

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE : SCIENCES

DEPARTEMENT : SNV

N° :



DOMAINE : SNV

FILIERE : BIOTECHNOLOGIE

OPTION : BIOTECHNOLOGIE

VEGETALE

Mémoire Présenté pour l'Obtention
du Diplôme de Master Académique

Par:

ATTRI Bilal, ATTAR Naima, LAACHACHE Bassma

Intitulé

**Transformation technologique de blé tendre
(*Triticum aestivum* L.) : Analyses physico-chimiques
et caractérisation de la farine panifiable**

Soutenu le :/Juin/ 2023

Devant le jury composé de :

GHADBANE Mouloud	Professeur	UMB-M'sila	Président
BENDERRADJI Laid	Professeur	UMB-M'sila	Encadreur
ADOUI Nabila	M. C. A	UMB-M'sila	Examinatrice

Année Universitaire : 2022/2023

*R*emerciements

Je remercie avant tout الله tout puissant, pour la volonté, la santé et la patience qu'il nous a données tout au long de ces années d'études, pour pouvoir en arriver là.

" الحمد والشكر لله "

*Nous tenons à remercier notre encadrant, le Professeur **Laid BENDERRADJI** Qui a accepté de nous encadrer, pour toute son aide, sa présence, son suivi et sa confiance.*

*Nous tenons à exprimer notre gratitude aux membres du jury qui ont accepté de juger ce travail, à savoir le Professeur **GHADBANE Mouloud** et Docteur **ADOUI Nabila**.*

*Nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué à ce travail au niveau des moulins HODNA, surtout les ingénieurs du laboratoire. Mr. **HACHI Islam**, M^{elle} **CHEMIMET Hanane**, M^{elle} **DJAIDJA Bouchra**.*

*Un grand merci tout particulier à la gentille M^{elle} **BOUZROURA Meriem** pour tous les efforts et facilités qu'elle nous a fournis.*

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à nos parents, frères et sœurs ainsi qu'à toute personne qui a contribué, de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Merci.

Dédicaces de Bilal

Je dédie ce travail à la personne la plus chère, la femme la plus importante de ma vie,

ma mère

A l'homme qui m'a toujours fait l'exemple et ma fierté,

mon père

A mes frères Hicham, Abdallah, Hamza et Mahdi, ainsi qu' à leurs femmes et enfants.

À tous et à toute qui portent le nom de famille

« **Attri** » et « **Ali Chikouche** ».

A tous mes amis de vie, compagnons d'études, et à tous ceux qui ont été gentils avec moi,

Merci beaucoup

Dédicaces de Naima

J'ai le grand honneur de dédier le fruit de mes longues années
d'études tout d'abord :

A mon père, celui qui fait le bon exemple dans la vie

A ma mère qui à œuvrer pour ma réussite, par son amour, son
soutien, ses sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour
toute son assistance et présence dans ma vie ; l'expression de
mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

A mes très chers frères : Ramzi et Azzedine, qui m'ont
encouragé et m'ont soutenu tout au long de mon parcours
universitaire

A tous les membres de ma famille et toutes les personnes qui
porte le nom ATTAR

A Mon binôme : ATTRI Bilal et LAACHECHE Bassma

A tous mes amis sans exception, et en particulier Madiha,
Batoul, Islem et Bariza.

Naima

Dédicaces de Bassma

Je dédie ce travail à :

À ma chère mère miséricorde de dieu pour lui, qui a toujours voulu que j'arrive à cet endroit, qui m'a soutenu tout au long de mon parcours académique, et auquel je souhaitais assister aujourd'hui, mais le destin a voulu qu'elle nous quitte, que Dieu lui fasse miséricorde.

A mon cher père qui m'a soutenu tout au long de mon parcours universitaire

A mes chers frères : Salah et Rouchi

A mes chères sœurs Mariem et Marya

A toute ma famille et surtout ma tante Samira

A mes amis et mes collègues : Naima, Bilel, Batoul et Islem.

Bassma

Liste des abréviations

H %	Taux d'humidité
A %	Taux d'acidité
KG/HL	Kilogramme par Hectolitre
PMG	Pois de 1000 grains
PS	Poids Spécifique
FAO	Food Alimentary Organization
ITGC	Institut Technique des Grandes Cultures
N A	Norme Algérienne
SDS	Sodium Dodecyl Sulfate
G S	Gluten Sec
G H	Gluten Humide
K	Potassium
NaCl	Chlorure de Sodium
MAS	Monetary Authority of Singapore
Rt	Refus de Tamis
SNA	Séparateur-Nettoyeur-Aspirateur
W	Force boulangère
P/L	Rapport de configuration
ISO	International Standardisation Organisation
N°	Numéro
min	Minute
g	Gramme
µm	Micromètre

Liste des Figures

Intitulé de la figure	P
Figure 1. Blé tendre <i>Triticum aestivum</i>	2
Figure 2. Phylogénie du blé tendre	3
Figure 3. Classification botanique du blé tendre (Mazoyer, 2002)	4
Figure 4. Partie du grain de blé	6
Figure 5. Caractéristiques physiques des grains de blé tendre	6
Figure 6. Fraction protéiques du blé (Feillet, 2000).	8
Figure 7. Production de blé par état et par territoire en 2020.	10
Figure 8. Production et consommation du blé dans le monde 2018-2023 (FAO, 2023)	11
Figure 9. Production (en quintaux) de blé tendre en la Algérie (ITGC, 2013)	11
Figure 9. Farine de blé tendre	12
Figure 10. Composition chimique de la farine du blé tendre	14
Figure 11 : Vue satellitaire des Moulins du HODNA	15
Figure 3 : Moulins du HODNA de l'extérieur (Vue générale et entrée)	16
Figure 13: Diagramme de mouture Moulins Hodna M'sila (Agrodiv M'sila)	17
Figure 14 : Camion sur pont bascule	18
Figure 4 : Décharge le blé tendre en trémie	18
Figure 16 : Trémie	18
Figure 5. Aimant magnétique	19
Figure 6. Séparateur Nettoyeur Aspirateur (S. N. A) + Tarare	19
Figure 7 : Epierreur	20
Figure 20: Batterie de triage	20
Figure 8: Brosse	21
Figure 9 : Mouilleur (Moulins Agrodiv)	22
Figure 23 : Broyeur	23
Figure 24 : Plansichter	23
Figure 25 : Convertisseur	23
Figure 26 : Sasseur	24
Figure 27 : Plansichter de sureté	24
Figure 28 : Ensachage (5 kg et 1 kg) dans l'unité de production	25
Figure 29 : Sonde	28
Figure 30 : Impuretés de prélèvement-1-	31

Figure 31 : Nilema-litre	32
Figure 32 : Le He 50	32
Figure 33 : Compteur des grains	33
Figure 34 : Moulin d'essai	35
Figure 35 : Brabender	35
Figure 36 : Four à moufle	37
Figure 37 : Dessiccateur	37
Figure 38 : Point équivalent (rose pale)	39
Figure 39 : Perten gluten humide centrifuge	40
Figure 40 : Glutork	41
Figure 41: Alvéographe chopin	44
Figure 42 : Bulle de la pâte sur alvéographe	44
Figure 43 : Plansichter de laboratoire	44
Figure 44 : Tamis	44
Figure 45 : Humidité de blé tendre	45
Figure 46 : Poids spécifique	48
Figure 47 : Poids de 1000 grains	49
Figure 48 : Indice de sédimentation «Zeleny "	50
Figure 49 : Taux d'Humidité	51
Figure 50 : Teneur en cendre	52
Figure 51 : Teneur de l'acidité grasse	53
Figure 52 : Teneur en gluten humide	53
Figure 53 : Teneur en gluten sec	54
Figure 54 : Taux de granulation [Refus de tamis 200]	55

