiel de la civilisation occidentale. Il se présente sous forme d'aliments variés, le pain, la semoule, les pâtes, les biscuits...

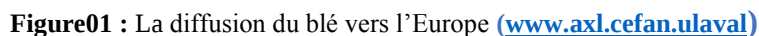
La culture du blé est beaucoup moins difficile que celle du riz : elle ne demande pas d'aménagement spécial du champ ni un trop lourd travail d'entretien. Entre la période des labours semailles et celle de la moisson, les travaux sont plutôt réduits. Après la récolte, le blé, à la différence du riz, ne demande pas d'opération spéciale comme le décortilage. Les pays reposant fortement sur la culture du blé comptent moins de travailleurs que les régions du maïs et du riz.

Ainsi, au Moyen Âge, les fermiers des campagnes à blé européennes utilisaient la charrue à roue et le cheval. Les pays à seigle en restaient à l'araire et aux bovins. Le semoir mécanique et la moissonneuse-batteuse ont été mis au point dans les régions à blé d'Europe et d'Amérique du Nord. Le blé est également le premier à bénéficier de l'usage des amendements (comme dans l'est de la France) et des engrais chimiques. Pendant plusieurs millénaires, le blé n'est cultivé qu'en faibles quantités et avec de très bas rendements. Au cours du XXe siècle, les progrès de la technologie permirent d'augmenter formidablement la production céréalière.

À partir de la seconde moitié du XIXe siècle, l'agriculture s'est mécanisée et rationalisée. Les machines agricoles, tirées au départ par des chevaux, puis par des machines à vapeur et enfin par

La culture du blé est longtemps restée confinée au bassin méditerranéen et à l'Europe. En Europe, à la fin du XIXe siècle, la culture du blé commence par reculer, en raison de la généralisation de l'économie urbaine, du développement des moyens de transport et les moindres coûts de production en outre-mer. Cependant la culture du blé reprend son essor au cours du XXe siècle grâce aux progrès de la mécanisation, à la sélection de nouvelles variétés productrices et au développement de l'usage de fertilisants (**Bonjean et Picard, 1999**).

L'aire d'origine des blés est le proche Orient, dans la zone dite du Croissant fertile, l'Irak, la Syrie et la Turquie (**Baldy, 1986**). La diffusion du blé vers l'Europe, l'Asie et l'Afrique du Nord est très ancienne. Le blé tendre (*Triticum aestivum*) est apparu il y'a 7000 à 9500 ans, probablement par la domestication des blés (**Nesbitt et Samuel, 1995**). Les botanistes classent le blé tendre dans le groupe des blés hexaploïdes ($2n = 42$) (**Bonjean, 2001**).



Le blé hexaploïde *Triticum aestivum* à génome (BBAADD) est très vraisemblablement apparu seulement après la domestication des blés diploïdes et tétraploïdes (**Chantret et al., 2005**).

Le génome actuel du blé tendre provient de 2 évènements majeurs d'hybridations successives. Un premier évènement résultant du croisement entre deux espèces diploïdes ($2n=14$), *Triticum urartu* (AA) et une espèce proche d'*Aegilops sepltoïdes* (BB), a permis l'apparition du blé dur sauvage (*Triticum turgidums* spdicoccoides) au génome AABB, à l'origine du blé dur actuel *Triticumdurum*. Un second croisement entre le tétraploïde *Triticum turgidum* et le diploïde *Triticum tauschii* (aussi appelé *Aegilops tauschii* ou *Aegilops squarosa*, génome DD) a conduit à l'obtention de blés hexaploïdes tels que le blé tendre (*Triticum aestivum*) et l'épeautre (*Triticum spelta* (**Bednarek, 2012**).

Le génome de *Triticum aestivum* a une taille de 17 milliards de paires de bases, organisé en trois séries de 7 chromosomes appartenant aux génomes A, B et D soit 42 chromosomes au total (**Paux et al., 2008**). En Algérie, Léon Ducellier (1878-1937) en particulier, parcourant le blé, fit au début du siècle le recensement d'une flore mal connue. Il découvrit et analysa les nombreuses variétés, qui peuplaient les champs cultivés, recueillit les échantillons les plus caractérisés, les plus productifs, les plus résistants à la sécheresse ou à quelques maladies.

Le blé tendre était inconnu en Afrique du Nord avant l'arrivée des français (**Lery, 1982**). Les blés ont d'abord évolué en dehors de l'intervention humaine, puis sous la pression de sélection qu'ont exercée les premiers agriculteurs (**Henry et de Buyser, 2001**).



Figure2: Le blé tendre (**Germon, 2012**).

3. Production du blé dans le monde et en Algérie

Le blé fait partie des trois céréales les plus cultivées dans le monde avec le riz et le maïs. La production mondiale de blé s'élève à 690 Mt en 2008. Le blé est la première céréale cultivée avec une production pour le blé tendre de 36.5Mt et de 2.1Mt pour le blé dur récolté en 2009. Les exportations de blé tendre pour la récolte de 2009 furent de 42%. Concernant les utilisations nationales du blé tendre, l'alimentation animale est le plus gros débouché (5.6 Mt) suivie de l'alimentation humaine avec 5 Mt. L'amidonnerie valorise 2.65 Mt, et le secteur des biocarburants, en constante augmentation, a utilisé 1.1 Mt de blé tendre en 2009. L'Algérie a produit 4,9 millions de tonnes de blé durant la saison 2012 -2013 contre 5,12 millions de tonnes lors de la campagne 2011-2012, 4,24 millions de tonnes en 2010-2011 et 4,5 millions de tonnes en 2009-2010, alors qu'une production record de 6,12 millions de tonnes avait été enregistrée en 2008-2009(**Figure 3**). De même, l'industrie de transformation occupe une place « leader » dans le secteur des industries agroalimentaires, en raison des capacités importantes de triturations dont elle dispose, (+230%) par rapport à la taille du marché domestique, réparties entre les moulins publics (95%) et privés (135%), soit respectivement une capacité de trituration de l'ordre de 19000 et de 27 000 T/jour (**Djermoun, 2009**). La consommation des produits céréaliers se situe à un niveau d'environ 205 kg /hab/an (**Chehat, 2007**).

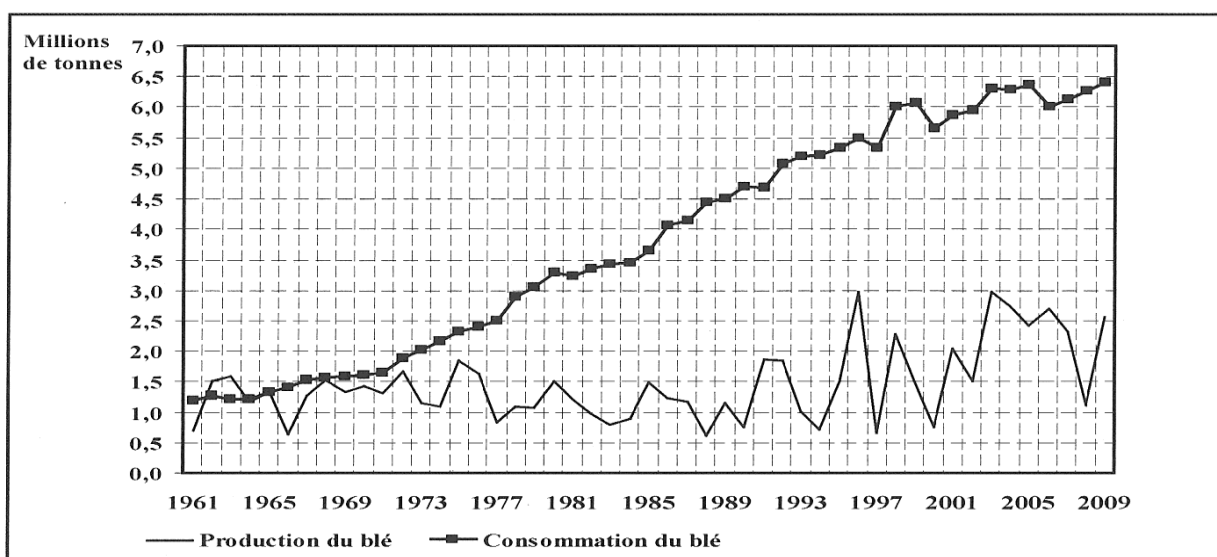


Figure 3 : Production et consommation algérienne totale du blé entre 1961 et 2009.

<https://journals.openedition.org/>

Les céréales et leurs dérivés constituent l'épine dorsale du système alimentaire algérien, et elles fournissent plus de 60% de l'apport calorifique et 75 à 80% de l'apport protéique de la ration alimentaire. C'est ainsi, au cours de la période 2001-2003, les disponibilités des blés représentent un apport équivalent à : 1505,5 Kcal/personne/jour, 45,533 gr de protéine /personne/j et 5,43 gr de lipide/personne /J (Observatoire méditerranéens CEHEAM/IAMM). Dans ce contexte, les besoins de l'Algérie en céréales sont estimés à environ 8 millions de tonnes par ans.

L'Algérie est l'un des premiers importateurs de blé au monde, notamment le blé tendre, la demande locale reste importante. En termes de valeur, la facture des importations de blé a connu une stagnation en 2013 pour atteindre 2,12 milliards/dollars, soit la même valeur des importations de 2012. A travers ces chiffres, il a été constaté que les quantités de blé (tendre et dur) importées ont atteint 6,30 mt, enregistrant un léger recul de -0,66% par rapport à l'année 2012 où ont été réceptionnés 6,34. Alors que les détails montrent que les importations de blé tendre ont dépassé les 5,2 mt pour une valeur de 1,68 milliard/dollars, selon les chiffres du centre national de l'informatique et des statistiques (CNIS) des Douanes (**Djermoun, 2009**).

4. Structure et composition biochimique du grain de blé tendre :

4.1. Structure :

C'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscent, appelé caryopse, constitué d'une graine et de téguments (**Feuillet, 2000**).

Le grain de blé est constitué de trois parties essentielles : les enveloppes, l'amande et le germe (**Mousia et al., 2004**).

- **Enveloppe** : Elle est constituée de plusieurs couches parmi celle le péricarpe qui protège la graine, parfois riche en glucides, ralentit les échanges avec l'extérieur mais qui peut cependant être facilement traversé par les *micro-organismes* et par les *gaz*, et il y a aussi le testa et l'épiderme (**Cruz et al., 1988**). Les enveloppes de blé représentent 13 -17 % du grain et donnent le son en semoulerie, elles sont d'épaisseurs variables (**Mousia et al., 2004**).
- **Amande** : C'est l'organe de réserve, il est constitué de grosses cellules gorgées de réserves sous forme de grains d'amidon (**Cruz et al., 1988**). L'amande est appelée aussi

endosperme ou *albumen*, c'est la partie centrale du grain, tissu de stockage qui fournit au germe les réserves nécessaires pour sa croissance (**Doumandji et al., 2003**). On y trouve l'essentiel des réserves énergétiques qui nourrissent *la plantule* au moment de *la germination* (**ITCF., 1989**). Il est représenté 81-84% du grain de blé (**Mousia et al., 2004**).

- **Germe** qui donne *la plantule*. Le germe comprend 2 parties : *la plantule* et *le cotylédon* qui contient l'essentiel des *matières grasses* du grain dans le cas des céréales (**ITCF., 1989**). Il est responsable de la perpétuation de la vie. De par sa richesse en nutriments (vitamines, protides, lipides), le germe est une partie du grain qui contient *l'embryon*, protégé par *le scutellum* (Le germe représente 2 à 3% de grain du blé) (**Mousia et al., 2004**).

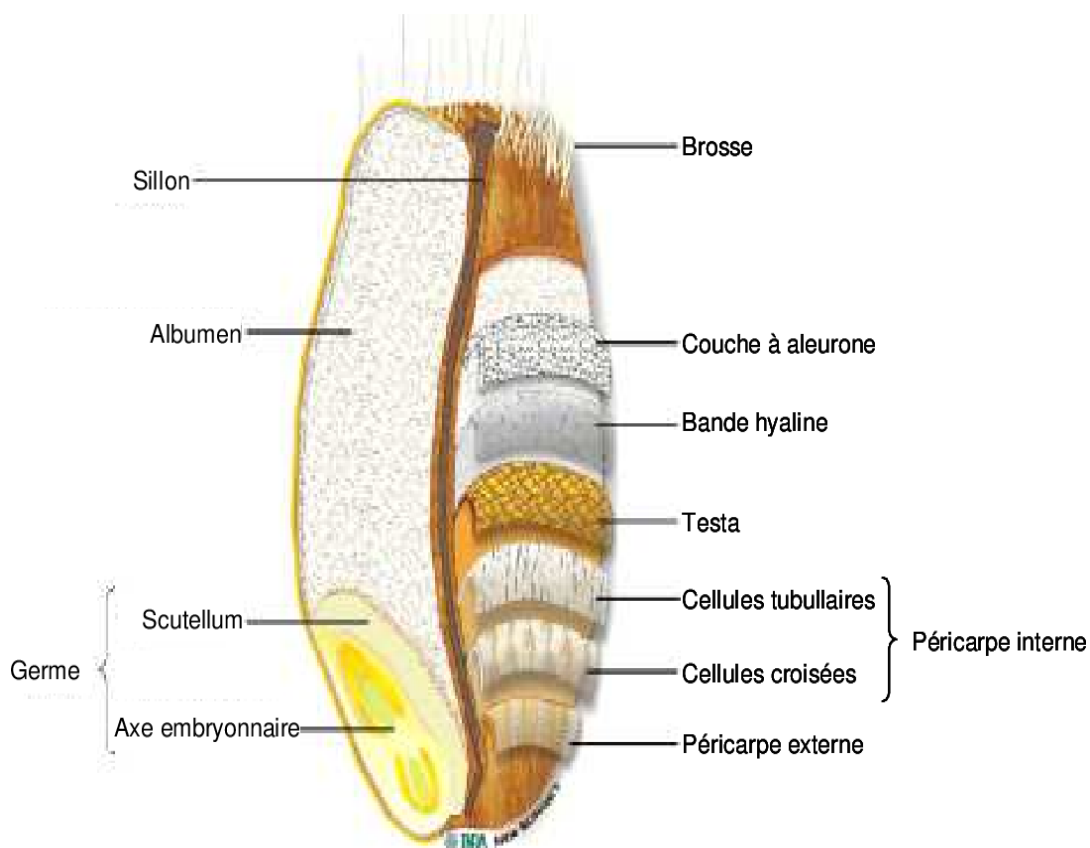


Figure 4 : Histologie du grain de blé (Surget et Barron, 2005).

4.2. Composition biochimique du grain de blé tendre :

La composition du blé varie d'une part selon les espèces, la nature du sol, le climat et, d'autre part, selon les parties du grain (**Roudaut et Lefrancq., 2005**). Le grain est principalement constitué d'amidon (environ 70%), de protéines (10 à 15% selon la variété et les conditions de culture) et de pentosanes (8 à 10 %) ; les autres constituants, pondéralement mineurs (quelque % seulement), sont les lipides, la cellulose, les sucres libres, les minéraux et les vitamines (**Feillet., 2000**).

