

République Algérienne Démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة احمد بوقرة_ بومرداس
Université M'Hamed Bougara de Boumerdes



Faculté des Sciences
Département de Biologie
Mémoire de Fin d'Etudes
Présenté pour l'obtention du
Diplôme : Master 2 Académique
Filière : Sciences Alimentaires et Contrôle de Qualité
Spécialité : Nutrition et Sciences des Aliments

Thème

*Etude de la Qualité Physicochimique et
Technologique de deux farines : Industrielle et
Artisanale*

Réaliser par :

M^{elle} Attouche Wissame

M^{elle} Gueffaz Manel

Soutenu le 10 /09 /2021 devant les membres du jury :

Mme Lefkir S.	MCB	UMBB	Président
Mme Bouchenak O.	MCA	UMBB	Promoteur
Mr Aidoud A.	MCA	UMBB	Examineur

Promotion 2020-2021

Remerciements

Tout d'abord louange à «ALLAH », qui sans sa miséricorde, ce travail n'aura pas abouti.

*Avec beaucoup de reconnaissance et de gratitude, nous adressons nos remerciement les plus sincères à Madame **Bouchenak Ouahiba** Maitre de Conférence A au niveau de la Faculté des Sciences de l'Université de Boumerdes d'avoir accepté de diriger ce travail, son aide, ses conseils ainsi qu'au temps qu'elle a consacré.*

*Nous tenant à exprimer notre respectueuse reconnaissance à Madame **Lefkir Samia** Maitre de conférences B au département d'Agronomie/Faculté des Sciences/Université de Boumerdes pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant de présider le jury de ce travail.*

*Nos reconnaissances vont également à Monsieur **Aidoud Azzouaz** Maitre de conférences A au département d'Agronomie/Faculté des Sciences/Université de Boumerdes qui nous a fait l'honneur de bien vouloir examiner ce travail.*

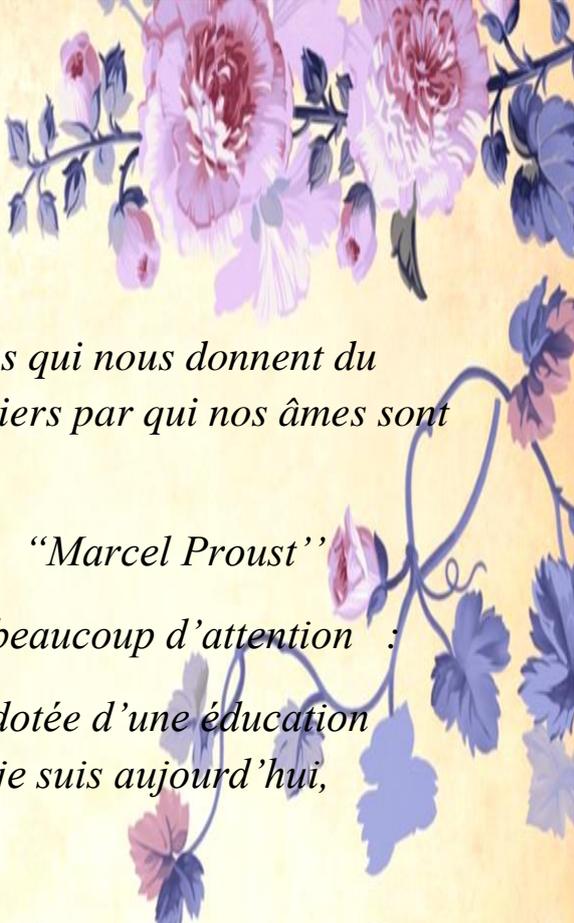
*A Madame **Dahmani Hanane** chef de laboratoire "La Belle " pour son accueil ; son aide et ses conseils très précieux et a **l'ensemble des employés** de la minoterie "La Belle " pour leur disponibilité et bienveillance.*

*A Monsieur **Yesli Abdenour** Maitre de conférences A et enseignant à l'École Supérieure des Sciences de l'Aliment et des Industries Agro-alimentaires de nous avoir ouvert ses portes pour accéder au laboratoire ainsi que pour ses conseils tellement précieux.*

Nous exprimons également toute notre gratitude à nos parents sans lesquels nous ne serons jamais arrivées à ce niveau d'études.

Nous tenant aussi à remercier tous les personnes qu'on n'a pas pu citer qui nous ont aidés de près ou de loin pour pouvoir accomplir ce travail.

Merci infiniment.



Dédicaces

“Soyons reconnaissants aux personnes qui nous donnent du bonheur ; elles sont les charmants jardiniers par qui nos âmes sont fleuries”

“Marcel Proust”

Je dédie ce modeste travail réalisé avec beaucoup d'attention :

A ma famille que je remercie de m'avoir dotée d'une éducation digne, son amour qui a fait de moi ce que je suis aujourd'hui,

Particulièrement à mes parents

A mes frères et Sœurs qui n'ont pas cessés de m'encourage à aller de l'avant

A leurs adorables enfants

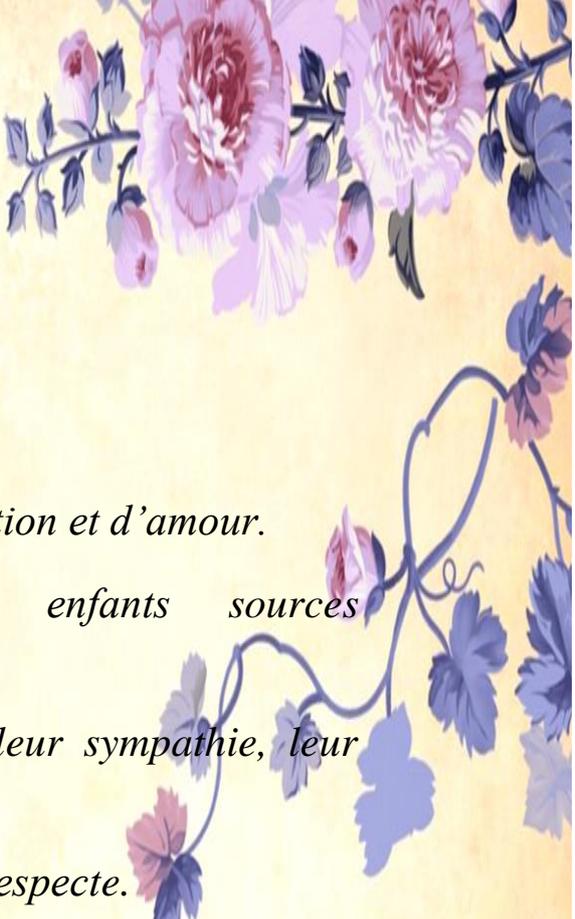
*A mes amis particulièrement : INES, Hayat, Linda et Warda
Merci pour tous ces moments simples qui sont devenus inoubliables grâce à vous*

A mabien aimer cousine Amina

A tous ceux que j'aime et je respecte.

Wissame





Dédicace

Je dédié ce modeste travail à :

Mes chers parents source de vie, d'affection et d'amour.

*Mestrès chères sœurs et leurs enfants sources
d'encouragement, bonheur et de joie.*

*A ma famille et tous mes amis pour leur sympathie, leur
humeur et leur solidarité envers moi.*

A tous ceux que j'aime et je respecte.

Manel



Résumé

L'Objectif visé par cette étude est d'évaluer les qualités physicochimiques et technologiques d'une farine de blé tendre de production industrielle (sur cylindre) et de farines de production artisanale (sur meules de pierre).

Pour atteindre ce but, des tests physico-chimiques et technologiques sont réalisés sur les variétés de blé tendre (blé OAIC et blés locaux: HD, EL Orze) et sur les farines dont elles sont issues.

Les résultats des analyses sur la matière première montrent que les taux d'impuretés des blés locaux sont supérieurs aux normes ce qui a influencer le bon rendement en farine. Pour les valeurs de poids spécifique, les blés des variétés locales (HD, El Orze) sont plus significatives (Blé lourd), alors que le blé OAIC est un blé de moyenne qualité. Tous les blés utilisés sont peu humides est présentent de bons taux protéiques.

Les résultats des tests pour la qualité du produit fini, ont montré un avantage pour la farine industrielle surtout pour la qualité technologique par rapport à la farine de meule. En termes de qualité, la farine industrielle a présenté une qualité qualifiée de bonne et acceptable par rapport aux farines artisanales qui présentent des valeurs non admis aux normes pour une farine panifiable.

En conclusion, il en ressort de cette étude que la variété de blé et les procédés de mouture jouent un rôle prépondérant en affectant la qualité de la farine produite.

Mots clés : blé tendre, farine industrielle, farine artisanale, procédé de mouture, tests physicochimiques et technologiques.

Sommaire

Introduction	1
---------------------------	---

synthèse bibliographique

Chapitre I :Généralités sur le blé

I.1. Définition	4
I.2. Les caractéristiques du blé	4
I.2.1. Les classes de blé	4
I.2.2. Les espèces de blé	5
I.2.3. Les variétés de blé	6
I.2.4. Taxonomie du blé tendre (Triticum aestivum)	6
I.3. La Production du blé tendre en Algérie	7
I.4. Le marché du blé tendre en Algérie	8
I.5. La structure de grain du blé	8
I.5.1. Les principaux composants du grain	8
I.6.La composition biochimique du grain de blé	10

Chapitre II :Généralités sur la farine de blé tendre

II.1. Définition de la farine	16
II.2. Historique de la farine.....	16
II.3. Composition biochimique de la farine.....	16
II.4. Les Type de farines.....	20
II.5. Qualité des farines.....	21
II.6. Caractéristique technologique de la farine.....	22
II.7. Propriétés physique de la farine.....	23

Chapitre III :Procédés de mouture

III.1. Historique de la mouture	25
III.2. Procédé de mouture artisanale	25
III.2.1. Principe	26
III.2.2. Nettoyage du blé	26
III.2.3. Mouillage	26
III.2.4. Broyage	27
III.2.5. Blutage	27

III.2.6. Caractéristiques du produit fini.....	27
III.3. Mouture industrielle du blé.....	28
III.3.1. Présentation de la société	28
III.3.2. Réception de la matière première :	29
III.3.2.1. Analyse du blé.....	29
III.3.3. Stockage du blé	30
III.3.4. Nettoyage du blé	31
III.3.5. Conditionnement (mouillage)	34
III.3.6. La mouture à cylindre	35
III.7. Le laboratoire de control de la qualité de la minoterie	38
III.8. Diagramme de mouture	39

partie expérimentale

Matériel et méthodes

I. Matériel	42
II. Méthodes.....	42
II.3. Méthodes analytiques	43
II.3.1. Contrôle de la matière première	43
II.3.1.1. taux d'impuretés	43
II.3.1.2. Poids spécifique.....	45
II.3.1.3. Taux d'humidité	47
II.3.2. Contrôle du produit finis :	48

Résultats et Discussion

III.1. Paramètres physicochimiques relatives à la matière première (blé).....	58
III.1.1. Taux d'humidité.....	58
III.1.2. Taux de protéines	59
III.1.3. Poids spécifique	60
III.1.4. Taux d'impuretés	61
III.2. Paramètres technologiques relatifs à la mouture de blé.	63
III.2.1. Humidité du blé avant B1	63
III.3. Paramètres physicochimiques des farines	64
III.3.1. Taux d'humidité des farines.....	64
III.3.3. Absorption d'eau.....	66
III.3.4. Taux d'affleurement.....	66

III. 4. Paramètres technologiques des farines	68
III.4.1. Taux de cendre	68
III.4.3. Amidon endommagé	70
III.4.4. Indice de Zeleny	71
III.4.5. Essai à l'alvéographe	72
III.5. Paramètres rhéologiques des farines.....	74
III.5.1. Aspect physique et visuelle.....	74
III.5.2. Couleur L	75
Conclusion	77
Références bibliographiques	78
les annexes	

Liste des abréviations

C.C.L.S : Coopérative des Céréales & des Légumes Secs.

F.A.O: Food and Agriculture Organization.

GH: Gluten Humide.

GS: Gluten Sec.

H : Humidité.

HD: Hiddab.

O.A.I.C : Office Algérien Interprofessionnel des Céréales.

PHL : Poids à l'Hectolitre.

Ps : Poids spécifique.

T E : Taux d'Extraction.

U.C.A : Union des Coopératives Agricoles

Ucd : Unité commune de dispensation.

U.S.D.A: United State Department of Agriculture.

Liste des tableaux

Tableau. 1. Classification scientifique du blé.....	7
Tableau. 2. Classification scientifique des variétés du blé.....	7
Tableau 3. Composition biochimique du grain de blé.....	11
Tableau.4. Classification des farines.....	21
Tableau. 5. Types de tamis.....	27
Tableau.6. Classification du blé selon son poids spécifique.....	46
Tableau.7. Résultats d'agrégation du blé et types d'impuretés	61
Tableau .8. Paramètres alvéographiques des farines.....	72
Tableau .9. Aspect physique et visuel des farines	74

Liste des figures

Figure.1. Les utilisations industrielles du blé.....	5
Figure. 2. Phylogénie du blé tendre.....	6
Figure. 3. Anatomie grain de blé tendre.....	9
Figure. 4. Les lipides de la farine	17
Figure. 5. Structure de l'amylose et l'amylopectine.....	18
Figure .6. Les protéines de la farine	19
Figure.7. Meule de pierre	26
Figure. 8. Farine de blé tendre conditionnée pour	28
Figure. 9. Cellules de stockage métallique avec système de ventilation.....	30
Figure. 10. Séparateur magnétique	31
Figure. 11 . Schéma du tarare	32
Figure. 12. Epierreur.....	32
Figure. 13. Schéma du nettoyeur séparateur.....	34
Figure. 14. Schéma de nettoyeur séparateur rotatif.....	34
Figure. 15. Plansichter (minoterie la Belle).....	37
Figure 16 : Diagramme de la mouture du blé tendre.....	39
Figure .17. Blé de farines issues de meules artisanales.....	42
Figure .18. : Broyeur Chopin	43
Figure .19. : Différents impuretés repérer dans le blé.....	44
Figure .20. : Détermination du poids spécifique de l'échantillon.....	46
Figure .21. Appareillage utilisé dans la détermination du taux d'humidité.....	48
Figure .22. Appareillage utilisé dans la détermination du taux de cendre.....	49
Figure .23. Méthode de détermination taux d'affleurement.....	51
Figure .24. Pâton de farine préparée.....	52
Figure .25. Gluten humide extrait.....	52
Figure .26. Gluten sec	52
Figure .27. Représentation de la réalisation du test rhéologique des farines	53
Figure .28. Inframatic machine.....	56
Figure.29. Taux d'humidité des variétés de blés étudiés.....	58
Figure.30. Taux de protéines du blé étudiés.....	59

Figure.31. Histogramme de Poids spécifique du blé étudiés.....	60
Figure .32. Les catégories d'impuretés pour chaque type de blé.....	62
Figure.33. Quantité d'eau ajoutée lors du conditionnement pour chaque type de blé et le taux d'humidité du blé avant B1.....	63
Figure .34. Taux d'humidité des farines étudiées.....	64
Figure .35. Taux de protéines des farines étudiées.....	65
Figure .36. Absorption d'eau des farines étudiées.....	66
Figure.37. Taux d'affleurement pour 100g de farine.....	67
Figure.38. Taux de cendre des farines.....	68
Figure.39. Taux de gluten humide et sec des farines étudiées.....	69
Figure .40. La teneur en amidon endommagé des farines.....	70
Figure .41. Indice de Zélény des farines étudiées.....	71
Figure .42. La couleur L enregistrée par infrarouge des farines étudiées.....	75



Introduction

Les céréales ainsi que les produits à base de céréales occupent une place primordiale dans l'alimentation humaine. Ils fournissent plus de 60% de l'apport calorique et 75 à 80% de l'apport protéique de la ration alimentaire (**Bessaoud, 2018**). Les pays arabes sont les plus gros importateurs nets de calories d'origine céréalière au monde et ils importent près de 56 % des calories d'origine céréalière qu'ils consomment (**F.A.O, 2012**).

Le blé notamment est parmi les céréales les plus cultivées voire consommées dans le monde. Il fournit environ 20 % des calories alimentaires de la population mondiale et constitue un aliment de base dans de nombreux pays (**Oppong et al., 2015**).

Les céréales et leurs dérivées constituent l'épine dorsale du système alimentaire Algérien. En effet, elles fournissent plus de 60% de l'apport calorique, et 75 à 80% de l'apport protéique de la ration alimentaire nationale (**Feillet, 2000**). L'Algérie compte parmi les premiers pays importateurs du blé au monde du fait de la croissance démographique avec une demande de céréales conduisant à des importations massives représentant environ 75% des besoins nationaux (environ 6 millions de tonnes par an dans les années 2000 et une facture de 4,2 milliards de dollars en 2012) soit près de 40% des importations agricoles (**Rastoin et Benabderrazik, 2014**). Les disponibilités en blés (dur et tendre) sont assurées principalement par les importations du blé tendre à une hauteur de 78%, destinées à la transformation en farine panifiable et par la production locale, 55% pour le blé dur destiné à la fabrication de la semoule (**Bessaoud, 2018**). Ils servent de matière première à une industrie particulièrement importante représentée par la minoterie, la semoulerie, la Boulangerie, la Biscuiterie et la fabrication des pâtes alimentaires (**Boudreau et Menard, 1992**).

Aujourd'hui, cette industrie de la transformation du blé tendre et la de la production de la farine avec les procédés industriels sur cylindre viennent s'ajouter ou se substituer aux procédés traditionnels d'autre fois où la farine était produite à partir de meule de pierre. Ces procédés apportent un changement d'échelle de production et un gain de productivité avec une amélioration de leurs qualités ainsi que leur disponibilité pour le consommateur.

Notre présent travail, se propose d'apprécier la qualité physicochimique et technologique de blé tendre et sa farine issue des moulins de la société "La Belle" et celui de provenance locale et de sa farine issues de meules artisanale.



A cet effet, ce mémoire comporte trois parties :

- Une partie bibliographique, développée en trois chapitres qui sont: le grain de blé, la farine et le procédé de mouture du blé.
- Une deuxième partie expérimentale traitant de l'ensemble des méthodes physicochimiques, technologiques réalisées en vue de contrôler la qualité de la matière première (blé) et des produits finis (farine).
- Une troisième partie consacrée à la présentation de nos résultats, leur analyse et leur discussion.

Enfin notre travail se termine par une conclusion générale et des perspectives.



Chapitre I :

Généralités sur le blé





I.1. Définition

Le blé est une plante annuelle aux racines fibreuses à tiges hautes, généralement creuses, qui portent des nœuds d'où sortent des feuilles. Aux sommets des tiges, on trouve une grappe de fleurs qui se transforme en grains (**Delachaux, 1983**).

Le grain de blé est un fruit, plus précisément un fruit sec, contenant une seule graine. Ses parois ont fusionné avec le tégument de la graine pour constituer « l'enveloppe » du grain de blé ; ce genre de fruit est nommé « caryopse » (**Crépin et al., 2018**).

I.2. Les caractéristiques du blé

I.2.1. Les classes de blé

Sept classes de blé (durum, blé dur rouge de printemps, blé dur d'hiver, blé tendre rouge d'hiver, blanc, non classé, et mixte) sont établies par les standards officiels de grains des Etats-Unis. Les différences entre ces classes du blé, en excluant les blés mixtes et les non classés sont généralement orientées selon leur usage (**Pomeranz, 1998**). Ainsi, Chaque classe possède des caractéristiques qui la rendent unique pour un produit donné (Figure 1) (**Englund, 2019**).

1. Le blé dur rouge d'hiver : Cette classe produit une farine avec une large gamme de protéines et présente de bonnes caractéristiques de mouture et de panification. Cette classe est utilisée pour produire des pains à la levure et les petits pains durs.

2. Le blé dur rouge de printemps : est utilisé pour les pains à la levure et les petits pains durs, ainsi que pour les mélanges avec des blés à plus faible teneur en protéines. Le blé de force roux de printemps est généralement cultivé dans les régions trop froides pour le blé d'hiver.

3. Le blé tendre rouge d'hiver : est généralement à haut rendement et produit une farine à teneur relativement faible en protéines, qui est utilisée pour produire des pains plats, des céréales, des gâteaux, des pâtisseries et des craquelins.

4. Le blé tendre blanc : Le blé tendre blanc est utilisé pour les pains plats, les gâteaux, les pâtisseries et les craquelins.

5. Le blé dur blanc : est la classe de blé la plus récente. Cette classe est étroitement liée au blé rouge. Le blé de force blanc est souvent plus sucré que le blé rouge. Pour les pains à la levure, les petits pains durs, les nouilles et les tortillas.



6. Le blé durum : Ce blé est le plus dur de toutes les classes. Ce blé est utilisé pour fabriquer des pâtes de haute qualité.

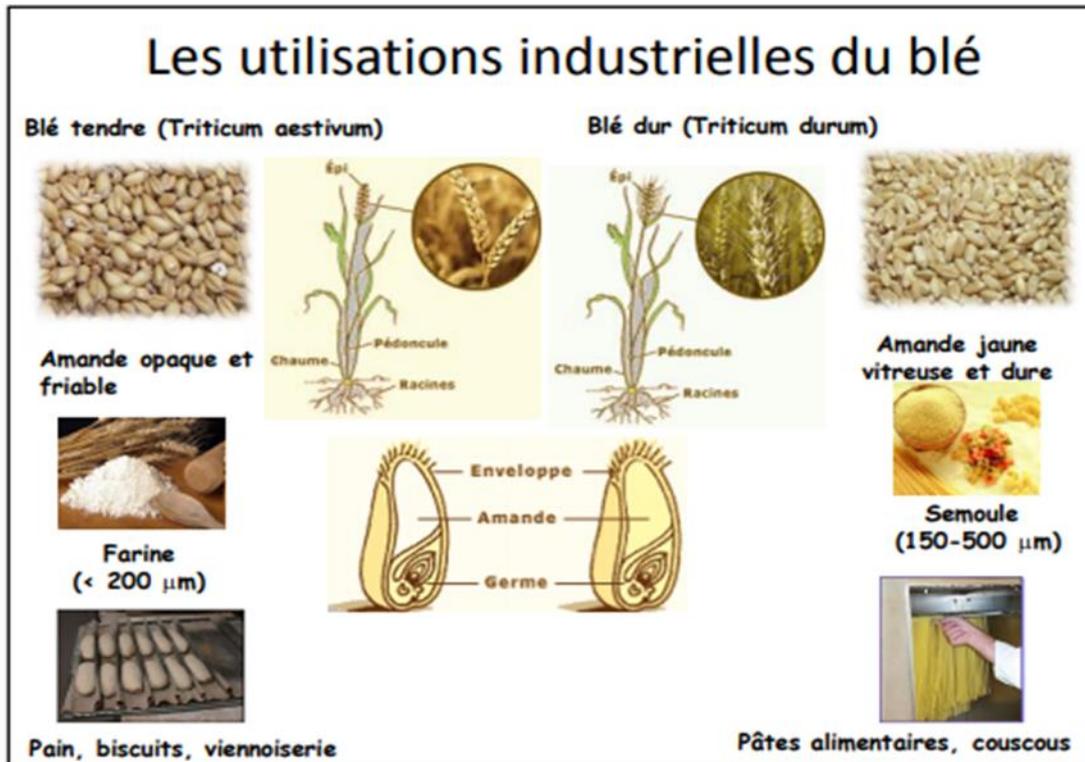


Figure 1 Les utilisations industrielles du blé (Abecassis, 2015).

I.2.2. Les espèces de blé

Le blé panifiable, le blé club et le blé dur (*Durum*) représentent 90 % du blé cultivé aujourd'hui. Les espèces de blé les plus courantes cultivées sont :

1. Le blé commun ou blé panifiable (*T. aestivum aestivum*), le groupe hexaploïde le plus cultivé dans le monde.
2. Le blé Club (*T. aestivum compactum*).
3. Le blé dur (*T. durum*), une forme tétraploïde qui est le deuxième blé le plus cultivé au monde.
4. L'épeautre (*T. monococcum*), une espèce diploïde avec des variantes sauvages et cultivées.
5. L'épeautre (*T. dicoccum*), une espèce tétraploïde, qui est cultivée depuis l'Antiquité.
6. L'épeautre (*T. spelta*), une espèce hexaploïde cultivée en quantités limitées (Valant, 2008).



I.2.3. Les variétés de blé

Le blé sauvage (*einkorn*) est le principal ancêtre de toutes les variétés de blé que l'on trouve aujourd'hui. C'est une espèce de blé très distincte, qui contient 14 chromosomes. Cela permet une grande variété d'adaptations évolutives, qui sont toutes très similaires en termes de composition génétique. Par conséquent, les botanistes se basent principalement sur les caractéristiques morphologiques pour identifier les différents blés. Aujourd'hui, avec plus de 30 000 variétés de blé dans le monde, la classification morphologique est devenue compliquée en raison de leurs similitudes extrêmement proches (Valant, 2008).

I.2.4. Taxonomie du blé tendre (*Triticum aestivum*)

Le blé (*Triticum spp.*) inclut le diploïde (*Einkorn*), tétraploïde (*Emmer et Durum*) et les espèces hexaploïdes (Figure 2). Le blé commun (*Triticum aestivum L.*) est un caryopse hexaploïde qui appartient à la famille des *Poacées* (graminées) (Faltermaier, 2015).