Liste des Tableaux

Tableau	P
Tableau 1. Classement des principaux états du monde par production du blé (Atlasocio, 2022).	10
Tableau 2. Production (en quintaux) de blé en Algérie (ITGC, 2013)	11
Tableau 3. Types de la farine de blé tendre	13
Tableau 4. Caractéristiques de la farine	14
Tableau 5: Trituration de blé tendre et production de la farine dans les moulins du HODNA 2012-2022 (Statistiques, 2023).	16
Tableau 6 : Analyses effectuées	26
Tableau 7 : Détermination de la teneur en impuretés	30
Tableau 8 : Indice de sédimentation	34
Tableau 9: Echelle de notation	42
Tableau 10 : Impuretés de blé tendre	46
Tableau 11 : Taux d'alvéographe de Chopin	56

Résumés

Résumé

Le blé en général et le blé tendre en particulier sont considérés comme l'une des denrées alimentaires les plus importantes au monde, et la production locale de cette matière est insuffisante (elle n'a pas atteint l'autosuffisance en Algérie), elle est donc importée et distribuée aux moulins. Dans ce travail, nous avons fait quelques analyses dans les moulins de l'état de M'sila et connaissant la qualité et la valeur technologique de la farine de blé tendre Et nous avons obtenu des résultats proches avec une légère différence due à cette différence due à des raisons notamment * Récolte dans un climat sec * Stockage, qui à son tour affecte la détermination de la teneur en eau, en cendres et en gluten. Et les analyses que nous avons effectuées incluent _ connaître la teneur en humidité du blé et de sa farine _ connaître le pourcentage de gluten sec et humide _ connaître la taille de la sédimentation _ Connaître le poids spécifique du blé _ Test de Zeleny _ Poids de 1000 grains de blé.

Mots Clés: Blé tendre, Transformation technologique, Farine, Analyses physico-chimiques, Tests qualitatifs.

ملخص

يعتبر القمح بشكل عام والقمح اللين الشائع بشكل خاص من أهم المواد الغذائية في العالم، والإنتاج المحلي من هذه المادة غير كافٍ (لم تصل الجزائر إلى الاكتفاء الذاتي)، لذلك يتم استيرادها وتوزيعها على المصانع. في هذا العمل قمنا ببعض التحليلات في مطاحن الحضنة بولاية المسيلة ومعرفة الجودة والقيمة التكنولوجية لدقيق القمح اللين وحصلنا على نتائج مقاربة مع اختلاف طفيف. يعود هذا الاختلاف لأسباب منها * نوعية القمح * التخزين * المناخ الزراعي، والذي بدوره يؤثر على تحديد الرطوبة و الرماد و محتوى الغلوتين. وتشمل التحليلات التي قمنا بها معرفة محتوى الرطوبة للقمح ودقيقه _ معرفة نسبة الغلوتين الجاف والرطب _ معرفة حجم الترسيب _ معرفة الوزن النوعي للقمح _ اختبار زيليني _ وزن 1000 حبة قمح.

الكلمات المفتاحية : - القمح اللين، المعالجة التكنولوجية، الدقيق، التحليل الفيزيوي- كيميائي، تحاليل الجودة.

Abstract

Wheat in general and common wheat in particular are considered one of the most important foodstuffs in the world, and the local production of this material is insufficient (it has not reached self-sufficiency in Algeria), it is therefore imported and distributed to the mills. In this work we have done some analyzes in the mills of the state of M'sila and knowing the quality and technological value of soft wheat flour and we have obtained close

results with a slight difference due to this difference due for reasons including * Harvesting in a dry climate * Storage, which in turn affects the determination of moisture, ash and gluten content. And the analyzes we have done include _knowing the moisture content of wheat and its flour _ knowing the percentage of dry and wet gluten _ knowing the size of sedimentation _ knowing the specific weight of wheat _ Zeleny' test _ Weight of 1000 grains of wheat.

Key Words: Bread wheat, Technological transformation, Flour, physico-chemical analysis, Qualitative tests.

Sommaire

Sommaire

Intitulé	P
Remerciements	I
Dédicaces	II
Liste des abréviations	V
Liste des figures	VI
Liste des tableaux	VIII
Résumés	IX
Sommaire	XI
Introduction	1
Chapitre I : Revue Bibliographique	
I. 1. Blé tendre (<i>Triticum aestivum</i>) : Historique, Origine et systématique	2
I. 1. 1. Historique et Origine	2
I. 1. 2. Systématique	3
I. 2. Blé tendre (<i>Triticum aestivum</i>) : Description de la plante	4
I. 2. 1. Appareil végétatif	4
I. 2. .2 Appareil reproducteur	4
I. 2. 3. Composition histologique et structure du grain de blé	5
A. Enveloppes	5
B. Germe	5
C. Albumen	5
D. Caractéristiques physique des grains de blé tendre	6
1. 2. 4. Composition chimique	7
A. Glucides	7
B. Protéines (Gluten)	7
C. Lipides	7
D. Amidon (glucides)	7
E. Protides et Protéines	8
F. Matière minérale et autres constituants (Vitamines, Enzymes, Pigments et Eau)	8
1. 2. 5. Importance économique de blé tendre	8
1. 2. 6. Blé tendre dans le monde et en Algérie	9
1. 2. 7. Utilisation de blé tendre	12
1. 3. Farine de blé tendre	12
1. 3. 1. Définition	12
1. 3. 2. Types de farines	13
1. 3. 3. Composition chimique de la farine du blé tendre	13

1. 3. 4. Caractéristique organoleptique	14
Chapitre II : Matériel et Méthodes	/
II. 4. Généralités et caractérisation (machines et du produit)	/
II. 4. 1. Présentation des moulins du HODNA (AGRODIV) de M'sila	15
II. 4. 2. Localisation des moulins de HODNA	16
II. 4. 3 Diagramme de mouture	17
II. 4. 4. Traitement du blé tendre (Après arrivage dans l'entreprise)	18
II. 4. 5. Contrôle de la qualité des grains à l'arrivée	18
II. 5. Technologie de la transformation du blé tendre	19
II. 5. 1. Pré-nettoyage de la matière première	19
II. 5. 2. Nettoyage	19
II. 5. 3. L'aimant ou séparateur magnétique	19
II. 5. 4. Epierreur	20
II. 5. 5. Batterie de Triage (Trieurs)	20
II. 5. 6. Séparateur –Nettoyeur-Aspirateur (S.N.A)	21
II. 5. 7. Brosse et époinseuse	21
II. 5. 8. Conditionnement	21
II. 6. Mouture	22
II. 7. Produits de la mouture	25
II. 7. 1. Ensachage, emmagasinage et condition de stockage des produits finis	25
Première partie : Analyses physico-chimiques de la matière première et du produit fini	/
II. 8. Analyses effectuées	26
II. 8. 1. Matériel végétal (Matière première)	27
II. 8. 1. Matériel de laboratoire et machinisme	27
II. 8. 2. Méthodes d'analyses physico-chimiques	27
II. 8. 2. 1. Echantillonnage (NA737/1990)	27
II. 8. 2. 2. Echantillonnages dans les produits en vrac	27
II. 8. 2. 3. Echantillonnage dans les sacs	28
II. 8. 2. 4. Produits et Mode opératoire	28
II. 8. 2. 4. Analyse organoleptique	29
II. 8. 2. 4. Analyses physiques de la matière première	29
Deuxième partie : Exposition des résultats	/
II. 8. 2. 5. Prélèvements	31
II. 8. 2. 6. Détermination de Poids spécifique (PS) ou Poids à l'hectolitre (PHL)	31