Tableau 01 : Composition chimique du grain de blé (Feillet, 2000)

Nature des composants	Teneur (%ms)
Protéines	10-15
Amidon	67-61
Pentosanes	8-10
Cellulose	2-4
Sucre libre	2-3
Lipides	2-3
Matières minérales	1.5-2.5

- a. Glucides :** Le grain de blé contient environ 61% de glucides assimilables telle que l'amidon, un sucre complexe représentant la majeure partie de ces glucides soit 59% répartis ainsi : 25% d'amylose et 75% d'amylopectine. Il est essentiellement retrouvé en grande quantité dans l'amarande du grain dont la zone centrale est plus riche que la zone périphérique. A l'opposé, l'écorce et le germe sont peu riches en amidon. Par conséquent, plus une farine sera blanche, plus elle sera riche en amidon et meilleur sera son coefficient d'utilisation digestive (CUD). Il y a aussi les sucres simples qui représentant 2 %, ces *glucides* sont le *glucose*, le *fructose*, le *saccharose* et la *raffinose* qui sont pour la majeure partie localisés dans le germe et l'assise protéique de l'écorce. Il existe dans les grains de blé des glucides non assimilables qui sont présents sous forme des fibres alimentaires végétales à 9,5%, leur présence est essentiellement dans l'écorce (**Fredot., 2009**).

b. Protéines : Les protéines représentent 12% du poids du grain, elles sont présentes sous deux types (Fredot., 2009) : Les protéines solubles « *albumines et globulines* » et les protéines insolubles « *prolamines et glutélines* ». Certaines protéines insolubles appelées les *gliadines* et les *gluténines* situées dans l'*albumen* forment le *gluten* indispensable à la panification (Battais et al., 2007) (Tableau 01). En effet, la *gliadine* permet l'extensibilité de la pâte lors de la fabrication du pain ainsi que son écoulement visqueux, alors que la *gluténine* assure l'élasticité de la pâte qui permet au *gluten* de former, lors de la panification, un réseau protéique élastique et adhésif nécessaire à la levée de la pâte. Le *gluten* du blé dur est très peu extensible d'où l'impossibilité de l'utiliser pour la panification (Fredot., 2009).

Tableau 02 : Protéines du grain de blé (Fredot., 2009)

Classes	Propriétés	Dénomination	%de protéines
Albumines	Solubles	-	9
Globulines	Solubles	-	5
Grolamines	Insolubles	Gliadine	40 à 50
Glutélines	Insolubles	Gluténine	40 à 45

c. Lipides : Les grains de blé sont naturellement pauvres en *lipides* qui représentent 2%. Essentiellement localisés dans le germe et l'*assise protéique*. Ils vont se lier lors de *pétrissage* de la pâte aux *protéines* et aux *glucides* afin d'assurer une rétention d'eau, l'extensibilité et l'élasticité de la pâte (Fredot., 2009). Ces *lipides* se répartissent en :

- Lipides apolaires (lipides de réserve du grain), essentiellement localisés dans le germe.
- Lipides polaires (lipides de structure du grain). L'*albumen* amylicé contient la plus grande part des lipides polaires, dont une partie est associée au grain d'amidon.

L'impact nutritionnel des lipides des grains de céréales est relativement limité en raison de leur faible abondance. Ils ont toutefois un grand impact technologique en raison de leurs interactions avec les protéines du gluten et de leurs effets sur la rhéologie des pâtes boulangères. Par ailleurs, les *triglycérides* peuvent former des complexes de cristallisation avec les molécules *d'amylose* lors du processus de rétrogradation (Saulnier., 2012).

- d. Eléments secondaires :** Les vitamines sont des éléments chimiques complexes jouant un rôle important dans la nutrition. Les plus répandues sont les *vitamines hydrosolubles* de type B (B1, B2, B3, B6, B9) (Fredot, 2009) (Tableau 02).

Dans les grains, les vitamines sont surtout concentrées au niveau du germe et des enveloppes. Lors de *la mouture* une partie sera donc perdue dans les sons (Cruz et al., 1988).

Tableau 03 : Vitamines présentes dans le blé (Fredot., 2009).

Vitamines	Hydrosolubles					Liposolubles
	B1	B2	B3	B6	B9	E
Quantité dans 100 g de blé	0.4 mg	0.1mg	4.7mg	0.5mg	50µg	2.5mg

- e. Les enzymes :** Sont aussi des substances complexes présentes en quantité négligeable mais dont le rôle est très important : ils sont responsables des transformations que subissent les autres substances (*hydrolyse* de l'amidon et des protéines, destruction des sucres simples et des acides aminés) (ITCF, 1989). Les enzymes les plus courantes sont les *amylolytiques*, les *pentosanes* et les *lipases* (Boudreau et al., 1992).

- f. Les matières minérales :** Le grain de blé comprend également des *matières minérales* en faibles proportions (Doumandji et al., 2003). Les minéraux présents dans le blé sont le calcium et le phosphore, une grande partie du phosphore (75%) se trouve sous forme *d'acide phytique* « *phytate* » situé dans les enveloppes du grain, la mouture permet

d'éliminer une grande partie d'où une meilleure assimilation des *minéraux* (**Tableau03**).

Le blé aussi contient le magnésium qui est sous forme de cation bivalent Mg^{2+} et donc interagit aussi avec *d'acide phytique* (**Fredot., 2009**).

Tableau 04 : Minéraux présents dans le blé (**Fredot., 2009**).

Les minéraux	Calcium	Phosphore	Magnésium	Sodium	Potassium	Fer	Zinc
Quantité dans 100 g de blé en mg	35	400	140	3	435	5	4

g. Eau : L'eau est toujours présente dans le grain, à une teneur plus ou moins grande. Du point de vue chimique et physique, son action solvant favorise les réactions *enzymatiques* et les attaques *microbiennes* lorsque sa teneur dans le grain dépasse un certain seuil d'équilibre (ITCF., 1989). Les grains sont naturellement peu *hydratés*, leur teneur en eau varie avec le taux d'humidité de l'air. L'équilibre se situe entre 13 et 15 % (**Feillet., 2000**).

5. L'utilisation du blé tendre

La majorité des utilisations du blé tendre concerne l'alimentation humaine et animale. Il est utilisé principalement en meunerie pour obtenir de la farine nécessaire à la production de pain, de viennoiseries ou de pâtisseries.

Outre ces utilisations classiques du blé, de nouvelles utilisations à l'échelle industrielle apparaissent depuis quelques années telles que la fabrication de bioplastiques à base de gluten ou d'amidon. Les principaux débouchés sont les sacs plastiques, les plastiques agricoles, les emballages et certains produits d'hygiène. Ces bioplastiques ont l'avantage par rapport à leurs homologues d'origine fossile d'être biodégradables et renouvelables.

L'amidonnerie, troisième secteur valorisant le blé en France, utilise l'amidon pour faire des épaississants alimentaires. Par l'intermédiaire de la chimie, l'amidon a de multiples usages.

Par exemple dans l'industrie pharmaceutique, il est utilisé en tant que dragéifiant, liant ou encore principe actif tel que le sorbitol.

Dans de moindres proportions, l'amidon transformé peut être employé dans la fabrication de papier, de carton mais aussi de détergents. L'amidon du blé tendre est également utilisé depuis plusieurs années comme matière première pour la fabrication de biocarburants (Debiton, 2010).

CHAPITRE II
LA FARINE DE BLE TENDRE

Chapitre II

LA FARINE DE BLE TENDRE

1. La Farine de blé tendre

La farine de blé tendre ou froment est le produit obtenu à partir des grains de blé tendre *Triticum aestivum* (**figure 5**). Le blé tendre est utilisé pour faire la farine panifiable utilisée pour le pain. Ce sous-secteur constitue l'une des bases de l'industrie agro-alimentaire en Algérie. En effet, la farine résulte de mouture et de broyage dans lesquels le son et le germe sont partiellement éliminés et le reste réduit en poudre suffisamment fine (**Kellou R. 2008**).



Figure 5 :la Farine de blé tendre (Minoterie Tafna, 2017)

1.1. Composition de la farine

a. L'eau :

Le taux d'humidité de la farine est un facteur important de conservation et de stockage, et doit être inférieur ou égal à 15.5 % (NA 11 –32 –1991).

b. Matières grasses (lipides) :

Les lipides représentent 1.4 à 2% de la matière sèche de la farine de blé conventionnellement, ils sont classés selon leur *extractibilité* dans différents solvants On distingue :

- **Lipides libres :** (70%) c'est la fraction lipidique qui peut être extraite directement par les solvants apolaires (éther de pétrole, hexane...). Cette fraction est constituée majoritairement de lipides apolaires qui sont les lipides de réserves du grain de blé. Ils sont constitués de *triacylglycerol*, de faible quantité de *diacylglycerol*, de *monoacylglycerol* et d'acide gras libres. (**Ritchie et Gras, 1973 ; Chung et al. 1978**).
- **Lipides liés :** (30%) correspondant à la fraction extractible avec les solvants polaires, cette fraction interagit avec les autres constituants de la farine par *desliaisonshydrophobes*. Elle est constituée majoritairement de lipides polaires qui sont les lipides de structure du grain de blé, ils comprennent essentiellement *des glycolipides* et *des phospholipides*. (**Ritchie et Gras, 1973 ; Chung et al. 1978**).

c. Matières minérales :

Représente 0,45 à 0,60 %. Les matières minérales sont peu importantes : Potassium, Phosphore, Magnésium, Soufre ; la pureté de la farine se juge d'après sa teneur en résidus minéraux. Les matières minérales de la farine apparaissent lorsqu'on calcine de la farine : après calcination, les résidus se retrouvent sous la forme de cendres. Comme les matières minérales existent en plus grande quantité dans les enveloppes du blé, on conclut que moins qu'il y a de cendres, plus que la farine est pure.

La détermination du taux de matières minérales, principalement réparties dans les enveloppes et les germes, qui donnent une indication sur le taux d'extraction pour le meunier (0.67 % Tolérance 0.00) (NA 733).

d. Sucre (glucides) :

Représente 1 à 2 % en faible proportion, mais il joue un rôle important dans la fermentation.

e. Amidon (glucides) :

Représente 60 à 72 %. A l'état naturel, dans l'amande, il se présente sous forme d'une poudre composée de granulés de tailles différentes. Lorsque l'amidon est chauffé à 60 C°, il se présente sous la forme d'une masse gélatineuse transparente et collante (l'empois d'amidon). L'amidon ne se dissout pas dans l'eau froide, ni dans l'alcool ni dans l'éther.

f. Les protéines :

Osborne, en 1907, a été le premier à s'intéresser à la classification des protéines du grain de blé. En 1924, il définit quatre groupes de protéines caractérisés par leur solubilité dans différents milieux (Osborne, 1924) :

- Les *Albumines* qui sont solubles dans l'eau.
- Les *Globulines* qui sont solubles dans les tampons salins.
- Les *Gliadines* qui sont solubles dans une solution d'alcool à 70%.
- Les *Gluténines* qui sont solubles dans une base ou un acide ou des détergents en présence d'un réducteur.

Cette classification a été revue en 1986 par Shewry et collaborateurs qui ont proposé deux grandes catégories :

Les protéines métaboliques (protéine de structure) : *les Albumines et Globulines*

- Les protéines de réserves : *les Gliadines* et *les Gluténines*
- Protéines métaboliques (*les Albumines et Globulines*)

Les *albumines et globulines* représentent 15 à 20% des protéines présentes dans la farine de blé et sont solubles respectivement dans l'eau et les tampons salins. Ce groupe de protéines est très diversifié de par ses propriétés physicochimiques (compositions en acides aminés, points isoélectriques et poids moléculaires). Ces protéines participent à la formation du grain et à l'accumulation des réserves dans l'albumen (Vensel et al. 2005).

- **Protéines de réserves (Protéines du Gluten)**

Les protéines de réserves font partie des prolamines et sont constituées par un mélange complexe de protéines. Chez le blé, les gènes codant pour ces protéines sont situés sous forme de « *cluster* » de 2 à plus de 40 séquences codantes dépourvues d'introns sur les bras courts et longs des *chromosomes* du groupe 1 et les bras courts des *chromosomes* 6A, 6B et 6D. Ces protéines ont largement été étudiées du fait de leur relation avec la qualité technologique du blé.

Une synthèse bibliographique a été rassemblée par Wrigley, Békés et Bushuk en 2006 dans l'ouvrage « *Gliadin and Glutenin : the unique balance of wheat quality* ». Les prolamines regroupent d'une part les protéines monomériques (les *Gliadines*) et d'autre part les protéines polymériques (les *Gluténines*) qui sont-elles mêmes constituées de deux sous-groupes : les

sous unités de *Gluténines* de haut poids moléculaire (SG-HPM) et les sous unités de *gluténines* de faible poids moléculaire (SG-FPM).

D'une manière générale, la proportion entre ces différentes prolamines est la suivante : 40% de Gliadines, 40% SG-FPM et 20% de SGHPM.

g. Les vitamines :

Une farine complète de blé tendre contient la totalité des vitamines initialement présentes dans le grain. Une farine dont le taux d'extraction est de 75 à 80 % contient environ 20 % de la vitamine (B6), 25 % de biotine, 30 % d'acide nicotinique (B1), 55 % de l'acide pantothénique (B12) et 70 % de la vitamine E (**F. Bornet, 1992**).

h. Les enzymes :

Les enzymes sont présentes en petites quantités dans la farine, les plus courantes sont les protéases, les lipoïdoses, les amylases, les peroxydases et les catalases (**Cheftel, 1977**).

- **Les protéases** : Enzymes agissant sur la structure des protéines (**Lahbabi et al, 2004**). Leur présence dans la farine est liée à la germination du grain qui n'est pas souhaitable (**Grandvionnet et Praix, 1994**).
- **Les lipases** : Les lipases distribuent les caroténoïdes sous une réaction d'oxydation et entraînent une décoloration du pain qui devient blanche (**Cheriet, 2000**).
- **Les amylases** : Les deux enzymes qui contrôlent la fermentation panaire sont la β -amylase et α -amylase. La présence de l' α -amylase étant généralement constante et suffisante. Seule l'action de l'amylase a besoin d'être contrôlée soigneusement (**Feillet, 2000**).

1.2. Les types de farine du blé et leur utilisation :

C'est par le poids des cendres contenu dans 100 grammes de matières sèche que l'on désigne les types de farines (**Guinet, 2006**).

Tableau 05: Type des farines (Guinet, 2006).

Types	Taux de Cendres en MS%	Humidité %	Taux d'extraction moyenne correspondant
45	Moins de 0.5	15.5 %	65
55	De 0.5 à 0.6	15.5 %	75
65	De 0.62 à 0.75	15.5 %	78
80	0.75 à 0.9	15.5 %	80-85
110	1.00 à 1.20	15.5 %	85-90
150	Plus, de 1.4	15.5 %	90-98

Le chiffre du type indiquant le poids en gramme du résidu minéral contenu dans ces 100 grammes de farine. Il existe un certain nombre de type de farine bien déterminée.