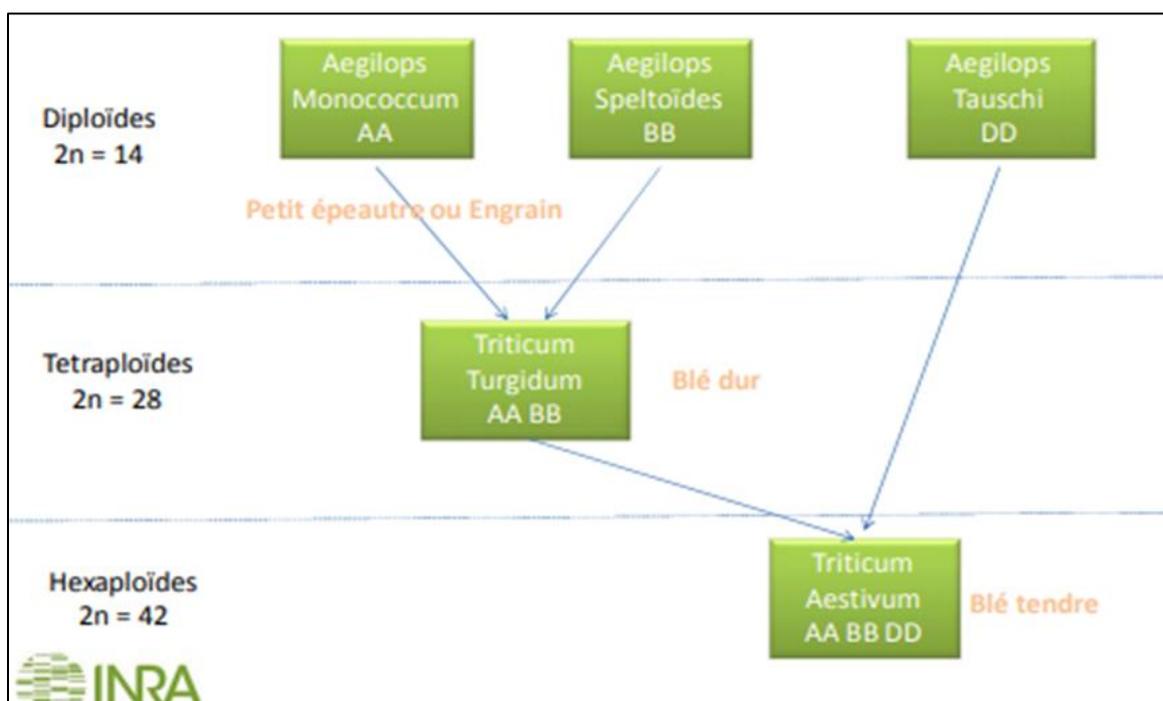


Figure 2 Phylogénie du blé tendre (Abecassis, 2015).



- La classification scientifique du blé commun et de ces variétés sont illustrées dans le tableau 1 et 2.

Tableau 1 Classification scientifique du blé (service national de conservation des ressources de l'USDA)

Royaume	<i>Plantae</i>	plantes
Sous royaume	<i>Trachéobionte</i>	Plantes vasculaires
Superdivision	<i>Spermatophytina</i>	Plantes à graines
Division	<i>Magnoliophytes</i>	Plantes à fleurs
Classe	<i>Liliopsida</i>	Monocotylédones
Sous classe	<i>Commelinidées</i>	
Ordre	<i>Cyperales-Poales</i>	
Famille	<i>Poacées</i>	Graminées
Genre	<i>Triticum</i>	Blé
Espèce	<i>Triticumaestivum</i>	Blé commun

Tableau 2 Classification scientifique des variétés de blé selon l'institut international de L'amidon (2001)

Blé commun	<i>Triticumaestivum</i>
<i>Einkornwheat</i>	<i>Triticummonococcum</i>
Blé <i>Emmer</i> et <i>Durum</i>	<i>Triticumturgidum</i>
Blé panifiable	<i>Triticumaestivum</i>

I.3. La Production du blé tendre en Algérie

Selon la FAO (2012), l'Algérie fait partie des pays arabe qui produisent plus de 10 % de leur consommation de blé, avec une production nationale de blé qui balance entre deux millions et 2,8 millions de tonnes par an (Benalia, 2007). Les superficies emblavées consacrées à la culture du blé tendre dans les zones littorales et sub-littorales ont les rendements les plus importants (25 à 42 quintaux à l'hectare) par rapport aux autres zones climatiques (ITGC, 1995).



L'Algérie cultive plusieurs variétés de blé tendre qui proviennent soit de diverses sélections généalogiques, soit introduites de différents pays. Parmi les variétés cultivées on cite: Anza, Mahon demias, HD1220, Ain Abid, Salama, Beni Slimane. Malgré les efforts pour améliorer la filière, La production algérienne en blé tendre reste très faible. Elle a atteint, au cours de la campagne 2014-15, les 0,63 millions de tonnes (INRAA, 2016).

I.4. Le marché du blé tendre en Algérie

Sous la tutelle du ministère de l'agriculture, L'O.A.I.C contrôle 80 % du marché de blé tendre en Algérie (la collecte, la réception, le stockage et la distribution) accompagné de tout un réseau vaste et puissant :

- 41 coopératives de céréales et légumes secs (CCLS), qui assurent la quasi-totalité de la collecte de la récolte nationale à travers 600 points.
- 05 unions de coopératives agricoles (UCA) pour les produits importés qui sont ensuite acheminés vers les CCLS et les autres clients nationaux.
- Une filiale de production de semences (UCASAP) dotée de 58 stations de multiplication (Rastoin et Benabderrazik, 2014).

Depuis 1995 jusqu'à 2005, le marché Algérien a absorbé en moyenne annuelle, 4244903 tonnes de blés (Chehat, 2007). Actuellement, l'Algérie est un grand importateur de blé et se trouve dépendante du marché international. Cette situation risque de se prolonger à plusieurs années, faute de rendements insuffisants et des besoins de consommation qui ne cessent de croître devant une forte évolution démographique (Chellali, 2007).

I.5. La structure de grain du blé

Au niveau morphologique, le grain de blé est ovoïde et présente, sur la face ventrale, un sillon qui s'étend sur toute sa longueur. À la base dorsale du grain, se trouve le germe, et à l'opposé, il est surmonté d'une brosse. Le grain mesure de 5 à 7 mm de long, de 2,5 à 4 mm de large et de 2,5 à 3,5 mm d'épaisseur (Surget et Barron, 2005). En outre, selon Calvel (1984), la couleur des blés varie du roux au blanc, en rapport avec le pays d'origine, le sol, la culture, et le climat.

I.5.1. Les principaux composants du grain

Un grain de blé est formé de trois régions: les enveloppes ; l'endosperme ou albumen ; le germe (Figure 3).

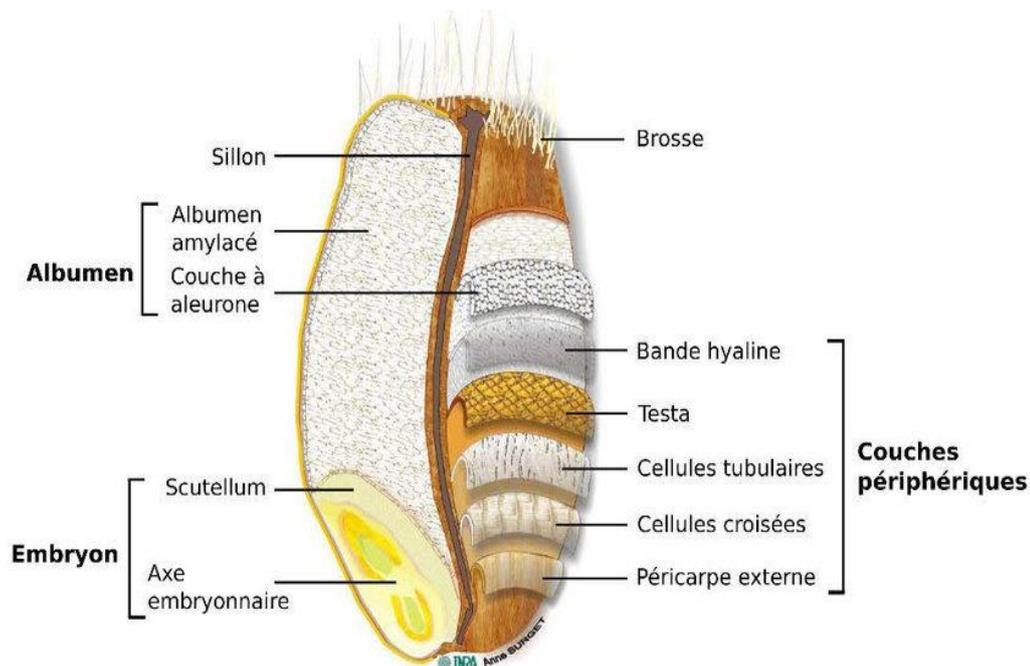


Figure 3 Anatomie du grain de blé tendre (Surget et Barron,2005).

a. Les couches périphériques : elles représentent 14% de la céréale, appelées aussi le son ou les enveloppes. On trouve de l'intérieur du grain vers l'extérieur : la couche nucellaire ou bande hyaline, la testa, les cellules tubulaires, les cellules transversales et le péricarpe externe (Bednarek, 2012).

- **La bande hyaline** : est une assise cellulaire entourant directement l'embryon et l'albumen. Elle est tapissée d'une fine cuticule qui la relie à la couche à aleurone.
- **La testa** : est constituée de deux cuticules compressées, riches en lipides et composées de cellules allongées qui fusionnent par un film pigmentaire. Elle est très hydrophobe et permet au grain d'être peu perméable à l'eau.
- **Les cellules tubulaires et les cellules transversales** : sont souvent également regroupées sous le nom de péricarpe interne. Elles sont respectivement parallèles et perpendiculaires à l'axe longitudinal du grain. Les cellules transversales sont propres aux graminées et sont de taille variable mesurant en moyenne 150 μm de longueur et 20 μm de largeur. Dans les grains de blé immatures, les cellules tubulaires et transversales possèdent des chloroplastes qui donnent la couleur verte au grain immature.



- **Le péricarpe externe** : constitué de cellules mortes allongées. Dans son ensemble, le péricarpe permet d'éviter les pertes en eau durant le développement du grain mais n'empêche pas sa pénétration. Les cellules mortes du péricarpe sont capables de retenir l'eau et d'augmenter le poids du grain (**Bednarek, 2012**). Le péricarpe total représente 5 % de l'amande, 6 % d'eau du grain, 6 % de protéines, 2 % de cendres, 20 % de cellulose et 0,5% de matières grasses. Le reste étant constitué de polysaccharides non amylacés (**Faltermaier, 2015**).

b. L'amande farineuse ou l'endosperme : Encore appelée albumen, représente la majeure partie du blé, 77 à 80% du poids du grain, elle est limitée à sa partie inférieure par le germe (**Delcour et Hosney, 2010**). L'albumen à maturité est composé de deux parties: l'albumen amylacé et la couche à aleurone. L'albumen amylacé est essentiellement constitué de granules d'amidon enchâssés dans une matrice protéique (**Faltermaier, 2015**).

c. L'embryon/le germe de blé : Également appelé embryon du blé, représente 2,5 à 3,5 % du grain et se trouve sur la face inférieure dorsale. Il est composé de deux parties principales, l'axe embryonnaire et le scutellum qui sert d'organe de stockage. Le germe est relativement riche en protéines (25%), en sucre (18%) qui est principalement du saccharose et du raffinose, de l'huile (16%) et des cendres (5%). Il ne contient pas d'amidon, mais contient de nombreuses enzymes et est assez riche en vitamines B, ainsi qu'en vitamine E (**Faltermaier, 2015**).

I.5.2. La composition biochimique du grain de blé

Le grain de blé est principalement constitué d'amidon (environ 70%), de protéine (10 à 15% selon les variétés et les conditions de culture) et de pentosanes (8 à 10%). Les autres constituants, pondéralement mineurs (quelques % seulement), sont les lipides, la cellulose, les sucres libres, les minéraux et les vitamines (Tableau. 3) (**Feuillet, 2000**).



Tableau 3 Composition biochimique du grain de blé(F.A.O, 1970).

Composants	Quantité
protéines	13 g
Lipides	18 g
Glucides disponible	61.6 g
Fibres diététique	11 g
Calcium	60 mg
Phosphore	312 mg
Fer	7.6 mg
Thiamines (vit. B1)	0.35 mg
Riboflavine (vit. B2)	0.12 mg
Niacine (vit. PP)	6.1 mg
Pyroxidine (vit. B6)	0.5 mg
Acide panthoténique	0.8 mg
Biotine	7 mg

I.5.2.1. Les glucides

Les glucides considérer comme un aliment énergétique représentant la fraction la plus importante dans le grain de blé dont la majeure partie sont sous forme d'amidon (70%), le reste est sous forme de sucres libres.

I.5.2.2. L'amidon

L'amidon est la principale forme de stockage des hydrates de carbone dans les céréales (Belitz *et al.*, 2009). Il est concentré dans l'albumen. L'amidon total représente 65% à 75% du poids sec de la graine de blé. On trouve environ 25 % d'amylose et 75 % d'amylopectine (Belitz *et al.*, 2009). Selon Feuillet (2000), l'amidon est constitué de 2 types de granules :

- Granules de type A grosses et lenticulaires de 20-25 μ m de diamètre.
- Granules de type B plus petites et sphériques de 2-10 μ m de diamètre.



I.5.2.3. Les fibres

Représentent 6% de la graine. Elles se répartissent essentiellement dans le son et elles sont de 2 types: la cellulose et l'hémicellulose. Le taux de fibres diététiques est variable (de 2 à plus de 30%), il dépend de la taille du grain (**Favier, 1989**).

I.5.2.4. Les autres glucides

Situé dans les cellules de l'endosperme, leur teneur est bien inférieure à celle de l'amidon. Ils comprennent les pentosanes, la cellulose, les β -glucanes et les glucofructanes (**Belitz et al., 2009**).

I.5.2.5. Les Protéines

La teneur en protéines va de 6 à 18 % dans les cas extrêmes mais se situe le plus souvent entre 8 et 13 % (**Favier, 1989**).

En 1924 Osborne a séparé les protéines du blé, sur la base de leur solubilité, en quatre fractions (**Belitz et al., 2009**) :

- Les albumines solubles dans l'eau ;
- Les globulines solubles dans les tampons salins ;
- Les gliadines solubles dans une solution d'alcool à 70% ;
- Les gluténines solubles dans une base ou un acide ou des détergents en présence d'un réducteur.

Les albumines et les globulines sont principalement dérivées de résidus cytoplasmiques et d'autres fractions subcellulaires qui font partie de l'amande. Ainsi, les enzymes sont présentes dans les deux premières fractions d'Osborne. Les prolamines et les glutélines, en revanche, sont des protéines de stockage. Les prolamines sont responsables de la viscosité et les gluténines de la résistance et de l'élasticité de la pâte (**Belitz et al., 2009**).

I.5.2.6. Les Lipides

Dans le blé, les lipides forment 1 à 2% de l'endosperme, 8 à 15% du germe et environ 6% du son, soit en moyenne 2 à 4% du grain entier (**Miller et al., 2015**). Ce sont des constituants mineurs. Ils sont extrêmement intéressants par la forte proportion des acides gras polyinsaturés (**Favier, 1989**). Aussi, le grain de blé est riche en acides gras saturés, localisés dans le germe (15%) et les enveloppes (12%) (**Calvel, 1980**).



I.5.2.7. Les vitamines

Localisées surtout dans le germe, leur répartition varie selon le sol, le climat et la variété du blé. On retrouve surtout les vitamines : B1, B2, B5, PP, B6. Les variations dues aux traitements technologiques sont beaucoup plus marquées parce que certaines vitamines sont très sensibles à la chaleur (**Godon, 1995**).

I.5.2.8. Les minéraux

La teneur en minéraux du grain de blé est d'environ 1 à 3 % (**F.A.O, 1970**). Le grain de blé est riche en phosphate, potassium, magnésium et en oligo-éléments (fer, manganèse, zinc) et pauvre en calcium, chlore et sodium (**Colas, 1997**). La composition en minéraux varie selon la composition chimique du sol ainsi que l'utilisation ou pas de fertilisants. Tous les éléments minéraux sont présents dans le grain à des proportions très différentes : 75% de Potassium (300-600 mg/100 g de matière sèche), le Phosphore (200-500 UI) dont la majeure partie se trouve sous forme de phytate, le Souffre (100-250 UI), Magnésium (100-150 UI), Chlore (50-150 UI) et Calcium (25-100 UI) (**Godon, 1995**).

I.5.2.9. Les enzymes

➤ **L'Amylase:** en maturité l'activité α -amylasique est minimale, alors qu'elle augmente brusquement pendant la germination. Deux α -amylases, α -AI et α -AII, ont été isolées du blé par chromatographie d'affinité et chromatofocalisation. Ces deux enzymes produisent une série de formes multiples sur l'électrophorèse SDS-PAGE. Le rapport des concentrations des deux α -amylases dépend du stade de développement. Après la floraison, α - IA apparaît d'abord dans les couches externes du grain, puis diminue avec la maturité croissante du grain. De faibles activités de α -AII sont détectables même avant la dormance (**Belitzet al., 2009**).

➤ **La lipase :** enzyme lipolytique concentré dans la couche à aleurone et augmente au cours de germination (**Potus et al., 1994**).

➤ **La Phytase :** Le rôle des différentes phytases présentes dans les graines est d'assurer la libération du phosphore par hydrolyse lors de la germination. L'activité phytasique est de loin plus élevée dans le germe et les enveloppes que dans le cotylédon : le rapport est par exemple de 100, 50 et 10 dans le grain de blé (**Sauveur, 1989**).



I.5.2.10. L'eau

L'eau dans le blé représente 8 à 9 % avec une valeur moyenne de 14% (**Godon, 1991**). Il est important de connaître la teneur en eau du grain pour déterminer l'aptitude d'un blé à la conservation et son comportement lors du processus de mouture, car il favorise les réactions enzymatiques et les attaques microbiennes lorsque sa teneur dans le grain dépasse un certain seuil (**ITCF, 1989**).

Chapitre II :

Généralités sur la farine de blé





II.1. Définition de la farine

La farine de blé est le produit élaboré à partir des grains de blé ordinaires *Triticum aestivum* L. Ou blé ramifié, *Triticum compactum* Host, ou tout mélange de ces derniers, par procédés de mouture ou de broyage dans lesquels le son et le germe sont partiellement éliminés et le reste réduit en poudre suffisamment fine (**Codex Alimentarius, 2007**).

II.2. Historique de la farine

Il y a plus de 17 000 ans, les humains cueillaient et mangeaient des graines de plantes. C'est à cette époque qu'ils ont découvert que la baie du blé était comestible. Il y a environ 8 000 ans, les habitants des lacs suisses ont moulu et mélangé le blé primitif avec de l'eau, puis l'ont cuit pour faire des gâteaux ou du pain sans levain. Les Égyptiens ont été les premiers à découvrir le pain levé, il y a plus de 5 000 ans. Aujourd'hui, nous consommons toujours la baie de blé mais, contrairement à ce qui se passait il y a 17 000 ans, nous mangeons un produit raffiné du blé plutôt que de mâcher des grains bruts (**Dvorak, 2009**).

II.3. Composition biochimique de la farine

II.3.1. L'eau

L'humidité d'une farine est fonction de la teneur en eau du grain de blé et de la quantité d'eau ajoutée avant mouture. En principe l'humidité normale d'une farine varie entre 10 et 16 %, maximum fixé par la législation. Au-delà, la disponibilité de l'eau (**aw**), rend la farine difficile à conserver (**Berton, 2002**).

II.3.2. Matières grasses (lipides)

Les lipides sont des constituants mineurs de la farine de blé, ils représentent entre 1 et 2% du poids total de la farine (Figure 4.).

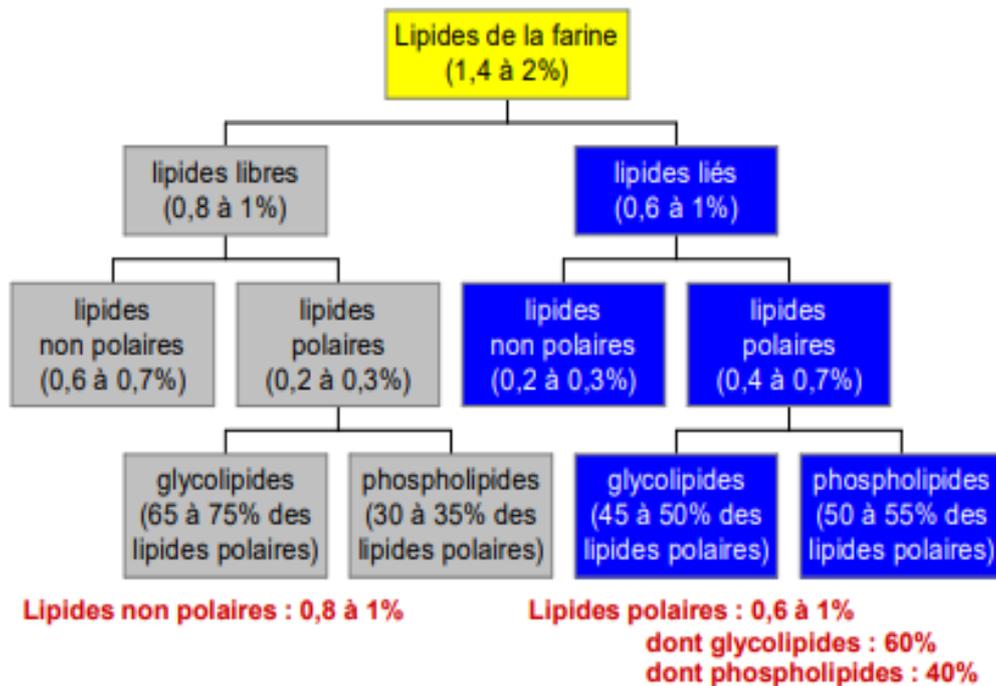


Figure 4 Les lipides de la farine (Michon,2015).

➤ Rôle des lipides en panification (Michon, 2015) :

- Oxydation des acides gras polyinsaturés, catalysée par la lipoxygénase.
- Participent au réarrangement des liaisons disulfures au sein du réseau protéique.
- Agissent sur les propriétés rhéologiques de la pâte.
- Interactions entre les lipides et les protéines à l'interface de l'eau et de l'air.
- Agissent sur la formation et la stabilisation des bulles de gaz.
- Les lipides polaires (glycolipides et phospholipides) stabilisent les alvéoles et améliorent le volume du pain alors que, les lipides non polaires (triglycérides) exercent un effet négatif.

II.3.3. Matières minérales

Elles sont présentes entre 0,5 et 1,5 %. Elles apparaissent lorsqu'on calcine de la farine (taux de cendres). Leur dosage permet de classer légalement les farines en types. Elles sont en relation directe avec la blancheur et le taux d'extraction d'une farine. La teneur en cendres indique la performance de mouture qui montre indirectement la quantité de sa contamination de la farine. Leur quantité dans la farine peut affecter la couleur en conférant une couleur plus foncée aux produits finis (Saeid *et al.*, 2015).



II.3.4. Les Glucides (Amidon)

La farine de blé est constituée d'environ 70 % d'amidon, provenant exclusivement de l'albumen. L'amidon est constitué de grains denses, insolubles dans l'eau froide dont la taille et la forme varient en fonction des espèces. Chimiquement, l'amidon est composé de deux polymères de glucose: l'amylose, molécule essentiellement linéaire et l'amylopectine, molécule ramifiée (Figure 5.).

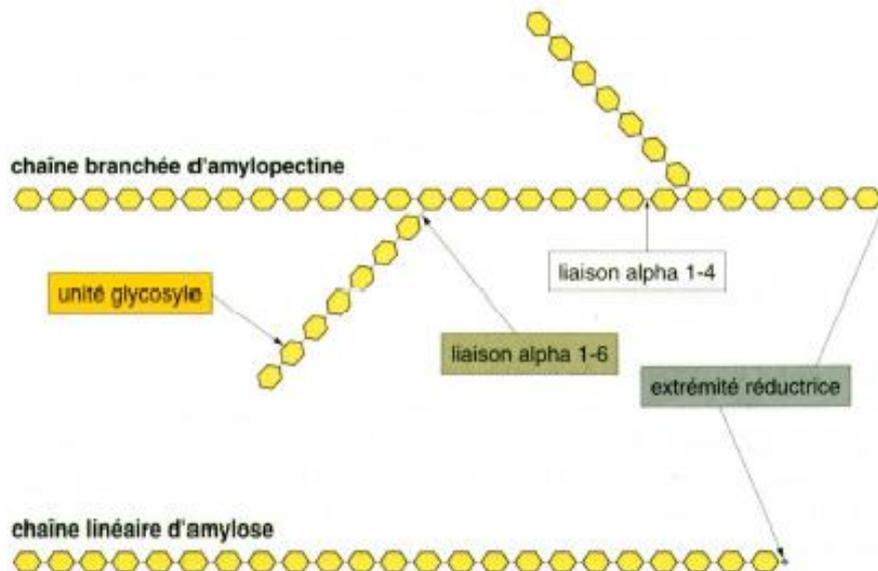


Figure 5 Structure de l'amylose et l'amylopectine (Michon, 2015).

L'amidon est une substance colloïdale avec des groupements hydroxyles et oxydes qui peuvent interagir avec l'eau. À cet égard, il faut souligner qu'après la mouture du grain de blé en farine, l'amidon se présente sous deux formes ; l'amidon natif et l'amidon endommagé (Berton, 2002) :

-L'amidon natif: correspond à des granules intacts pouvant absorber entre 38 et 87 % de leurs poids en eau.