II. 8. 2. 6. Détermination de la teneur en eau (mesure de l'humidité rapide)	31
II. 8. 2. 7. Détermination de la teneur en eau (mesure de l'humidité rapide)	32
II. 8. 2. 8. Détermination de la masse de 1000 grains	33
Troisième partie : Analyses physicochimique de la matière première	/
II. 8. 2. 9. Détermination de l'indice de sédimentation (Test de Zeleny) SDS	34
Quatrième partie : Analyses Physico-chimiques effectuées sur la farine	/
II. 8. 2. 10. Détermination de la teneur en eau (mesure de l'humidité rapide)	36
II. 8. 2. 11. Détermination des cendres, méthode par incinération a 900°C	36
II. 8. 2. 12. Détermination de la teneur en eau	36
II. 8. 2. 13. Détermination de l'acidité grasse	38
II. 8. 2. 14. Teneur en eau de l'échantillon pour essai	38
II. 8. 2. 15. Détermination du gluten humide	39
II. 8. 2. 16. Détermination du gluten sec	41
II. 8. 2. 17. Test à l'alvéographe Chopin : (ISO 5530/4)	41
II. 8. 2. 18. Détermination de taux d'affleurement (granulation)	44
Chapitre III. Résultat et Discussion	/
Première Partie : Résultats des analyses physico-chimiques de la de matière première (blé tendre)	/
III. 9. Tests organoleptiques de blé tendre	45
III. 9. 1. Analyses physiques de la matière première	45
III. 9. 1. 1. Teneur en eau	45
III. 9. 1. 2. Détermination des impuretés (Agréage des blés tendre)	46
III. 9. 1. 3. Le poids spécifique (PS)	47
III. 9. 1. 4. Poids de 1000 grains (PMG)	48
III. 9. 1. 5. Indice de sédimentation «Zeleny "	49
Deuxième Partie : Analyses physico-chimiques de la farine	/
III. 10. Test organoleptique de la farine	50
III. 10. 1. Taux d'Humidité (H)	50
III. 10. 2. Teneur en cendre	51
III. 10. 3. Teneur de l'acidité grasse	52
III. 10. 3. Teneur en gluten humide	53
III. 10. 4. Teneur en gluten sec	54
III. 10. 5. Taux de granulation (affleurement)	54
III. 10. 6. Taux d'alvéographe de Chopin	55
Conclusion	57
Références bibliographiques	59

Introduction

Introduction

Les produits céréaliers constituent la base de l'alimentation humaine dans la plupart des pays du monde, du fait qu'ils apportent la plus grande part des protéines de la ration alimentaire. Ils fournissent 57% de protéines consommées contre 23% apportées par les tubercules et les légumineuses ainsi que 20% par les produits d'origine animale (**Godon, 1982**).

Le blé est la céréale la plus produite et la plus consommée à travers le monde. La facilité avec laquelle il peut être produit, en s'adaptant à des sols et des climats variés, ainsi l'existence de variétés adaptées à différents milieux et résistantes à de nombreuses maladies permettent de le cultiver dans un large éventail de pays. Selon le blé d'hiver ou de printemps, la période de plantation dans l'année est différente, à savoir, le premier type est planté de Septembre à Novembre et voire même à décembre dans l'hémisphère Nord et il est récolté à compter du mois de Juin. Pour le second type, le semis se fait au cours du printemps et il est récolté vers la fin de l'été ou le début de l'automne (Août, Septembre et Octobre) (**Chiboub, 2000**).

La qualité technologique du blé tendre (*Triticum aestivum* L.) et l'amélioration de sa farine panifiable reste parmi les principales préoccupations des céréaliers. La qualité dépend essentiellement de protéines de réserve du blé, dont principalement le groupe des prolamines qui englobent les gliadines et les gluténines. En effet, ces protéines sont déterminantes à la capacité du gluten à former un réseau viscoélastique, essentiel aux processus technologiques (**Shewry, 1997**).

Notre travail est articulé autour de trois chapitres, à savoir, le premier chapitre qui est une étude bibliographique comporte deux parties d'où la première partie est consacrée aux généralités sur le blé tendre, et la deuxième partie présente des généralités et la caractérisation de la farine panifiable ; alors que le deuxième chapitre est consacré à une étude expérimentale comportant ainsi le matériel biologique et technologique et les différentes méthodes utilisées dans les différents tests technologiques (test de sédimentation, pois spécifique, masse (poids) de 1000 grain, test alvéographe ...) et dans le troisième chapitre, on a présenté l'ensemble des résultats obtenus et leur Interprétation. Le travail s'est terminé par une conclusion tout en signalant les perspectives de cette étude et enfin une liste des références bibliographiques utilisées pour bien élucider ce travail.

Chapitre I

Revue Bibliographique

Chapitre I : Revue Bibliographique

I. 1. Blé tendre (*Triticum aestivum*) : Historique, Origine et systématique

I. 1. 1. Historique et Origine

Le blé tendre (*Triticum aestivum*) est né il y a 10000 ans lors de la naissance de l'agriculture dans le « croissant fertile », qui permettra ensuite l'émergence de la civilisation occidentale. Il résulte du croisement entre un blé tétraploïde et d'une graminée sauvage, Cette céréale s'est ensuite diffusée au cours du temps en apparaissant vers : -5 000 en Europe en passant par le nord du bassin méditerranéen ; -6000 en Afrique via l'Egypte ; -6500 en Asie par la route de la soie (**Bonjean, 2001**).

Cette céréale s'est ensuite diffusée au cours du temps en apparaissant vers : -5 000 en Europe en passant par le nord du bassin méditerranéen ; -6000 en Afrique via l'Egypte ; -6500 en Asie par la route de la soie. Il apparait plus tardivement en Amérique et en Australie, respectivement au XV^e et à la fin du XVIII^e, soit à l'époque des grandes découvertes et colonisations, Si le blé occupe une place importante dans nos sociétés occidentales, c'est qu'il a été à l'origine du développement agricole et des civilisations antiques méditerranéennes dont l'alimentation des populations s'est structurée autour de cette plante (**Figure 1**) (**Bonjean, 2001**).



Figure 1. Blé tendre *Triticum aestivum*

Le blé tendre est un blé hexaploïde ($2N = 6 X = 42$) résultant d'une allopolyploidisation dont la généalogie est maintenant bien connue, La phylogénie des blés polyploïdes a fait l'objet d'intenses recherches et spéculations au cours des 70 dernières années. Diverses approches expérimentales ont été employées pour déterminer les progénitures diploïdes de ces blés. L'espèce ayant donné le génome D à *Triticum aestivum* a été identifié sans équivoque comme étant *Aegilops squarrosa*. Sur la base des preuves de nombreuses études, *Triticum monococcum* a été impliqué comme source du génome A à la fois dans *Triticum turgidum* et *Triticum aestivum*. Cependant, de nombreuses études depuis 1968 ont montré que *Triticum urartu* est très proche de *Triticum monococcum* et qu'il porte

également le génome A. Ces études ont suscité la spéculation selon laquelle *Triticum urartu* pourrait être le donneur de cet ensemble de chromosomes chez les blés polyploïdes.

Le donneur du génome B de *Triticum turgidum* et *Triticum aestivum* reste équivoque et controversé. Six espèces diploïdes différentes ont été impliquées comme donneurs putatifs du génome B : *Aegilops bicornis*, *Aegilops longissima*, *Aegilops searsii*, *Aegilops sharonensis*, *Aegilops speltoides* et *Triticum urartu*. Jusqu'à récemment, les preuves présentées par différents chercheurs n'avaient pas permis une identification sans équivoque de l'ancêtre du génome B chez les blés polyploïdes. Des études récentes, impliquant tous les blés diploïdes et polyploïdes et les donneurs putatifs du génome B, ont conduit à la conclusion qu'*Aegilops speltoides* et *Triticum urartu* peuvent être exclus en tant que donneurs du génome B et qu'*Aegilops searsii* est la source la plus probable de cet ensemble de chromosomes.

La possibilité que le génome B soit issu d'un AA autotétraploïde ou ait une origine polyphylétique est discutée (Figure 2) (Kerby, 2011).