- **T45** : Farine blanche utilisée pour la pâtisserie.
- **T55** : Farine utilisée pour le pain de campagne.
- **T65** : Farine blanche sert à faire le pain de campagne, ou tout autre dit traditionnel généralement issu de l'agriculture biologique.
- **T80** : Farine bise au semi complète utilisée couramment dans la boulangerie biologique sert à faire le pain semi complet.
- **T110** : Farine complète.
- **T150** : Farine intégrale est utilisée pour la fabrication du pain complet (Guinet, 2006).

1.3. La qualité du la farine :

La farine est obtenue uniquement à partir de l'albumen du grain. La mouture se fait de l'intérieur vers l'extérieur du fait de l'existence d'un sillon. On opère par broyage, tamisage et sassage (séparation par densité).

La farine de l'albumen représente environ 71% du poids du grain. On parle alors d'un taux d'extraction de 70%. La farine est riche en amidon et en protéines du grain (les glutélines et les prolamines). L'élimination des protéines des couches du grain (couche a aleurone) provoque un taux faible en acides aminés dans la farine, ce qui devrait être compensé par un enrichissement artificiel des farines en thiamine, riboflavine, lysine et en éléments minéraux comme le fer (Feillet, 1976 ; Rousset, 1978).

2. Processus de transformation de blé tendre en farine :

Les moulins d'aujourd'hui sont entièrement automatisés, une poignée d'hommes suffit à faire fonctionner un moulin moderne. Un moulin, peut, selon les cas, tourner 24 heures sur 24, 365 jours par an ou sur un rythme plus traditionnel. Certains moulins disposent d'un laboratoire intégré permettant de tester les qualités technologiques des blés. De même, des tests de panification sont souvent effectués pour vérifier que les qualités de la farine répondent aux attentes du boulanger.

Pour obtenir la farine souhaitée, chaque meunier met au point un diagramme de mouture, c'est-à-dire « un programme de réglage des machines » qui permet la fabrication de la farine en fonction des caractéristiques du blé reçu et de la farine souhaitée. Pour bien comprendre le processus de fabrication de farine ou de transformation du grain de blé en farine, ou plus précisément du principe d'extraction de farine, il faut comprendre le parcours que le grain de blé effectue dès son arrivée au moulins (**Doumandji A., Doumandji S., Doumandji M.B, 2003**).

2.1. Réception de la matière première

La réception de la matière première est contrôlée quantitativement par un pont bascule camions. Les blés sont déversés sur les grilles des trémies permettent de récupérer les grandes déchets (cailloux, débris de bois, pigeon morts...etc) des transporteurs à chaînes précipitent le blé vers un élévateur à godets le transporte verticalement ; qui l'amènent vers le séparateur des céréales.

2.2. Nettoyage

On entend par nettoyage proprement dite, le passage du blé sur des équipements appropriés, permettant de débarrasser les blés de toutes les déchets laissés passés par l'opération de près nettoyage. Chaque équipement est conçu pour répondre à une tâche précise.

La séparation prévoit les caractéristiques de bases suivantes (**C. Mauzé, G. Scotti, 1968**):

- La taille ou la dimension des particules.
- La forme des particules.
- La densité.
- Les propriétés aérodynamiques.
- Les propriétés dynamiques.

- La friction.

2.3. La mouture

Cette opération est prise en charge par des appareilles à cylindres lisses ou cannelés.

2.4. Le broyage

Cette opération est réalisée par des appareils à cylindres cannelés c'est-à-dire pourvus des petites arrêtes qui augmentent au fur et à mesure qu'on progresse dans les broyages dans un but de fragmenter le grain de blé progressivement sur la série des broyeurs.

2.5. Le convertissage et le claquage

C'est une opération qui consiste à réduire les produits provenant des plansichters ou des sasseurs. Les convertisseurs sont généralement appareils à cylindre lisse.

2.6. Le blutage :

Le blutage est la première séparation du son de la farine ou de la semoule ; il se pratique dans des appareils de tamisage appelés plansichters, constitués par des empilages successifs de tamis. Animés d'un mouvement uniforme de rotation. Chaque passage d'appareils à cylindres est suivi par le blutage du son produit.

2.7. Le sassage

Le sassage est une seconde opération de tamisage et de séparation des produits selon leur densité. Le sasseur doit séparer les particules de son et classer les semoules et les gruaux provenant des plansichters de façon à obtenir un produit propre à faible teneurs en cendres. Les sasseurs sont en nombre de deux sasseurs pour la minoterie, pour la production de la farine supérieure.

2.8. Le curage de son

Cette opération est réalisée par des brosses à son (appelées aussi machines à nettoyer le son), dont le rôle est de séparer les particules de farine qui adhèrent encore aux parties d'enveloppe (son). De cette manière, on peut récupérer une farine foncée qui présente encore une qualité boulangère et extraire un son qui contient une faible teneur en farine. Les brosses sont en nombre de six pour la minoterie.

2.9. Détacheurs

On trouve deux types de détacheurs, à tambours et à percussion. Lors de la mouture par des cylindres lisses des plaquettes de farines se forment. Ces plaquettes seront refusées sur les tamis à farine des plansichters et provoquent le cumul des plaquettes dans les passages de queue de mouture, tous en enrichissant les produits de queue de mouture au détriment du rendement, elles produisent une charge inutile de ces passages. Les détachements ont comme fonction de désagréger ces plaquettes de farine sans que les particules de son ou de germes soient réduits. Ils sont en nombre de onze pour la minoterie.

2.10. Le blutage de sureté

Toute la farine produite passe par un petit plansichter de sureté qui permet :

- D'éliminer toutes les particules métalliques peuvent être libérées des équipements au cours de la mouture.
- Récupération certaines grosses particules de produit en cas d'usure des tamis à farine.
- Un contrôle (tamisage) final de la farine produite.

2.11. Collecte des farines

Les différentes farines extraites des différents passages des plansichters sont ramassées dans deux vis de mélanges ; une pour la farine courante et l'autre pour la farine supérieure.

CHAPITRE III
L'INCIDENCE DES IMPURETES
SUR LA QUALITE
TECHNOLOGIQUE DE BLE TENDRE

Chapitre III

L'incidence des impuretés sur la qualité technologique de blé tendre

1. La qualité technologique du blé tendre :

Il s'agit de la valeur d'utilisation de la farine pour la fabrication d'un produit (pain, biscuit ...etc.) dans des conditions opératoires bien définies dont la détermination suppose des protocoles de fabrication ou de mise en œuvre d'analyses indirecte pour l'appréciation de la qualité de la farine (**Rounda et al. 2007**).

De nombreux critères technologiques définissent l'aptitude d'une variété à répondre aux exigences technologiques :

1.1. La teneur en protéines :

La teneur en protéines joue un rôle majeur dans la qualité des pâtes et des pains : les exigences diffèrent (11 à 12 % pour la panification classique, 13 à 15 % pour les panifications spéciales – pain de mie, burger...).

1.2. La valeur meunière :

Le concept de valeur meunière regroupe par définition l'ensemble des qualités que peut montrer un blé au cours de sa mouture. Les facteurs de la valeur meunière d'un *Triticum* sont d'une manière générale les suivants :

1.2.1. Le rendement possible d'un blé en farine :

Il faut rappeler que le rendement possible d'un blé en farine peut être représenté par le rapport : poids de l'amande farineuse d'un grain
Poids du grain.

On pourrait dire que c'est le pourcentage théorique de la farine présente dans un blé donné. Et bien qu'il soit impossible avec les procédés de mouture actuels d'extraire du grain la totalité de la farine théoriquement présente plus ce pourcentage sera élevé, plus la quantité de farine extraite d'un blé, toutes conditions égales par ailleurs, sera grande.

Chapitre III : L'incidence des impuretés sur la qualité de blé tendre

La valeur meunière d'un blé caractérise le rendement de sa transformation en farine de pureté déterminée. Elle dépend des caractéristiques commerciales du lot (teneur en eau, quantité et nature des impuretés, taux de grains cassés) (**Feuillet, 2000**).

Une farine est caractérisée par :

- **a/ Taux d'extraction** : c'est-à-dire le rendement en farine pour 100 kilos de grains. La blancheur de la farine et sa pureté varient en rapport inverse avec le taux d'extraction, ainsi plus le taux d'extraction est élevé moins la farine est pure et par conséquent sa couleur est grise.
- **b/ Taux de blutage**: qui représente à l'inverse, le pourcentage d'issues éliminées.

1.2.2. La faculté de séparation de l'amande farineuse des enveloppes qui la recouvrent :

a/ Qualités physiques de la pâte :

Celles-ci, que l'on désigne couramment, sous le terme de qualités plastiques, sont caractérisées par le degré « d'élasticité », de ténacité et de souplesse de la pâte. Il arrive assez souvent que l'on emploie, à leur propos, le terme de force, ce qui équivaut encore, lorsque l'on use du vocabulaire professionnel, au corps de la pâte. Comme nous l'avons vu précédemment, c'est le gluten qui, dans ce domaine, communique ses propriétés plastiques propres à la pâte. Ajoutant, cependant, que l'amidon jouerait lui aussi, un rôle non négligeable dans la formation de la texture finale et le développement du pain

b/ Les qualités fermentatives : La production gazeuse, qui se produit durant la fermentation panaire, est liée à la quantité de sucres préexistants et à la bonne marche de l'*amylolyse*. Et cette dernière est liée à la teneur de la farine en amylase et aux conditions dans lesquelles elles se développent notamment la température et l'acidité du milieu.

1.3. La valeur boulangère :

Il s'agit de la valeur d'utilisation de la farine pour la fabrication d'un produit de boulangerie (**Berland, 2005**).

La valeur boulangère (norme NF V03-716), intègre des notions distinctes :

- **Le rendement en pâte** : quantité d'eau que peut absorber la farine pour une consistance donnée.

Chapitre III : L'incidence des impuretés sur la qualité de blé tendre

- **La machinabilité de la pâte** : aptitude de la pâte à être travaillée sans difficulté, et ce de la panification jusqu'à la cuisson. Cette caractéristique qualitative prend en compte les notions de collant, d'élasticité et d'aptitude à la déformation de la pâte.
- Une activité de fermentation suffisante et régulière.
- **Le développement de la pâte et du pain** : aptitude à la rétention gazeuse et à la déformation.
- **La qualité organoleptique de la mie du pain** : couleur, odeur, texture (**Berland, 2005**).

La tolérance au pétrissage (particulièrement le pétrissage intensifié) sans relâcher ni coller excessivement, tout en étant extensible et élastique.

2. Agréage (détermination des différents types d'impuretés)

L'agréage est une opération technique servant à la détermination de la qualité physique des céréales. Les impuretés regroupent les grains de céréales endommagés et tous éléments organiques et non organiques autres que les grains des céréales concernés. Les impuretés présentes dans les céréales sont classées en quatre grandes catégories, chaque catégorie regroupe un ou plusieurs type (sous-catégories) d'impuretés (**Aziez et al., 2003**).

2.1. Conditions de réalisation d'un agréage parfait

L'agréage doit être effectué convenablement et avec les plus grands soins possibles par des mesures nécessaires afin de réaliser les différentes opérations d'analyse d'un lot.

L'agréeur joue un rôle primordial dans l'estimation de la qualité d'utilisation des grains afin de prévoir l'impact au cours de leur transformation.

L'agréeur doit avoir des qualités et des connaissances qui lui permettent de bien remplir ses tâches. Il doit :

- Avoir une bonne connaissance des règlements relatifs à l'agréage.
- Connaître parfaitement les techniques de prélèvement et d'analyse des échantillons.
- Être capable d'identifier les maladies et les insectes associés à un lot de céréales.
- Avoir une connaissance approfondie des caractéristiques des variétés de céréales afin de pouvoir déterminer et reconnaître les différentes impuretés.

Chapitre III : L'incidence des impuretés sur la qualité de blé tendre

2.2. Modalités d'agréeage

a/ Principe :

L'agréeage consiste à séparer le grain suivant des qualités définies en vue de l'établissement d'une relation qualité /prix. L'efficacité de la fonction agréeage est déterminée par les critères suivants :

- Etablir un moyen de faire correspondre les prix à la qualité d'un lot de Blé de telle façon à simplifier les transactions commerciales.
- Offrir aux acheteurs l'assurance d'une qualité constante et uniforme.
- Simplifier la manutention et le stockage des blés d'un lot ayant la même qualité.
- Assurer au client (producteur) un prix raisonnable en fonction de la qualité des blés prélevés.

b/ Importance de l'agréeage :

L'appréciation de la valeur marchande et commerciale d'un lot de blé a pour objectif de déterminer le prix en application des barèmes de bonification et de réfaction à partir du prix de base applicable (**Décret N 88-152 du 26.07.1988**) pour les céréales, Cette appréciation se fait par agréeage (effectué par un agréeur ou expert) sur la base des résultats de l'analyse d'un échantillon représentatif à partir d'un lot considéré. Elle comporte essentiellement :

- Prélèvement d'un échantillon moyen qui doit représenter aussi fidèlement que possible la qualité moyenne du lot à analyser.
- L'analyse correcte et impartiale de l'échantillon prélevé.

Bien que l'agréeage soit conçu dans le but de déterminer la valeur commerciale et marchande d'un lot considéré de blé mais il permet aussi d'apprécier sa valeur d'utilisation. L'appréciation complète d'un échantillon de céréales doit porter sur la totalité ou partie des points suivants :

- Détermination de la qualité saine loyale et marchande d'un lot.
- Détermination du poids spécifique.
- Détermination de l'humidité.
- Teneur en grains normaux.
- Teneur en grains anormaux.
- Teneur en impuretés.
- Détermination de la valeur industrielle.

Chapitre III : L'incidence des impuretés sur la qualité de blé tendre

3. Les impuretés :

Les lots de grains et graines livrés par les producteurs au silo ou vendus par les organismes stockeurs contiennent toujours, en plus ou moins grande quantité, des grains endommagés, des graines étrangères à l'espèce, des débris d'animaux et de végétaux et des particules minérales.

On appelle impuretés, l'ensemble de ces éléments considérés conventionnellement comme indésirables dans l'échantillon. **(BEAUX et al, 2001).**

Dans le domaine technologique et nutritionnel, les inconvénients causés par tous ces éléments indésirables sont fonction de leur nature, de leur quantité et de leur virulence.

Dans le domaine commercial, ces inconvénients sont totalement ou partiellement compensés financièrement par des réfections sur le prix d'une qualité standard. **(Deleau, 1972).**

La détermination des impuretés d'un lot de blé comprend trois étapes principales.

- Le tamisage de l'échantillon pour extraire les grains cassés et les petits grains.
- Le triage manuel de toutes les autres impuretés après examen visuel de l'échantillon.
- La pesée des différentes catégories d'impuretés. **(Feuillet, 2000).**

3.1. Origine des impuretés et incidence sur la qualité

3.1.1. Grains de blé endommagés :

a/ Grains cassés :

Grains de blé dont l'albumen est partiellement découvert, ceci inclut les grains dégermés **(ISO 11051).**

D'un point de vue qualité, la présence de grains cassés altère les rendements meuniers du blé tendre, semoulier du blé dur et du maïs, brassicole de l'orge, ou amidonnier du maïs. En effet, d'une part, ils sont éliminés au cours du nettoyage précédant la mouture et d'autre part, lors par exemple de la fabrication de semoule de blé dur ou de maïs, ils conduisent à une proportion importante de farine. La présence de grains cassés pose également des problèmes de conservation. Ils sont plus exposés aux phénomènes d'oxydation, ce qui entraîne une accélération de la dégradation biochimique des constituants du grain. Par ailleurs, ils sont plus accessibles aux attaques des insectes et des moisissures.