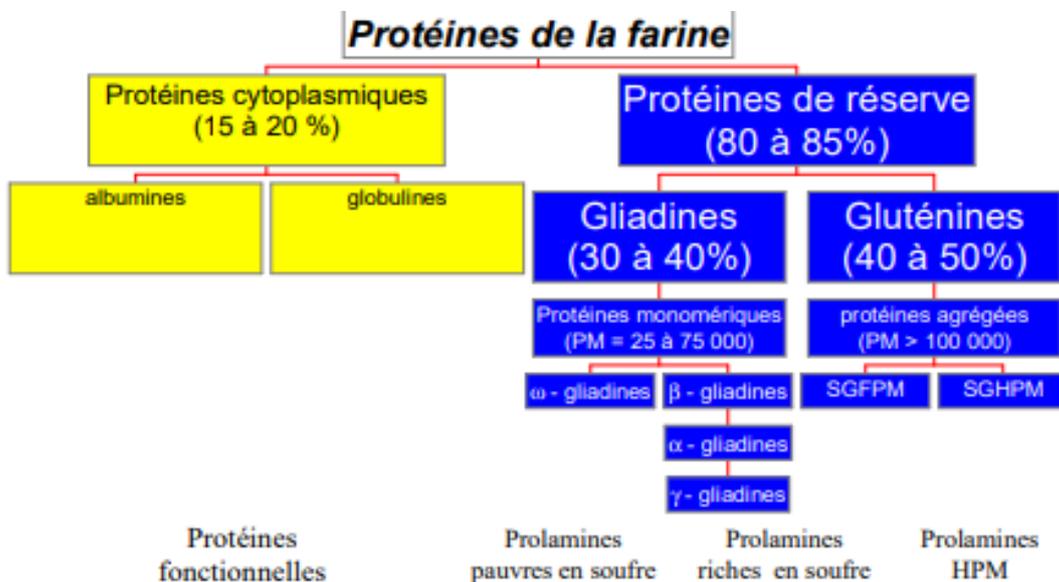
-L'amidon endommagé: correspond à des granules d'amidon lésés ayant perdu leur intégrité au cours des différents stades de mouture.



II.3.5. Les protéines

Les protéines de la farine de blé sont réparties en quatre classes en fonction de leur solubilité (Figure 6.) (Berton, 2002):

- Les albumines, solubles dans l'eau (15% des protéines totales).
- Les globulines, solubles dans des solutions salines neutres (5 % des protéines totales).
- Les gliadines, solubles dans les alcools dilués (30 à 40% des protéines totales).
- Les gluténines, insolubles dans les solvants cités précédemment (40 à 55 % des protéines totales).



Composition des protéines de la farine : rapprochement entre classification d'Osborne et de Shewry

(D'après Feillet, 2000)

Figure 6 Les protéines de la farine (Michon,2015).

Les protéines de stockage de l'endosperme qui contribuent aux caractéristiques de la pâte sont les gliadines et les gluténines. Les gliadines sont des protéines monomères à conformation compacte. Les gluténines, protéines polymères, ont une conformation étendue et forment la composante élastique des pâtes viscoélastiques de farine de blé grâce à la liaison disulfure intermoléculaire entre les sous-unités polypeptidiques (Asawaprecha, 2004).



- **Le Gluten**

Les protéines qui composent le gluten se trouvent dans l'endosperme du grain de blé. Leur quantité et leurs propriétés déterminent les qualités boulangères de la farine de blé produite à partir de ce grain. Il existe une relation directe entre la teneur en protéines, le gluten de la farine et son aptitude potentielle à la panification, c'est-à-dire sa capacité à donner de bons résultats (**Zhygynovet *al.*, 2019**).

II.3.6. Les vitamines

Elles sont principalement présentes dans le germe et elles apportent une certaine valeur nutritive au pain. Une partie de ces vitamines est détruite à la cuisson. 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 pyridoxine (vitamine B6), 25 % de biotine (B8), 30 % d'acide nicotinique (B1), 55 % de l'acide pantothénique (B5) et 70 % de la vitamine tocophérol (E) (**Bornet, 1992**).

II.3.7. Les enzymes

Parmi les autres protéines de la farine de blé, on trouve différentes enzymes telles que les alphas et beta amylases, les protéases, les pentosanases, les lipoxygénases et d'autres protéines qui sont particulièrement importantes en panification (**Berton, 2002**).

II.4. Les Type de farines

Aujourd'hui Il existe plusieurs types de farines de blé tendre commercialisé pour tout usage. La détermination du type de farines dépend d'un paramètres important c'est le taux de cendre qui correspond à la matière minérale présente dans la farine, du type 45 à 150, passant de la farine la plus blanche à la plus piquée riche en enveloppes du grain (Tableau 4.) (**Brulé et *al.*, 2007**). Les types homologués de farines qui ont été instaurés en 1963 permettent de remplacer l'indication obligatoire du taux de cendres, chacun des types correspondant à une fourchette de taux de cendres. Les types de farines définissent donc une pureté en relation avec le taux d'extraction (**AgriMer, 2012**). Cette homologation a contribué dans une large mesure à l'organisation du marché des farines. De plus, plusieurs pays ont encore établi d'autres normes notamment en ce qui concerne les pourcentages de matières protéiques, le taux d'humidité, le degré d'acidité...etc. (**Soenen et Pelshenke, 1962**).



Concernant la réglementation algérienne, les farines sont classées selon leur taux d'extraction en deux (02) types (**journal officiel, 1992**) :

• **Farine de type courant**

- Minimum 1 point au-dessous du poids spécifique (PS-1).
- Maximum 2 points au-dessus du poids spécifique (PS+2).

• **Farine de type supérieur**

- Minimum 8 points au-dessous du poids spécifique (PS-8).
- Maximum 5 points au-dessus du poids spécifique (PS+5).

Tableau 4 Classification des farines (**Romain et al., 2007**)

Type de farine	Teneur en cendres ou matières minérales (%) ramené à la matière sèche	Aspect des farines	Usages
45	Inférieur à 0.50%	Blanches	Usages ménagers et farine de gruaux
55	0.5% à 0.60%		Pains, pâtisserie et viennoiseries
65	0.62% à 0.75%	Bises	Biscuiterie et Pains bis
80	0.75 à 0.90%		
110	1.00 à 1.20%	Complète	Pains complets
150	Supérieur à 1.4%		

II.5. Qualité des farines

L'évaluation de la qualité d'une farine doit être réalisée en tenant compte de son utilisation finale (**Guiné et Correia, 2013**). Une farine de bonne qualité est définie comme une farine qui répond aux exigences de l'industrie et aux attentes des utilisateurs, quels qu'ils soient sur le point de vue hygiénique. Selon le **Codex Standards(1985)**, la farine doit répondre aux exigences suivantes :



- La farine de blé et tous ingrédients qui lui ont été éventuellement ajoutés doivent être sains et propres à la consommation humaine.
- La farine de blé doit être exempte d'odeurs et de goûts anormaux ainsi que d'insectes vivants.
- La farine de blé doit être exempte de souillures (impuretés d'origine animale, y compris les insectes morts) en quantités susceptibles de présenter un risque pour la santé.
- La farine de blé doit être exempte de métaux lourds en quantités susceptibles de présenter un risque pour la santé humaine.
- La farine de blé doit être conforme aux limites maximales de résidus fixées par la Commission du Codex Alimentarius pour ce produit.
- La farine de blé doit être conforme aux limites maximales de mycotoxines fixées par la Commission du Codex Alimentarius pour ce produit.

II.6. Caractéristique technologique de la farine

II.6.1. Taux d'extraction (TE)

C'est le rendement en farine pour 100Kg de grains : une farine est dite extraite à 60, 72 ou 85%, lorsque 100Kg de grains donnent respectivement 60, 72 ou 85 Kg de farines. La blancheur de la farine, sa pureté varient en rapport inverse du taux d'extraction : plus le TE est élevé et moins la farine est pure (par conséquent elle est grise) (**Anonyme 1, 1999**).

II.6.2. Taux de Blutage

C'est le pourcentage d'issues (déchets) éliminées c'est donc l'inverse du taux d'extraction (**Anonyme 1, 1999**).

II.6.3. Valeur boulangère

Certaines caractéristiques rhéologiques des pâtes obtenues à partir de la farine de blé tendre constituant un facteur important de leur valeur d'utilisation comme la qualité boulangère qui reste l'élément clé dans l'appréciation de l'aptitude technologique d'un blé tendre. Il s'agit de la valeur d'utilisation de la farine pour la fabrication d'un produit de boulangerie (**Berland, 2005**).

En 1984 **Calvel** a aussi défini la valeur boulangère comme étant « l'aptitude d'un blé ou d'une farine à donner du beau et du bon pain dans les conditions de travail et de rendement en harmonie avec une fabrication normale ».



II.6.4. Valeur meunière

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).

II.7. Propriétés physique de la farine

II.7.1. La blancheur

- Si la farine paraît bleutée ou rougeâtre au lieu d'être de couleur crème, elle est dite ancienne et a subi un début d'altération.
- Si de nombreuses piqûres apparaissent, elles sont le reflet d'un taux d'extraction élevé.
- Lorsque des marbrures apparaissent, elles sont l'indice que des farines de composition et d'âges différents ont été mélangées.

II.7.2. Odeur et Saveur

- Une bonne farine a simplement une légère odeur qui lui est propre.
- Dans la bouche, elle laisse un goût de froment (blé tendre ou blé ordinaire). Les farines altérées possèdent un goût amer, âcre et rance.

II.7.3 La granulation

Au toucher une bonne farine est douce, souple, mais ne doit pas être cependant «impalpable ». Si elle est trop réduite, elle n'absorberait plus l'eau dans des proportions suffisantes :

- Une farine granuleuse est dite ronde.
- Une farine très fine est dite plate.

Chapitre III :

Procédés de mouture



III.1. Historique de la mouture

La mouture des céréales comme le blé remonte à la préhistoire avec l'homme primitif. Il existe des preuves archéologiques claires de l'utilisation de pierres de selle de mouture plates ou de pierres de taille concaves pour la mouture manuelle des grains dont le résultat étaient des grains moulus ou écrasés faciles à mastiquer et plus pratiques, nécessitant moins d'énergie et de temps pour leur cuisson (**Saldivar, 2016**). Les méthodes de mouture ont continué à évoluer jusqu'à l'invention de la meule qui consistait en deux grandes pierres horizontales en forme de disque, placées l'une sur l'autre (Figure 7.). La meule était actionnée par des hommes, des chevaux, des bœufs, et finalement par l'eau ou le vent. Les Romains ont été les premiers à utiliser l'énergie hydraulique pour moudre la farine, vers 100 ans avant J.-C., en Asie mineure. Les moulins à vent ont été développés près de mille ans après les moulins à eau. Leur utilisation a été enregistrée pour la première fois en Normandie et en Provence, en France, en 1180 après J.-C., dans le Suffolk, en Angleterre, en 1185 après J.-C., et en Syrie en 1190 après J.-C. (**Dovrak, 2009**).

Le moulin à eau, tout comme le moulin à vent, furent supplantés au XIX^{ème} siècle par l'arrivée de la machine à vapeur, puis par le moteur électrique. Aujourd'hui, l'activité des moulins a presque disparu (**Pauly, 2009**).

III.2. Procédé de mouture artisanale

C'est une technique authentique de mouture, elle s'effectue sur des Meules de pierres (Figure 7.). La meule est constituée de 2 parties plates et horizontales, La meule inférieure, qui est fixe, est appelée la « dormante » et celle du dessus est appelée la « tournante » car elle effectue un mouvement de rotation horizontale. Elle présente une ouverture au centre qui permet le passage des graines vers l'intérieur. Les meules sont généralement composées de pierres de granite (basalte ou silex). Certaines meules sont munies de stries fines (figure 7. a) qui assurent le broyage du grain et elles sont aussi creusées de rainures obliques plus larges (ou sillons), qui entraînent la farine vers le bord des meules sous l'effet de la force centrifuge. Ainsi, le grain est écrasé lors de son passage entre les pierres des meules, puis ressort à la Périphérie sous forme de farine plus ou moins fine (**Chabault et Panelli, 2001**).

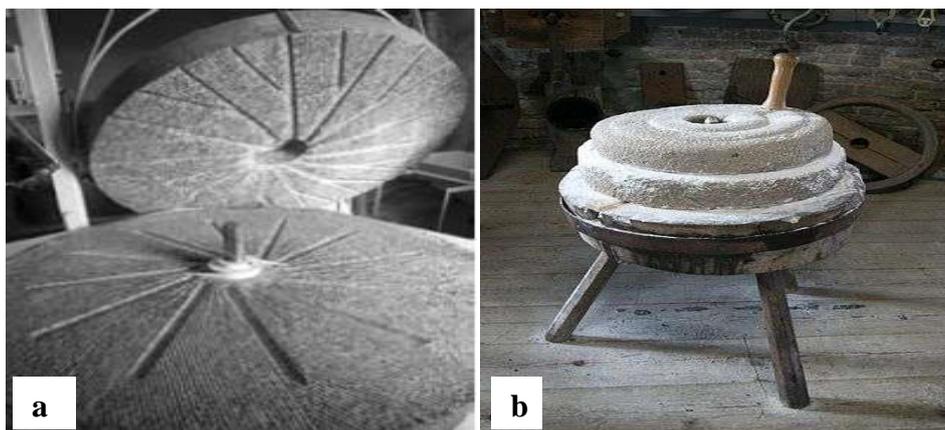


Figure 7 Meule de pierre
a. A stries (Apaba, 2017);
b. Manuelle. (Anonyme 2)

III.2.1. Principe

Le principe de la mouture sur meule est de fournir une farine plus marquée. Cette dernière aura gardé la plupart de ses éléments nutritifs, car tout le grain est écrasé, sans échauffement ou élévation marquée de la température du fait d'une action mécanique moins poussée (PAQ, 2013).

III.2.2. Nettoyage du blé

Habituellement on utilise des blés locaux pour produire la farine de meules. Une fois le blé réceptionné, il subit avant la mouture, un nettoyage obligatoire moyennant des tamis classiques avec des mailles de diamètre différents. Au cours de cette étape, il sera procédé à l'élimination des impuretés légères (pailles), des graines étrangères et les corps étrangers (pierres, pièces métalliques), afin d'éviter l'échauffement durant la mouture et améliorer la qualité de la farine et la longévité des meules (Apaba, 2017).

III.2.3. Mouillage

C'est l'incorporation du blé avec un pourcentage d'eau, selon son humidité initiale pour la préparation du blé à la mouture (PAQ, 2013). Pour améliorer le rendement et faciliter la mouture, le mouillage est toujours suivie d'une période de repos qui va de 16 à 24 heures selon la dureté du blé. L'objectif est de faire passer le blé de 12-13 % d'humidité à près de 14 - 15 % pour la mouture de meule (Apaba, 2017).

III.2.4. Broyage

Le broyage permet de dissocier l'amande et les enveloppes du grain par un mouvement d'écrasement et de cisaillement (**Chabault et Panelli, 2001**). Les grains sont versés dans le trou du milieu pour déboucher entre les deux meules et se font écrasés en entier par le mouvement rotatif de la meule tournante, puis ressort de l'extérieur des meules sous forme de farine. La farine qui tombe des extrémités repasse plusieurs fois dans les meules jusqu'à 4 fois pour augmenter le rendement et obtenir une farine de plus en plus fine. Celle qui en ressort est une farine fortement piquée du fait qu'elle contient des particules du germe et du son qui sont réduites finement.

III.2.5. Blutage

Le blutage est la Séparation physique des différents produits issus de la mouture par tamisage (**PAQ,2013**). Une fois le broyage terminé, le produit tamisé pour extraire la farine ce qui reste dans le tamis sont les grosses particules de son. Un finissage supplémentaire peut être obtenu par blutage plus poussé après plusieurs passages dans des tamis à mailles plus fines. Finalement, on peut dire que la sélection du tamis décide du niveau d'extraction (tableau 5.) et donc de la pureté de la farine.

Tableau 5 Types de tamis (**Apaba, 2017**).

Tamis	Taux d'extraction	Taux de cendres	Type de farine
150 microns	+/- 73%	0.5 à 0.6	T 65
300 microns	+/- 85 %	0.75 à 0.9	T 80
800 microns	+/- 90%	1 à 1.2	T 110

III.2.6. Caractéristiques du produit fini

Une mouture sur Meule donne un produit dont le germe et le son sont presque entièrement Conservés et broyés avec l'amande farineuse. Elle contient également des amidons endommagés permettant ainsi une Meilleure hydrolyse de l'amidon et des fibres, d'où une autolyse lors de la fermentation panairaire pour fournir tous les facteurs de croissance nécessaires aux amylases (**PAQ, 2013**).

Cette farine présente une qualité nutritionnelle plus importante :

- Quantité de fibres importantes.
- Matières grasses.
- Vitamines E (antioxydant)
- Vitamines B préservées.
- Concentration en minéraux élevée.

Dans les boulangeries artisanales, ce type de farine est apprécié parce que, du moment qu'elle est fraîche, elle possède des propriétés organoleptiques (des arômes développés par le germe) et nutraceutiques meilleures par rapport aux farines traitées (Anonyme 3, 2020).

III.3. Mouture industrielle du blé : (cas de la minoterie "La Belle")

III.3.1. Présentation de la société

L'Entreprise Spa GMD La Belle appelé les Grands Moulins Dahmani se situe à Ouled Moussa Wilaya de Boumerdes créer en 2003. Son Activité est la Transformation des céréales et dérivés. La minoterie d'Ouled Moussa est d'une capacité de 500 T/ 24 h, et une Semoulerie d'une capacité de 200 T / 24 h. Elle possède Deux (2) lignes de pâtes alimentaires d'une capacité de 576 qx/ 24 h. et Quatre (4) lignes de couscous d'une capacité de 864 qx / 24 h. Ces produits conditionnés sont:

- Farines Panifiables destinées aux Boulangers.
- Farines Pâtisseries destinées aux ménages et biscuiteries conditionnées en emballage de 1.5, 10 et 25 Kg.
- Pâtes alimentaires et couscous destinés aux ménages, collectivités et à l'exportation.
- Issues de meunerie destinées aux éleveurs et fabricants d'aliments de bétail.



Figure 8 Farine de blé tendre conditionnée pour 1Kg (minoterie la belle).

III.3.2. Réception de la matière première

Le moulin reçoit des grandes quantités de blé importé voire locale de la part de l'OAIC par des camions. Elles sont généralement contrôlées par le pont bascule. Après la pesée, un échantillon du chargement est prélevé afin d'être analysé pour évaluer la qualité du blé. La cargaison sera déchargée dans le cas où le blé livré correspond aux normes figurant dans le cahier des charges. Il est dirigé ensuite vers la trémie pour passer successivement dans des grilles qui permettent un pré-nettoyer en récupérant les grands déchets (cailloux, débris de bois, pigeon morts...etc.). Le blé est ensuite transporté verticalement avec un élévateur à godets vers les installations de stockage optimales jusqu'à son utilisation.

III.3.2.1. Analyse du blé

Le blé doit subir des analyses spécifiques et physiques au sein du laboratoire de moulin (poids spécifique du blé (PS), taux des impuretés, l'humidité, la teneur en protéines... etc), pour qu'il soit conforme et être prêt pour le reste des opérations avant la mouture. Ces analyses sont très importantes pour l'obtention d'une farine de bonne qualité. Les chargés du contrôle des produits commencent leurs tests pour classer le grain. Les résultats de ces tests déterminent la manière dont le blé sera manipulé et stocké (Dvorak, 2009).

a. Poids du blé

a.1. Poids spécifique du blé

Généralement exprimée en kilogrammes par hectolitre. Le poids spécifique est le moyen le plus efficace de mesurer la rondeur du grain.

a.2. Poids de mille grains

On mesure la masse moyenne des grains, généralement exprimée en poids de mille grains, ce qui nécessite l'utilisation d'un compteur automatique de graines.

Ces mesures indiquent le rendement probable de la farine blanche à la meunerie, en partant du principe que les grains dodus fournissent un maximum d'endosperme (farine) et un minimum de matière non farine. D'autre part, la présence de grains ratatinés réduit ces deux estimations en qualité du grain, fournissant ainsi moins d'endosperme et un rendement réduit en farine (Couvain, 2003).

b. Agréage du blé

Parallèlement aux analyses, le blé reçu au moulin contient des graines étrangères et des impuretés, mais dans une proportion tolérable qui permet le classement de celui-ci comme : Blé Sain, blé cassé, punaisé ou outre à l'aide d'un agréage qui se fait manuellement dans le laboratoire du moulin (**Anonyme 4**). Les impuretés du blé qui peuvent être présentes sont :

- Les graines étrangères : Autres céréales (orge, seigle, avoine).
- Graines nuisibles par l'odeur ou la couleur (ail, mélilot, mélampyre).
- toxiques (nielle, liseron).
- Les grains de blé malades : carie, rouille, charbon, ergot (dangereux pour l'homme).
- Les grains attaqués par les insectes (charançon, punaise).
- Les grains de blé cassés (contamination de l'amande qui est alors sans protection)

III.3.3. Stockage du blé

Le blé est ensuite stocké au moulin dans de grandes cellules. Le stockage du blé est une science exacte. L'humidité, la chaleur et l'air doivent être maintenus au bon niveau, sinon le blé risque de moisir, de germer ou de fermenter (Figure 9.) (**Dvorak, 2009**).

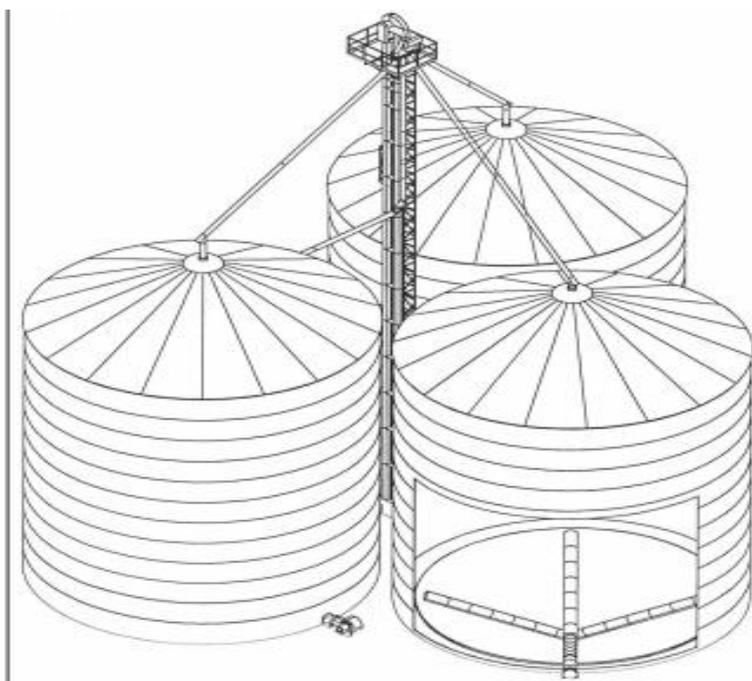


Figure 9 Cellules de stockage métallique avec système de ventilation (**Cruz et al.,2019**).

III.3.4. Nettoyage du blé

Un nettoyage adéquat du blé avant la mouture permet d'éviter que des bactéries, des moisissures, des graines indésirables, des grains infestés, des grains ratatinés et cassés et d'autres matières étrangères ne contaminent les produits du moulin ou n'endommagent l'équipement. Le nettoyage est effectué sur la base des différences entre les grains sains et les matières indésirables : taille et dimension, forme, poids spécifique, gravité, frottement de surface différent, propriétés magnétiques et friabilité sous impact.

Pour débarrasser le blé de tous les déchets restants des opérations du pré-nettoyage, un nettoyage du blé est réalisé à sec par des équipements appropriés du moulin :

- **Les séparateurs magnétiques** : les aimants ou les équipements d'enlèvement des métaux séparent les matières étrangères qui pourraient endommager l'équipement ou générer une étincelle dans les équipements à mouvement rapide et de conception précise (Figure 10).



Figure 10 Séparateur magnétique (Hashimi, 2016).

- **Le tarare** : c'est un nettoyeur constitué de grilles superposées, animées d'un mouvement alternatif. La grille supérieure retient les grosses impuretés alors que la grille inférieure laisse passer les particules très fines comme le sable. Les bons grains sont récupérés entre les deux grilles qui sont traversées par un courant d'air, généré par un ventilateur, pour éliminer les impuretés légères (Figure 11) (Cruzet *al.*, 2019).

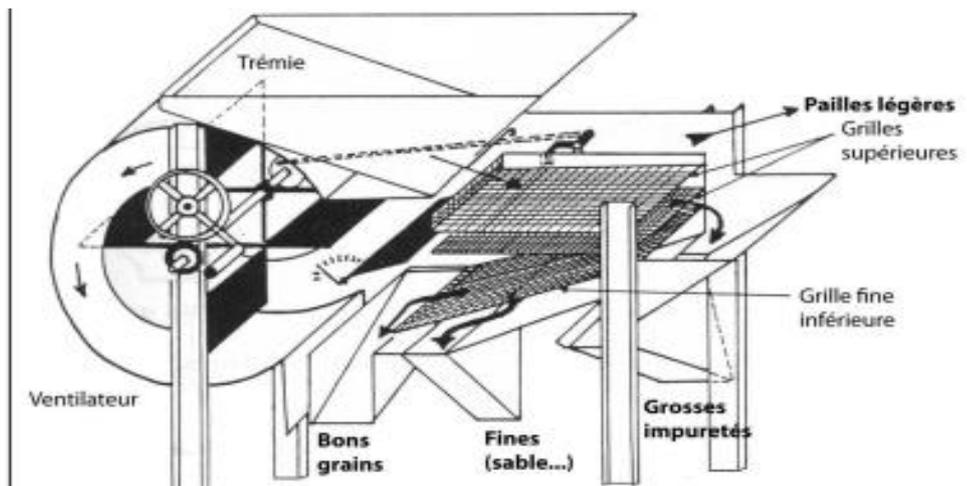


Figure 11 Schéma du tarare (Cruz *et al.*, 2019).