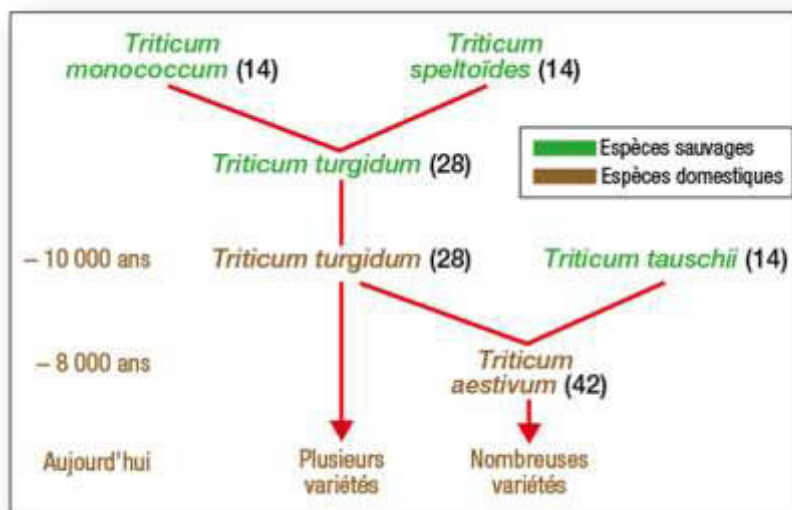


Figure 2. Phylogénie du blé tendre

I. 1. 2. Systématique

Le blé tendre (*Triticum aestivum*) est une espèce de plante monocotylédone qui appartient au genre *Triticum*, C'est une céréale dont le grain est un fruit sec indéhiscant appelé caryopse constitué d'une graine et de téguments (Feillet, 2000).

Le blé est une plante annuelle herbacée, monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille des graminées (Figure 3).

Règne	Végétal
Embranchement	phanérogames.
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Monocotylédones
Ordre	graminales
Famille	graminacées (poacées)
Genre	<i>Triticum.</i>
Espèces	<i>Triticum vulgare</i> aussi appelé <i>Triticum aestivum</i>

Figure 3. Classification botanique du blé tendre (**Mazoyer, 2002**)

I. 2. Blé tendre (*Triticum aestivum*) : Description de la plante

I. 2. 1. Appareil végétatif

L'appareil végétatif se compose de deux types de ramification, à savoir, les antennes et l'autre racine. Le système antennaire est constitué d'une tige charnue et de pousses émergeant du plateau Sélection appuyée par des marqueurs snp de blé tendre et analyse phénotypique (*Triticum aestivum* L.) Taller. La tige ou le chaume est constitué d'entre-nœuds séparés par des nœuds ou des bandes de tissus méristématique à partir duquel les entre-nœuds s'étendent et fonctionnent comme des sommets de fixation des feuilles. Les feuilles sont alternes et chacune a une partie supérieure et inférieure correspondant respectivement au limbe et à la gaine (**Hubert, 1998**).

L'appareil racinaire du blé Deux systèmes racinaires continus, systèmes de graines avec des racines fonctionnant au-dessus sus le déroulement du cycle végétal (**Grignac, 1965**). La graine à 6 racines (**Colnenne et al., , 1988**). Ce système est soutenue par un système racinaire adventif assurant ainsi la nutrition des plantes pendant les périodes actives.

I. 2. .2 Appareil reproducteur

Les fleurs sont regroupées en une inflorescence composée d'unités morphologique de base : les épillets .Chaque épillet compte deux glumes bractées renfermant de deux à cinq fleurs distiques sur une rachéole (**Soltner, 1988**).

I. 2. 3. Composition histologique et structure du grain de blé

Le fractionnement du blé est plus problématique aujourd'hui que jamais beaucoup de recherches. Pour améliorer le processus de tri, vous Mieux utiliser les différentes parties du grain. Il est nécessaire Apprenez à connaître sa structure.

Les grains de blé sont des caryopses composés de fruits secs Une seule graine solidement soudée à la coque du fruit qui la contient. En épi, les grains sont entourés d'enveloppes. Marié et marié. Et Au niveau morphologique, les grains de blé sont ovoïdes et présents ventralement crêtes pleine longueur (**Surget & Barron 2005**).

Les grains de blé ont une forme ovoïde plus ou moins allongée dont l'examen montre un dos plus ou moins courbé et une face ventrale à rainures profondes. En haut, des poils courts forment un pinceau et dans sa partie inférieure on peut voir le germe sur la face dorsale. La couleur du blé varie du rouge au blanc selon le pays d'origine (**Jacquemin, 2012**).

Le grain de blé est constitué de trois grandes parties le germe, l'albumen et les enveloppes.

A. Enveloppes

Sont composées de cinq tissus différents : Le péricarpe externe, le péricarpe interne, formé par la couche de cellules tubulaires et la couche de cellules croisées, la testa ou tégument séminal et la bande hyaline ou épiderme du nucelle (**Lesage, 2011**).

B. Germe

Composé d'un embryon. La longueur des grains est comprise entre 5 et 8 mm, sa largeur entre 2 et 4 mm, son épaisseur entre 2,5 et 3,5 mm. Le grain est principalement constitué d'amidon (environ 70%), de protéines (10 à 15% selon les variétés et les conditions de culture) et de pentosanes (8 à 10%) ; les autres constituants, pondéralement mineurs (quelques pourcents seulement), sont les lipides, la cellulose, les sucres libres, les minéraux et les vitamines (**Feillet, 2000**).

C. Albumen

Constitue le plus important compartiment du grain et représente environ 80% de son poids (**Pomerayn, 1988**), constitué de l'album en amylacé (au sein duquel subsistent des cellules remplies de granules d'amidon dispersés au milieu d'une matrice protéique et dont les parois cellulosiques sont peu visibles) et de la couche à aleurone (80-85% du grain) (Figure 4) (**Feillet, 2000**).



Figure 4. Partie du grain de blé

D. Caractéristiques physique des grains de blé tendre

Selon (Jeantet, 2007), les caractéristiques physiques des grains de blé tendre sont les suivants (Figure 5) :

Espèce	• <i>Triticum aestivum</i> ou vulgare
Poids spécifique (kg.hl)	• 70-80
Masse de mille grains	• 25 à 60g
Aspect	• Forme ronde, peu allongée sillon fermé, enveloppes rousses, épis peu barbus
Longueur	• 5 à 8mm
Épaisseur	• 2.5 à 3.5mm
Largeur	• 3 à 4mm
Caractéristiques physiques de l'amande	• Farineuse, peu résistante à l'écrasement
Rendements mouture	• Farine : 75-80% . Son : 12-15% . Remoulages : 5-7%
Minéralisation de l'amande (% cendre)	• ≈0,30-0,35 %

Figure 5. Caractéristiques physiques des grains de blé tendre

1. 2. 4. Composition chimique

Principalement des glucides, en particulier sous forme d'amidon grains importants et lipides ou graisses, ingrédients principaux Les graines oléagineuses sont composées de carbone, d'hydrogène et d'oxygène. Protéines présentes L'azote est également présent sous forme de protéines. En général. Les céréales ne sont pas riches en protéines contrairement aux protéagineux (pois, haricot), Huile protéique (colza, tournesol, soja) **(Feillet, 2000)**

A. Glucides

Les glucides se présentent sous la forme de plusieurs sucres simples, se sont des composés plus ou moins complexes. Le plus important est l'amidon, qui est facile à digérer. C'est le composant principal des céréales (60-65 % en poids dans le blé contre 70-73% de cellulose en poids de maïs, dont le péricarpe est un glucide complexe difficile à digérer pour les personnes ayant un monogastrique **(Feillet, 2000)**.

Les glucides sont composés de carbone, d'hydrogène et d'oxygène. Les glucides sont des substances particulièrement énergétiques, significativement plus élevé dans le blé (> 60 % poids humide ou > 80 % poids sec), Ils sont principalement composés d'amidon, de sucres complexes, Particules sphériques ou lenticulaires d'un diamètre de 1 à 40µm **(Benamor, 2007)**.

B. Protéines (Gluten)

Le gluten est une substance viscoélastique obtenue par lessivage. Quantitativement, c'est le deuxième composant des céréales **(Feillet, 2000)**. C'est essentiellement des protéines macromoléculaires constituées d'acides aminés de poids moléculaire relativement élevé (supérieur à 70000 Daltons), **(Benamor, 2007)**.

C. Lipides

Ils constituent en moyenne 2 à 3 % des grains secs de blé et sont majoritairement associés à Protéines et amylose. Ceux-ci incluent les acides gras insaturés (oléique et linoléique).des acides gras saturés (acide palmitique, acide stéarique) et enfin des lipides libres (extrait à l'éther) **(Benamor, 2007)**.