Chapitre III : L'incidence des impuretés sur la qualité de blé tendre

b/ Grains maigres/échaudés :

Ce sont des grains desséchés avant maturation à la suite d'un défaut d'alimentation en eau. Celui-ci peut être dû à un déséquilibre entre l'arrivée d'eau dans le grain et l'évaporation à la suite d'une très forte chaleur, supérieure à 28°C au cours de la maturation (échaudage physiologique).

Il peut aussi être causé par toutes les maladies attaquant les racines, les feuilles, les tiges et même les glumes ; on cite en particulier le piétin, la septoriose, la fusariose, les rouilles (échaudage pathologique).

Les grains échaudés sont rabougris, ridés, déformés, conséquence du mauvais remplissage.

Par ailleurs, sans qu'il y ait forcément échaudage, les grains peuvent être petits. Ce phénomène est dû à une élévation de la température ou de l'Évapotranspiration Potentielle (ETP) pendant la fin de la montaison. La taille des organes floraux, et ultérieurement celle des grains, se trouve alors limitée. La présence de grains échaudés a une incidence sur le rendement en mouture qui diminue, du fait de l'élimination mécanique des petits grains lors des phases de nettoyage et du mauvais remplissage de ses grains. La masse à l'hectolitre (ou Poids Spécifique) est également affectée.

c/ Grains avariés :

Englobent les types de grains suivants :

- **Grains moisiss** : grains qui présentent sur plus de 50% de la surface et/ou dans l'amande des moisissures visibles à l'œil nu.
- **Grains endommagés par la chaleur** : grains qui présentent une coloration marron foncé à noire, résultant de l'action de la chaleur (**ISO 11051**).

d/ Grains attaqués par les prédateurs :

Les lots comportant des grains attaqués par prédateurs ont une valeur commerciale et technologique fortement dépréciée. Le poids spécifique est faible, la qualité sanitaire est diminuée, certains prédateurs peuvent donner une couleur et/ou une odeur désagréable aux produits transformés (*Triboliums*, Capucins, Alucites).

La présence de grains attaqués par les prédateurs dans un lot doit éveiller la vigilance quant à la présence d'éventuelles formes vivantes, qui peut conduire à l'application d'un traitement insecticide, ou de techniques de ventilation refroidissante. La présence de

Chapitre III : L'incidence des impuretés sur la qualité de blé tendre

fragments d'insectes ou d'autres prédateurs dans la farine est recherchée par une analyse spécifique (*filth test*)

Au cours de la culture, les prédateurs causent deux types de grains :

- **Grains punaisés** : présentent une plage blanchâtre, généralement de faible dimension et déprimée, avec un point noir au centre plus au moins visible, représentant la cicatrice de la pique de la punaise. Cette altération se remarque plus facilement sur le blé dur vitreux. La qualité d'un lot de blé devient *impanifiable* quand il atteint 4 à 5%.
- **Grains cécidomyies** : l'attaque des larves provoque des malformations du grain qui peut alors présenter un ou plusieurs des symptômes suivants : échaudage, dépression sur le dos du grain, fissuration ou éclatement des enveloppes

e/ Grains germés :

Ces grains ne sont pas pris en considération en tant que tels, mais par l'activité *α-amylasique* qui résulte de leur présence, exprimé en indice de chute.

Au cours de la germination, l'activité des enzymes augmente ; en particulier celle de l'amylase qui contribue à la dégradation de l'amidon en sucres simples assimilables par la plantule pour son développement.

Une forte activité *amylasique* peut conduire à rendre inutilisable pour la panification un lot de blé : la pâte est collante, difficile à travailler et le pain prend trop de coloration à la cuisson. Cependant, l'activité *amylasique* d'un lot n'est pas toujours en rapport direct avec son taux de grains germés.

En effet, il se peut que des grains soient en état de prégermination, dans ce cas, aucun signe de germination n'est visible à l'œil nu mais l'activité des enzymes a débuté dans le grain

f/ Grains cariés et boutés :

Les grains cariés renferment une poussière d'odeur fétide et de coloration brun noirâtre, composée par les spores d'un champignon, la Carie (*Tilletia caries*). Ce sont des grains plus globuleux, plus légers et plus petits que les grains sains, rappelant les grains de sorgho. Ils sont très fragiles et éclatent facilement. Les spores du champignon viennent alors s'agglomérer sur la brosse ou dans le sillon des grains sains, que l'on appelle des grains boutés.

Les grains boutés sont reconnaissables par une coloration noirâtre des poils de la brosse au sommet du grain. Ils ne peuvent être éliminés mécaniquement lors du nettoyage et

Chapitre III : L'incidence des impuretés sur la qualité de blé tendre

donnent une farine sale lors de la mouture. Ils ne sont cependant pas comptabilisés comme impuretés.

g/ Grains fusariés :

Les grains sont contaminés par le mycélium d'un champignon du genre *Fusarium*, il provoque des dégâts comparables sur le grain : échaudage, surface blanchâtre ou rosâtre suivant le type de *Fusarium* (Aziez et al., 2003).

Des tests effectués sur des échantillons de blé très contaminés ont mis en évidence une dégradation importante de la valeur technologique. Par ailleurs, les *Fusariums* peuvent synthétiser, dans certaines conditions de température et d'humidité, des toxines (zéaralénones, trichotécènes, fumonisines) dangereuses pour la santé de l'homme et des animaux.

3.1.2. Autres céréales

Grains de céréales appartenant à des espèces autres que l'espèce concernée.

3.1.3. Grains nuisibles et/ou toxiques :

Graines qui lorsqu'elles sont présentes en quantité supérieure à une valeur donnée, peuvent avoir une incidence dommageable ou dangereuse sur le plan sanitaire, organoleptique et technologique. Ce sont les grains des sept plantes suivantes :

- **Nielle** (*Agrostemma githago*) : Elle donne au pain une saveur amère et une couleur bleu noirâtre. Cette graine peut provoquer des intoxications alimentaires chez les animaux domestiques.
- **Ivraie** (*Lolium temulentum*) : Est toxique pour l'homme, sa toxicité provient principalement de l'action narcotique d'une substance, la *témuline*.
- **Mélanmpyre** (*Melampyrum arvense*) : Il donne une couleur bleu-lilas aux produits.
- **Céphalaire de Syrie** (*Cephalariasyrica*) : Elle donne aux produits un arrière-goût amer et acre.
- **Fénugrec** (*Trigonella foenumgraecum*) et (*Mellilot (Melilotusssp.)*) : Ils donnent une odeur de coumarine aux produits.
- **Ail** (*Allium sativum*) : Qui colle aux cannelures des cylindres lors de la mouture et donne aux produits une odeur et une saveur caractéristique.
- **Ergot** : C'est un sclérote, c'est-à-dire un *mycelium* condensé, constituant l'organe de vie latente d'un champignon parasite des graminées, *Claviceps purpurea*. On trouve l'ergot sur le blé tendre, le blé dur, le seigle et le triticales. L'ergot contient des amines

Chapitre III : L'incidence des impuretés sur la qualité de blé tendre

qui lui donnent une odeur nauséabonde qui se communique aux produits cuits. Il contient aussi des alcaloïdes dont l'ergotine, auxquels il doit sa toxicité : effets vasoconstricteurs qui peuvent aller jusqu'à la gangrène des extrémités et aux hallucinations (« mal des ardents » du Moyen-Age). Cette action *vasoconstrictive* de l'ergotine est actuellement employée dans le domaine pharmaceutique. L'ergot se présente comme une masse oblongue noire-violacée de 10 à 35 mm de long sur 4 à 8 mm d'épaisseur. Elle est légèrement arquée, marquée d'un sillon longitudinal. Sa forme générale est celle d'une minuscule banane noire. Sa structure interne est grenue, dense et de couleur blanc grisâtre.

3.1.4. Matières étrangères (impuretés proprement dites)

Après avoir enlevé les graines nuisibles, toxiques et l'ergot, cette catégorie comprend tous les éléments d'un échantillon de céréales qui sont retenus par un tamis à fentes de 3,5 mm de largeur (excepte les grains d'autre céréales et les grains partiellement gros de la céréale de base) et ceux qui passent par un tamis de 1 mm sont considérés comme impuretés proprement dites, exp. sable, poussière, fragments de paille, (ITCF, 2001 ; Aziez et al., 2003).

PARTIE II
PARTIE EXPERIMENTALE

CHAPITRE IV
MATERIEL ET METHODES

CHAPITRE IV

MATERIELS ET METHODES

1. But de l'étude :

Le travail que nous avons réalisé a pour objectif l'évaluation de la qualité technologique et physicochimique des grains et de la farine de blé tendre sous l'effet de taux d'impuretés.

2. Lieu d'expérimentation :

L'expérimentation a été réalisée au sein du laboratoire du Complexe Industriel et commercial Agrodif Laghouat - Filiale Céréales, situé dans la zone industriel- Bouchaker - Laghouat. L'activité principale de l'Agrodif est la transformation des céréales : Production, commercialisation de semoule et farine.

Certaines analyses ont été effectuées au niveau du laboratoire de départements des sciences agronomique de l'université de Laghouat.

3. Méthodes :

3.1. Nettoyage de blé et collecte des impuretés :

Cette étape consiste à séparer les impuretés de lot de blé tendre choisi pour analyse. La séparation a été réalisée par tamisage et triage.

Ensuite nous avons classé les impuretés en catégorie. Enfin nous avons défini chacune de ces catégories, ainsi que les impuretés qui les composent,

3.2. Préparation des échantillons pour analyse :

Nous avons pris 3 sacs de 5kg de blé tendre nettoyé et 1 sac de 2kg des déchets issus de la section de nettoyage du blé tendre.

Nous avons constitué quatre traitements avec deux répétitions pour chacun.

- Traitement 1 : 1000g de blé tendre avec 0g (0%) d'impuretés.
- Traitement 2 : 960g de blé tendre avec 40g (0,4%) d'impuretés.
- Traitement 3 : 920g de blé tendre avec 80g (0,8%) d'impuretés.
- Traitement 4 : 880g de blé tendre avec 120g (1,2%) d'impuretés.



Figure 6 : Constituions des traitements pour analyse (Originale, 2022)

3.3. Les analyses physico-chimiques et technologiques effectuées :

3.3.1. Détermination de la teneur en eau :

L'humidité est également un indicateur de l'aptitude au stockage des céréales car le blé et la farine peu humide s'avèrent plus stables pendant le stockage. L'humidité peut être facilement ajoutée ou physiquement retirée d'un échantillon, les résultats des autres analyses sont souvent mathématiquement convertis en un taux d'humidité standard, comme par exemple 14 et 12 ou sur matière sèche, de telle sorte que les résultats peuvent être comparés de manière significative (Gharib ;2007).

a/ Principe :

Séchage d'un d'essai à une température 160C, à pression atmosphérique normale permettant d'obtenir un résultat identique de la méthode de référence. Détermination de la teneur en eau : **N.A1132-2008/ISO712**.

b/ Appareillage :

- Balance.
- Capsule métallique avec couvercle.
- Etuve.
- Dessiccateur.
- Pince métallique.

c/ Mode opératoire :

Nous pesons une quantité de 10g de l'échantillon après et avant la mouture dans la capsule préalablement séchée et tarée. Pour effectuer le séchage, la capsule ouverte contenant la prise d'essai est placée avec son couvercle dans l'étuve à une température 160C pendant 20minutes. A la sortie de l'étuve et en opérant rapidement, nous couvrons la capsule avant de la mettre dans le dessiccateur pendant 15 minutes (il faut laisser de l'espace entre les capsules dans le dessiccateur). Une fois refroidie à la température du laboratoire, nous pesons la capsule.

d/ Mode de calcul :

La teneur en eau est exprimée en pourcentage par la formule suivante :

$$H (\%) = 100 \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \right)$$

Où :

M 0 : est la masse de la capsule et sa couverte

M 1 : est la masse de la prise d'essai et de la capsule avant le séchage

M 2 : est la masse de la capsule et de la prise d'essai après le séchage.

3.3.2 Déterminations de taux de cendre :

Correspond au pourcentage de minéraux en poids du blé ou de la farine. Dans le blé, les cendres sont principalement concentrées dans le son et indiquent le rendement en farine à laquelle on peut s'attendre en minoterie. Dans la farine la teneur en cendres indique la qualité meunière en révélant indirectement la proportion de son de la farine (**site internet, 2013**).

Les cendres contenues dans la farine peuvent donner une couleur plus foncée aux produits finis

Les produits nécessitant une farine particulièrement blanche requièrent une faible teneur en cendres tandis que la farine de blé entier affiche une teneur en cendres supérieure.

a/ Principe :

Le principe de la méthode repose sur la calcination d'un échantillon de 2g de farine, à une température de 550°C

Avant de commencer l'incinération des échantillons, il est nécessaire d'ajouter de l'éthanol pour les enflammer (pré-incinération), après que le produit soit brûlé, on introduit les capsules à l'intérieur du four, et on attend la combustion complète de la totalité du produit qui dure au minimum 4 heures.

b/ Appareillage :

- Balance analytique.
- Four à Moufle.
- Nacelles en porcelaine ou en quartz.
- Pince en acier inoxydable.
- Pipette graduée.
- Dessiccateur.
- Ethanol

c/ Mode opératoire :

En générale, le temps d'incinération est l'ordre de 12 heures quand l'incinération est terminée. Nous sortons progressivement la capsule du four et nous la mettons à refroidir dans le dessiccateur, après nous pesons les résidus.

d/ Mode de calcul :

Le taux de cendre est exprimé en pourcentage en masse rapporté à la matière sèche, il est donné par la formule suivant :

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

M₀ : est la masse de nacelle vide.

M₁ : est la masse de la capsule et de la prise d'essai (farine).

M₂ : est la masse de la capsule et du résidu (cendre).

H : est la teneur en eau exprime en pourcentage en masse de l'échantillon pour essai.