- **Epierreur** : Cet outil joue sur le fait que les cailloux sont plus lourds que les grains de blé et seuls les grains de blé sortent du tableau sous l'action des vibrations (Figure 12.) (Moinet, 2017).



Figure 12 Epierreur (minoterie la Belle).

- **Nettoyeur-séparateur** : Ce trieur aussi appelé séparateur plan, il permet de séparer les grains en fonction de leur taille et de leur poids (granulométrie). Il est muni de grilles plates de différentes tailles de perforation. Certains modèles possèdent aussi des systèmes d'aspiration (à l'entrée et à la sortie) qui permettent d'enlever les particules légères (Figure 13) (Moinet, 2017).

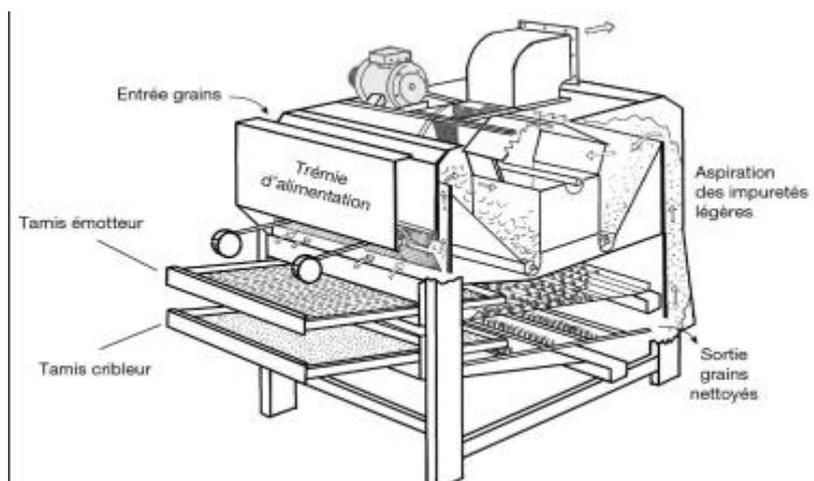


Figure 13 Schéma du nettoyeur séparateur (Cruz *et al.*,2019)

- **Nettoyeur séparateur rotatif** : Il est à grilles à inclinaison et vitesse de rotation adaptables. Sous réserve de disposer d'une multitude de grilles à perforations de diamètre et de formes variables, ces nettoyeurs séparateurs rotatifs sont remarquablement polyvalents d'utilisation sur tout type de grains, à des débits plus élevés que les appareils à grilles plates, mais ils prennent plus de place et sont moins faciles à manipuler pour récupérer le produit de triage et les déchets (Figure.14)(Moinet, 2017).

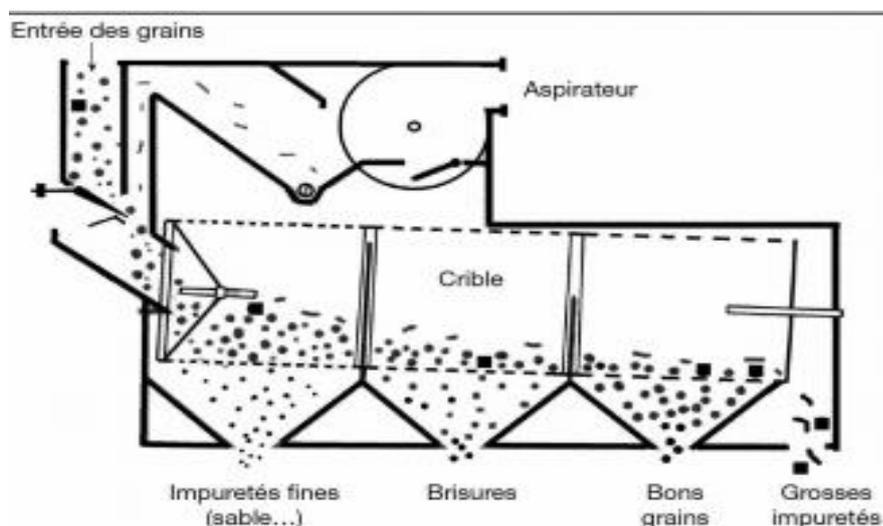


Figure 14 Schéma de nettoyeur séparateur rotatif (Cruz *et al.*,2019).

- **Le trieur alvéolaire** : équipé d'une succession de tambours à alvéoles de taille et de formes variables permet de faire un tri plus sélectif que les trieurs à grilles plates ou rotatifs. Les alvéoles du 1er tambour ne retiennent pas les grains de blé (ou autre céréale) qui restent au fond du tambour et avancent grâce à la rotation et à l'inclinaison dans le tambour suivant. Le 2e tambour est équipé avec des alvéoles qui retiennent les grains de blé et les remontent jusqu'à ce qu'ils tombent par gravité dans le caniveau situé au centre qui les évacue vers l'extérieur de l'appareil (**Moinet, 2017**).
- **Brosse à grains** : En bout de chaîne, le brossage permet d'obtenir un nettoyage idéal du blé avant mouture. Le brossage permet de retirer les poussières de la surface du grain, de réduire la teneur en bactéries et mycotoxines, d'éliminer les blés rangés par divers parasites, de baisser le taux de cendre et d'épointer certaines céréales (**Moinet, 2017**).

III.3.5. Conditionnement (mouillage)

Après le nettoyage, le blé doit être conditionné de manière à faciliter la séparation du son et de l'amande. La séparation est basée sur la différence de propriétés mécaniques entre l'enveloppe souple et résistante et l'amande friable. Cette différence est accentuée lorsque le grain est réhydraté. C'est le but de l'étape de « préparation » du blé. Ainsi un mouillage par addition d'eau suivi d'un repos de 12 à 24 heures permet d'assouplir l'enveloppe et de réduire la dureté de l'albumen (**Berton, 2002**). Le taux d'humidité doit être égal à 16,5% pour que la mouture se déroule correctement (**C.A.PRO.GA, 2008**). En cas où le taux d'humidité dépasse 17%, un coupage est réalisé pour équilibrer l'humidité en ajoutant du blé sec. La quantité d'eau ajoutée est déterminée par le chef meunier en fonction de l'humidité initiale :

$$X = \frac{H_f - H_i}{100 - H_f} * 100 * Q$$

X : la quantité d'eau ajouté /pesée ;

H_f : humidité finale ;

H_i : humidité initiale ;

Q : débit de blé en kg/h à conditionner

Le blé passe vers la vis mouilleuse, où il subit une succession de petits chocs destinés à provoquer la formation de micro fissures à la surface du grain. L'eau introduite dans la vis s'infiltré dans le grain via ces microfissures et gagne plus rapidement le cœur du grain **(C.A.PRO.GA, 2018)**.

Cette opération est pratiquement un processus de nettoyage humide majeure dont l'eau est l'agent de séparation, pour avoir le maximum de la quantité d'amande d'un grain de blé et donc une meilleure extraction, une meilleure couleur, moins de cendres et une réduction du nombre de bactéries pendant la mouture.

III.3.6. La mouture à cylindre

La mouture de la farine est le processus continu qui sert à transformer la baie de blé brute en une forme utilisable par l'industrie boulangère, d'autres industries et le consommateur domestique **(Owens, 2000)**.

a. Principe:

Le processus de mouture comprend de nombreuses étapes, dont la réception du blé, le nettoyage, le mélange, le stockage, le mouillage/conditionnement, le cassage, le tamisage et la réduction. L'efficacité du processus de mouture dépend du type de blé, des équipements de mouture utilisés et des compétences et de l'expérience du meunier

b. Objectif:

L'objectif de la mouture de la farine blanche est d'extraire un maximum d'endosperme de la baie de blé sous une forme aussi pure que possible. Les couches de son extérieures deviennent le coproduit du processus **(Owens, 2000)**.

c. Les étapes de la mouture à cylindres :

La mouture sur cylindres s'effectue par passages successifs selon les entrées des cylindres de plus en plus serrées. La première étape est celle du broyage : c'est la séparation des enveloppes et de l'amidon par écrasement entre cylindres à cannelures, permettant d'obtenir une farine très blanche exempte de son. Ensuite, viennent les étapes du claquage et du convertissage : c'est la réduction de la taille des grosses particules amylacées par passage entre cylindres lisses **(Annet et al., 2016)**.

III.4.6.1. Broyage

Le processus de broyage est l'étape la plus importante du système de mouture. La manière dont le grain est brisé affecte les opérations de tamisage et de purification qui suivent, tant au niveau de la granulation (distribution granulométrique) que de la quantité de son fin, présent dans le matériau broyé dans les systèmes de réduction et de calibrage. Le processus de broyage peut être classé en quatre systèmes :

1. Le système de cassure, qui sépare l'endosperme du son et du germe ;
2. Le système de calibrage, qui sépare les petits morceaux de son attaché aux gros morceaux d'endosperme ;
3. Le système de réduction, qui réduit l'endosperme en farine ;
4. Le système des résidus, qui sépare les fibres de l'endosperme récupérées dans les trois autres systèmes (Posner et Hibbs, 2005).

III.4.6.2. Le blutage

Après chaque passage on procède à un tamisage à l'aide de planchisters (Figure15), afin d'obtenir le type de farine souhaité. Le blutage se base sur le principe de tamisage. En effet, les particules provenant de l'amande sont très fines alors que celles de l'enveloppe sont assez grossières. Dans le cas de la farine intégrale (T150), où le taux d'extraction atteint les 100%, l'opération de blutage n'est pas nécessaire (Annet *et al.*, 2016).

Les farines produites après mouture passent aussi par un petit plansichter de sureté c'est ce qu'on appelle un blutage de sureté nécessaire pour:

- Eliminer les particules métalliques qui peuvent être libérées des équipements au cours de la mouture.
- La récupération des grosses particules de produit en cas d'usure des tamis à farine.
- Un contrôle (tamisage) final de la farine produite.



Figure 15 Plansichter (**minoterie la Belle**).

III.4.6.3. Le convertissage et le claquage

Les Claqueurs et les Convertisseurs sont des cylindres lisses tournant en sens inverse et pratiquement au contact l'un de l'autre, Ils ont une vitesse différentielle faible. Dans cette opération les grosses semoules sont envoyées vers les claqueurs et les fines semoules et les finaux sont dirigés vers les convertisseurs. Le refus est envoyé au broyeur suivant (**Anonyme 4**).

Remarque : A la fin de la mouture les farines obtenues à la suite des opérations de broyage, de claquage ou de convertissage sont dites farines de passage affectées de la lettre de l'appareil concerné. On parlera ainsi d'une Farine B1 ou d'une Farine C1.

III.3.6.4. Stockage des farines

Une fois la farine produite, elle passe par une balance et est ensuite transportée pneumatiquement dans les cellules, afin d'être stocker puis distribuer vers les machines de remplissage (**C.A.PRO.GA, 2018**).

III.3.6.5. Conditionnement

Fait par des machines de remplissage et d'emballage à deux extrémités. Après avoir scellé une extrémité et après avoir rempli, sceller l'autre extrémité également pour générer un paquet de farine. Ce processus s'agit également de conception, d'évaluation et de production d'emballages. Bien qu'un emballage approprié est important pour préserver les attributs de base des aliments (température, couleur, goût, texture, etc.) (**Niftem, 2011**).

III.7. Le laboratoire de control de la qualité de la minoterie

Le laboratoire du moulin est le service dans lequel le personnel évalue la qualité du blé entrant et contrôle la qualité des produits finis. Il effectue également divers tests sur les matières intermédiaires dans le moulin, selon les besoins, afin d'optimiser les performances du moulin. Le meunier prend de nombreuses décisions relatives au mélange du blé, au conditionnement du blé, au réglage du moulin et au mélange de la farine sur la base des données générées par le laboratoire du moulin. En fonction de la taille du moulin, du type d'équipement du laboratoire, des types de farines produites et de la fréquence des changements de mélange de blé, le laboratoire du moulin fonctionne entre 8 et 24 heures par jour, et il est doté d'un personnel en conséquence (**Posner et Hibbs, 2005**)

- **Importance du contrôle de la qualité pour les meuniers :**

- Définir les spécifications et éviter les mauvaises livraisons, éviter les retards de production.
- Tester les marchandises entrantes en fonction des spécifications définies
- Éviter les conditions de stockage inadéquates
- Prouver les spécifications des clients, éviter les plaintes et les retours.
- Contrôler le processus de production et minimiser les déchets de production (**Brabender, 2016**).

III.8. Diagramme de mouture

Un récapitulatif des étapes de mouture est représenté sur la figure 16.

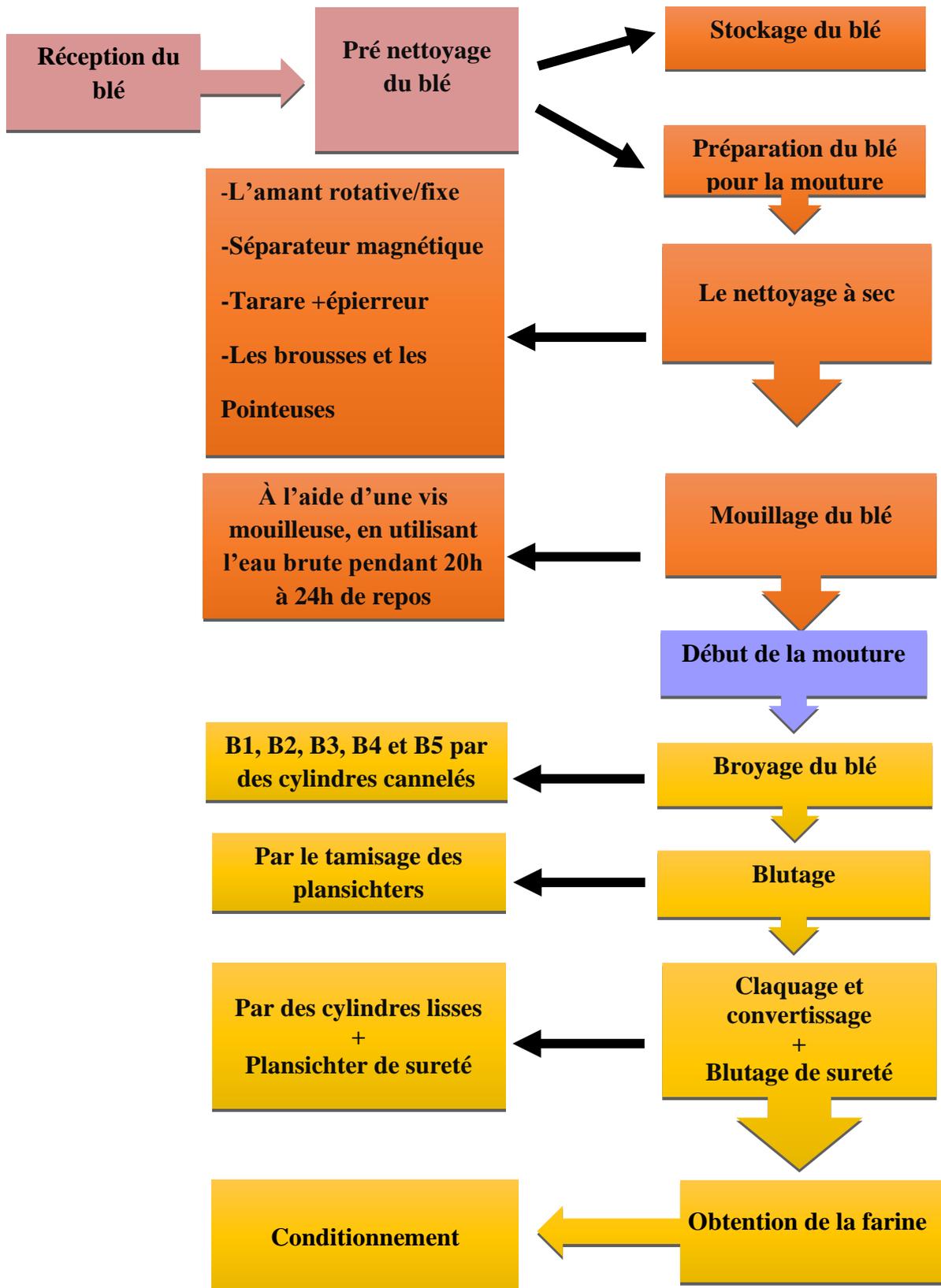


Figure 16 Diagramme de mouture du blé tendre

Matériel et Méthodes





Matériel et méthodes

L'étude Présentée dans ce travail a pour objectif, l'évaluation de la qualité technologique et physico-chimique d'une farine industrielle produite par la minoterie la Belle et des farines artisanales issues d'une meule de pierre, à travers des séries d'analyses qui nous permettent de mettre en évidence les paramètres qualitatifs de la farine panifiable, de contrôler et de déterminer les propriétés de ces farines.

Le présent travail est réalisé auprès des Laboratoires : de la minoterie La Belle de Ouled Moussa. Les tests alvéographiques ont été réalisés au niveau du laboratoire des céréales de l'ESSAIA (Ecole supérieure des Sciences de l'Aliment et des Industries Agroalimentaires), durant la période avril- juin de l'année 2021.

Les expériences rapportées dans ce mémoire sont :

- Contrôle de la matière première (blé tendre) :
 - ❖ Taux d'impuretés.
 - ❖ Poids spécifique.
 - ❖ Humidité.
- Contrôle du produit fini (farine) :
 - ❖ Humidité.
 - ❖ Taux de cendres.
 - ❖ Taux d'affleurement.
 - ❖ La teneur en gluten.
 - ❖ Test rhéologiques.
 - ❖ Essai alvéographique.



I. Matériel

I.1. Matériel biologique

Le matériel biologique utilisé est constitué (voir tableau annexe 1)

- Blé (Figure 17).
- Farine panifiable industrielle.
- Farines artisanales issues de meules de pierres.



Figure 17 Blé de farines issues de meules artisanales.

a. Blé tendre de l'OAIC; **b.** Blé tendre HD; **c.** Blé tendre El orze.

I.2. Matériel non biologique

Constitué d'un ensemble de réactifs, de verreries et d'appareillage (voir tableau annexe 2).

II. Méthodes

L'analyse d'une matière alimentaire est généralement effectuée en trois étapes essentielles :

- le prélèvement;
- la préparation;
- l'analyse des échantillons.

L'efficacité de chaque étape peut être optimisée en faisant les bons choix durant la conception du plan d'analyse.

II.1. Echantillonnage

Cette étape est déterminante pour la suite des opérations:

- ✓ Le prélèvement des échantillons se fait de manière aléatoire dans des temps différents avec des instruments stériles.



- ✓ La mise de l'échantillon (farine /Blé) dans des sachets en papier stériles et fermés.
- ✓ La quantité minimale recommandée pour chaque échantillon élémentaire est de 1 kg.

II.2. Préparation des échantillons

Les échantillons élémentaires sont bien mélangés pour obtenir un échantillon homogène et représentatif pour pouvoir prélever une prise d'essai qui correspond à chaque analyse.

Pour le blé, un broyage est effectué à l'aide d'un broyeur CHOPIN (figure18), permettant un broyage rapide et uniforme, sans provoquer d'échauffement sensible du produit et en évitant au maximum le contact avec l'air extérieur.



Figure 18 Broyeur Chopin.

II.3.Méthodes analytiques

II.3.1. Contrôle de la matière première

II.3.1.1. Taux d'impuretés

Définition

Appelé aussi agréage c'est l'opération qui a pour but de séparer, de classer et de peser les différentes impuretés contenues dans un échantillon (Godon et Loisel, 1997).

Principe

Consiste à séparer les impuretés d'un échantillon de céréale ou protéagineux et/ou triage et à les classer en catégories (ITCF, 1995).

Appareillage

Balance analytique (KERN).



Mode opératoire

L'échantillon est homogénéiser 100 g de blé tendre sont pesés ensuite étaler sur une surface plane, lisse avec une faible épaisseur de (2 à 3cm). On relève la couleur du blé et éventuellement la présence d'éléments inhabituels: graines moisies, piqué, mouchetés, débris végétaux, maigres, punaises, cassés, échaudés, boutés, caries, matières internes (figure 19). Ces derniers doivent être retirés de l'échantillon. On doit peser chaque fraction et déterminer le poids des impuretés par rapport au blé sain. On en déduit le poids de l'échantillon sans impuretés (NA 1178, 1990).

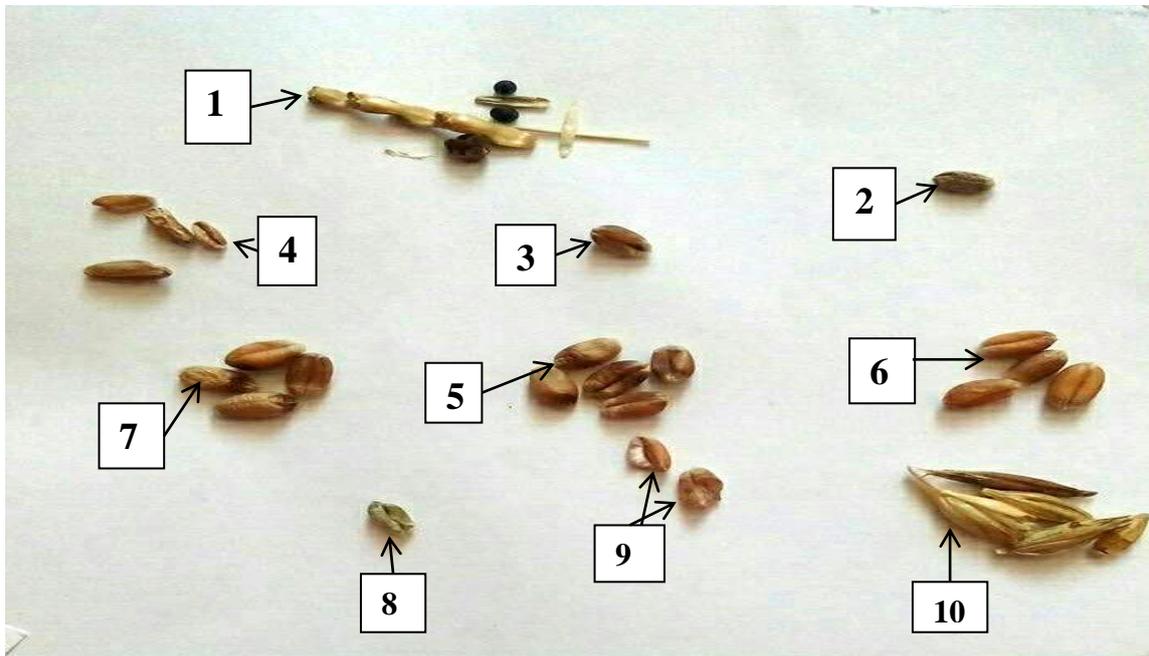


Figure 19 Différentes impuretés repérées dans le blé.

1 : débris végétaux, 2 : grain carié, 3 : grain piqué, 4 : grains maigres, 5 : grains mouchetés, - grains sains, 7 : grains boutés, 8 : grain moisi, 9 : grains cassés, 10 : étrangères bétail (seigle).

Expression des résultats

Le pourcentage d'un type d'impureté A est :

$$A = \frac{m_1}{m_0} * 100$$

m_0 : la masse de la prise d'essai.

m_1 : la masse du type d'impureté.



II.3.1.2. Poids spécifique

Définition

Le poids spécifique est une mesure physique de la masse volumique apparente des grains, exprimée en kilogramme par hectolitre. Cette mesure dépend de la densité des grains et de leur agencement entre eux (donc de l'espace entre les grains lors de la mesure). La valeur du PS dépendra en partie de leur forme, de leur dimension et de leur état de surface, qui peut être plus ou moins lisse ou granuleux. Il nous permet de connaître l'aptitude de blé à donner le pourcentage d'extraction en farine.

Principe

Il consiste à un écoulement libre d'un échantillon de grain au moyen d'une trémie dans un récipient d'un litre (**NA 1613, 1990**).

Appareillage

- Nilmalitre (qui a un volume d'un litre) composé de :
 - Une trémie pèse-grain.
 - Un couteau arraseur.
 - Une masse cylindrique.
 - Un cylindre de remplissage.
 - Une balance Roberval.

Mode opératoire

Remplir largement la trémie d'un échantillon de blé sale sans tassage puis ouvrir l'obturateur et laisser couler les grains dans la mesure d'un litre, enfoncer le couteau raseur à fond, enlever la trémie (figure 20), suspendre la mesure à la balance Roberval pour la peser avec précision. Déterminer le poids naturel de grain a l'hectolitre. L'essai est reproduit 2 fois (**NA 1613, 1990**).