Ils sont gros. Ils sont très concentrés sur les céréales germe. Contient 1 à 2% de blé et 5 % de maïs. Dans les oléagineux, ils sont Il est également abondant dans l'endosperme. 22% pour le soja, 45% colza, 50% tournesol **(Feillet, 2000)**.

D. Amidon (glucides)

L'amidon est le polysaccharide de réserve le plus important des plantes supérieures. 60-72% dans la nature, amandes Une poudre constituée de particules de différentes tailles.

Il appartient au polymère La propriété fonctionnelle la plus importante des aliments en raison de son pouvoir gélifiant, Epaississant et fixateur d'eau (Feillet, 2000).

E. Protides et Protéines

Ce sont des composés azotés sous forme simple (acides aminés), sous une forme plus complexe (protéine). Teneur en protéines des céréales et Les protéines varient selon les espèces, atteignant en moyenne 43 % dans le soja, 12 % dans le blé, 11 % dans l'orge et seulement 10 % dans le maïs. Comme la lysine, elle est essentielle en nutrition animale (croissance) (Figure 6) (Feillet, 2000).

Fraction protéique	Solvants	Composition en %
Albumines	Eau	9
Globulines	NaCl 0,5M	8
Gliadines	Ethanol à 70%	43
Glutamiques	insoluble	40

Figure 6. Fraction protéiques du blé (Feillet, 2000).

F. Matière minérale et autres constituants (Vitamines, Enzymes, Pigments et Eau)

La matière minérale est composée essentiellement du Potassium (K) et Phosphore (P) en plus du Soufre (S) et Magnésium (Mg), Chlorure (Cl) et le Calcium (Ca) ; ces constituants forment 2 à 3% de la matière humide des grains.

La teneur en vitamines des grains de blé est très faible. Il s'exprime par milligrammes, cependant, sa valeur nutritionnelle est importante. Il convient de noter que Le blé est particulièrement riche en vitamine B1 (thiamine) et en vitamine B2 (riboflavine). Vitamine PP (Niacine) (Benamor, 2007). Tandis que les enzymes de blé sont en majorité des amylases, des lipases, des protéases et des lipoxydases, en plus de l'eau et de la pigmentation.

1. 2. 5. Importance économique de blé tendre

Le développement des marqueurs moléculaires durant les dernières années offre la possibilité d'établir de nouvelles approches pour améliorer les stratégies de sélection. Les marqueurs moléculaires deviennent un outil essentiel dans les programmes de sélection du blé tendre (*Triticum aestivum* L.) pour les résistances aux maladies et insectes en offrant des solutions alternatives aux problèmes inhérents à l'utilisation des marqueurs phénotypiques traditionnels. Les marqueurs moléculaires liés aux gènes cibles peuvent être utilisés dans les programmes de sélection assistée par marqueurs (SAM) qui est

particulièrement avantageuse dans le cas de l'amélioration des résistances aux maladies et aux insectes.

En effet, le sélectionneur peut inférer la présence d'un gène par la recherche du marqueur qui lui est étroitement lié et pourra ainsi sélectionner les individus résistants avant même que le caractère considéré ne soit exprimé et en absence du pathogène. En outre, les marqueurs moléculaires sont d'un grand intérêt lors du pyramidage de deux gènes ou plus dans une même variété permettant ainsi une résistance plus constante et à large spectre.

L'amélioration des résistances aux maladies et aux insectes chez le blé, via les marqueurs moléculaires associés aux gènes cibles, contribuera à l'amélioration du rendement de cette culture céréalière à grande importance économique. Nous présentons dans cet article, une brève description des différents types de marqueurs moléculaires, ensuite une synthèse sur les utilisations courantes et potentielles de ceux-ci dans l'amélioration du blé tendre pour les résistances aux maladies et aux insectes (**Najimi, 2003**).

1. 2. 6. Blé tendre dans le monde et en Algérie

Le blé tendre, céréale d'hiver et l'espèce la plus important des blés cultivent dans le monde. En Algérie, le blé tendre est cultivé annuellement sur des superficies importantes. Les grains de blé tendre sont destinés à la meunerie, pour la production de la farine panifiable, utilisée dans la boulangerie. Le blé tendre représente 95% des blés cultivés au niveau mondial (**Shewry, 2006**). Selon la carte du mondiale relative à la production de blé par État, exprimée en tonne (t), le blé est cultivé sur plus de terres que toute autre culture vivrière au monde avec 219 millions d'hectares (ha) en 2020, contre 214,9 millions d'hectares en 2000 ; 237,5 millions d'hectares en 1980 et 204,2 millions d'hectares en 1961. La production mondiale de blé est de 760,93 millions de tonnes (Mt) en 2020, contre 584,99 Mt en 2000, 440,19 Mt en 1980 et 222,36 Mt en 1961 (Figure 7) (**Atlasocio, 2022**).

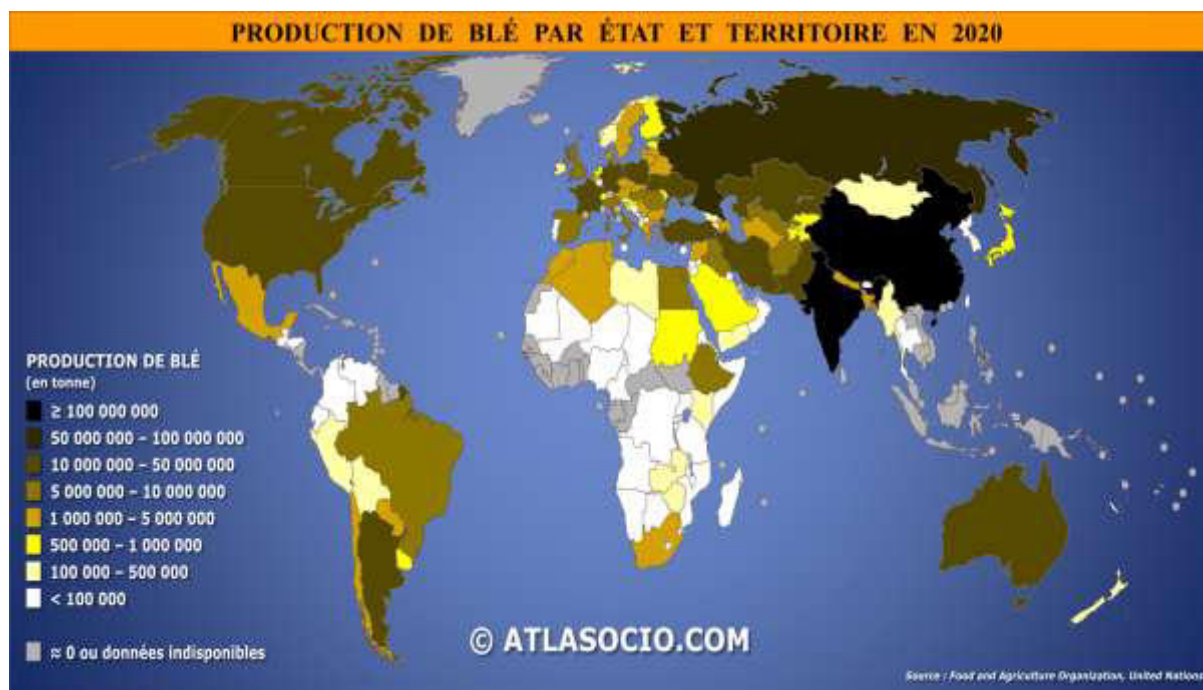


Figure 7. Production de blé par état et par territoire en 2020.

L’Algérie est le troisième pays importateur dans le monde de blé après l’Egypte (12MT) et l’Indonésie (8,9Mt) avec un peu plus de 8 millions de tonnes en 2017. Suivent ensuite le Brésil (6,9 Mt), le Bangladesh (6,8 Mt), l’Union européenne (6,5 Mt), la Turquie (5,8 Mt) et le Mexique (5,2 Mt).