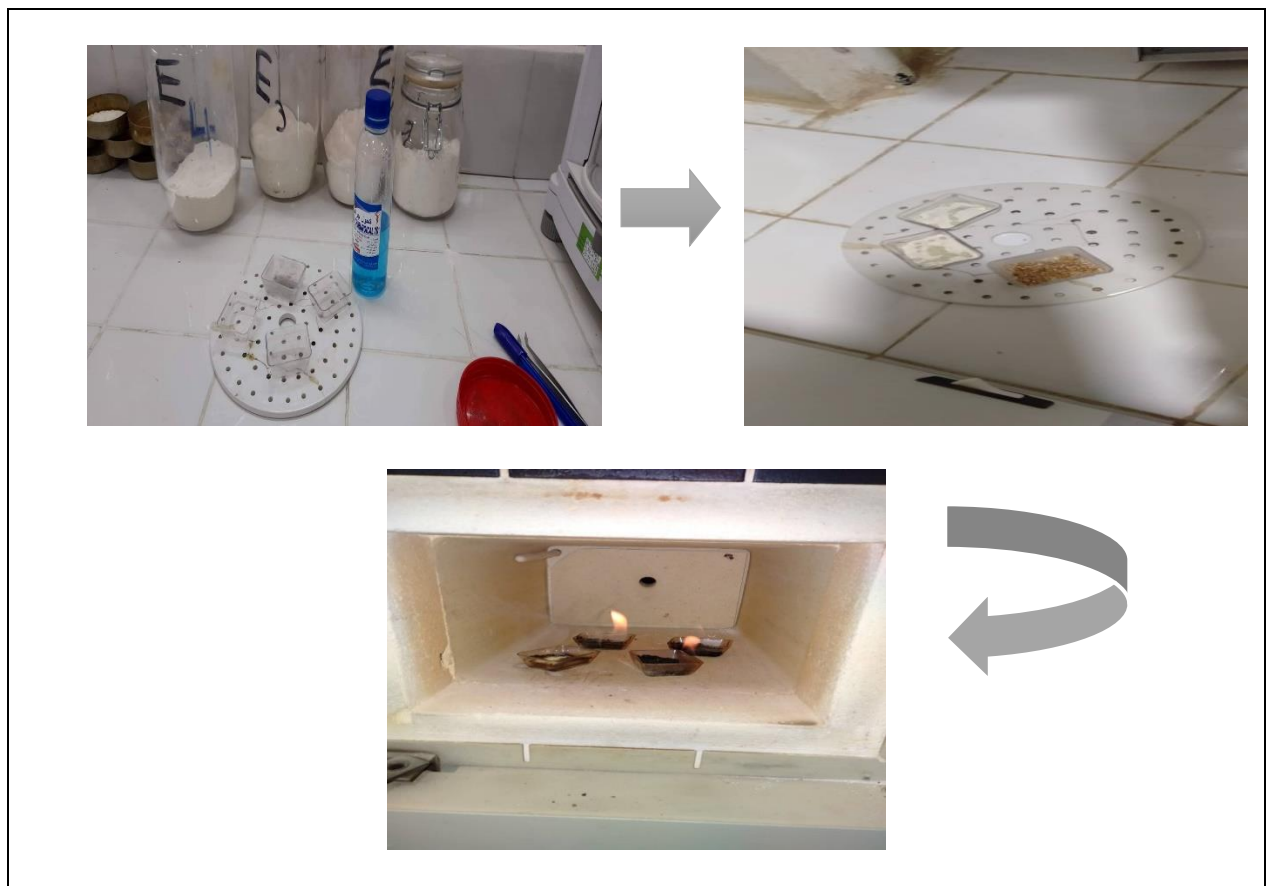


Figure 7 : les étapes de détermination de taux de cendre (Original,2022)

3.3.3 Détermination du poids spécifique (PS) :

Selon la norme **(NA 1613,1990)**, la masse volumique dite masse à l'hectolitre, appelée communément poids spécifique (PS), est la masse d'un hectolitre de grains exprime en kilogrammes. Le PS est réalisé par l'écoulement libre d'un échantillon au moyen d'une trémie dans un récipient d'Un litre de pesée utilisant NILMA litre (BUHLER MLD 100, Suiss) ; l'ensemble d'une trémie cylindrique, un cylindre mesureur d'une capacité d'un (01) litre auquel s'adapte, à sa partie supérieure, la trémie cylindrique.

a/ Appareillage :

- Balance romaine (maximum kg).
- Une balance analytique
- Niléma-litre

3.3.4. Détermination de taux de Gluten humide et sec :

Le gluten est composé principal de la fraction protéique des blés, insoluble dans les solutions salines, c'est une substance plasto-élastique. Il est considéré comme moyen d'estimation de la qualité de la pâte. **(Norme algérienne NA735/1991/ISO5531)**

a/ Appareillage :

- Etuve.
- Spatule.
- Balance précision.
- Récipient.
- Glutamique

b/ Mode opératoire :

- **Détermination la teneur en gluten humide (ICC n° 155 et 158) :**

Pour mesurer la quantité de gluten, un pâton est réalisé avec 10g de blé broyé (m0) mélangé avec 5mL d'eau salée. Après 10 mn de repos, le gluten est isolé par lixiviation, c'est-à-dire par lavage du pâton sous un mince filet d'eau tout en malaxant afin d'évacuer l'amidon et les matières solubles dans l'eau. Le gluten (m1) obtenu est essoré avant d'être pesé (**Malki et Malki, 2016**).

La teneur en gluten humide (GH) est exprimée en pourcentage de la fraction massique de l'échantillon initial (**Malki et Malki, 2016**).

$$GH (\%) = m1/m2 \times 100$$



Figure 8 : Formation de pâte (à gauche) et lixiviation manuelle de l'échantillon sous un mince filet d'eau (à droite.) (Original, 2022)

- **Détermination la teneur en gluten sec (ISO 21415-4, 2006) :**

Le principe du dosage du gluten sec repose sur le séchage ou l'élimination de la fraction d'eau présente dans le gluten humide à l'aide des plaques chauffantes, selon les étapes suivantes (**Malki et Malki, 2016**) :

- Laisser les plaques chauffantes atteindre la température de service,
- Prendre la boule de gluten humide obtenue par la méthode spécifiée précédemment, et la mettre entre les plaques chauffantes préchauffées, pendant 5 min.
- Enlever le gluten séché des plaques chauffantes et le peser (m2).

La teneur en gluten sec (GS) exprimée en pourcentage de fraction massique de l'échantillon initial est égale à :

$$GS (\%) = m_2/m_0 \times 100$$

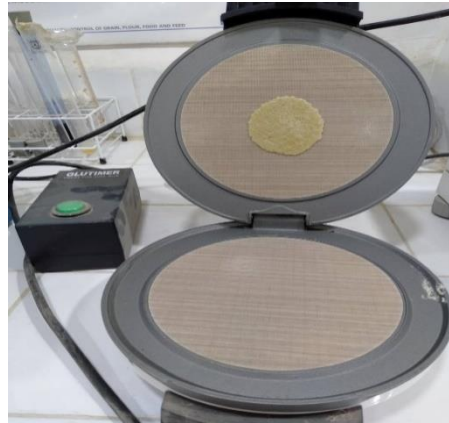


Figure 9 : Glutimer. (Original,2022)

3.3.5. Déterminations de la granulométrie :

a/Principe :

Le taux d'affleurement a été réalisé selon la méthode décrite par la norme (**AFNOR, NF11-501**). Le taux d'affleurement est la quantité de farine ou de semoule extraite ou refusée par un tamis dont l'ouverture de maille est choisie en fonction de finesse du produit à analyser.

b/ Appareillage :

- Tamis
- Balance analytique
- Les taboutas

c / Mode opératoire :

La quantité de refus obtenus après tamisage de 100g de farine pendant 5 minutes à travers une série de tamis avec une ouverture de mailles décroissantes, ensuite les refus de chaque tamis sont pesés

c/ Mode de calcul :

La masse de refus obtenu est pesée et exprimée en pourcentage.

$$\text{Taux d'affleurement} = (m_0 / m_1) \times 100$$

M0 : est masse du refus en gramme.

M1 : est masse de l'échantillon en gramme.



Figure10 : tamis de granulométrie. (Original,2022)

3.3.6. Déterminations de taux d'absorption :

Pour connaître l'absorption de la farine, on mélange 50g de farine et on ajoute une quantité d'eau jusqu'à ce que nous obtenions une pâte.

TH ou Taux d'Hydratation est exprimé en pourcentage.

a/ Mode opératoire :

Le taux d'hydratation des farines est calculé en calculant le pourcentage d'eau utilisée par rapport à la farine. Pour cela, il faut peser la farine employée d'une part et mesurer la quantité d'eau utilisée pour confectionner la pâte d'autre part.

Sa formule :

$$TH = \frac{\text{Poids de l'eau utilisée}}{\text{Poids de farine utilisée}} \times 100$$



Figure 11 :la détermination de taux d'absorption (Originale, 2022)

3.3.7 Déterminations de taux d'extraction :

Le taux d'extraction représente le pourcentage de farine extraite à partir de la mouture de 100kg de blé propre. Il dépend des caractéristiques du blé mis en œuvre et du réglage moulin (**ROUSSEL,1984**).

Dans une minoterie, le taux d'extraction est extrêmement important pour sa rentabilité.

La mouture de blé est définie par le taux d'extraction, cette dernière n'est pas complète ; les moyens techniques actuelles ne le permettent pas. Aussi une certaine quantité d'amande reste adhérente aux enveloppes du grains et issues (**Calvel, 1984**). L'extraction de la farine est effectuée par le moulin d'essai.

Selon (**Calvel ,1984**), le taux d'extraction est donné par la relation suivante :

$$\text{Taux d'extraction} = \frac{(100-Hf) \times Mf}{(100-Hb) \times Mb}$$

Où :

Hr: teneur en eau de la farine obtenue (%).

Hb: teneur en eau de blé avant conditionnement (%).

Mr : masse de la farine obtenue (g).

Mb : La masse de blé mis en œuvre (g).

3.3.8 Détermination la teneur en protéines : (AFNOR NF V03-050)

La teneur en protéines est un critère de la qualité de la semoule ou de la farine ; elle conditionne pour une grande part la valeur postière des semoules.

a/ Mode opératoire :

Minéralisation : Ajouter dans le tube de digestion en plus de 1g de l'échantillon sec :

- 7g de sulfate de potassium anhydre (K_2SO_4).
- 7ml d'acide sulfurique concentré (H_2SO_4).
- 5ml de 5ml d'eaux oxygénée H_2O_2

Digestion : Nous avons chauffé pendant 45minutes à $400^{\circ}C$ sous hôte, puis, laisser refroidir et diluer de l'eau distillée par 50ml dans chaque matras.

Distillation

- La distillation se fait par le déplacement de l'azote minérale ammoniac par l'ajout de 50 ml de la soude à 35%, puis entrainer ce dernier de la vapeur d'eau l'acide borique à 4% avec 25 ml jusqu'à une collecte de 100 ml de distillation (distillateur kjeldhal).
- Ajouter quelques gouttes (2 à 3) d'un indicateur formé du Rouge de méthyle au distillat (obtention d'une couleur jaune)
- Par HCl à 0,2N laisser titrer jusque à ce que la solution devient couleur Rose

b/Expression des résultats

La teneur en azote par rapport à la matière sèche est donnée par la formule suivante :

$$N \% = 0,01401 \times T \times (V1 - V0) \times 100/m-H$$

Où :

N : teneur en azote.

T : normalité de l'acide sulfurique utilisé pour le titrage.

V1 : volume, en millilitre, de la solution d'acide sulfurique versée par le titreur lors du dosage.

V0 : volume, en millilitre, de la solution d'acide sulfurique versée par le titreur.

M : masse en grammes de la prise d'essai.

H : la teneur en eau en pourcentage de l'échantillon.



Figure 12 : minéralisateur et distillateur de Kjeldhal. (Original, 2022).

CHAPITRE IV
RESULTATS ET DISCUSSION

Chapitre V

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Taux d'humidité des grains :

Les résultats relatifs au taux d'humidité sont représentés dans le tableau n °6 et illustrés par l'histogramme figure n°13 :

Tableau 6 : valeurs moyennes de taux d'humidité (%)

Traitement	Moyenne	Ecart type	Prob	Cv%
T0	11,297	0,126	0,846	1,887
T1	11,225	0,064		
T2	11,151	0,334		
T3	11,126	0,216		

Le test statistique par le biais de l'analyse de la variance a révélé une différence non significative entre les moyennes des différents traitements

La teneur en eau des grains de blé tendre testés est très faible et elle varie entre 11.126% et 11.297%

L'eau est un des constituants de base du grain (environ 13%). L'intérêt de connaître précisément la teneur en eau d'une céréale ou de la farine est avant tout réglementaire. En effet, la réglementation impose une teneur en eau $< 15\%$ afin de faciliter la conservation et d'éviter une altération (Scotti, 1997).

Selon Martin (1998), la détermination de la teneur en eau des blés est une opération capitale qui présente un triple intérêt :

- Intérêt technologique, pour la détermination et la conduite rationnelle de l'opération de récolte, de stockage ou de transformation industrielle.
- Intérêt analytique, pour rapporter le résultat des analyses de toute nature à base fixe (matière sèche ou teneur en eau standard).
- Intérêt commercial. Elle renseigne sur la quantité d'eau à ajouter pour ramener l'humidité du grain à 16,5% dans le but d'avoir un bon taux d'extraction., elle permet aussi d'évaluer les risques lors du stockage

Les valeurs que nous avons obtenues sont inférieures à la valeur maximale exigée du Codex STAND 178-1991 (14.5%), donc toutes les variétés se trouvent dans les normes pour le pourcentage d'humidité.

D'après **Grandvoinet et Praty(1994)**, plus la teneur en eau est faible ($H < 15.5\%$), plus il est possible d'ajouter de l'eau au cours du pétrissage pour arriver à une consistance optimum de la pâte.

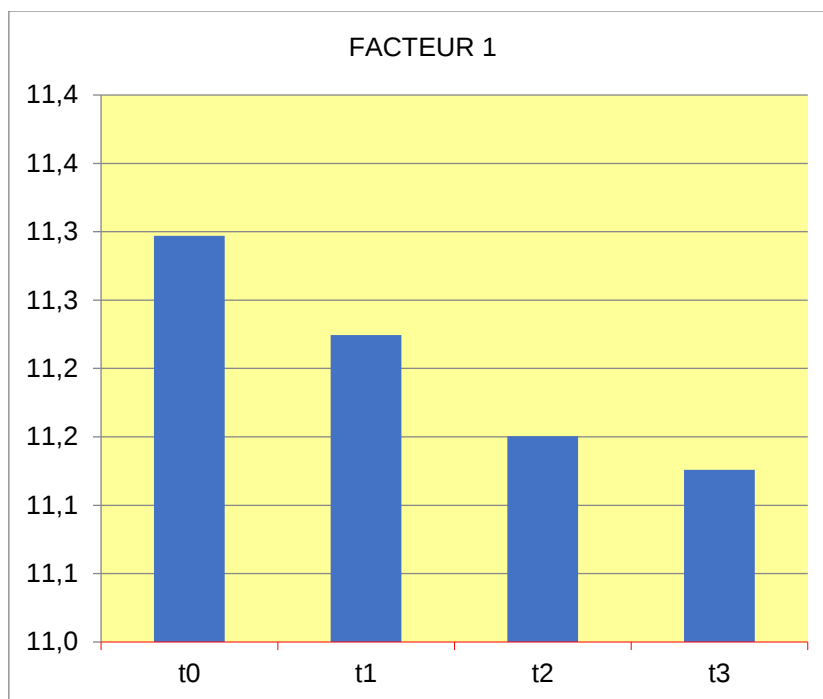


Figure 13 : histogramme représentatif des résultats de taux d'humidité

2. Poids spécifique des grains de blé tendre :

Les résultats relatifs au poids spécifique des grains de blé tendre sont représentés dans le tableau n°7 et illustrés par l'histogramme figure n°14 :

Tableau 7 : valeurs moyennes de poids spécifique des grains de blé tendre (g)

Traitement	Moyenne%	Ecart type%	Groupe	Prob	Cv %
T0	81,050	0,071	A	0.007	0,627
T1	79,450	0,354	B		
T2	78,150	0,495	BC		
T3	77,150	0,778	C		

Le test statistique par le biais de l'analyse de la variance a révélé une différence très hautement significative entre les moyennes des différents traitements.