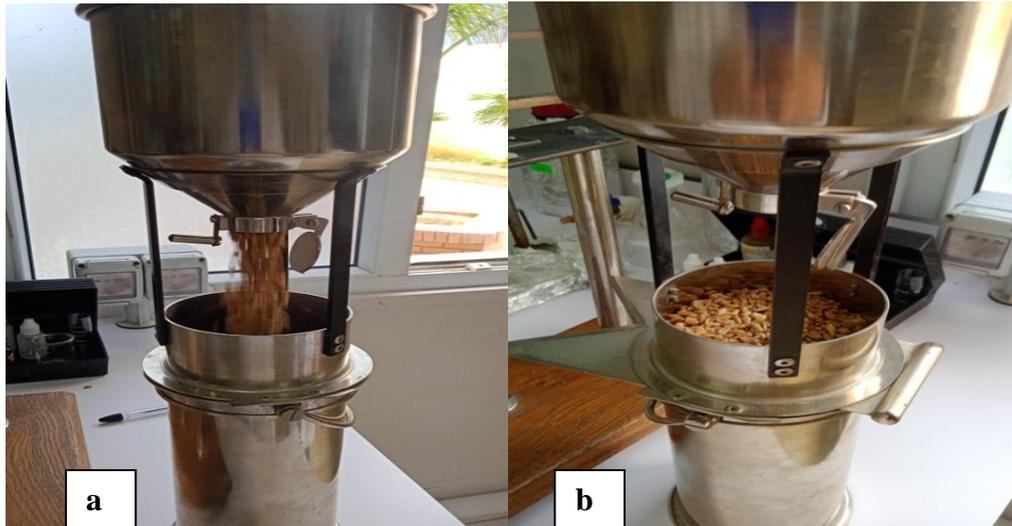


Figure 20 Détermination du poids spécifique de l'échantillon
a. Ouverture de l'obturateur; **b.** Remplissage de la mesure.

Expression des résultats

Nous prenons comme résultat la moyenne arithmétique des deux essais.

$$\text{La moyenne des résultats} = \frac{\text{masse d'essai 1} + \text{masse d'essai 2}}{2}$$

On classe le blé selon les valeurs de PS (Tableau 6)

Tableau 6 Classification du blé selon son poids spécifique.

Poids spécifique	Blé
< 70Kg/hl	Blé anormal
70 – 73 Kg/hl	Blé faible
73 – 77 Kg/hl	Blé moyen
77 – 80Kg/hl	Blé lourd
>80Kg/hl	Blé très lourd



II.3.1.3. Taux d'humidité

Définition

L'humidité est la perte de masse, exprimée en pourcentage, subie par le produit dans les conditions décrites dans la présente méthode. Une étape primordiale qui permet une humidification correcte du grain de blé lors du mouillage pour assurer une bonne séparation du son de la graine (NA1132, 1990).

Principe

Il consiste à sécher le produit à une température comprise entre 130°C et 133°C, à pression atmosphérique normale, après broyage éventuel du produit.

Appareillage

- Balance analytique (KERN)
- Broyeur (CHOPIN)
- Capsule métallique.
- Etuve isotherme(CHOPIN)
- Dessiccateur porcelaine épaisse perforée.
- lance métallique.

Mode opératoire

Il faut avant tout sécher les capsules découverte et leur couvercles à l'étuve durant 15 min à 130°C, puis les refroidir dans le dessiccateur jusqu'à la température ambiante (entre 30 min et 45 min). Le blé est ensuite broyé grâce à un broyeur jusqu'à avoir une consistance farineuse. On tare la capsule ouverte et son couvercle, ensuite on pèse le poids de 5g de blé broyé dans les capsules métalliques introduites ouvertes dans l'étuve isotherme pour être incubé à 130°C pendant 2 heures. Une fois le temps d'étuvage est écoulé, on retire rapidement les capsules de l'étuve et on les place dans le dessiccateur où elles resteront jusqu'à atteindre la température du laboratoire. Leur pesée est réalisée après. Pour chaque échantillon 2 essais sont effectués.

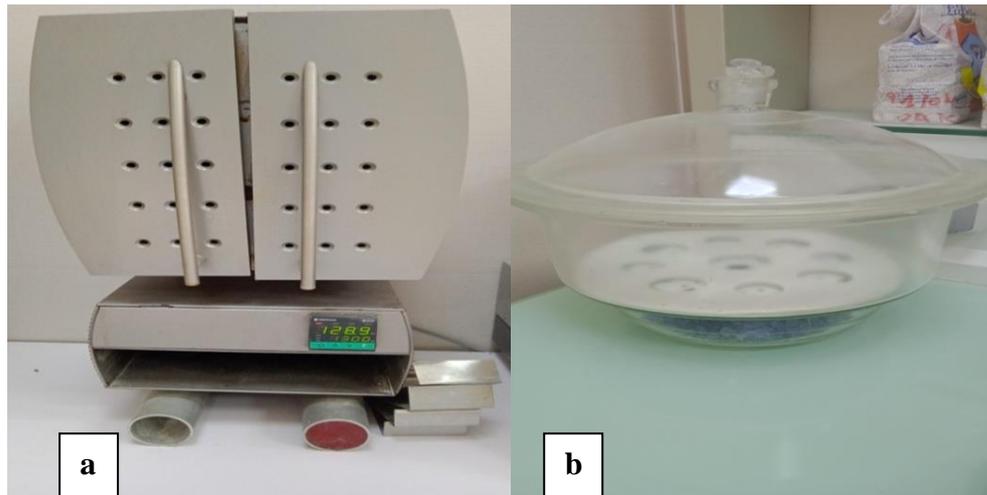


Figure 21 Appareillage utilisé dans la détermination du taux d'humidité.
a. étuve isotherme; b. dessiccateur.

Expression des résultats

La teneur en eau, exprimée en pourcentage en masse, du produit, est calculée par la Formule suivante :

$$H = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100$$

Où :

m_0 : est la masse, en gramme, de la capsule et son couvercle.

m_1 : est la masse, en gramme, de la prise d'essai et de la capsule avant séchage.

m_2 : est la masse, en gramme, de la capsule et de la prise d'essai après séchage.

La moyenne arithmétique des deux essais est prise comme résultat.

II.3.2. Contrôle du produit finis

II.3.2.1. Humidité

On utilise le même principe que celui du blé (NA 1132, 1990).

II.3.2.2. Taux de cendre

Définition

C'est le résidu incombustible obtenu après Incinération. Il nous permet de déterminer le type de farine (NA 732, 1990).



Principe

Il consiste à l'incinération d'une prise d'essai jusqu'à combustion complète des matières organiques puis on procède à la pesée du résidu obtenu.

Appareillage

- Capsule à incinération en porcelaine.
- Four à moufle électrique (BUHLER).
- Dessiccateur.
- Balance analytique.
- Pipette graduée.
- Pince en acier inoxydable.
-

Réactifs

- Éthanol à 95%.

Mode opératoire

On Prépare les capsules à incinération convenant pour l'essai à 550 °C. On les place dans le four a moufle pendant 5 min avant emploi, on les fait sortir du four et les on les laisse refroidir dans un dessiccateur ensuite on pèse 5g de farine dans les capsules préalablement tarée, avec une pipette graduer et on ajoute 2 ml de l'éthanol à chaque échantillon pour les enflammer. On place la capsule et son contenu à l'entrée du four, puis on allume une petite flamme pour bruler le contenu. Une fois la flamme éteinte, on ferme le four et on incuber pendant 4 heures à 555° C. On retire ensuite la capsule du four, et on la met à refroidir dans le dessiccateur (1h)(figure 22). Par la suite, on pèse les capsules et leurs poids sont notés.

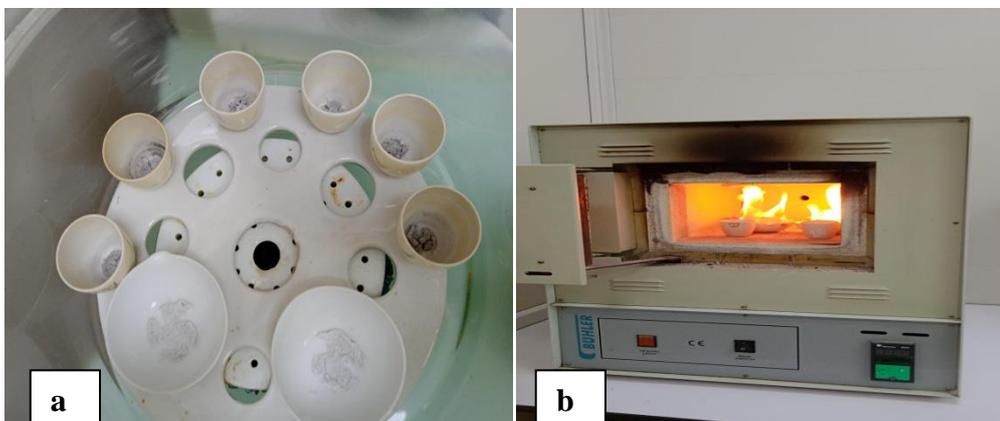


Figure 22 Appareillage utilisé dans la détermination du taux de cendre de la farine.
a. Les capsules d'incinération; b. Four à moufle.



Expression des résultats

Le taux de cendre est déterminé grâce à l'équation suivante :

$$TC = (m_2 - m_0) / (m_1) * 100 * (100 / 100 - H)$$

m_0 : est la masse en gramme de la nacelle vide.

m_1 : est la masse en gramme de la capsule et de la prise d'essai (farine).

m_2 : est la masse en gramme de la capsule et du résidu (cendre).

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

La moyenne arithmétique des deux essais est prise comme résultat.

II.3.2.3. Taux d'affleurement

Définition

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

Principe

La quantité de farine accepter ou refuser par un tamis dont l'ouverture des mailles est choisie selon la finesse du produit considéré. Elle est réalisée à l'aide d'un plansichter labo.

Appareillage

- Balance analytique.
- ROTACHOC (CHOPIN).
- Tamis dont le diamètre des mailles est de 180 μm et 250 μm .
- Tapotins.

Mode opératoire

On Pèse 100g de farine moyennant une balance analytique. On verse cette quantité dans un tamis à fentes arrondies d'un diamètre de 180 μm munie d'un fond de recueil. On superpose des tapotins sur la farine pour faciliter le tamisage et on place le tout dans le ROTACHOC dont on ferme le couvercle. On le met en marche pendant 15 minutes. Une fois la rotation terminer, la partie supérieure retenue par le tamis appelée refus est ensuite pesée et la partie inférieure rejetée par le tamis appelée extraction est pesée aussi (Figure 23). On détermine par la suite, la fraction refus par rapport au taux d'extraction.



Figure 23 Méthode de détermination du taux d'affleurement de la farine.
a. Farine dans un tamis, **b.** ROTACHOC.

Expression des résultats

Le taux d'affleurement est déterminé par l'équation suivante:

Taux d'affleurement = la masse de la prise d'essai – la masse du refus.

II.3.2.4. Test de gluten

Définition

Le gluten humide d'une farine de blé est une substance élastique composée principalement de gliadine et de gluténine qui forme avec les protéines un réseau élastique et adhésif nécessaire à la levée de la pâte.

Principe

Ce test permet de mesurer la quantité de gluten dans la farine grâce à une solution d'eau salée.

Appareillage

- Balance analytique.
- Solution salée à 25 g/l.
- Pipette graduée.
- Etuve.
- Récipients.



Mode opératoire

- **Gluten humide**

On réalise un pâton avec 33 g de farine et 17ml d'eau salée (figure24). Après 10 mn de repos, on isole le gluten par lixiviation c'est à dire par un 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 (m_1) obtenu (Figure 25) est essoré avant d'être pesé (NA 735, 1991).

- **Gluten sec**

On fait sécher le gluten humide dans une étuve pendant 1heure à une température de 100°C. Il ne reste alors que le gluten sec (figure 26) à peser (m_2) (NA 736, 1991).

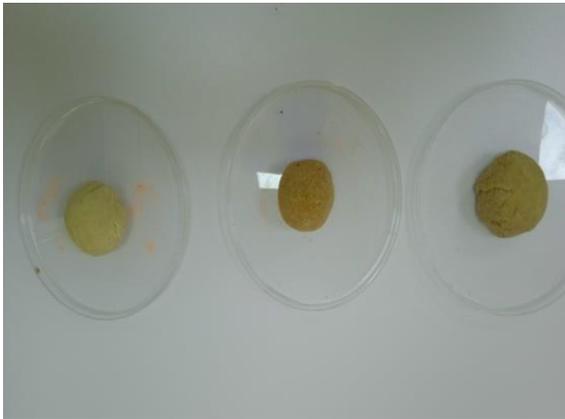


Figure 24 Pâton de farine préparée.



Figure 25 Gluten humide extrait.



Figure 26 Gluten sec.



Expression des résultats :

$$\mathbf{GH (\%) = (m_1/m_0) \times 100.}$$

$$\mathbf{GS (\%) = (m_2/m_0) \times 100.}$$

m₀ : la masse de la prise d'essai.

m₁ : la masse du gluten après rinçage.

m₂ : la masse de gluten après séchage.

II.3.2.5. Test visuel

Principe

Il consiste à évaluer la qualité de la farine en observant à l'œil nu sa teinte, la présence des particules étrangères ou les piqueurs du son et leur grosseurs.

Mode opératoire

On étale la farine sur une surface totalement blanche à l'aide d'une pince, ensuite on observe à l'œil nu la couleur et les piqures (Figure 27).



Figure 27 Représentation de la réalisation du test rhéologique des farines.



II.3.2.6. Essai à l'alvéographe

Définition

L'essai à l'alvéographe nous permet de déterminer (NA 1188, 1990) :

- ✓ **La force boulangère (w)** : mesure la déformation de la pâte exprimée comme la force de la farine ou la force boulangère de la pâte.
- ✓ **L'indice de gonflement(G)** : exprimée en millilitres. Il représente la racine carrée du volume d'air nécessaire pour gonfler la pâte jusqu'à la rupture.
- ✓ **L'extensibilité (L)** : indique l'extensibilité de la pâte jusqu'au point de rupture.
- ✓ La **ténacité (P)** : la pression, correspond à la résistance maximale de la pâte lors de la déformation (Posner et Hibbs, 2005).

Principe

Ce test Génère une courbe indiquant la pression d'air nécessaire pour gonfler une éprouvette ronde de pâte comme une bulle jusqu'au point de rupture et indique la fermeté du gluten et l'extensibilité de la pâte.

Appareillage

- Alvéographe de CHOPIN.
- Balance analytique.
- Entonnoir.
- Burette graduée.
- Eau salée.

Mode opératoire

Déterminer l'humidité de la farine préalablement avec la méthode officielle (NA 1132, 1990). Dans le pétrin intégré à l'alvéographe, mettre 250 g de farine additionnée d'eau salée (la quantité ajoutée est selon l'humidité initiale de la farine). Le pétrissage est lancé pendant 8 minutes. Prélever par extrusion 5 morceaux de pâte. Ces derniers sont laminés de façon à obtenir des abaisses identiques. On découpe les cinq morceaux laminés à l'aide d'un emporte-pièce spécifique pour obtenir ainsi des pâtons rigoureusement identiques.

Les 5 pâtons sont mis au repos 20 minutes dans une étuve réglée à 25°C qui est intégrée à l'appareil. On prépare l'essai en commençant par régler correctement le manomètre.

Chaque éprouvette de pâte est gonflée avec de l'air jusqu'à éclatement de la bulle, en parallèle on a une formation d'une courbe sur écran qui correspond aux propriétés de la pâte (NA 1188, 1990).



II.3.2.7. Inframatic machine

Définition

L'inframatic est un appareil qui permet d'analyser de nombreux paramètres sur des matières premières, produit broyé ou produit fini. C'est une méthode rapide couramment utilisée en moulin (Figure 29.).

- ✓ L'humidité (blé /farine).
- ✓ taux cendre.
- ✓ Amidon endommagé.
- ✓ Taux de protéine (blé /farine).
- ✓ Poids spécifique (blé).
- ✓ indice de Zélény.
- ✓ Couleur de la farine.
- ✓ Absorption d'eau.
- ✓ Gluten humide.

Principe

C'est une méthode d'analyse qui utilise des rayonnements infrarouge.

Mode opératoire

Pour blé :

- Verser du blé sur le porte échantillon.
- Vérifier que le tiroir est vide et démarrer les analyses.
- Après 15 secondes les résultats seront affichés sur l'écran.

Pour la farine :

- Remplir la cuvette avec de la farine en utilisant la station de chargement.
- Fermer la cellule et l'introduire dans le porte échantillon de l'instrument.
- Lancer l'analyse.
- Après 1min les résultats seront affichés sur l'écran.



Figure .28.Inframatic machine.

Résultats et Discussion





III. Résultats et Discussion

III.1. Paramètres physicochimiques relatives à la matière première (blé)

III.1.1. Taux d'humidité

L'ensemble de nos résultats sont illustrés sous forme des histogrammes.

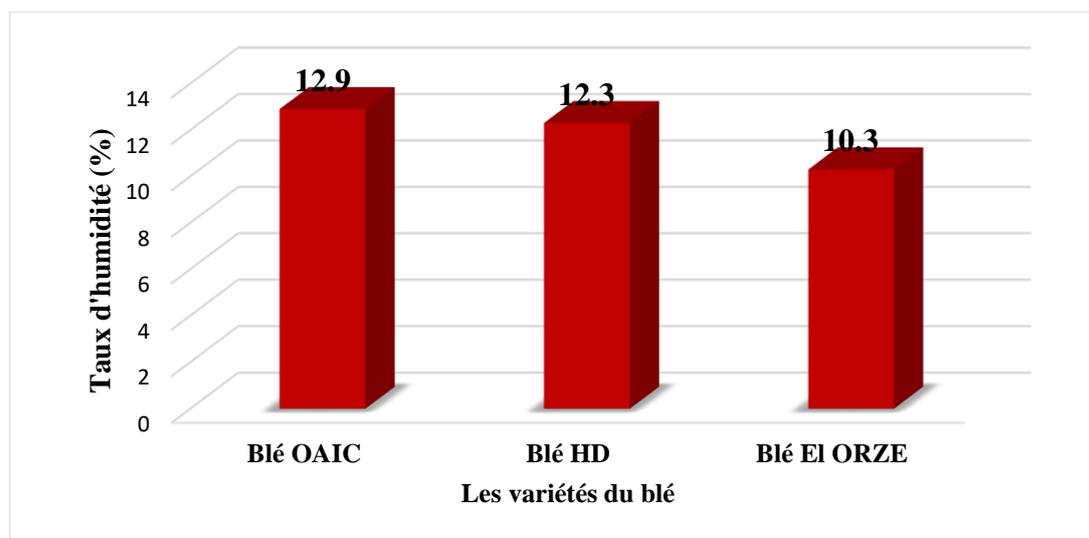


Figure 29 Taux d'humidité des variétés de blés étudiés.

Pour une bonne conservation des grains une faible teneur en eau doit être assurée. Vu son influence sur la vitesse de développement des phénomènes de dégradation, la teneur en eau des grains conditionne la durée maximale de stockage.

Le taux d'humidité des grains du blé tendre étudié est de 10,3 %, 12,3 %, 12,9 % respectivement pour le blé EL ORZE, le blé HD, le blé OAIC (figure 29). Les valeurs du blé HD et OAIC sont relativement proche de la norme 13% recommandée pour le blé selon la **F.A.O,**

(De Lucia,1992), ces grains présentent une teneur en eau tout à fait adéquate pour une bonne conservation. La valeur observée pour le blé El ORZE marque une différence qui peut être due à la différence variétale, le type de sol, les conditions de récolte et de stockage des échantillons.



III.1.2. Taux de protéines

L'ensemble de nos résultats sont illustrés sous forme des histogrammes.

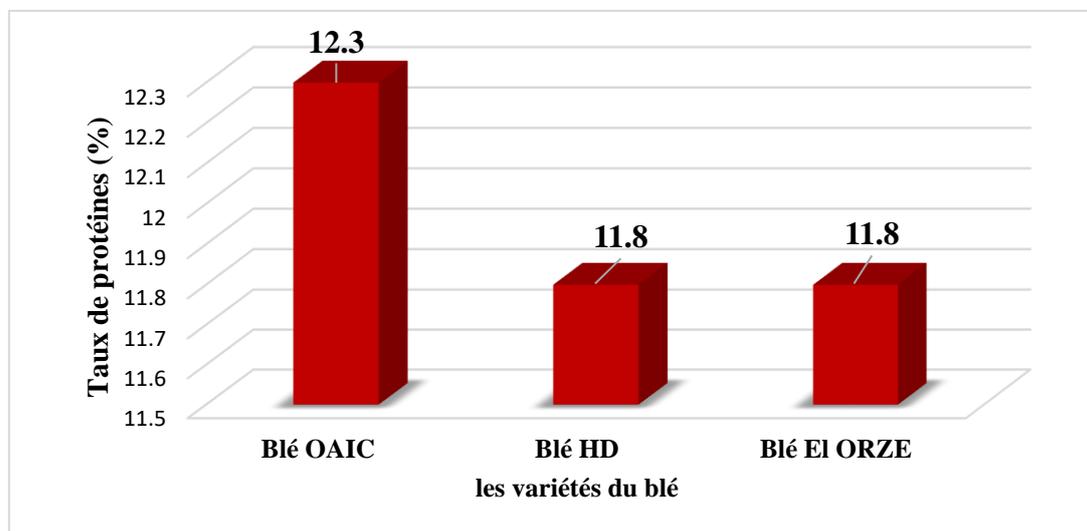


Figure 30 Taux de protéines des blés étudiés.

Le taux de protéines correspond au rapport de la masse de protéines contenue dans un échantillon sur la masse sèche. Ce critère est un paramètre clef car de nombreux débouchés. En effet l'export, demande des taux de protéines élevés (**Chégut et al., 2021**). C'est aussi un paramètre important sur le plan nutritionnel, en particulier car les céréales rentrent pour une part importante dans la ration alimentaire de la population.

Le taux de protéines du blé est généralement situé entre 9 et 14%, ce taux protéique dépend non seulement de la variété du blé mais aussi, du climat et des conditions de culture, en particulier de la Nutrition azotée de la plante (**Dacosta, 1986**).

La teneur élevée en protéine est un paramètre recherché en panification. Selon **Curtet (1998)**, un bon blé doit avoir un taux de protéines rapporté à la matière sèche supérieur ou égal à 11,5 %.

Les teneurs en protéines les plus élevées sont observées dans nos résultats pour le blé de l'OAIC 12.3 %, alors que le blé HD, et le blé El orze présentent une même teneur de 11,8 % (figure 30). Cependant, les teneurs en protéines enregistrées sont dans les normes établies, ce qui conduit à nous fournir des farines de bonne qualité nutritionnelle et technologique.



III.1.3. Poids spécifique

L'ensemble de nos résultats sont illustrés sous forme des histogrammes.

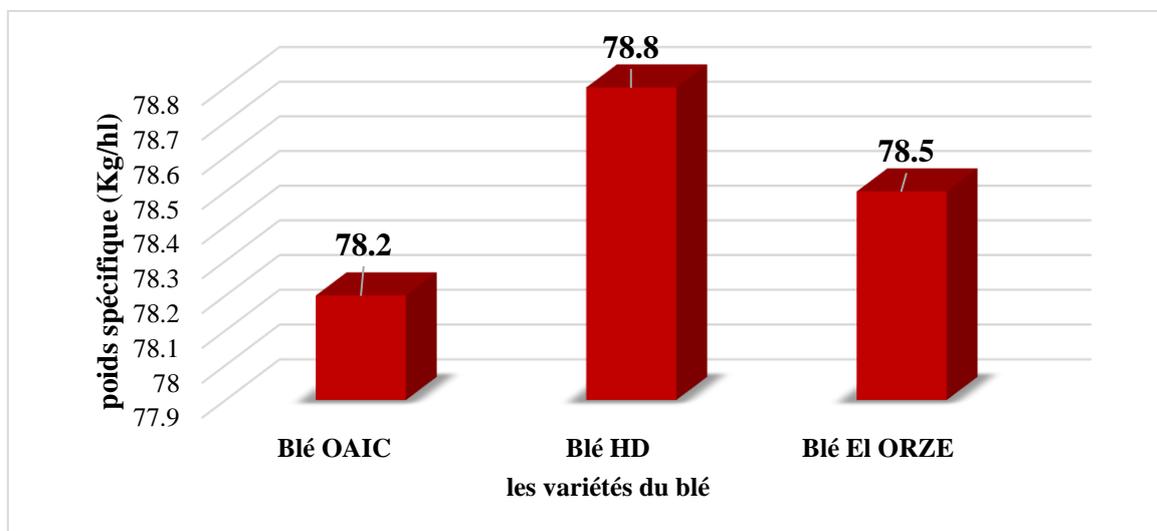


Figure 31 Histogramme de Poids spécifique du blé étudiés.

La mesure du PS est la seule à donner rapidement une information sur le volume d'un lot de céréales, un point crucial pour gérer la logistique. Les contrats commerciaux du blé tendre exigent classiquement un poids spécifique d'au moins 76 kg/hl (**Arvalis, 2021**).

Les valeurs obtenues par infratec du poids spécifique de blé tendre des variétés étudiées sont de 78,2 à 78,5 et 78,8 kilogramme par hectolitre respectivement pour le blé OAIC, Blé El ORZE et blé HD (figure 31). Ces valeurs répondent à l'exigence de la norme du seuil commercial de PS fixée pour le blé tendre. Ces blés sont classés comme blé moyen à blé lourd et de bonne valeur meunière, avec une différence légèrement haute pour les blés locaux que ceux de l'OAIC.



III.1.4. Taux d'impuretés

Tableau 7 Résultats de l'agréage du blé et les types d'impuretés.