Les principaux fournisseurs de l’Algérie sont la France (4,4 Mt) en 2014 et (3,9 Mt) en 2015), suivi par l’Allemagne (280 x 10³ t en 2014 et 980 x10³ t en 2015) (**Bessaoud, 2018**)

Tableau 1. Classement des principaux états du monde par production du blé (**Atlasocio, 2022**).

N°	Etats	Production du blé (t)/décennie (10 ans)		
		2000	2010	2020
01	Chine	99 636 000	115 181 000	134 250 000
02	Inde	76 368 896	80 803 600	107 590 000
03	Russie	34 460 052	41 507 581	85 896 326
04	Etats-Unis	60 639 976	60 062 408	49 690 680
05	Canada	26 535 500	23 299 600	35 183 000
06	France	37 355 957	38 207 431	30 144 110
07	Pakistan	21 078 600	23 310 800	25 247 511
08	Ukraine	10 197 000	16 851 300	24 912 350
09	Allemand	21 621 548	23 782 955	22 172 100
10	Turquie	21 000 000	19 674 000	20 500 000

Tableau 2. Production (en quintaux) de blé en Algérie (ITGC, 2013)

Année	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Blé tendre	7899640	2972210	9520791	7962041	7151000	7151000

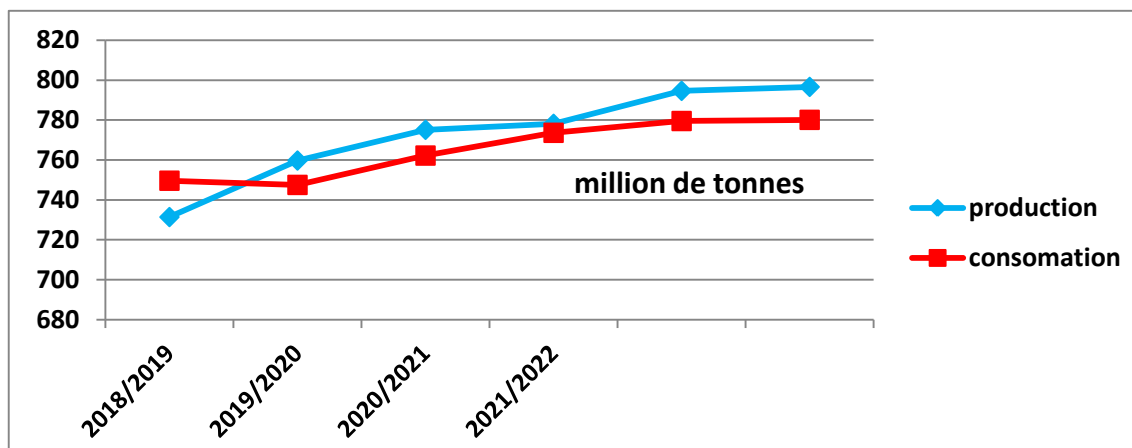


Figure 8. Production et consommation du blé dans le monde 2018-2023 (FAO, 2023)

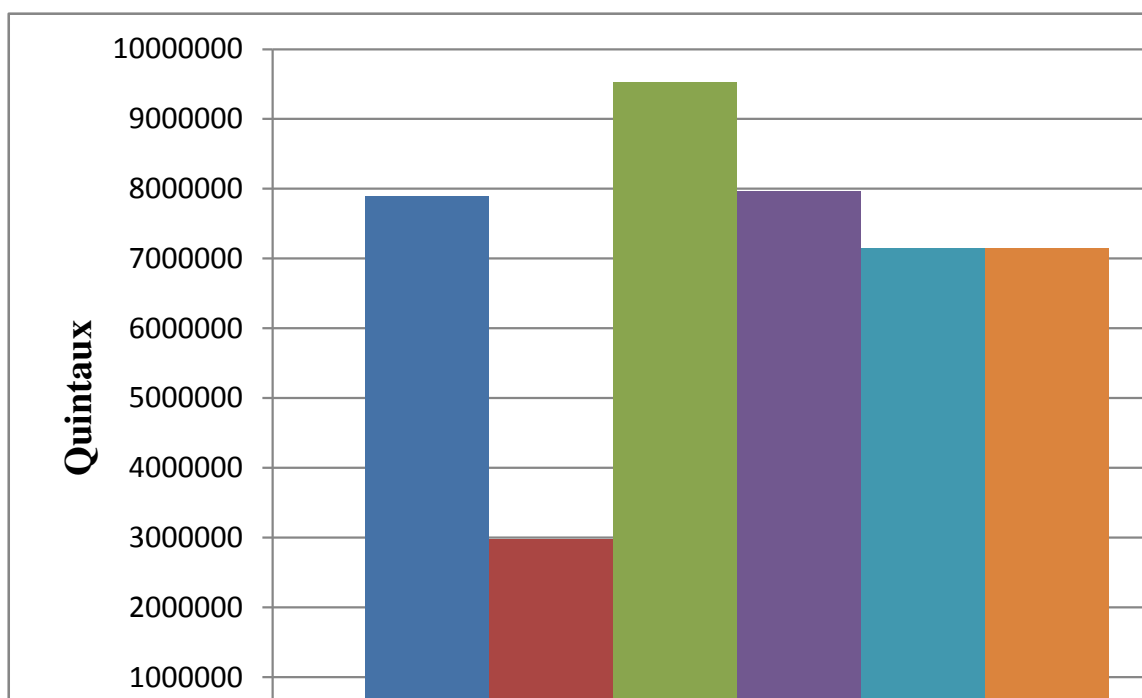


Figure 9. Production (en quintaux) de blé tendre en la Algérie (ITGC, 2013)

1. 2. 7. Utilisation de blé tendre

Le blé tendre est principalement utilisé, pour l'alimentation humaine (en farine mais aussi en grain) et pour l'alimentation animale (paille).Le grain de blé tendre, transformé en farine, est utilisé principalement en boulangerie, pour la fabrication du pain et en pâtisserie, pour la fabrication des gâteaux et des biscuits.

Du point de vue technologique, on distingue les blés vitreux (Hard wheat), riches en protéines et à albumen résistant, ce qui facilite leur broyage, par opposition aux blés farineux (Bread wheat).Parmi les blés vitreux, on trouve les blés de force (Strong wheat) dont l'abondance et la qualité du gluten déterminent une forte absorption d'eau et une élasticité élevée de la pâte, favorable à la rétention de gaz; à l'opposé, les blés faibles (Weak wheat) sont plus pauvres en protéines, et se prêtent bien à l'utilisation en biscuiterie et en pâtisserie. Les farines industrielles combinent des blés différents pour obtenir des farines de qualité régulière. Les sous-produits du blé tendre sont utilisés en pharmacie et en industrie pour la fabrication de biocarburant « éthanol ». (ITGC, 2013).

1. 3. Farine de blé tendre

1. 3. 1. Définition

La dénomination farine de blé ou farine (sans autre qualificatif) est le produit obtenu après mouture d'un lot de blé de l'espèce *Triticum aestivum*. La farine de blé tendre est constituée majoritairement de polymères glucidiques (amidon et pentosanes), d'eau, de protéines (hydrosolubles et insolubles), et de lipides. La farine ne comporte pas d'arômes volatils, mais les enzymes endogènes vont générer des précurseurs de composés d'arômes.

Le tableau 3 présente la composition de la farine boulangère. Source spécifiée non valide. . La farine de blé tendre est le produit de la mouture de l'amande du grain de blé tendre nettoyé et industriellement pur (Figure 9) (BOUDREAU, 1992).



Figure 9. Farine de blé tendre

1. 3. 2. Types de farines

La classification des farines est basée sur la teneur en cendres ou matières minérales. Du type 45 à 150, on passe de la farine la plus blanche (faible taux d'extraction en farine) à la plus « piquée », riche en enveloppes du grain (taux d'extraction en farine élevé). Cette différenciation est basée principalement sur la notion de pureté ou de blancheur, et ne correspond pas à une notion de valeur technologique même si le travail des pâtes est plus aisé avec des farines blanches qu'avec des farines bises et complètes (Romain, 2007).