Le PS des échantillons que nous avons analysé varie entre 77.150 et 81.050 kg/hl. Ces résultats sont compris dans la fourchette proposée par **Clavel (1996)** qui est de 72-82 kg/hl. Il correspond aussi à l'intervalle du journal algérien n°32/1988 égale ou supérieure à 72 kg/hl pour qu'il soit considéré comme sain, loyal et marchand.

D'après (**Willia, 1998**), à l'issu des résultats obtenus, ce blé appartient à la catégorie des blés lourds, donc denses et de bon rendement.

Delachaux (1983), a souligné que plus le poids spécifique est important, plus le rendement en farine est élevé. D'après **Multon (1982)**, plusieurs facteurs influent directement sur le poids à l'hectolitre.

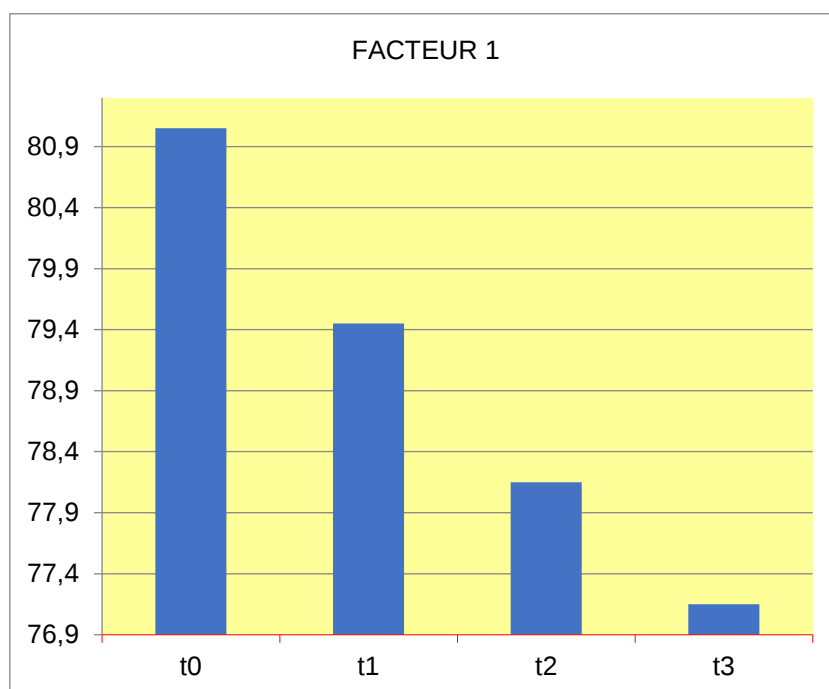


Figure 14 : histogramme représentatif des résultats de poids spécifique

2.3. Le taux de cendre des grains :

Les résultats relatifs au taux de cendre sont représentés dans le tableau n°8 et illustrés par l'histogramme figure n°15 :

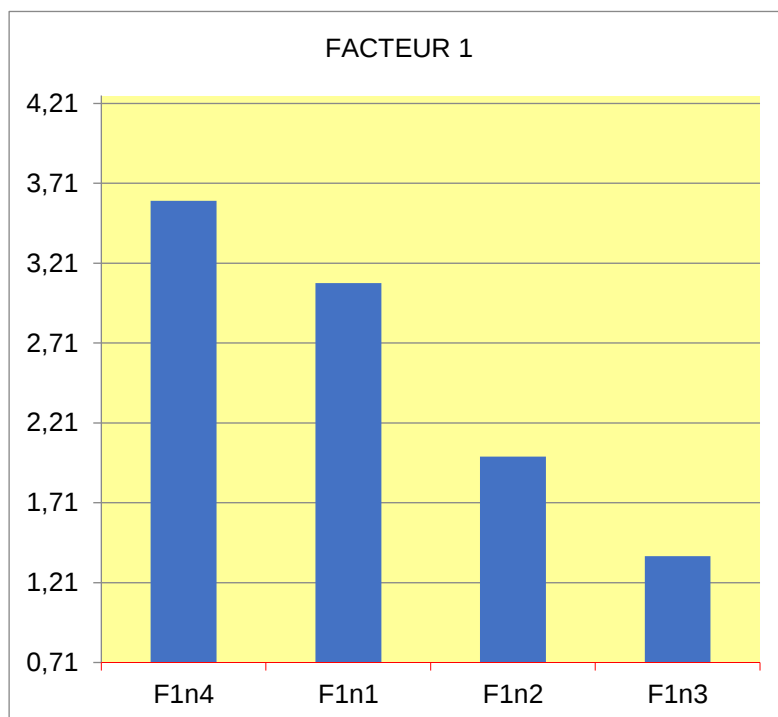
Tableau 8 : valeurs moyennes de taux de cendre des grains

Traitement	Moyenne %	Ecart type	Prob
T0	3,085	2,001	0,429
T1	2,000	1,131	
T2	1,375	0,389	
T3	3,600	1,273	

Le test statistique par le biais de l'analyse de la variance a révélé une différence non significative entre les moyennes des différents traitements, Le taux de cendre des grains de blé tendre testés est compris entre 1,375% et 3,600%

La teneur en cendres du blé est une expression de la richesse en éléments minéraux. C'est une caractéristique de pureté de la farine qui augmente avec le taux d'extraction. Le taux de cendres peut varier considérablement en fonction de la région, des conditions climatiques et la proportion des enveloppes pendant la croissance (**Feuillet, 2000**).

La teneur en cendres dépend essentiellement du lieu de culture et des conditions de maturation. La variation est influencée par la présence ou l'absence des minéraux dans le sol et le taux d'humidité dans les silos de stockage (**Chaibeddour, 2018**).

**figure 15** : histogramme représentatif des résultats de taux de cendre des grains

2.4. Taux d'extraction de la farine :

Les résultats relatifs au taux d'extraction de la farine sont représentés dans le tableau n°9 et illustrés par l'histogramme figure n°16 :

Tableau 9 : valeurs moyennes de taux d'extraction de la farine

Traitements	Moyenne %	Ecart type	Prob	Cv%
T1	67,208	0,540	0,486	1,928
T2	69,465	0,757		
T3	68,425	2,256		
T4	68,275	0,997		

Le test statistique par le biais de l'analyse de la variance a révélé une différence non significative entre les moyennes des différents traitements.

Dans une minoterie, le taux d'extraction est extrêmement important pour sa rentabil.

Selon **(Serville, 1984)**, la pureté de la farine varie inversement avec le taux d'extraction ; ce sont les taux d'extraction les plus faibles qui donnent les farines les plus blanches.

Selon **(ROUSSEL, 1984)**, Le taux d'extraction représente le pourcentage de farine extraite à partir de la mouture de 100 kg de blé propre. Il dépend des caractéristiques du blé mis en œuvre et du réglage du moulin

Le taux d'extraction de notre échantillon est entre 67,208% et 69,465% ils sont inférieurs à la moyenne théorique de 75%. D'avantage de farine pourrait donc se retrouver au niveau du son et des remoulages. Ce taux d'extraction permet la réalisation des tests technologiques.

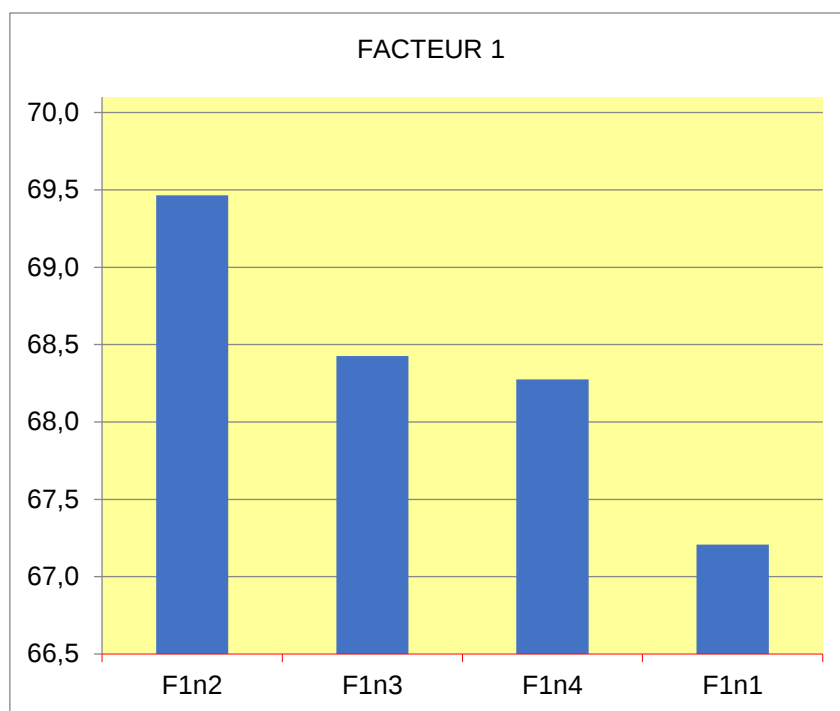


Figure 16 : histogramme représentatif des résultats de taux d'extraction de la farine

2.5. Granulométrie :

Les résultats relatifs aux granulométries sont représentés dans le tableau n°10 et illustrés par l'histogramme figure n°17 :

Tableau 10 : valeurs moyenne de granulométrie (%)

Traitement	Moyenne %	Ecart type	Prob	Cv%
T0	1,325	0,106	0,513	18,146
T1	1,42	0,453		
T2	1,575	0,177		
T3	1,175	0,035		

Le test statistique par le biais de l'analyse de la variance a révélé une différence non significative entre les moyennes des différents traitements.

L'intérêt de détermination de la granulométrie est de savoir le degré d'homogénéité du produit fini selon la préférence de consommateur (**Doukani, 2015**).

La granulométrie d'une farine permet de caractériser la répartition en taille et en nombre des particules dont elle est composée ; le comportement des farines au cours de leur transformation, notamment la vitesse d'hydratation, en dépend (**Feillet, 2000**).

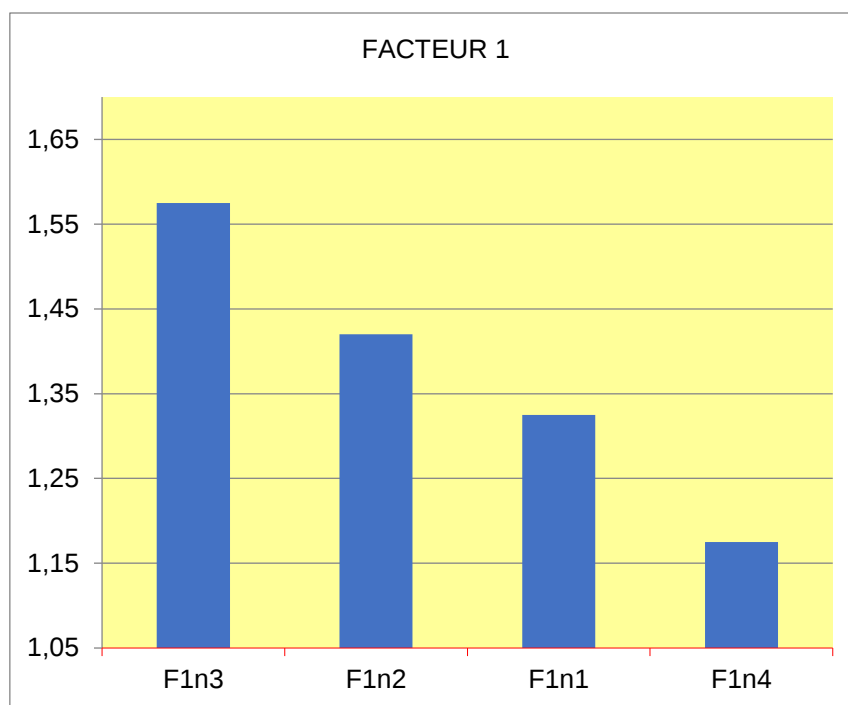


Figure 17 : histogramme représentatif des résultats de la granulométrie

2.6. Gluten humide :

Les résultats relatifs au gluten humide sont représentés dans le tableau n°11 et illustrés par l'histogramme figure n°18 :

Tableau 11 : valeurs moyenne de gluten humide

Traitement	Moyenne%	Ecart type	Prob	Cv%
T0	22,6	0,141	0,437	9,258
T1	26,525	1,945		
T2	25,325	3,712		
T3	23,85	1,768		

Le test statistique par le biais de l'analyse de la variance a révélé une différence non significative entre les moyennes des différents traitements.

Les teneurs en gluten humide des farines étudiées oscillent entre 22.6% et 26.525%, Ces valeurs sont nettement inférieures à la norme citée par **Delachaux (1983)** qui est de 27,85%. Les farines qui présentent du gluten humide supérieur à 26% sont orientées vers la panification, selon (**Ugrinovits et al.,2004**).

La force de la farine est décrite selon son gluten humide, les farines usuelles ont des teneurs de l'ordre de 27 à 37% celles de très fort blé peuvent atteindre 45%. Nos farines ont un taux de gluten qui varie entre 22 et 26 se sont des farines destinées à la panification.

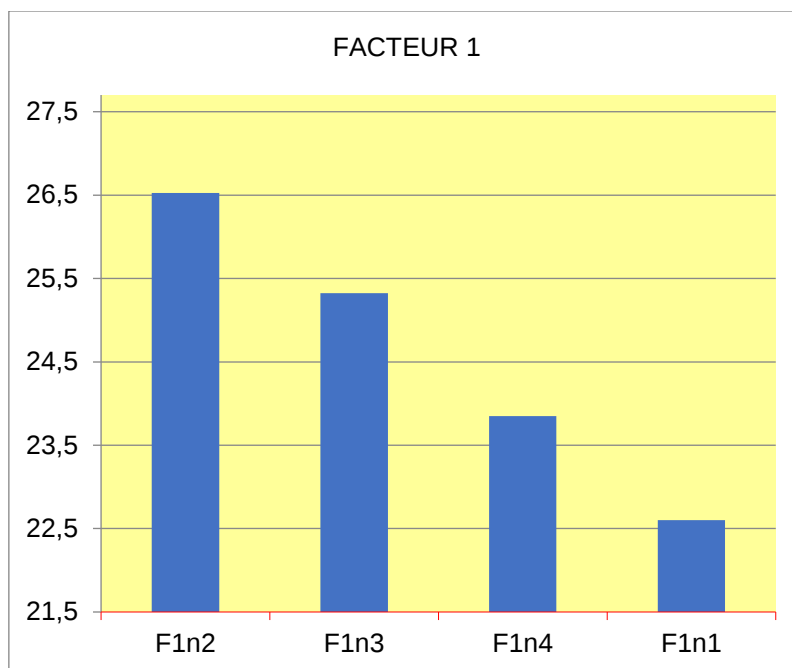


Figure 18 : histogramme représentatif des résultats de gluten humide

2.7. Gluten sec :

Les résultats relatifs au gluten sec sont représentés dans le tableau n°12 et illustrés par l'histogramme figure n°19 :

Tableau 12 : valeurs moyenne de gluten sec

Traitement	Moyenne%	Ecart type	Prob	Cv%
T0	7,090	0,127	0,426	13,091
T1	9,025	0,742		
T2	8,300	1,697		
T3	7,885	1,011		

Le test statistique par le biais de l'analyse de la variance a révélé une différence non significative entre les moyennes des différents traitements.