Le blé		Blé OAIC	Blé HD	Blé El orze
Types d'impuretés				
Grains sain		72.92	67.35	63.01
1^{ère} catégorie Grains de blé tendre endommagés %	Grains cassés (brisés)	6.44	19.44	7.56
	Grains piqués	6.16	1.6	2.03
	Grains Mouchetés	4.24	4.48	/
	Grains maigres	3.6	1.6	5.68
	Grains punaisés	0.25	0.36	/
	Grains boutés	1.5	1.8	1.08
	Grains échaudés	/	/	/
	Grains chauffés	/	/	/
	Grains moisies	0.25	/	/
	total	22.44	29.28	16.35
2^{ème} catégorie Autre céréales %	Blé dur	/	0.16	18.88
	Orge	0.72	0.37	1.28
	Total	0.72	0.53	20.16
3^{ème} catégorie Matières étrangères %	Étrangère bétail	0.76	/	/
	Pierres	/	/	/
	Débris végétaux	3.16	2.84	0.48
	Total	3.92	2.84	0.48
4^{ème} catégorie grains nuisibles et toxiques %	Grains cariés	/	/	/
	Grains fusariés	/	/	/
	Total	0	0	0
Totale des impuretés %		27.08	32.65	36.99

Le taux d'impuretés est un paramètre important pour désigner la qualité d'un blé qui peut influencer le poids spécifique. Les impuretés sont l'ensemble des éléments considérés conventionnellement comme indésirables dans l'échantillon (Bousslah et al., 2016).



Ils peuvent influencer la qualité du produit finis et parfois même causer des dommages dans les équipements de mouture. Du point de vue qualitatif, la présence de certaines impuretés présente des risques pour une bonne conservation et la présence des grains cassés facilite l'entrée des microorganismes à l'intérieur du grain (Mauze *et al.*, 1972).

Le taux d'impuretés présent dans les trois échantillons OAIC, HD et El orze varie. Les valeurs respectives sont de **27.08%**, **32.65%** et **36.99%** (tableau 7). On note que l'échantillon du blé El orze est le plus contaminé avec une dominance de la 2^{ème} catégorie (autres céréales) contrairement aux 2 autres échantillons où la 1^{ère} catégorie (grains endommagés) domine (figure 32). On peut conclure que les 3 échantillons de blés sont non nettoyés ou sales car ils renferment un pourcentage d'impuretés supérieur au pourcentage fixé par les normes algériennes qui imposent qu'un blé tendre de qualité ne doit pas dépasser un pourcentage de 5% d'impuretés. La présence de ces dernières peuvent s'expliquer par plusieurs facteurs pouvant influencer l'état physique du grain de blé, notamment celui du local, tels que les mauvaises conditions de récolte, les caractéristiques de chaque variété, les défaillances mécaniques des appareils et surtout aux chocs infligés aux grains lors du transport mécaniques aux silos (Gacem *et al.*, 2011).

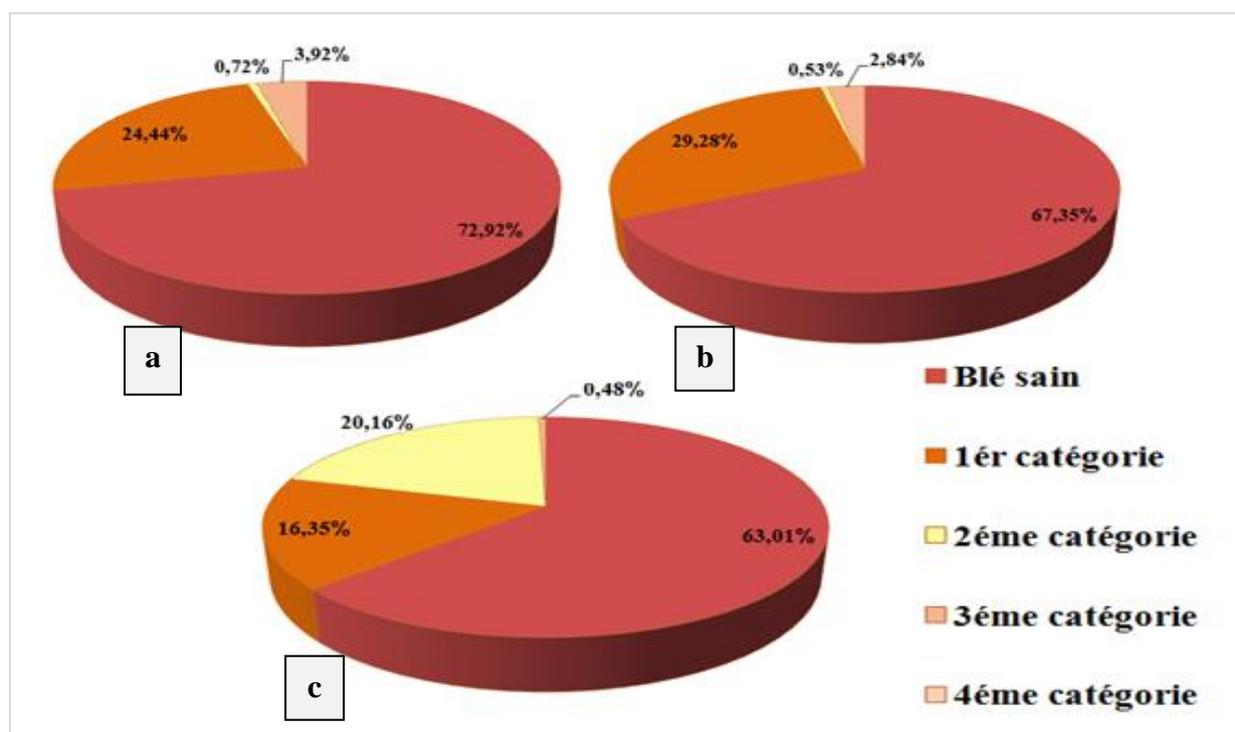


Figure 32 Les catégories d'impuretés pour chaque type de blé.

a. Blé OAIC. b. Blé HD. c. Blé El orze.



III.2. Paramètres technologiques relatifs à la mouture de blé.

III.2.1. Humidité du blé avant B1

L'ensemble de nos résultats sont illustrés sous forme des histogrammes.

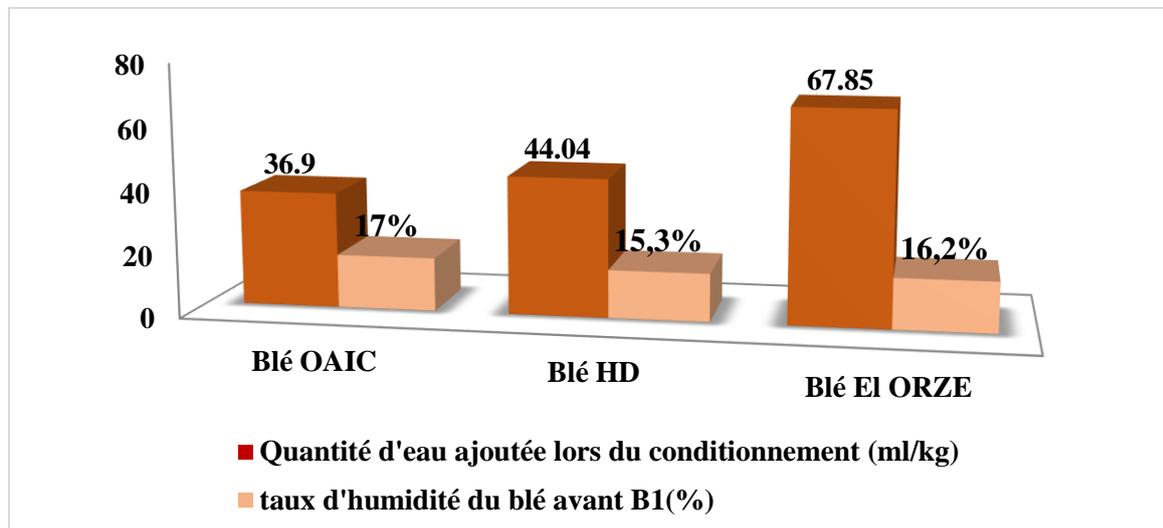


Figure 33 Quantité d'eau ajoutée lors du conditionnement pour chaque type de blé et le taux d'humidité du blé avant B1.

Ce paramètre exprimé en pourcentage désigne également la quantité d'eau à ajouter pour que le grain de blé requière son humidité optimale afin que les enveloppes détachent facilement de l'amande conduisant à de meilleurs taux d'extraction. La teneur en eau peut changer le poids spécifique et l'apparence du grain. Si le grain est trop mouillé, il commencera à se détériorer. La teneur en eau est déterminée sur les échantillons débarrassés de toutes les impuretés (Commission Canadienne des grains, 2020).

Les teneurs en eau ajoutée au cours du conditionnement du blé pour l'obtention d'un taux d'humidité avant B1 doivent atteindre 16,5% en ne dépassant pas les 17% pour un bon déroulement de la mouture. Les différentes valeurs d'humidité enregistrées présentées sur la (figure 33) montrent une humidité optimale pour le blé OAIC conditionné de façon industrielle, alors que pour le blé HD et El ORZE la quantité d'eau ajoutée de façon artisanale n'as pas permet d'obtenir des taux à la norme mais des taux qui sont assez proches. Ces différences peuvent être dues aux conditions de récolte, de stockage (humidité relative et température) ou au milieu de culture.



III.3. Paramètres physicochimiques des farines

III.3.1. Taux d'humidité des farines

L'ensemble de nos résultats sont illustrés sous forme des histogrammes.

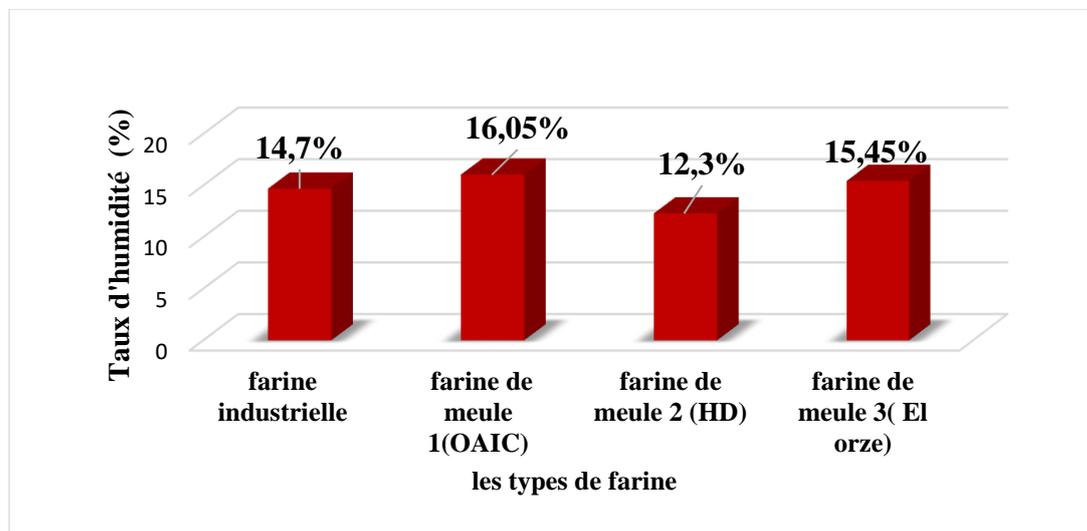


Figure 34 Taux d'humidité des farines étudiées.

La teneur en eau est un paramètre crucial dans le stockage des farines. Une teneur élevée en humidité stimule l'activité microbienne qui engendre la détérioration de produit pendant le stockage (**Benlemmane et al., 2018**).En conséquence, la teneur en eau détermine la durée de stockage des farines (**Bourgeois et al.,1996**).Cette teneur en eau des farines doit se situer entre 10 et 16% (généralement 13 à 15%) pour que la farine se conserve convenablement, au de là, il y a risque d'altération (**Chene, 2001**).Elle conditionne d'une part la précision des divers résultats analytiques rapportés à la matière sèche et d'autre part celle de la mise en œuvre des tests technologiques tel l'essai de la panification (**Calvel, 1984**).

Il en ressort des résultats obtenus (figure 35), que la teneur en eau la plus basse est enregistrée pour la farine de meule 2 HD (12.3 %) et la plus élevée pour la farine de meule OAIC (16.05%). La première valeur procure une meilleure conservation pour la farine de meule 2 HD. Cependant, celle de la farine OAIC dépasse le taux donné par les normes algériennes, qui stipulent qu'une farine ne doit pas dépasser un taux d'humidité de 15,5%. Cette variation dans l'humidité est probablement due à la quantité d'eau ajoutée au blé avant mouture et au procédé de mouture.



III.3.2. Taux de protéines

L'ensemble de nos résultats sont illustrés sous forme des histogrammes.

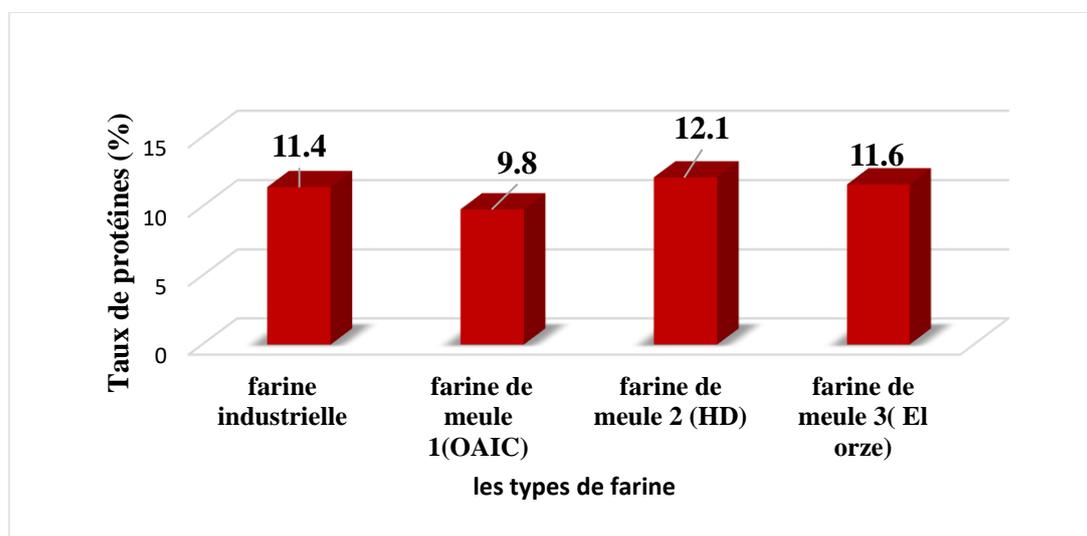


Figure 35 Taux de protéines des farines étudiées.

Les résultats du taux de protéines obtenu à l'aide de l'infratec pour chaque farine (figure 35) sont conformes aux normes (9 –12 %), avec une valeur significative (12,1%) pour la farine de meule 2 HD suivie de la farine de meules 3 (El orze) (11,6) et la farine industrielle (11,4). La valeur la plus basse est notée pour la farine de meule 1 du blé (OAIC).

La qualité et la quantité des protéines sont des paramètres important dans la détermination de la qualité boulangère du blé (**Wang et al., 2007**). De plus, la teneur en protéine est hautement influencée par l'année et les conditions de culture (facteurs agro-climatiques et la fertilisation azotée) ainsi que le génotype (**Pechanek et al., 1997; Maghirang et al., 2006**).



III.3.3. Absorption d'eau

L'ensemble de nos résultats sont illustrés sous forme des histogrammes.

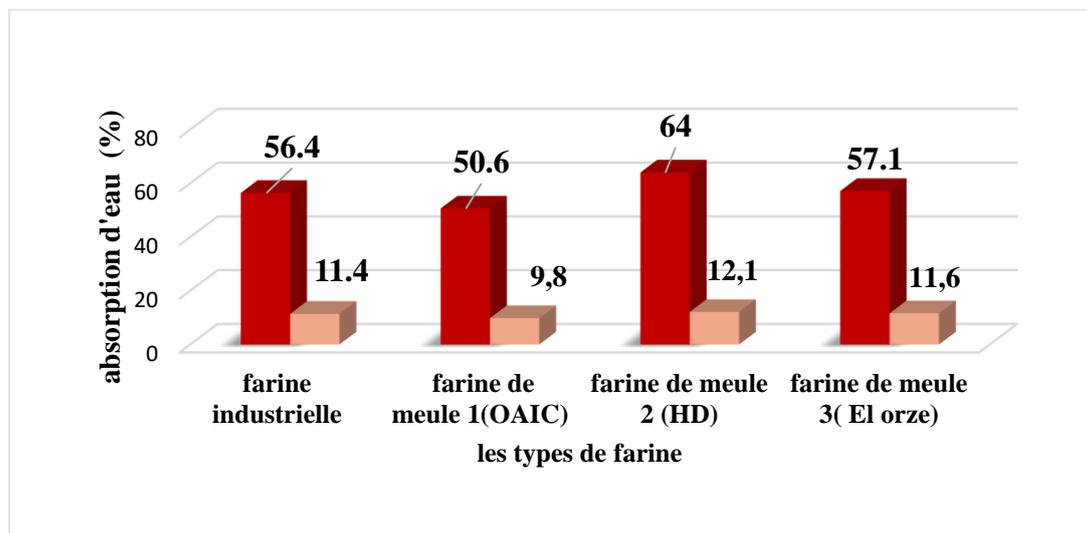


Figure 36 Absorption d'eau en fonction de taux de protéines des farines étudiées.

La quantité d'eau a une relation avec la finesse des particules de farines d'après **Multon (1982)** c'est à dire que la quantité d'eau absorbée ainsi que la vitesse d'adsorption d'eau, augmentent avec la finesse des particules de farine. De plus, **Feuillet (2000)**, rapporte que les protéines ont une capacité d'absorption d'eau de 1,5 à 2 fois leur masse. Les résultats présentés dans la figure 36, montrent une corrélation positive entre le taux d'absorption d'eau par les différentes farines analysées et leurs taux en protéines



III.3.4. Taux d'affleurement

L'ensemble de nos résultats sont illustrés sous forme des histogrammes.

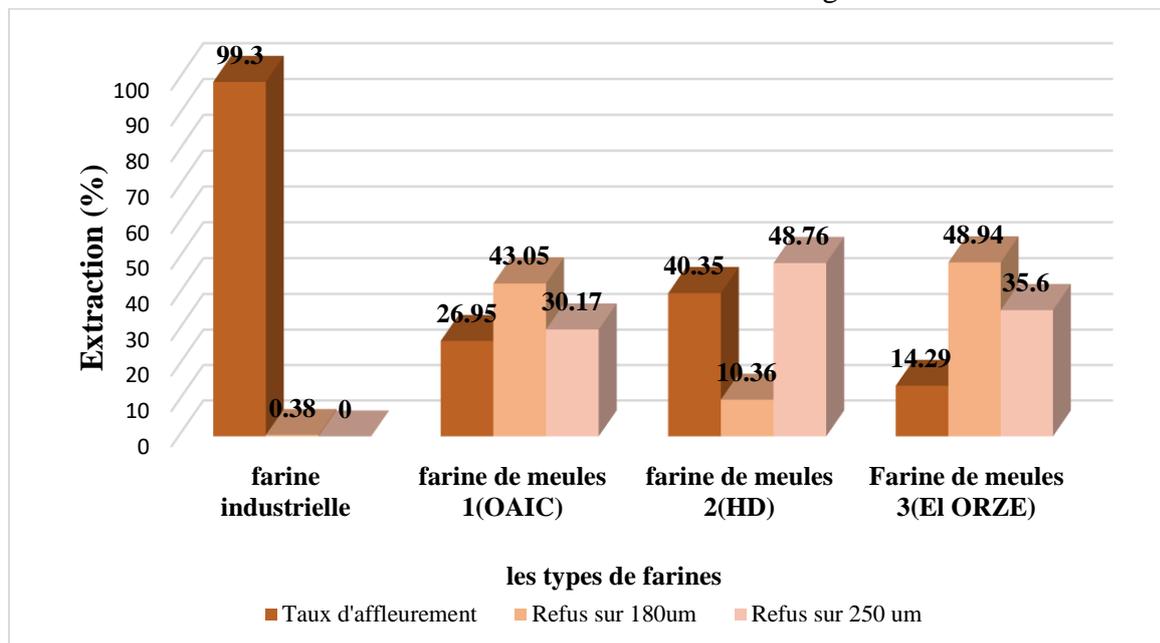


Figure 37 Taux d'affleurement pour 100g de farine.

La granulométrie (taux d'affleurement) des farines va dépendre de nombreux paramètres liés aux grains (vitrosité, variété) et à la technologie (conditionnement, types d'appareils, types de diagrammes, taux d'extraction) (**Benlemmane et al., 2018**).

Selon la figure 37, l'extraction de 100g de chaque farine par le tamisage à 180µm et 250µm, montre :

- Une meilleure extraction pour la farine industrielle avec un taux d'affleurement proche de 100% avec la présence de refus à 180nm et l'absence total pour le refus de 250 nm.
- De faibles taux d'affleurement sont enregistrés pour les farines de meules 1 OAIC, 2HD et El orze, respectivement 26,95; 40,35 et 14,29 en montrant des taux de refus très élevés par rapport à la norme pour les deux niveau 180 µm et 250 µm. La norme **AFNOR(1982)**, fixe pour une farine courante un taux de refus au tamis de maille 180 micromètre, inférieur à 10%. Ces résultats indiquent que la farine industrielle est lisse avec une granulométrie homogène. Cette dernière a subi une meilleure séparation des enveloppes de la graine et un maximum d'extraction de l'amande pendant la mouture par apport aux farines issues de la mouture artisanale qui sont beaucoup plus granuleuses a cause des conditions de mouture.



III. 4. Paramètres technologiques des farines

III.4.1. Taux de cendre

L'ensemble de nos résultats sont illustrés sous forme des histogrammes.

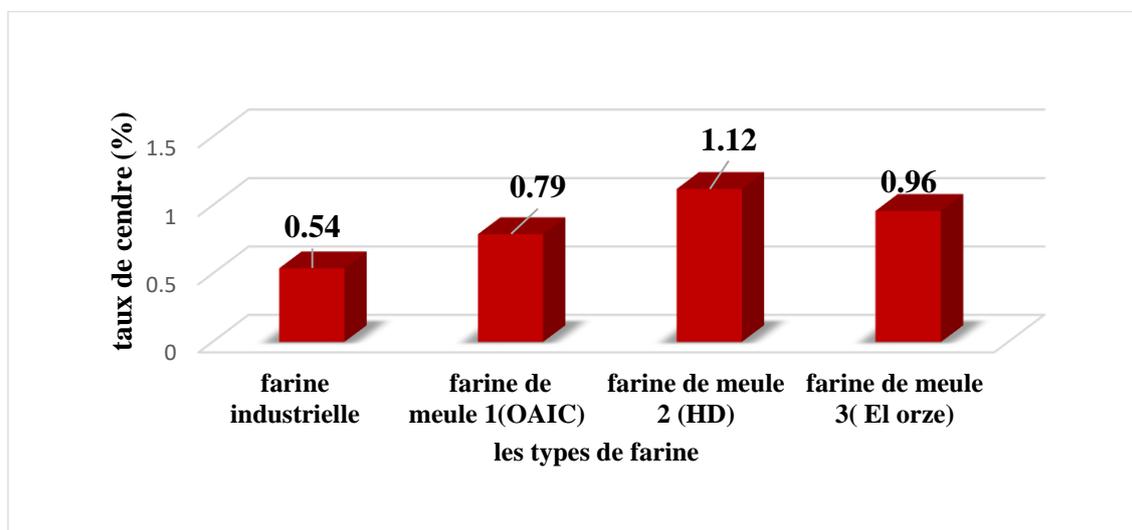


Figure 38 Taux de cendre des farines.

Les farines de blé sont classées d'après leur taux de cendres, c'est-à-dire de matières minérales. Ces dernières ne sont pas réparties de manière uniforme dans le grain de blé. Leur proportion, faible dans l'amande, est beaucoup plus élevée dans l'enveloppe (le son). Les farines blanches ont donc un faible taux de cendres et les farines plus foncées, contenant des fragments d'enveloppe, un taux élevé (Syphab, 2019).

Les résultats des taux de cendre obtenus grâce à l'infratec, sont conformes à la norme pour la farine industrielle, par contre les farines de meules 1OAIC, 2HD et El orze ont des taux de cendre qui ne répondent pas à la norme de farine de blé de type 55 (farine panifiable).

Les valeurs des taux de cendre permettent de classer les farines de meules en :

- Blé El Orze : une farine de bis de type 80
- Blé OAIC : une farine blanche de type 65
- Blé HD : une farine de bis, type 110.

III.4.2. Gluten

Une très grande partie des propriétés technologiques de la pâte peut être associée au gluten formé principalement des gluténines et gliadines. Plusieurs auteurs ont souligné que la



composition en gluten est un facteur déterminant pour la force d'une farine. La quantité et la qualité de ce dernier sont responsables des propriétés viscoélastiques de la pâte (extensibilité et élasticité). La figure 39 résume les valeurs de gluten humide et sec obtenues pour nos farines.