Tableau 3. Types de la farine de blé tendre

Type	Identifié	Taux de cendre	Taux d'extraction	Humidité : 15.5 %
T45	Farine blanche utilisée pour la pâtisserie.	≤ 0.50	67	
T55	Farine utilisée pour le pain de compagne.	0.50-0.60	75	
T65	Farine blanche sert à faire le pain de compagne, ou tout autre pour des traditions généralement issues de l'agriculture biologique (enrichissement).	0.62-0.75	78	
T80	Farine bise au semi complète utilisée couramment dans les boulangeries biologique sert à faire le pain semi complet.	0.75-0.90	80-85	
T110	Farine complète.	1.00-1.20	85-90	
T150	Farine intégrale est utilisée pour la fabrication du pain complet.	> 1.40	90-98	

Ils existent deux types de farines produites en Algérie, à savoir la farine de type courant et la farine supérieure. Ces deux types de farines sont précisés dans le journal officiel de la république Algérienne № 2 du 08 janvier 1992, au niveau du décret exécutif № 91-572 du 31 décembre 1991 relatif à la farine de panification et au pain (Djiar, 1995).

1. 3. 3. Composition chimique de la farine du blé tendre

Il est important pour le meunier de pouvoir établir la carte d'identité de chacune de ses fabrications. Cela lui permet de classer ses farines et de répondre précisément aux besoins du boulanger. Chaque composant joue un rôle essentiel au moment de la fabrication du pain. On peut les comparer aux pièces d'un puzzle, qui, une fois réunies, assureront la qualité de la panification Parmi les pièces maîtresses, citons l'amidon, composant majeur, non seulement en quantité (il représente presque les deux tiers du

puzzle) mais aussi dans le rôle qu’il tient au moment de la fermentation. Les protéines, bien qu’étant en quantité inférieure, jouent également un rôle essentiel dans la constitution du Gluten (Figure 10) (Himeur, 2018/19).



Figure 10. Composition chimique de la farine de blé tendre

1. 3. 4. Caractéristique organoleptique

Le but de la détermination des caractères organoleptiques est de rechercher l’état de conservation et la détermination de la pureté. Selon (Doumandji A., 2003), les caractéristiques de la farine sont les suivantes :

Tableau 4. Caractéristiques de la farine

Essai au touché	Odeur	Saveur	Couleur
L’essai au touché consiste à serrer dans la main une poignée de farine puis ouvrir et observer : la farine de blé tendre forme une espèce de pelote.	Il s’agit de préparer un pâton avec de l’eau tiède et sentir. L’odeur de la farine est franche, agréable, analogue à celle de la noisette. Les farines bisées ont une odeur qui rappelle celle du son. Une odeur acide, rance, acre indique que la farine est ancienne, et une odeur de moisi indique que la farine est en voie d’altération.	La saveur normale est agréable et caractéristique douçâtre avec arrière-goût amer pour les queues de la mouture. Des altérations déjà prononcées la modifient. L’addition de farine étrangère peut être aussi décelée ainsi que celle de graines parasites (mélilot,..). La farine ne doit pas crisser sous la dent (sable).	La couleur varie avec le taux d’extraction et avec la nature de blé. La farine dont le taux d’extraction moyen (70%) est blanche. Si le taux d’extraction est élevée (80% et plus), la couleur varie du crème au marron clair. Cette couleur indique la présence de piqûres.

Chapitre II

Matériel et méthodes

Chapitre II : Matériel et Méthodes

II. 4. Généralités et caractérisation (machines et du produit)

II. 4. 1. Présentation des moulins du HODNA (AGRODIV) de M'sila

Les moulins du HODNA (AGRODIV) de M'sila, est un complexe industriel et commercial de la filiale des céréales de Constantine qui fait partie du groupe industriel AGRODIV. Elle a fait partie de la société national (SEMPAC) qui s'était mise en marche, en 1965 pour assurer des activités de transformation des blés et avait intégré les installations héritées de la période coloniale dont 62 minoteries, 23semouleries et 9 complexe de fabrication de pâtes alimentaires (Figure 11).



Figure 11 : Vue satellitaire des Moulins du HODNA

Les activités de la société « Les Moulins du HODNA » de M'sila ont débuté en Avril 1981. La société a connu une extension semoulerie en 1993 et la rénovation avec une augmentation de capacité semoulerie et minoterie en 1998. Son effectif est constitué de 207 personnes. Son activité principale est la production et commercialisation des semoules, farines et les issues de meuneries. La minoterie et la semoulerie a été mise en service 1981 avec une capacité de production de 1000 quintaux de blé dur par jour et 100 quintaux de blé tendre et d'une capacité de stockage de 8400 quintaux. Une extension de semoulerie a été mise en service en 1993 avec une capacité de 4000 quintaux/jour et une capacité de stockage de 13 520 quintaux.

II. 4. 2. Localisation des moulins de HODNA

Les moulins du HODNA sont situés à M'sila (Route de Bordj Bou Arreridj) sur la route nationale N°45, avait comme adresse administrative : Boite postale N°111, M'sila, portant les coordonnées suivant: PHJ2+32F, N45, M'sila, Numéro de telephone : 035 35 92 97, Email: riadmsila@yahoo.fr. Le début de trituration de blé tendre en 2012 avec 269967.00 quintaux en atteignant en 2022 : 784658.00 quintaux. La production de la farine en 2012 est de 224549.88 quintaux en atteignant en 2022 une production de 582830.00 quintaux (Figure 12)



Figure 1 : Moulins du HODNA de l'extérieur

(Vue générale et entrée)

Ce développement au cours des dix dernières années a permis à l'entreprise d'atteindre la première place au niveau national (Tableau 5).

Tableau 5: Trituration de blé tendre et production de la farine dans les moulins du HODNA 2012-2022 (Statistiques, 2023).

	Années	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Trituration Blé tendre	Quintaux	296967.00	310654.00	358606.00	368741.00	382048.00	346740.00	340860.00	490180.00	611110.00	614778.00	784658.00
Production farine)		224549.88	230098.22	266355.60	270046.89	284698.40	258045.00	252380.00	363030.00	453138.00	453481.00	582830.00