Les farines issues des différents passages possèdent une teneur en gluten sec entre 7.090% et 9.025%, conforme à la norme Algérienne.

D'après Boudreau (1992), la teneur en gluten représente 80% des protéines. Ceci est évident du fait qu'il existe une corrélation positive entre le taux de gluten sec et la teneur en protéines.

Selon FEILLET (2000), les caractéristiques du gluten dépendent des propriétés des farines dont il est extrait. Le gluten des farines de mauvaise qualité s'hydrate plus facilement et se révèle plus visqueux et moins élastique que celui extrait à partir de farines de bonnes qualités.

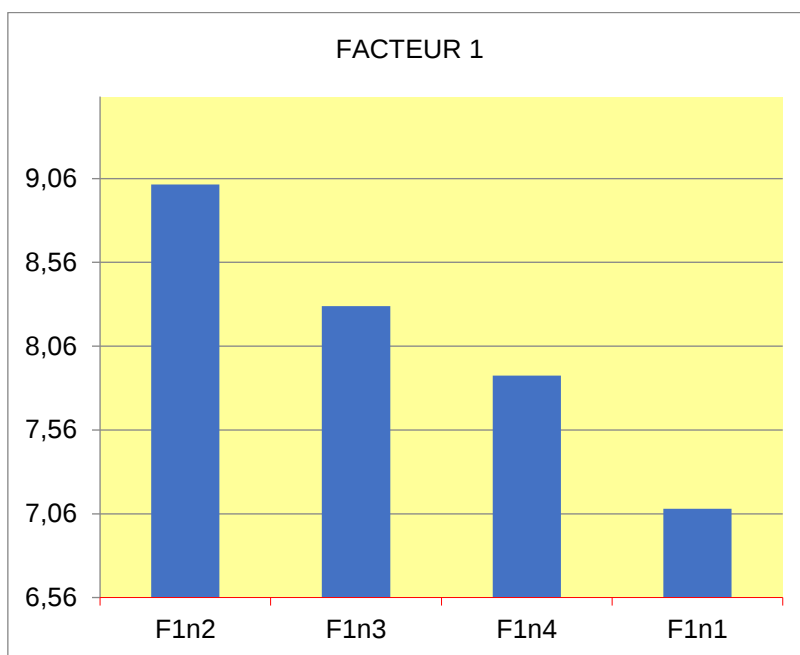


Figure 19 : histogramme représentatif des résultats de gluten sec

2.8. Taux de cendre de la farine :

Les résultats relatifs au taux de cendre de la farine sont représentés dans le tableau n°13 et illustrés par l'histogramme figure n°20 :

Tableau 13 : valeurs moyenne de taux de cendre de la farine

Traitement	Moyenne%	Ecart type	Prob	Cv%
T0	0,830	0,184	0,519	20,536
T1	0,640	0,085		
T2	0,830	0,198		
T3	0,670	0,113		

Le test statistique par le biais de l'analyse de la variance a révélé une différence non significative entre les moyennes des différents traitements

Nos farines présentent des taux de cendre qui varient entre 0.640% et 0.830%, la norme de l'**Eriad** appliquée pour la farine panifiable est entre 0.55%et 0.75% donc les valeurs obtenues sont acceptables et conformes à la norme.

La mesure du taux de cendre a un intérêt essentiellement réglementaire et permet de classer les farines selon leur degré de pureté (**ICTF, 2001**).

Selon (**Guinet, 2006**), les deux traitements de la farine (T0 et T2) ont un taux de cendre de même moyenne 0,830% donc elles sont du **type 80**, c'est une Farine bise au semi complète utilisée couramment dans la boulangerie biologique sert à faire le pain semi complet. Par contre les deux autres traitements (T1 et T3) ont un taux de cendre compris entre 0,640% et 0,670% donc elles sont du **type 65**, c'est une Farine blanche sert à faire le pain de compagne, ou tout autre dit traditionnel généralement issu de l'agriculture biologique.

Donc le taux de cendre nous a permis de classer nos deux farines en deux types : type 65 et type 80.

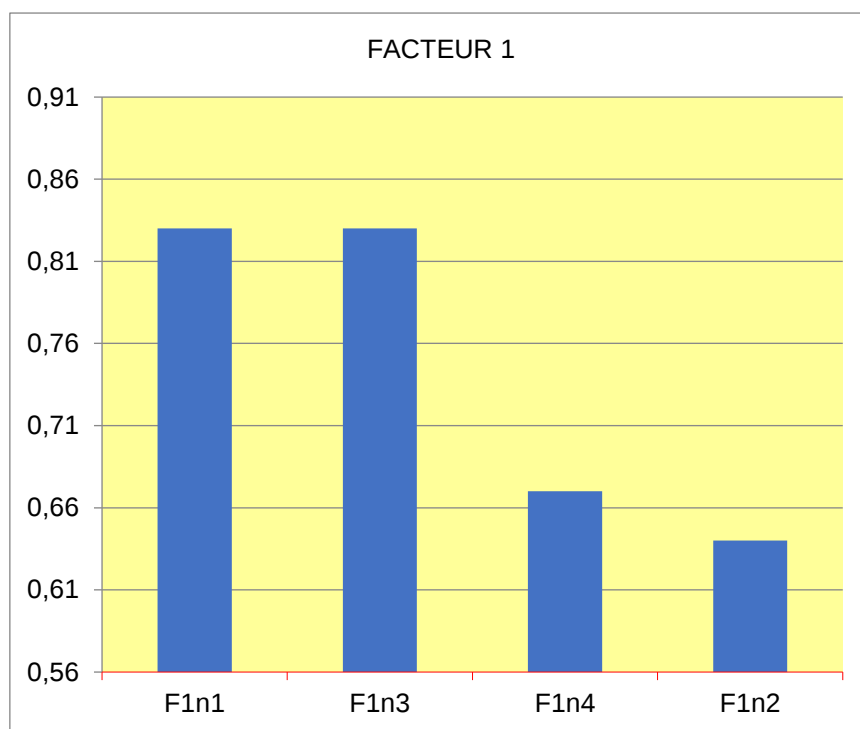


Figure 20 : histogramme représentatif des résultats de taux de cendre de farine

2.9. Taux d'absorption de la farine :

Les résultats relatifs au taux d'absorption de la farine sont représentés dans le tableau n°14 et illustrés par l'histogramme figure n°21 :

Tableau 14 : valeurs moyenne de taux d'absorption de la farine

Traitement	Moyenne	Ecart type	Groupe	Prob	Cv
T0	31,050	0,071	A	0.0000	0,215
T1	30,050	0,071	B		
T2	30,450	0,071	C		
T3	40,050	0,071	D		

Le test statistique par le biais de l'analyse de la variance a révélé une différence très hautement significative entre les moyennes des différents traitements.

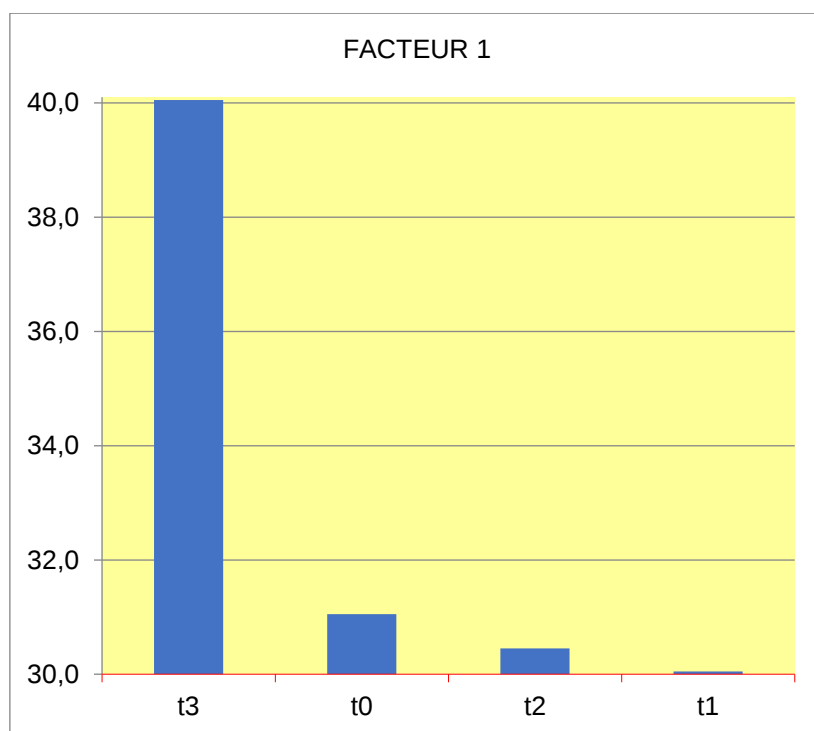
Les moyennes de taux d'absorption des farines étudiées sont comprises entre 30,05% et 40,05%

Selon (**Mauze et al.1972**), les farines d'excellente capacité d'hydratation ont un taux d'absorption entre 60 % et 61 %.

A la lumière de ces résultats, on trouve que le taux d'absorption des farines étudiées sont comprises entre 30,05% et 40,05% ils ont inférieur à celui trouvé par **Mauze et al. (1972)**.

Ces taux ne sont conformes pas à la norme donnée par (**Mauze et al.1972**) qui est de 61%. Donc il y' a un effet de taux d'impuretés sur le taux d'absorption de la farine.

Du point de vue commercial, le taux d'impureté d'un lot de blé a une grande importance dans la détermination du prix et sur le rendement en farine.

**Figure 21** : histogramme représentatif des résultats de taux d'absorption de la farine

2.10. Taux de protéine de la farine :

Les résultats relatifs au taux de protéine de la farine sont représentés dans le tableau n°15 et illustrés par l'histogramme figure n°22 :

Tableau 15 : valeurs moyenne de taux de protéine de la farine

Traitement	Moyenne	Ecart type	Prob	Cv
T0	17,290	1,428	0,468	25,819
T1	12,600	3,451		
T2	12,400	2,588		
T3	11,890	5,317		

Le test statistique par le biais de l'analyse de la variance a révélé une différence non significative entre les moyennes des différents traitements.

La connaissance de la teneur en protéines donne une bonne information sur la capacité technologique de la farine (**Chene, 2001**)

Nous relevons des teneurs en protéines relativement faibles. Ces teneurs vont de 11,890% à 17,290% la valeur la plus élevée est observée pour la farine qui ne contient pas des impuretés par contre la valeur la plus faible étant notée pour le traitement trois avec 11,890%, les teneurs en protéines enregistrées sont dans les normes établies par (**Atwell, 2001**)

D'après **Kaan et al. (1993)** une teneur en protéine du grain élevée et stable est un caractère génétique d'importance capitale pour l'obtention de produits de qualité.

Les résultats obtenus ressemblent aux résultats des essais qui ont fait en 2006 ils sont entre 10 et 17% selon la norme **ISO20483** qui spécifie la méthode de Kjeldhal pour la détermination de la teneur en protéines.

Jean-Marie et al., 2004, ont démontré que l'effet de l'environnement est important sur le taux des protéines ainsi que le rendement élevé

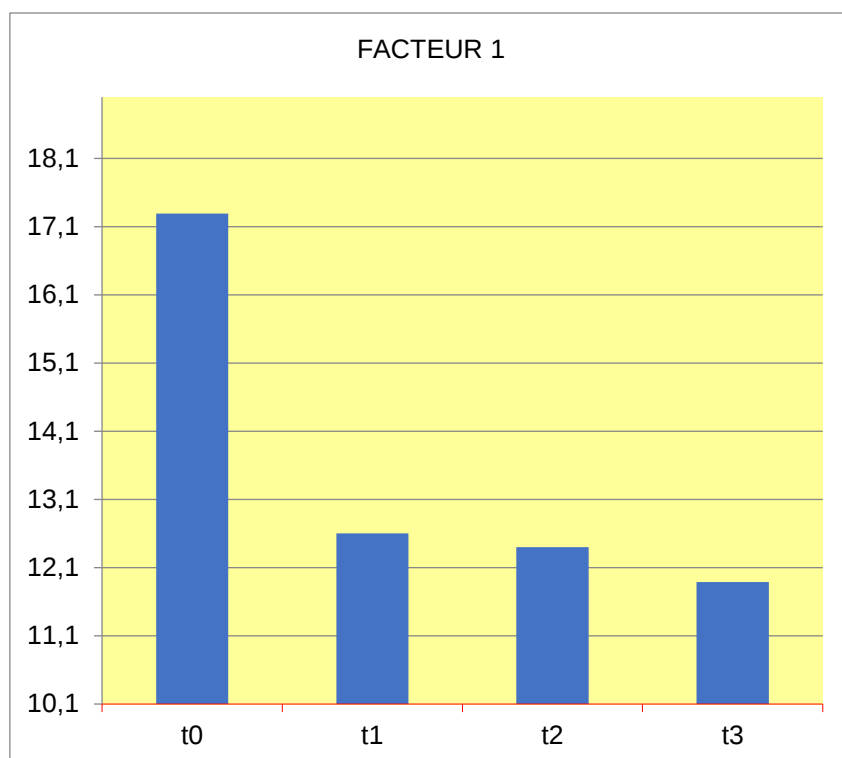


Figure 22 : histogramme représentatif des résultats de taux de protéine de la farine

CONCLUSION

Conclusion

Conclusion

Le but de la présente étude, réalisé au niveau de laboratoire d'analyse de la qualité du Complexe Industriel et commercial Agrodif Laghouat - Filiale Céréales, était la connaissance de l'effet de taux d'impuretés sur la qualité physico-chimique des grains de blé tendre et la farine extraite de celui-ci.