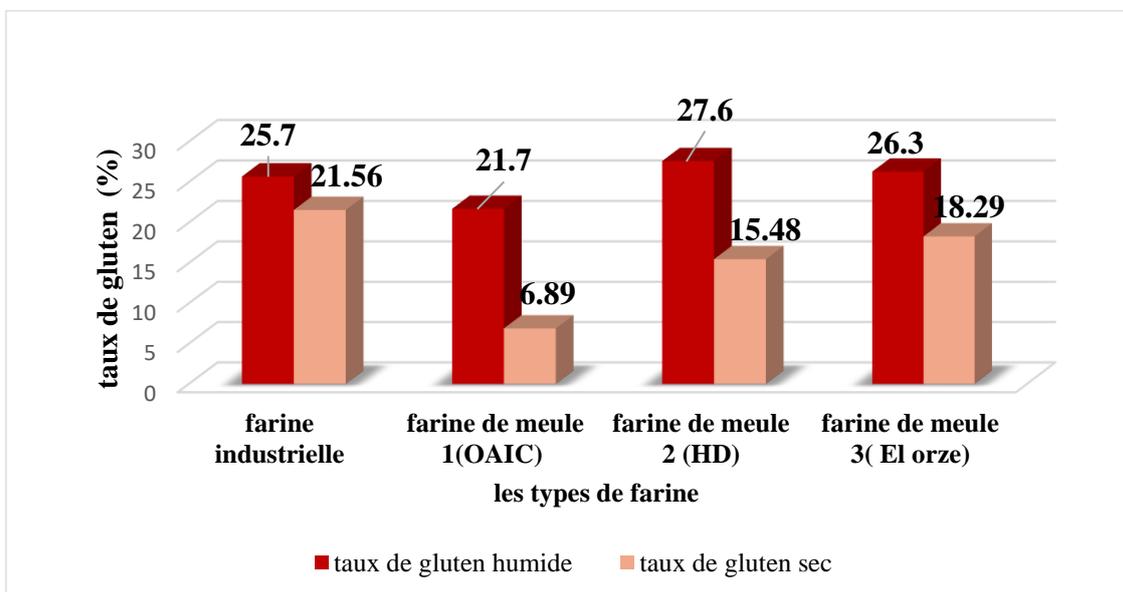


Figure 39 Taux de gluten humide et sec des farines étudiées.

C'est une masse élastique plus ou moins visqueuse. Il présente une grande importance aussi bien sur le plan nutritionnel que technologique. Il joue le rôle d'un ciment d'une pâte et c'en permettant l'agglomération des grains d'amidon de manière très compacte (**Namoune, 1989**).

Une bonne qualité de gluten confère à la farine une bonne absorption d'eau. En effet, le gluten joue un rôle crucial en panification surtout lors de la phase de pétrissage durant laquelle le réseau glutineux s'édifie (**Benlemmane et al., 2018**).

III.4.2.1. Gluten humide

Le taux de gluten humide donne une indication directe de la quantité de gluten présente dans la farine (**Asma et al., 2021**).

Nos résultats montrent que les teneurs en gluten humide vont de 21,7 à 27,6 (figure 39).

La valeur la plus basse est celle de la farine de meule OAIC avec un taux de 21,7 % notée inférieure aux normes. Pour les autres farines, les taux se situent dans les normes internes de l'entreprise avec 24 à 30 %.

Ugrinovits et al. (2004), ont décrit la force des farines selon leur gluten humide. Les farines usuelles ont des teneurs de l'ordre de 27% à 37%. Les farines provenant de blé très fort



peuvent présenter des teneurs allant jusqu'à 45% alors que des % inférieurs à 25% signalent une farine faible (farine pour biscuit par exemple).

Selon **Godon *et al.*, (1983)**, la teneur en gluten de la farine dépend de la variété de blé, de la moyenne de précipitation durant la saison, de la fertilité du sol et de la zone géographique dans laquelle le blé est cultivé.

III.4.2.2. Gluten sec

D'après les résultats obtenus, les taux de gluten sec de nos farines varient entre 6.89 et 21.56. Ils ne sont pas conformes aux normes suivies (8 – 12 %). Cette variation dans ces valeurs est due au type de blé.

III.4.3. Amidon endommagé

L'ensemble de nos résultats sont illustrés sous forme des histogrammes.

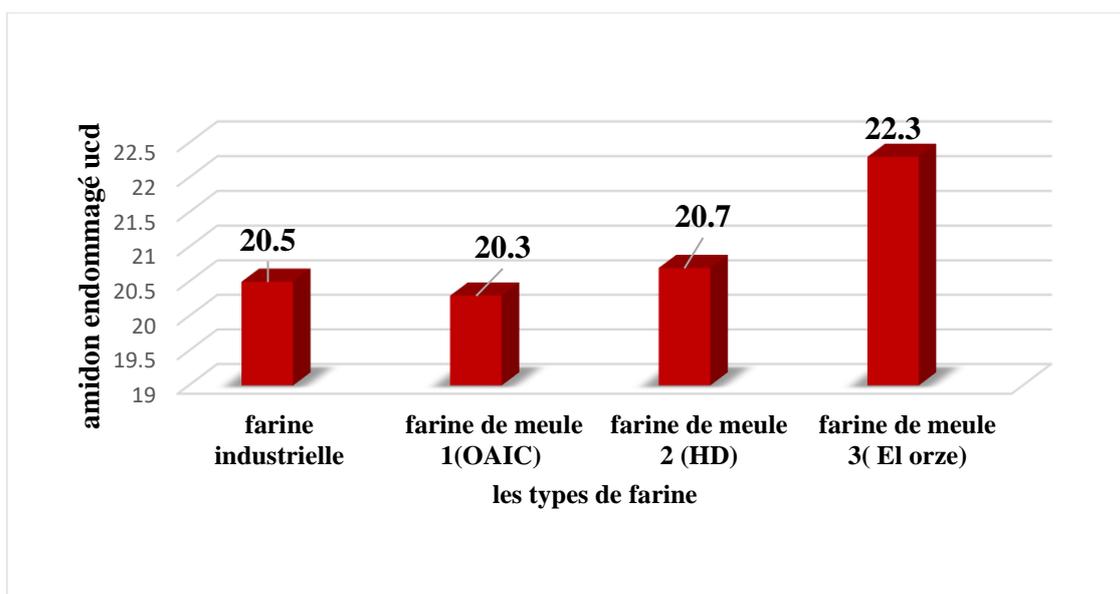


Figure 40 La teneur en amidon endommagé des farines.

L'endommagement de l'amidon est une conséquence logique et inévitable de tous les procédés de mouture du blé (**Dubat, 2004**). D'après **Sissons (2008)**, plus la farine est fine plus il va y avoir de l'amidon endommagé. L'importance de l'amidon endommagé en panification est considérable.

D'une part parce qu'il absorbe 2 à 4 fois sa masse en eau alors que l'amidon natif n'en absorbe que 0,4 fois. D'autre part, les granules endommagées sont préférentiellement



hydrolysées par les amylases (Dubat, 2004). La richesse en sucre préexistant et en amidon endommagé favoriserait l'activité fermentative. Les levures s'adaptent rapidement à leur milieu et commencent la synthèse des enzymes nécessaires à la production de gaz carbonique à partir des sucres préexistants dans la pâte (Alais et al., 2008). Les résultats de dosage par infrarouge de l'amidon endommagé sont illustrés sur la figure 40. On note que nos farines montrent un taux d'amidon endommagé entre 20,3 et 22,3 correspondant aux normes internes de l'entreprise 22 -30ucd.

III.4.4. Indice de Zélény :

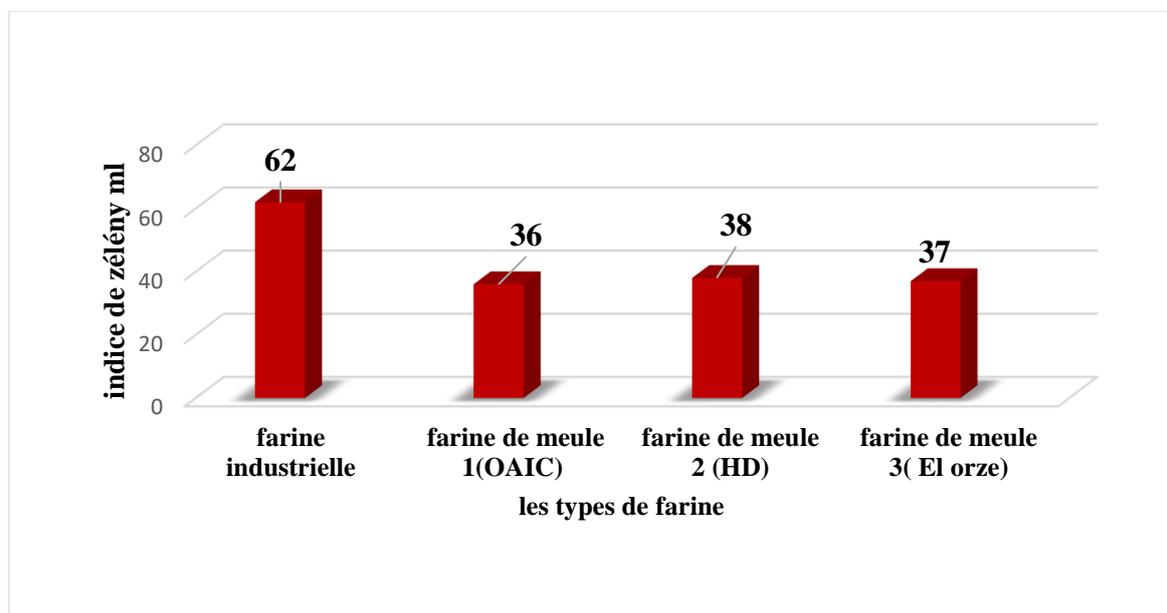


Figure 41 Indice de Zélény des farines étudiées.

Il donne une indication globale sur la quantité et la qualité des protéines (Arvalis, 2009). Cette valeur est reliée à la force boulangère, dont un indice élevé témoigne d'une bonne qualité. C'est donc sa capacité à la panification (Kleijer, 2002). Plus l'indice est élevé et plus le taux de gluten est important.

Les résultats obtenus ne sont pas conformes aux normes proposées par le **Journal Officiel Algérien (1992)**(22 à 30 ml) fixées par la minoterie de farine industrielle afin d'obtenir une farine panifiable destinée à la boulangerie.

La valeur la plus élevée est obtenue pour la farine industrielle (62ml) , indiquant qu'elle est de très bonne qualité(Indice de Zélény>38) alors que, pour les farines de meules1, farine de



meules 3 et la farine de meules 2 dont les valeurs respectives sont de 36ml, 37ml et 38ml sont qualifiées d'assez bonne qualité (Indice de Zéleny entre 25-38).

III.4.5. Essai à l'alvéographe

L'essai alvéographique est un paramètre important qui nous permet de connaître l'aptitude boulangère d'une farine. Les valeurs des paramètres alvéographiques de nos farines sont portées sur le tableau 8 et dans les annexes 3 et 4.

Tableau 8 Paramètres alvéographiques des farines.

Farine		Farine industrielle	Farine de meules 1(OAIC)	Farine de meules 2(HD)	Farine de meules 3 (El orze)	Normes
Force boulangère W	Infrarouge	217	92	84	141	130-180
	Alvéographe	211	144	49	95	
Ténacité P (mm)		97	132	108	45	
extensibilité L (mm)		60	24	59	33	
Gonflement G		17,2	10,9	17,1	14,6	18-23
Rapport de configuration P/L		1,62	5,5	1,83	1,05	0,45-0,65

III.4.5.1. La Force boulangère W

Les résultats alvéographiques enregistrés dans le tableau 8, nous révèlent une variation dans la force boulangère de nos farines. On remarque que la farine industrielle possède une force boulangère très élevée 211 tandis que les farines de meules présentent de faibles valeurs de 49 à 95 au-dessous de la norme exigée pour la farine panifiable (130- 180) par la minoterie ainsi le **Journal Officiel Algérien (1992)** sauf pour la farine de meule OAIC 1 qui est de 144 conforme aux normes.



III.4.5.2. La Ténacité P

Concernant la ténacité et le rapport de configuration, **Bordes *et al.*(2008)** ont rapporté les intervalles suivants de P:

De 60- 80: blés standards

De 80-100: blés de très bonne qualité

Plus de 100: blés très forts.

A partir des résultats obtenus, on peut classer le blé dont sont issues nos farines en blés de très bonne qualité, blés très forts et proche de blés standards respectivement pour la farine industrielle, de meule 1OAIIC, meule 2HD et meule 3 El orze.

Cette forte ténacité renseigne sur la grande capacité d'absorption d'eau de la pâte, de sa résistance et son élasticité (**Verling, 1999**).

III.4.5.3. Extensibilité L

D'après les résultats obtenus (tableau 12.), nos farines présentent des valeurs variables. La farine de meule 2 et la farine industrielle marquent les valeurs les plus élevées qui sont respectivement 59mm et 60 mm. Tandis, que pour les farines de meule 2 et 1, on a noté les valeurs respectives suivantes: 33 mm et 24 mm.

D'après (**Feuillet,1988**), les farines de blé tendre sont plus élastiques et extensibles en raison de leur gluten qui renferme plus de gluténines, de faible et de haut poids moléculaire.

III.4.5.4. Gonflement G

L'indice de gonflement qui représente l'extensibilité des pâtes est une expression de la capacité d'extension qui permet d'apprécier l'aptitude du réseau de gluten à retenir le gaz(**Kittissou, 1995**).

Concernant le gonflement, **Mauze *et al.* (1972)** ont rapporté les caractéristiques suivantes:

G de 21 à 24: Bon gonflement

G>23: Caractère améliorant

D'après les résultats enregistrés pour nos farines, les valeurs obtenues sont inférieures à ces données.

III.4.5.5. Rapport de configuration P/L

Le rapport de configuration P/L donne une indication de l'équilibre entre la ténacité et l'extensibilité de la pâte (**Bar, 1995**). Selon les résultats obtenue les 4 farines présentent un



rapport de configuration élever par rapport à celui exigé par la norme I.S.O 5530/04: P/L= 0,45-0,65.

En panification, le ratio « P/L » ne doit pas dépasser 2, avec un optimum qui se situe entre 0,4 et 0,8(Boggini *et al.*, 1997).

Selon **Branlard et Loisel (1997)**, plusieurs paramètres peuvent influencer la valeur alvéographique d'une farine comme : la teneur en protéines et en gluten, la granulométrie de la farine, la proportion élever d'amidon endommagé.

III.5. teste visuel

III.5.1. Aspect physique et visuel

L'ensemble de nos résultats sont illustrés sous forme de tableau.

Tableau 9 aspect physique et visuel et des farines.

	Farine industrielle	Farine de meules 1(OAIC)	Farine de meules 2(HD)	Farine de meules 3 (El orze) 141
Aspect physique	Poudre fine	Poudre peu granuleuse	Poudre peu granuleuse	Poudre peu granuleuse
Aspect visuel	Fond blanc présence de piqures brunes	Fond blanc cassé trop piqué piqures brunes.	Fond légèrement grisâtre trop piqué	Fond crème à jaune trop piqué

L'observation visuelle et le toucher peuvent nous donner une idée sur le taux d'extraction, le blutage et le nettoyage de la farine. D'après le toucher la farines issue du moulin industrielle est lisse et ne présente carrément pas de granules (fines), de couleur blanche allant légèrement sur le crème avec la présence de quelques piqures brunes, alors que les farines de meules (OAIC, El orze, HD) sont granuleuses de couleur peu crème trop piquées (granules ronds). Ces différences sont dues surtout aux méthodes de mouture de chaque farine.



III.5.2. Couleur

L'ensemble de nos résultats sont illustrés sous forme des histogrammes.

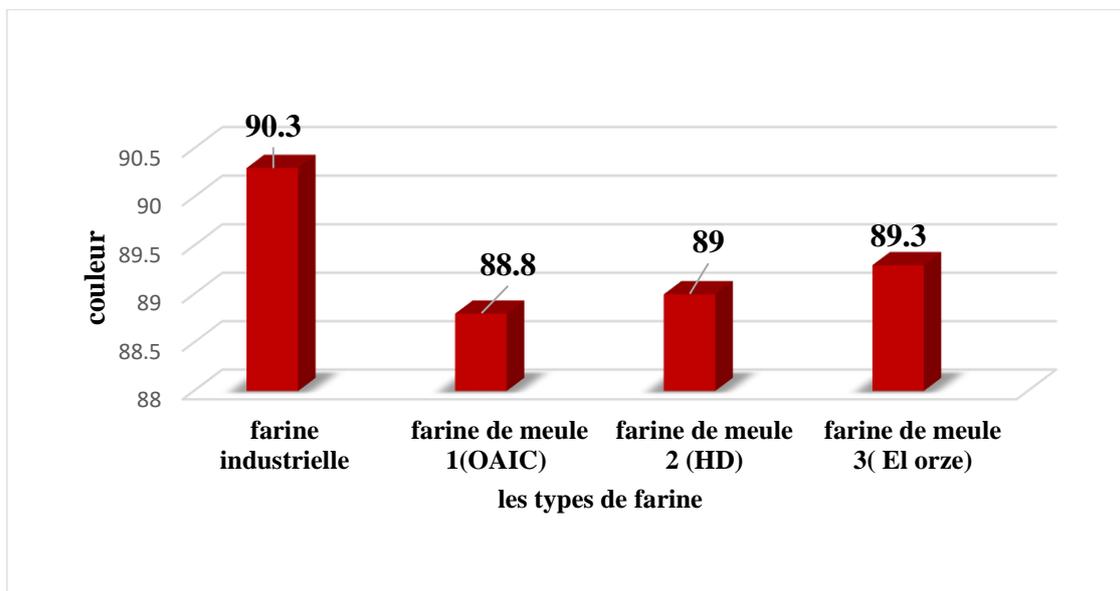


Figure .42. La couleur enregistrée par infrarouge des farines étudiées.

La couleur de la farine est parmi les signes qui reflètent sa qualité. La valeur de luminance (L^*) représente l'éclat de la farine, plus la Valeur de L^* est élevée, plus la couleur de la farine tend vers le blanc claire. Les résultats obtenus sont illustrés sur la figure 42. La valeur la plus élevée est celle de la farine industrielle confirmant son aspect visuelle (Fond blanc). Cette variation est due à la différence de type de blé ainsi qu'à la méthode de mouture.



Conclusion





Conclusion

L'objectif de cette étude est la détermination des caractéristiques biochimiques, technologiques et physiques du blé tendre comme matière première et de la farine panifiable d'une production industrielle ainsi que la farine d'une production artisanale comme produit fini.

Les variétés de blé tendre utilisées pour concevoir la farine, sont : le blé OAIC issue d'un coupagede plusieurs variétés utilisées majoritairement par les meuneries algériennes, et 2 blé locaux (HD, EL Orze). Elles sont évaluées après avoir subies les opérations unitaires essentielles pour obtenir des farines produites aux caractéristiques appropriées, soit par procédé industrielle (cylindre) ou artisanale (meule de pierre).

Les résultats des analyses physicochimiques sur la matière première montrent que les taux d'impuretés des blés locaux sont supérieurs aux normes ce qui a influencer le bon rendement en farine. Les valeurs de poids spécifique montrent que les blés des variétés locales (HD,ElOrze) sont plus significatives (Blé lourd), tandis que le blé OAIC est un blé de moyenne qualité. Nos résultats ont montré aussi que tous les blés utilisés au cours de notre étude, sont peu humides est présentent de bons taux protéiques.

En conclusion, on peut dire que la matière première (blés) n'est pas vraiment propre, cependant, elle est apte technologiquement et se conserve sans risque d'altération.

Concernant la qualité du produit fini, les tests ont montré un avantage certain pour la farine industrielle surtout pour la qualité technologique par rapport à la farine de meule même si le blé utilisé n'était pas vraiment propre mais l'industrie à rattraper le coup en assurant une bonne qualité au produit fin grâce aux différents équipements qui assurent le nettoyage du blé et une meilleure extraction.

A partir de cette étude, on peut espérer que des études complémentaires pourront être réalisées de manière à analyser le coté nutritionnelle dont les analyses des micronutriments pourront faire l'objet d'un travail ultérieur pour pouvoir mettre en évidence l'existence éventuelle de différences nutritionnelles, ainsi que la réalisation de tests de panification pour déterminer les propriétés panifiable des farines.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

-A-

- **Abecassis ,J.(2015).***La filière de blé dur, Inra-umriate. 21 p.*
- **Agrimer. (2012).** *Enquête sur les types de farines . 11p.*
- **Alais, C., Linden, G., & Miclo, L. (2008).** *Biochimie alimentaire (pp. 260-p). Dunod.*
- **Apaba :Association pour la Promotion de l'Agriculture Biologique en Aveyron. (2017).** *Installer un atelier de mouture à la ferme. 17p.*
- **Arvalis : institut de végétal. (2021).***Tout savoir sur le poids spécifique.*
- **Arvalis. (2009).***qualité du blé tendre français, 12p.*
- **Asawaprecha, S. (2004).** *Arabinoxylanes de farine de blé dans la qualité d'utilisation finale de blé tendre. 123 p.*
- **Asma, L. A. M. A. R. A., El Abidine, F. Z., Samira, B. E. N. G. U. E. D. O. U. D. J., & Amar, B. E. N. M. A. H. A. M. M. E. D. (2021).** *Appréciation de la qualité technologique d'une collection de blé tendre (Triticumaestivum L.) cultivée en Algérie. ALGERIAN JOURNAL OF BIOSCEINCES, 2(01), 19-29pp.*

-B-

- **Bar, C., & Paris Institut Technique des Céréales et des Fourrages. (1995).** *Contrôle de la qualité des céréales et des protéagineux: guide pratique. Inst. Technique des Céréales et des Fourrages.*
- **Bednarek, J. (2012).** *Analyse fonctionnelle de TaGW2, une E3 ligase de type RING, dans le développement du grain de blé tendre (Triticumaestivum) (Doctoral dissertation, Université Blaise Pascal-Clermont-Ferrand II). 197 p.*
- **Belitz, H. D., Grosch, W., Schieberle, P.(2009).** *Food Chemistry (4th revised and extended ed.), Berlin and Heidelberg: Springer-Verlag.1114 p.*
- **Benalia ,N. (2007).** *contribution a l'étude de la flore fusarienne totale dans un sol céréalierde de l'ITGC .mém.ing ,inst,nat, Agro , elHarrach,alger. 56 p.*
- **Benlemmane, S., El-Hadi, D., & Aouebd, A. (2018).** *Development of composite bread. AgroBiologia, 8(1), 735-752 pp.*
- **Berland, S. et Roussel, P. (2005).***Qualité technologique. Document de École Nationale Supérieure de Meunerie et des Industries Céréalières (ENSMIC), Surgères, France.*

Références bibliographiques

- **Berton, B. (2002).** *Hydratation par adsorption de vapeur d'eau ou par immersion des farines de blé et de leurs constituants* Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Lorraine), 273 p.
- **Berton, B. (2002).** *Hydratation par adsorption de vapeur d'eau ou par immersion des farines de blé et de leurs constituants* (Doctoral dissertation, Institut National Polytechnique de Lorraine). 273 p.
- **Bessaoud, O. (2018).** *L'Algérie et le marché des céréales [ou] La question céréalière en Algérie et les marchés mondiaux. In Géostratégie Alimentaire en Méditerranée: l'Enjeu Céréalière .Vol. 104, No. 2. 1-26 pp.*
- **Boggini G, Tusa P, Di sikvestro S. et Pogna, N. E. (1997).** *Agronomical and quality characteristics of durum wheat lines containing the 1BL/1RS translocation. J. Genet. Breed., n. 53, 167-172pp.*
- **Bordes, J., Branlard, G., Oury, F. X., Charmet, G., & Balfourier, F. (2008).** *Agronomic characteristics, grain quality and flour rheology of 372 bread wheats in a worldwide core collection. Journal of cereal science, 48(3), 569-579pp.*
- **Bornet, F. (1992).** *Le pain et produit céréalières, alimentaire et nutrition humaines* Edition, ESF. Paris. 1533 p.
- **Boudreau, A., & Ménard, G. (Eds.). (1992).** *Le Blé: éléments fondamentaux et transformation.* Presses Université Laval.
- **Bourgeois, C. M., Mescle, J. F., & Zukka, J. (1996).** *Food microbiology: volume 1: microbiological aspects of the security and quality of foods.*
- **Bouslah, B., Gharbi, A., & Pellerin, R. (2016).** *Integrated production, sampling quality control and maintenance of deteriorating production systems with AOQL constraint. Omega, 61, 110-126pp.*
- **Brabender® GmbH&Co. KG. (2016).** *Iaom Mea Middle East Technical Forum Cairo :Crucial Factors In Quality Control, 40 p.*
- **Branlard, G., & Loisel, W. (1997).** *Analyses technologiques. 6. Tests de laboratoire.*

-C-

- **C.A.PRO.GA : Coopérative Agricole Des Producteurs Du Gatinais la Meunière à Amilly, (2018).** Dossier de Demande d'autorisation Environnementale – Site d'Amilly (45), 5 p.