Les conclusions qui peuvent être tirés à partir les différents paramètres étudiés à savoir l'humidité, le poids spécifique, taux de cendre des grains, taux d'extraction de la farine, granulométrie, gluten humide, gluten sec, taux de cendre de la farine, taux d'absorption et le taux de protéine sont regroupés dans les points suivants :

- ✓ Pour le taux d'humidité, les résultats obtenus pour tous les échantillons sont conformes aux normes.
- ✓ D'après (**Willia, 1998**), A l'issu des résultats obtenus, ce blé appartient à la catégorie des blés lourds, donc denses et de bon rendement.
- ✓ Le taux de cendre de la farine varie entre 0.640% et 0.830%, la norme d'**Eriad** appliquée pour la farine panifiable est entre 0.55% et 0.75% donc les valeurs obtenues sont acceptables et conformes à la norme. Donc Le taux de cendre nous a permis de classer les farines extraites en deux types : type 65 et type 80.
- ✓ Nos farines ont un taux de gluten humide qui varie entre 22,6% et 26,525 % se sont des farines destinées à la panification. Ces valeurs sont nettement inférieures à la norme citée par **Delachaux (1983)** qui est de 27,85%.
- ✓ La qualité du gluten sec obtenue varie entre 7,090% et 9,025 % conforme à la norme Algérienne, cela est dû à la qualité de blé réceptionné
- ✓ L'analyse de la variance de taux d'absorption de la farine a révélé une différence très hautement significative entre les moyennes des différents traitements. Donc il y' a un effet de taux d'impuretés sur le taux d'absorption de la farine
- ✓ Le taux d'extraction de notre échantillon est entre 67,208% et 69,465% inférieur à la moyenne théorique de 75%. D'avantage de farine pourrait donc se retrouver au niveau du son et des remoulages. Ce taux d'extraction permet la réalisation des tests technologiques.

Conclusion

- ✓ Le taux de protéines pour les farines de blé tendre varie de 11,890% à 17,290 ils ont des teneurs en protéines relativement faibles donc les résultats enregistrés sont conformes aux normes établies par **(Atwell, 2001)**.

Il existe une différence non significative pour tous les paramètres étudiés sauf le poids spécifique des grains de blé tendre et le taux d'absorption de la farine, Ces derniers ont été affecté par le taux d'impuretés ajoutées.

A la lumière de ces résultats, nous pouvons conclure que l'ensemble des résultats d'analyse physicochimiques des matières premières et de produit fini sont conformes aux normes algériennes et aux normes internationales.

La connaissance du taux d'impuretés et leur nature est intéressante, car elles provoquent un réel risque pour la minoterie et le produit fini. La nature des impuretés varie avec les lots de blé et leurs origines. Le taux des impuretés influe sur le rendement des productions, qualité technologique des lots de blé et l'aspect du produit fini (farines), c'est pourquoi le nettoyage doit être effectué avec beaucoup de soin.

La fabrication de la farine nécessite des analyses physico-chimiques et technologiques spécifique pour contrôler la qualité de blé tendre à utiliser

Il est donc important de déterminer le taux d'impuretés d'un lot de grains, avant de procéder à son stockage ou à sa transaction commerciale.

Pour garantir les intérêts des acheteurs et pour encourager ceux qui vendent à procéder à un nettoyage soigneux des produits avant de les vendre, il est nécessaire d'établir les prix différenciés selon le taux d'impuretés.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Alfares, W. (2009). Analyses génétiques et moléculaires du locus Skr impliqué dans l'aptitude du blé (*Triticum aestivum* L.) au croisement avec le seigle (*Secale cereale* L.) (Doctoral dissertation, Université Blaise Pascal-Clermont-Ferrand II).

Amara, I., Telli, D., & Berhail Boudouda, H. (2020). Contrôle qualité de l'anti-inflammatoire UBACTIVE 400mg.

Amezrar, M., & Meradi, L. (2021). Evaluation de la qualité microbiologique et physico-chimique des farines produites par les différentes minoteries de la wilaya d'Oum El Bouaghi.

Ansel, R., Boukedjouta, A., & Benhamada, N. E. (2018). Etude de la qualité microbiologique, nutritionnelle et sensorielle du pain produit à partir du mélange de farine de blé tendre et du blé dur fermenté par la méthode traditionnelle (Doctoral dissertation, Université de Jijel).

Belagrouz, A. (2021). Analyse du Comportement du Blé Tendre, Variété El wifak (*Triticum aestivum* L.) Conduite en Labour Conventionnel : Travail Minimum et Semis Direct sur Les Hautes Plaines Sétifiennes (Doctoral dissertation).

Belouaer, R., & Selahdja, A. (2020). Synthèse bibliographique sur les méthodes de lutte contre les ravageurs des denrées stockées (Doctoral dissertation).

Benhoumar, M., Boulkara, S., & Bourad, D. E. (2010). L'analyse Biochimique des produits de la mouture des blés (tendre et dur) (Doctoral dissertation, université de Jijel).

Bouceder, A & Dellouche, F (2021). Evaluation des paramètres technologiques de quelques variétés de blé dur et blé tendre cultivées dans la zone Nord ET Sud de la Wilaya de Mila (Doctoral dissertation, university center of abdalhafid boussouf-MILA).

Boucetouh, N., Bouhal, A., Bouhalassa, H., & Laib, E. (2016). Contrôle de la qualité physico-chimique de quelques variétés de semoule écoulées sur le marché de Jijel (Ferdjioua, Bouziane et Sanabil El-Salam) (Doctoral dissertation, Université de Jijel).

Bouchouche, D., Boulassel, M., Boutebakh, Y., & Laib, E. (2018). Evaluation de la qualité physicochimique du blé tendre destinée aux meuneries (Doctoral dissertation, Université de Jijel).

Boulkour, A., Lamri, N., Tazir, N., & Tahiri, N. E. (2009). Evaluation de la qualité des grains et des farines de quatre variétés de blé tendre (Doctoral dissertation, Université de Jijel).

Cekhema, M, & Aib, Y (2020). Monoculture et culture en association (Céréales-légumineuses) : Fertilisation minérale et biologique (Doctoral dissertation, université Mohamed Boudiaf-M'sila).

Coffe, M., & Kpinsoton, A. (2014). Essai de substitution partielle de la farine de blé par la farine de patate douce pour la production du pain VIENNOIS. EPAC/UAC.

Cruz, J. F., Hounhouigan D, Havard, M., & Ferré, T. (2020). La transformation des grains (p. 198). Éditions Quae.

Cruz, J. F., Hounhouigan, J. D., & Fleurat-Lessard, F. (2016). La conservation des grains après récolte. Editions Quae.

Cruz, J.F. & Diop, A. (1989). Génie agricole et développement : techniques d'entreposage (Vol. 74). Food & Agriculture Org.

De production, B. T., la transformation, E. T., & Au, C (2001). Fida coopération française G 2000 FIAB.

Debiton, C. (2010). Identification des critères du grain de blé (*Triticum aestivum* L.) favorables à la production de bioéthanol par l'étude d'un ensemble de cultivars et par l'analyse protéomique de lignées isogéniques waxy (Doctoral dissertation, Université Blaise Pascal-Clermont-Ferrand II).

Djermoun, A. (2009). La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques. Nature & Technology, (1), 45.

Doudet, A. (2018). Développement d'un outil d'aide au choix de variété de *Triticum aestivum* L. (blé tendre) à destination de la meunerie : analyse multicritère avec la méthode des indices de désirabilité appliquée aux critères de qualité du blé tendre.

Doukani, K. (2015). Etude comparative entre le couscous industriel et le couscous à base de glands. Nature & Technology, (13), 2.

El HadeF El Okki, L. (2018). Valeurs d'appréciation de la qualité technologique et biochimique des nouvelles obtentions variétales de blé dur en Algérie (Doctoral dissertation).

Feillet, P. (2000). Le grain de blé : composition et utilisation. Editions Quae.

- Fgka, J. (2019).** Hétérogénéité spatiale et fonctionnelle de la surface du sol et son influence sur la production du niébé dans les exploitations familiales au Niger (Doctoral dissertation, Reims).
- Gani, A., & Torche, F. (2009).** Transformation industrielle du blé (*Triticum* sp), utilisations et approches technologiques (Doctoral dissertation, Université Mohamed BOUDIAF de M'Sila).
- Gbogouri, G. A. (2005).** Co-valorisation des protéines et des lipides riches en lécithine et en acides gras polyinsaturés oméga 3 à partir de têtes de saumon (*Salmo salar*) par hydrolyse enzymatique (Doctoral dissertation, Institut National Polytechnique de Lorraine).
- Gharib. (2007).** Cours de céréales, Alnutris documentation gratuite en sciences des aliments.
- Haroun, K., & Hasna, O. (2017).** Etude de L'influence de l'incorporation de la poudre de *Pulicaria odora* sur l'acceptabilité du pain (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
- Illich, I. (1975).** Némésis médicale (Vol. 9, pp. 351-364). Paris : Seuil.
- Imane, B., & Ahlem, M. (2015).** Etude comparative de la qualité technologique de quelque échantillon du blé dur issus de la moisson 2014 (région de Guelma).
- ITFC, 2001.** Contrôle de la qualité des céréales et protéagineux. Guide pratique ITFC laboratoire qualité des céréales.
- K, Khadidja., & B, Fatiha. (2019).** Comportement de quelques variétés de blé tendre dans la zone semi-aride du Haut Chélif.
- L.amara, A. Benguedoudj, S & A, Benmahammed. (2021).** Appréciation de la qualité technologique d'une collection de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) cultivée en Algérie. Algerian journal of biosciences 2(01), 19-29.
- Laker, K. (2013).** Fractionnement, caractérisation électrophorétique et quantification des albumines-globulines, des gliadines et des gluténines solubles de farines de blés tendres Algériens, relation entre la composition protéique et les caractéristiques technologiques (Doctoral dissertation, ENSA).
- Loubna, A, & Raounek, D. (2019).** Contribution à l'étude des caractéristiques physico-chimiques et technologiques de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) cultivées en Algérie.

M, & Tlemcen, D. (Minoterie Tafna, 2017), Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers Département Agronomie Mémoire De Fin D'études En vue de l'obtention du Diplôme en Master Option : Technologie des Industries Agro-Alimentaire.

Makabrou, S, & Slimani, S. (2017). Suivi de la qualité du couscous industriel et application du système HACCP : Cas de couscous de Amor Benamor.

Mauzé C. Scotté., (1972). Guide pratique d'agréage des blés. Institut technique des céréales et des fourrages.

Mellouki, M., Salahi, Z., & Boulgheb, A. (2018). Etude du comportement de quelques variétés de blé tendre oasisien (Doctoral dissertation, Université Ahmed Draia-Adrar).

Mondiale de la Santé, O. (2013). Manuel de sécurité biologique pour les laboratoires de la tuberculose (No. Who/Htm/Tb/2012.11). Organisation mondiale de la Santé.

NA1613 (1990). Décret exécutif n 1613 journal officielle algérienne

Nabi, A., & Hadjab, B. (2019). Analyse de la variabilité de la qualité physicochimique du blé tendre et de la qualité physicochimique et technologique de sa farine panifiable des moulins Honda-M'sila (Doctoral dissertation, Université Mohamed Boudiaf-M'sila).

Nadjem, K. (2018). Contribution à l'étude des effets du semis direct sur l'efficacité d'utilisation de l'eau et le comportement variétal de la culture de blé en région semi-aride (Doctoral dissertation).

Praly, C., Chazoule, C., Delfosse, C., & Mundler, P. (2014). Les circuits de proximité, cadre d'analyse de la relocalisation des circuits alimentaires. Géographie, économie, société, 16(4), 455-478.

Roussel H (1984). Guide pratique d'analyse dans les industries des céréales : test de panification. Pris, Lavoisier, p.p.511-545 (collection technique et documentation).

Roussel, P., Chiron, H., Della Valle, G., & Ndiaye, A. (2010). Recueil de connaissances sur les descripteurs de qualité des pâtes et des pains ou variables d'état pour la panification française. Glossaire terminologique appliqué aux pains français.

Sahri. S, & Tabakhi, I. (2019). L'étude des champignons phyto-pathogènes du blé tendre (*Triticum aestivum*) de la région de Bordj Bou Arreridj (Doctoral dissertation).

Salah, K. (2016). Incorporation des protéines de canola dans du pain sans gluten : impact technologique et modélisation du processus de cuisson.

Sekka, A (2017). Détermination d'impuretés et analyse de quelques paramètres physico-chimique de quatre lots de blé dur (cultivé et commercialisés) dans la wilaya de Laghoulat

Surget, A., & Barron, C. (2005). Histologie du grain de blé. *Industries des céréales*, (145), 3-7.

Yefsah-Idres, A., Benrima, A., Hammouchi, K., & Bennazoug , Y. (2019). Essai De Valorisation De La Datte Mech-Degla Par Sa Substitution Au Sucre Blanc Dans La Formulation D'un Biscuit. *Revue Agrobiologia* (2019), 9(2), 1543-1559.

ANNEXES

ANNEXES

Annexe 1 : analyse de la variance de taux d'humidité :

	S.C. E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var TOTALE	0,215	7	0,031	0,268	0,846
Var. FACTEUR 1	0,036	3	0,012		
VAR.RESIDUELLE 1	0,179	4	0,045		

Annexe 2 : analyse de la variance de poids spécifique :

	S.C. E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var TOTALE	18,060	7	2,580	23,238	0,007
Var.FACTEUR 1	17,080	3	5,693		
VAR.RESIDUELLE 1	0,980	4	0,245		

Annexe 3 : analyse de la variance de taux de cendre des grains :

	S.C. E	DDL	C.M	TEST F	PROBA
VarTOTALE	13,190	7	1,884	1,159	0,429
Var.FACTEUR 1	6,134	3	2,045		
VAR.RESIDUELLE 1	7,056	4	1,764		

Annexe 4 : analyse de la variance de taux d'extraction de la farine :

	S.C. E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
VarTOTALE	12,063	7	1,723	0,982	0,486
Var.FACTEUR 1	5,117	3	1,706		
VAR.RESIDUELLE 1	6,946	4	1,737		

Annexe 5 : analyse de la variance de la granulométrie :

	S.C. E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
VarTOTALE	0,418	7	0,060	0,907	0,513
Var.FACTEUR 1	0,169	3	0,056		
VAR.RESIDUELLE 1	0,249	4	0,062		

Annexe 6 : analyse de la variance de gluten humide :

	S.C. E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
VarTOTALE	38,290	7	5,470	1,132	0,437
Var. FACTEUR 1	17,583	3	5,861		
VAR.RESIDUELLE 1	20,708	4	5,177		

Annexe 7 : analyse de la variance de gluten sec :

	S.C. E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var TOTALE	8,389	7	1,198	1,169	0,426
Var FACTEUR 1	3,919	3	1,306		
VAR.RESIDUELLE 1	4,470	4	1,117		

Annexe 8 : analyse de la variance de taux de cendre de la farine :

	S.C. E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
VarTOTALE	0,155	7	0,022	0,891	0,519
Var. FACTEUR 1	0,062	3	0,021		
VAR.RESIDUELLE 1	0,093	4	0,023		

Annexe 9 : analyse de la variance de taux d'absorption de la farine :

	S.C. E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var TOTALE	137,360	7	19,623	9156,000	0,000
Var. FACTEUR 1	137,340	3	45,780		
VAR.RESIDUELLE 1	0,020	4	0,005		

Annexe 10 : analyse de la variance de protéine :

	S.C. E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var TOTALE	86,857	7	12,408	1,034	0,468
Var. FACTEUR 1	37,936	3	12,645		
VAR.RESIDUELLE 1	48,920	4	12,230		