Références bibliographiques

- **Calvel ,R. (1984).***La boulangerie moderne, 10ème édition. Eyrolle. Paris. 436p.*
- **Calvel, R. (1984).** *La boulangerie moderne, Ed ; EGROLLE. France. 459 p.*
- **Calvel,R. (1980).***La panification : pâte, fermentation, mise en forme. La boulangerie moderne, Paris, EYROLLES, 112-142 pp.*
- **Cauvin, S. P. (2003).***Bread making improving quality. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 26 p.*
- **Chégut, M., Dubois, A., Hardy, C., Martin, E., Martin, P., & Triquard, V. (2021).** *Fiches filière. Blé tendre.*
- **Chehat, F. (2007).***Analyse macroéconomique des filières, la filière blés en Algérie. Projet PAMLIM «Perspectives agricoles et agroalimentaires Maghrébines Libéralisation et Mondialisation» Alger, 7-9pp.*
- **Chellali , B. (2007).** *Marché mondial des céréales: L'Algérie assure sa sécurité alimentaire.*
- **Chene, A. (2001).** *La farine. Journal de l'ADRIANOR, 26, 3-8 pp.*
- **Codex Alimentarius. (2007).** *Céréales, légumes secs, légumineuses et matières protéiques végétales. Rome. 128 p.*
- **Crépin ,R.(2018).***grain de blé, le musée national de l'éducation . 17 p.*
- **Cruz , JF., Hounhouigan, DJ., Havard, M ., Ferré, T. (2019) .***transformation des grains. Éditions Quæ, CTA, Presses agronomiques de Gembloux.201p.*
- **Curtet, R. (1998).** *Pain blanc, pain complet: fabrication et intérêt diététique.136p.*

-D-

- **Dacosta, Y. (1986).***Le gluten de blé et ses applications.*
- **Dapčević.T,Hadnadev, Pojić.M, Hadnadev.M ,Torbica.-A (2011).***The Role of Empirical Rheology in Flour Quality Control, Institute for Food Technology, Université de NoviSad, Serbie. 336-360pp.*
- **De Pinho Ferreira Guine, R., Dos Reis Correia, P.M. (2013).** *Engineering Aspects of Cereal and Cereal-Based Products. eBook Published.307p*
- **Delachaux ,N. (1983).***Alimentaire boulanger- pâtissier Édition aspes 7-8. pp.*
- **Delcour, J.A, &Hoseney, RC .(2010).** *Principes de la science et de la technologie des céréales, AACC International. Inc., St. Paul, MN, États – Unis. 229-235pp.*
- **De Lucia, M. (1992).***L'apresrecolte des grains: organisation et techniques. Vol. 93. Food & Agriculture Org.*

Références bibliographiques

- **Dubat, A. (2004).** *Importance de l'endommagement de l'amidon et évolution des méthodes de mesure. Industries des céréales, 2-8pp.*

- **Dvorak, C. (2009).** *Wheat: From Field to Flour. Nebraska Wheat Board, 1(1): 1-40 pp.*

-E-

- **Englund,R.L. (2019).** *Wheat Classes, History, and Breeding Timelines. 2-22 pp.*

-F-

- **F.A.O. (1970).** *Le blé dans l'alimentation humain, éd F.A.O, ROME.*
- **Faltermaier, A. E.(2015).** *Fundamental studies of the application of wheat for malting and brewing. Thèse de doctorat. Université de College Cork.. 211p.*
- **Favier, J. C. (1989).** *Nutritive value and evolution of cereals during processing. Cereales en regions chaudes: conservation et transformation. N'Gaoundere (Cameroun). 22-26 pp.*
- **Feillet, P. (1988).** *Protein and enzyme composition of durum wheat. Durum wheat: Chemistry and technology, 93-119pp.*
- **Feillet, P. (2000).** *Le grain de blé composition et utilisation. Ed. INRA, Paris, 308 p.*

-G-

- **Gacem, m. A., Aminata, o. E. H. K., &Gacemi, B. (2011).** *Etude de la qualite physico-chimique et mycologique du ble tendre local et importe stocke au niveau de l'office algérien interprofessionnel des céréales (oaic) de la localite de saida (algerie). Algerian journal of arid environment "ajae", 1(2), 67-76pp.*
- **Godon, B. (1991).** *Composition biochimique des céréales, pp: 77-94. In: les industries de première transformation des céréales. Godon B. et Will M.C. Lavoisier Tec et Doc. Apria. Paris, 221p.*
- **Godon, B. (1995).** *Le pain Pour la science. Dossier hors-série de mars (science etgastronomie), 16-25 pp.*
- **Godon, B., & Loisel, W. (1997).** *Guide pratique d'analyse dans les industries céréalières. Guide pratique d'analyse dans les industries céréalières. , (Éd. 2).*
- **Godon, B., Leblanc, M. P., &Popineau, Y. (1983).** *A small scale device for wheat gluten separation. Plant Foods for Human Nutrition, 33(2), 161-168pp.*

-H-

Références bibliographiques

- **Hashmi, I. (2016)** .*Step by Step Wheat Farming, Milling & Quality Requirements*. p64.

-I-

- **INRAA : Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie. (2016)**. *Bilan de la campagne céréalière 2014/2015. Observatoire National des filières Agricoles et Agroalimentaires*, 12 p.
- **ITCF : Institut Technique des Céréales et des Fourrages. (1989)**. *Guide Pratique- Stockage Et Conservation Des Grains A La Ferme* .Paris : FAO.107 p.
- **ITCF.(1995)**. *Guide pratique : contrôle de qualité des céréales et protéagineux*. 268p.
- **ITGC :Institut Technique des Grandes Cultures. (1995)**.*Les principales variétés de céréales cultivées en Algérie. Catalogue*. 1-114pp.

-K-

- **Kern, db. (2017)**. *Mode d'emploi dessiccateur*.88p.
- **Kitissou, P. (1995)**. *Un nouveau paramètre alvéolaire: l'indice d'élasticité (Ie)*. Industries des céréales, 9-9pp.
- **Kleijer, G. (2002)**.*Station fédérale de recherches en production végétale de Changins*, 253- 259pp.

-L-

- **Laumont, P., & Erroux, J. (1962)**. *Les blés tendres cultivés en Algérie (1)*. 2- 3pp. *Biocivam , codex 9 . 11p*.

-M-

- **Maghirang, E. B., Lookhart, G. L., Bean, S. R., Pierce, R. O., Xie, F. E. N. G., Caley, M. S., ... & Dowell, F. E. (2006)**. *Comparison of quality characteristics and breadmaking functionality of hard red winter and hard red spring wheat*. *Cerealchemistry*, 83(5), 520-528pp.
- **Mauze C., Richard M., Scotti G. (1972)**.*Guide pratique. Contrôle de la qualité des blés*. Institut Technique des Céréales et des Fourrages, 176 p.
- **Michon, C. (2015)**. *Physico-chimie de la farine, de la pâte et du pain* .*Sciences de la Production et de la Transformation*. AgroParisTech, centre de Massy. 1-47 pp.
- **Moinet, K. (2017)**.*Créer un atelier meunerie-dans une ferme en agriculture biologique*.12p
- **Multon, J. L. (1982)**. *Conservation et stockage des grains et graines et produits dérivés: céréales, oléagineux, protéagineux, aliments pour animaux (No. 633.1 M8)*.

Références bibliographiques

-N-

- NA 1132.(1990). *Décret exécutif n 1132 journal officielle algérien.*
- NA 1178. (1990). *Décret exécutif n 1178 journal officielle algérien.*
- NA 1188. (1990). *Décret exécutif n 1188 journal officielle algérien*
- NA 1613. (1990). *Décret exécutif n 1613 journal officielle algérien.*
- NA 732. (1990).*Décret exécutif n 732 journal officielle algérien.*
- NA 735. (1991). *Décret exécutif n 735 journal officielle algérien.*
- NA 736. (1991) .*Décret exécutif n 736 journal officielle algérien.*
- **Namoune, H. (1989).** *Détermination des Aptitudes Technologiques des Principales Variétés de Blé Tendre Cultivées en Algérie. Thèse de Magister. INATAA. Université de Constantine.109p .*
- **Niftem: National Institute of Food Technology and Entrepreneurship and Management,(2011).***wheat flour packaging.28p.*

-O-

- **Oppong.D ,Eric.A , Samuel.O.K , Eric. B ,Patrick.S ,(2015).** *Proximate Composition and SomeFunctionalProperties of Soft WheatFlour .International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology.. Vol. 4 .université de science et de technologie, Guinée.753-758 pp.*
- **Owens ,G .(2000).***cereal prossissnig technology .Woodhead .Cambridge England, 249p.*

-P-

- **Panelli ,S., Chabault E. (2001)** .*Thèse : comparaison de farine sur meules et de farine sur cylindres, université de Lille, 47p.*
- **PAQ : Plan d'Assurance Qualité.(2013)** .*cahier des charges label rouge farine de meule.30p.*
- **Pauly ,C. (2009)** .*De Moulins en minoteries : Les derniers meuniers du chatelleraudais.*
- **Pomeranz, Y. (1988).** *Composition chimique des structures du noyau. Blé : chimie et technologie. Tome I. (Ed. 3). 97-158 pp.*
- **Posner, E. S., &Hibbs, A. N. (2005).** *Wheat flour milling. american association of cereal chemists. Inc.: St. Paul, MN, USA.495p.*

Références bibliographiques

- **Potus, J., Poiffait, A. N. N. I. E., & Drapron, R. O. G. E. R. (1994).** *Influence of dough-making conditions on the concentration of individual sugars and their utilization during fermentation. Cerealchemistry (USA).*

-R-

- **Rastoin, J. L., & Benabderrazik, H. (2014).** *Céréales et oléoprotéagineux au Maghreb: Pour un co-développement de filières territorialisées.*
- **Romain, J., Thomas, C., Pierre, S., Gerard, B. (2007).** *Science des aliments : biochimie-microbiologie-procédés-produits. Lavoisier, Paris. 449 p.*

-S-

- **Saeid, A., Hoque, S., Kumar, U., Das, M., Muhammad, N., Rahman, M. M., & Ahmed, M. (2015).** *Comparative studies on nutritional quality of commercial wheat flour in Bangladesh. Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research, 50(3): 181-188pp.*
- **Sauveur, B. (1989).** *Phosphore phytique et phytases dans l'alimentation des volailles. INRA Productions animales, 2(5): 343-351 pp.*
- **Serna-Saldivar, SO (2016).** *Céréales : propriétés, transformation et attributs nutritionnels. Presse CRC. 796p.*
- **Sissons, M. (2008).** *Rôle de la composition du blé dur sur la qualité des pâtes et du pain. Nourriture, 2 (2), 75-90pp.*
- **Soenen, M., & Pelshenke, P. F. (1962).** *Problemes relatifs a la qualite du ble, de la farine et du pain dans les pays de la CEE= Problems relative to the quality of wheat, flour and bread in the countries of the EEC Studies: Agriculture Series 7.*
- **Surget, A., & Barron, C. (2005).** *Histologie du grain de blé. Industries des céréales, (145): 1-7 pp.*
- **Sylvie, A., Goffin S., Biowallonie, Sinnaeve G. & Gofflot S., CRA-W. (2016).** *Itinéraires bio le magazine : Dossier spécial, Transformation des céréales. 60p.*
- **Syphab (2019).** *Fish pratique : Farine de froment. 3p.*

-V-

- **Valant, V. (2008).** *Wheat, Food for Thought: The Science, Culture, & Politics of Food Spring, 12 p.*

Références bibliographiques

- **Vierling, G.(1999).** *Aliments et boissons “filières et produits “ .Ed. DOIN. Paris. 257 p.*

-W-

- **Wang, Y. G., Khan, K., Hareland, G., &Nygard, G. (2007).** *Distribution of protein composition in bread wheat flour mill streams and relationship to breadmaking quality. Cereal chemistry, 84(3), 271-275pp.*

-Z-

- **Zhygynov, D. O.,Kovalova, V., &Dragomyr, A.,Zhyhunova, H., ZhanabayevaK. (2019).***Analysis of the quality of flour from different systems of the technological process of a flour mill. 23-27 pp.*

Site internet

- **Anonyme 1. (1999) :** <https://facscm.univ-annaba.dz/wcontent/uploads/2020/05/Analyse-physico-chimique-des-farines-alimentaires-7.pdf> : *Analyse physico-chimique des farines alimentaires.*
- **Anonyme 2:**https://cdn.futurasciences.com/buildsv6/images/mediumoriginal/d/7/3/d73421d9fc_26717_10295-026.jpg
- **Anonyme3.(2020) :** Cerere.Processus de mouture pour les variétés de céréales locales :http://cerere2020.eu/wp-content/uploads/2020/03/11_FR.pdf
- **Anonyme 4:***Technomitron Technologieen Boulangerie Pâtisserie. http://technomitron.aainb.com*

Les annexes

Annexe 1.

Matériels biologiques			
Farines	Blé tendre		
-Farine panifiable industrielle (La Belle)	-Blé de l'OAIC	Origine	variété
		-Importé et locale	-De plusieurs variétés
-Farines artisanales	-Blé locale :	-La wilaya de Boumerdes. -La willaya de Batna	-HIDAB 1220 (récolté en juillet 2020) -El Orze (recolté en mai 2021)
	-Blé de l'OAIC	- Importé et locale	-De plusieurs variétés

Annexe 2.

Matériels non biologiques

1. Réactifs :

- Solution d'éthanol à 95%.
- Solution salée de NaCl à 2,5%.
- L'eau distillée

2. Appareillage :

- Four à moufle (BUHLER).
- Balance analytique (KERN).
- Etuves isotherme (CHOPIN).
- lance métallique.
- dessiccateur isotherme (METTLER TOLEDO).
- inframatic (Perten).
- dessiccateur au gel de silice.
- Nilmalitre.
- Plansichter de laboratoire (Rotachoc CHOPIN).
- Alvéographe de CHOPIN.

Les annexes

Annexe 3.

CHOPIN

AlveoLab

ESSAIA Ecole Supérieure des Sciences de l'Aliment & des Industries AgroAlimentaires
avenue Ahmed Hamidouche
16000, Bealieu Oued-Smar, Alger, ALGERIE

ESSAIA
BOURAOUI
16000, ALGER, ALGERIE
0552272676

Protocole : Alvéographe HC Date et heure du test : 25/07/2021 12:21:13
Nom du fichier : 2107260201[39] Nom du partenaire : ESSAIA
Nom du test : FARINE MEULE ARZ Produit : Farine de blé industrielle
Commentaires : SIN : 377
A : 1.3.11

Température

Eau : 22.8 °C
Pétrin : 23.8 °C
Chambre de repos : 25 °C
Chambre Alveo : 20.3 °C

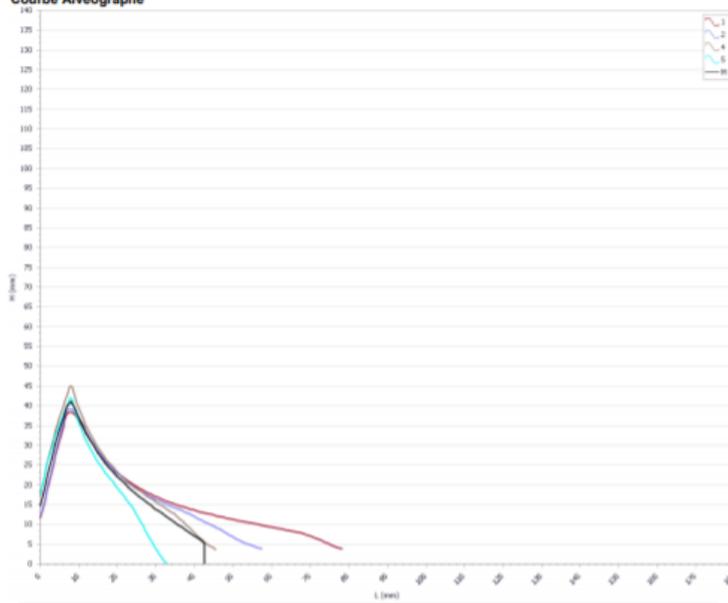
Paramètres

Hygrométrie : 66.1 %
Humidité : 9.5 %
Hydratation : 50 %
Base d'hydratation : B15% H2O
Quantité d'eau : 149.26 mL
Masse de farine : 250 g

Résultats standards

P : 45 mmH2O
L : 43 mm
G : 14.6
W : 59 10-4J
PL : 1.05
W : 17.8 %

Courbe Alvéographe



CHOPIN

AlveoLab

ESSAIA Ecole Supérieure des Sciences de l'Aliment & des Industries AgroAlimentaires
avenue Ahmed Hamidouche
16000, Bealieu Oued-Smar, Alger, ALGERIE

ESSAIA
BOURAOUI
16000, ALGER, ALGERIE
0552272676

Protocole : Alvéographe HC Date et heure du test : 12/07/2021 10:04:17
Nom du fichier : 2107120201[38] Nom du partenaire : ESSAIA
Nom du test : HD MEULE Produit : Farine de blé industrielle
Commentaires : FARINE SUR MEULE AMIDON ENCOUIMAGE 20 LORS PROTRINE 12.1 % (..) SIN : 377
A : 1.3.11

Température

Eau : 24.9 °C
Pétrin : 24.1 °C
Chambre de repos : 24.9 °C
Chambre Alveo : 20.2 °C

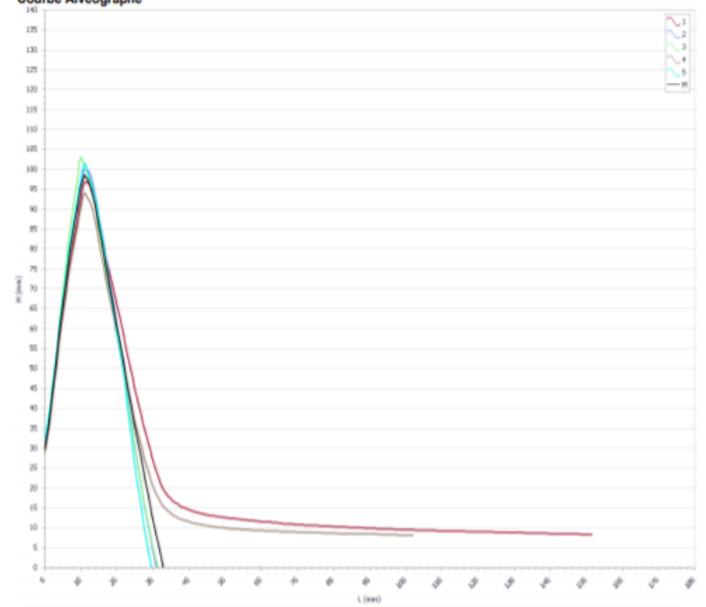
Paramètres

Hygrométrie : 77.1 %
Humidité : 10.76 %
Hydratation : 50 %
Base d'hydratation : B15% H2O
Quantité d'eau : 143.71 mL
Masse de farine : 250 g

Résultats standards

P : 108 mmH2O
L : 59 mm
G : 17.1
W : 41 10-4J
PL : 1.83

Courbe Alvéographe



Les annexes

Annexe 4.

CHOPIN
TECHNOLOGIES

AlveoLab
OF RCF

CHOPIN
TECHNOLOGIES

AlveoLab
OF RCF

ESSAIA Ecole Supérieure des Sciences de l'Aliment & des Industries AgroAlimentaires avenue Ahmed Hamidouche 16000, Bealleu Oued-Smar, Alger, ALGERIE

ESSAIA BOURAOUI 16000, ALGER, ALGERIE 0552272676

ESSAIA Ecole Supérieure des Sciences de l'Aliment & des Industries AgroAlimentaires avenue Ahmed Hamidouche 16000, Bealleu Oued-Smar, Alger, ALGERIE

ESSAIA BOURAOUI 16000, ALGER, ALGERIE 0552272676

Protocole : Alvéographe HC
Nom du fichier : 2107080201[38]
Nom du test : FARINE INDU OAC
Commentaires :

Date et heure du test : 08/07/2021 15:40:58
Nom du partenaire : ESSAIA
Produit : Farine de blé industrielle
S/N : 377
A : 1.3.11

Protocole : Alvéographe HC
Nom du fichier : 2107080202[37]
Nom du test : FARINE MEULE BT OAC
Commentaires :

Date et heure du test :
Nom du partenaire : ESSAIA
Produit : Farine de blé industrielle
S/N : 377
A : 1.3.11

Température

Eau : 23,7 °C
Pétrin : 23,7 °C
Chambre de repos : 25,2 °C
Chambre Alveo : 20,8 °C

Paramètres

Hygrométrie : 72,1 %
Humidité : 14,5 %
Hydratation : 50 %
Base d'hydratation : B15% H2O
Quantité d'eau : 127,21 mL
Masse de farine : 250 g

Résultats standards

P : 97 mmHgO
L : 60 mm
G : 17,2
W : 211 10-4J
PL : 1,62
le : 49,8 %

Résultats personnalisés

Température

Eau : 21 °C
Pétrin : 24,2 °C
Chambre de repos : 25,2 °C
Chambre Alveo : 20,5 °C

Paramètres

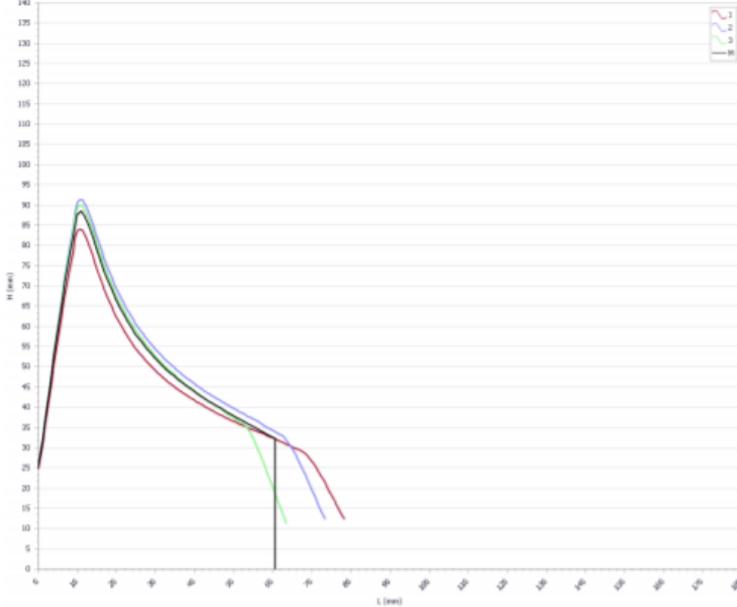
Hygrométrie : 72,1 %
Humidité : 15,9 %
Hydratation : 50 %
Base d'hydratation : B15% H2O
Quantité d'eau : 121,03 mL
Masse de farine : 250 g

Résultats standards

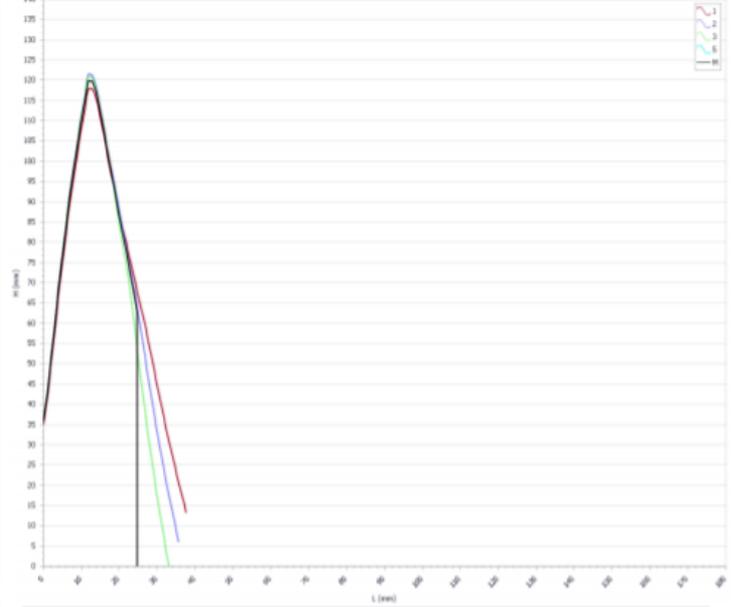
P : 132 mmHgO
L : 24 mm
G : 10,9
W : 144 10-4J
PL : 5,5
le : 0 %

Résultats personnalisés

Courbe Alvéographe



Courbe Alvéographe



المخلص

الهدف من هذه الدراسة هو تقييم الصفات الفيزيائية والكيميائية والتكنولوجية لدقيق القمح اللين المنتج صناعيًا (على أسطوانة) ودقيق الإنتاج الحرفي (على أحجار الطحن).
لتحقيق هذا الهدف، يتم إجراء الاختبارات الفيزيائية والكيميائية والتكنولوجية على أصناف القمح اللين (قمح OAIC والقمح المحلي: HD، EL Orze) وعلى الدقيق الذي يتم انتاجه منه.
أظهرت نتائج التحليلات على القمح أن مستويات الشوائب للقمح المحلي أعلى من المواصفات القياسية، مما يؤثر على النوعية الجيدة للطحين. بالنسبة لالوزن الخاص المحددة، يعتبر قمح الأصناف المحلية (HD، El Orze) أكثر أهمية (القمح ثقيل)، في حين أن قمح OAIC هو قمح متوسط الجودة. جميع القمح المستخدم ليس رطبًا جدًا ويحتوي على مستويات بروتينية جيدة.
أظهرت نتائج الاختبارات الخاصة بجودة المنتج النهائي تفوق الدقيق الصناعي خاصة من حيث الجودة التكنولوجية مقارنة بدقيق التقنيدي. من حيث الجودة، قدم الدقيق الصناعي جودة مؤهلة على أنها جيدة ومقبولة مقارنة بالدقيق الحرفي الذي يقدم قيمًا لم يتم قبولها في معايير دقيق صناعة الخبز.
فيالختام، يتضح من هذه الدراسة أن تنوع القمح وعمليات الطحن تلعب دورًا رئيسيًا في التأثير على جودة الدقيق المنتج.

Abstract

The objective of this study is to evaluate the physico-chemical and technological qualities of an industrially produced soft wheat flour (on cylinders) and of flours produced by craftsmen (on millstones).

To achieve this goal, physico-chemical and technological tests are carried out on the soft wheat varieties (OAIC wheat and local wheat: HD, EL Orze) and on the flours from which they are made.

The results of the analyses on the raw material show that the impurity levels of the local wheat are higher than the standards, which has influenced the good flour yield. For specific weight values, local varieties (HD, El Orze) are more significant (heavy wheat), while OAIC wheat is medium quality wheat. All the wheat's used have low moisture and good protein content.

The results of the tests for the quality of the finished product showed an advantage for the industrial flour, especially for the technological quality compared to the millstone flour. In terms of quality, the industrial flour was found to be of good and acceptable quality compared to the artisanal flours, which had values that did not meet the standards for bread flour.

In conclusion, the study shows that the variety of wheat and the milling process play a major role in affecting the quality of the flour produced.