II. 4. 3. Diagramme de mouture

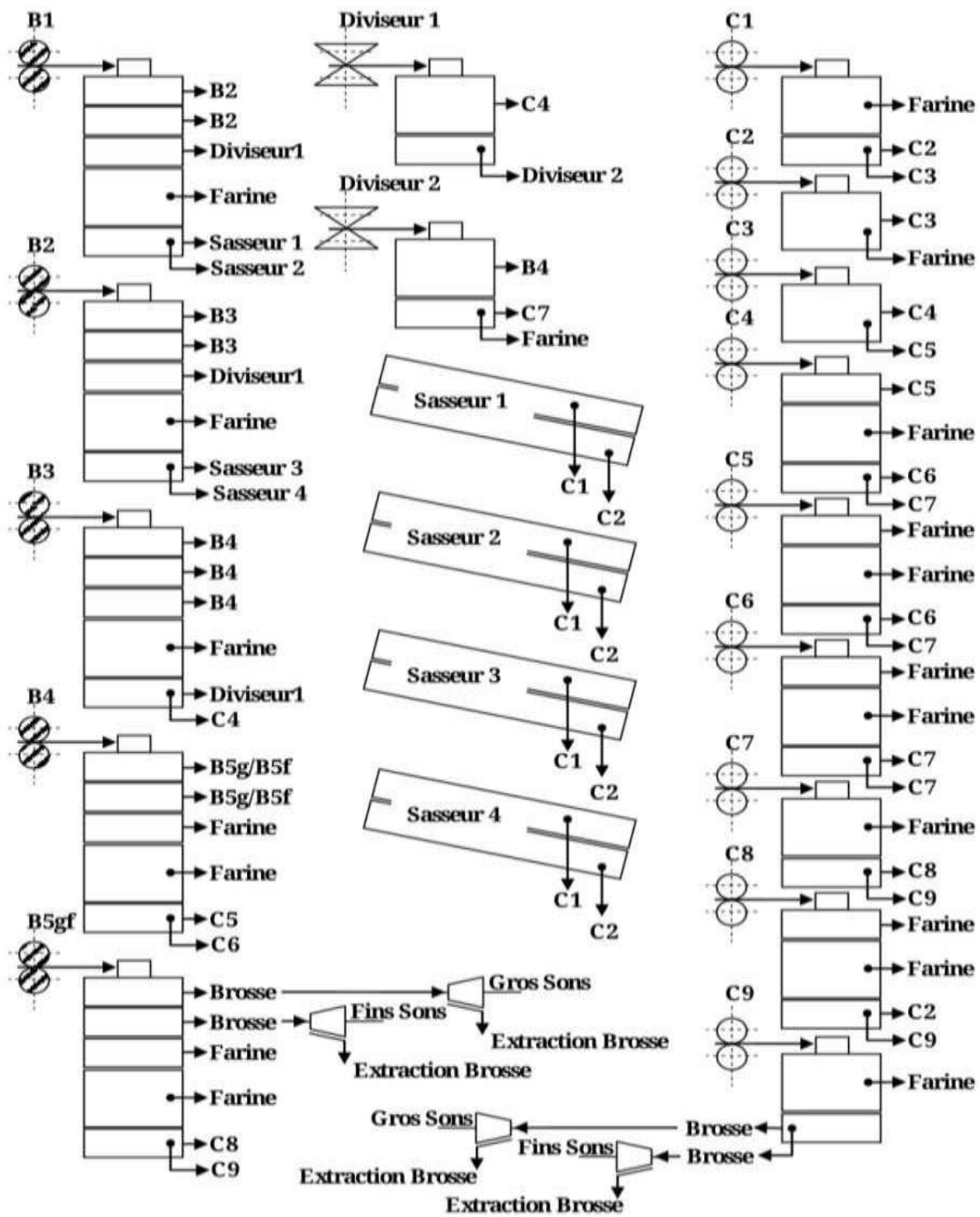


Figure 13: Diagramme de mouture Moulins Hodna M'sila (Agrodiv M'sila)

II. 4. 4. Traitement du blé tendre (Après arrivage dans l'entreprise)

Le premier arrêt est l'arrivée du blé par camion à l'entreprise. Le contribuable effectue les opérations suivantes (Figure 14, 15 et 16)

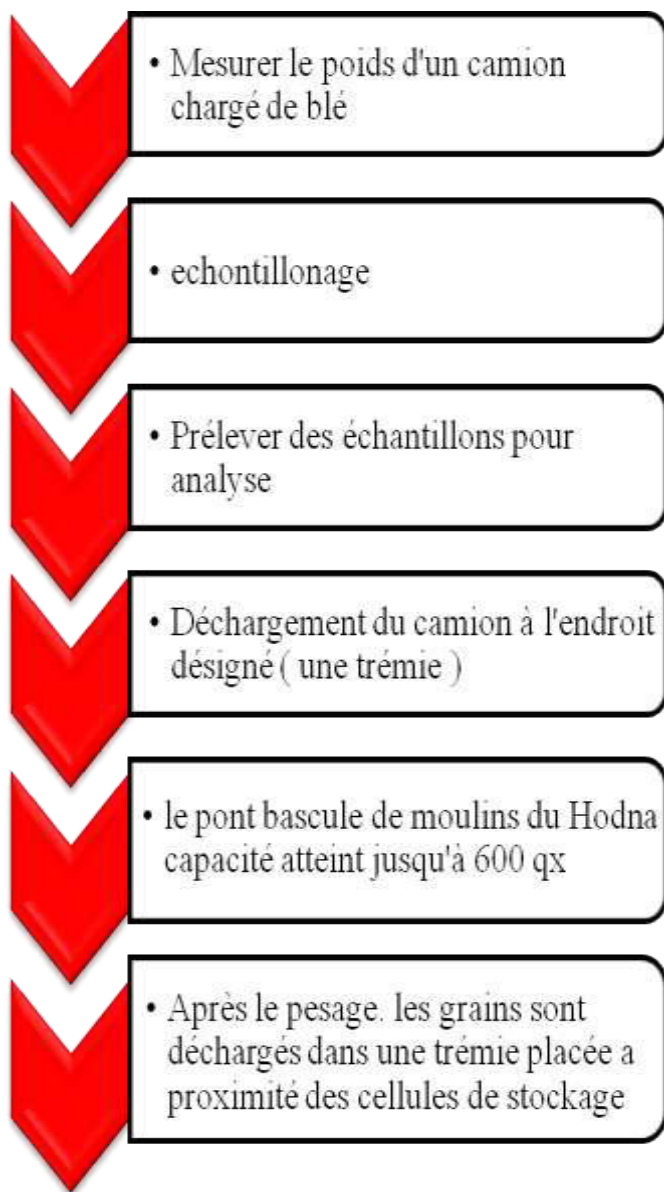


Figure 14 : Camion sur pont bascule



Figure 2 : Décharge le blé tendre en trémie



Figure 16 : Trémie

II. 4. 5. Contrôle de la qualité des grains à l'arrivée

En parallèle du contrôle quantitatif on effectue des prélèvements d'échantillon pour faire des analyses organoleptiques et analyses physico-chimiques : le poids spécifique, le taux d'humidité, le poids de 1000 grains et le taux des impuretés. Ces analyses ont pour but de s'assurer de la qualité du blé et de sa conformité au cahier des charges. Si approuvé, il est stocké dans des silos. Il est à signaler que les premières analyses se font rapidement

II. 5. Technologie de la transformation du blé tendre

II. 5. 1. Pré-nettoyage de la matière première

Le but du pré-nettoyage est d'enlever les gros objets chargés de blé, comme les branches d'arbres et les grosses pierres. La trémie élimine les gros déchets (Figure3). Une chaîne de convoyage envoie le blé sale du bas vers le haut au moyen du seau désigné. Un appareil magnétique (aimant) élimine les métaux ferreux provenant du blé placé en tête du circuit de nettoyage sur le séparateur nettoyeur aspirateur (S.N.A). Un autre aimant doit être placé avant que le blé n'atteigne le moulin

II. 5. 2. Nettoyage

Le plan de nettoyage dans le moulin est une partie importante du processus de production car il détermine la qualité du blé qui sera utilisé pour la mouture. Dans le but d'éliminer toutes les impuretés du blé.

Les grains étrangers : graines longue (orge, avoine,...) ou rondes (nielles...). La poussière qu'est attachée à l'intérieur du sillon. Les corps étrangers tels que la paille, balles, pierres, et corps métalliques.

Le nettoyage fait appel à plusieurs méthodes, basées sur les propriétés physiques et aérodynamiques de la graine de blé afin de le séparer des impuretés, en se basant aussi sur les équipements suivants :

II. 5. 3. L'aimant ou séparateur magnétique

Le but de l'aimant est d'enlever tous les objets métalliques dans le blé généralement on le place en tête du circuit de nettoyage, et est placé à la sortie du séparateur nettoyeur. Ainsi, minimisant les risques et les dommages que peut produire une étincelle dans un environnement poussiéreux (Figure 17 & 18).



Figure 5. Aimant magnétique



Figure 4. Séparateur Nettoyeur Aspirateur (S. N. A) + Tarare

II. 5. 4. Epierreur

Cette machine fonctionne pour se débarrasser des matériaux inertes qui ont les mêmes dimensions que les grains de blé et diffèrent par leur poids spécifique. Comme des petites pierres, cette machine se compose d'un tamis incliné qui fonctionne par vibration ainsi que par aspiration. Les grains vont avec l'inclinaison du tamis, tandis que les pierres sont projetées vers la tête. Cette machine dépend de la fréquence de vibration d'aspiration et de l'inclinaison du tamis (Figure 19).



Figure 6 : Epierreur

II. 5. 5. Batterie de Triage (Trieurs)

Les machines de tri éliminent les impuretés dont la forme diffère d'un grain de blé. Comme l'avoine et l'orge, et tout ce qui est circulaire et de forme allongée. Ces trieurs se présentent sous la forme d'un cylindre en acier recouvert qui laisse passer les produits. Le blé y est séparé des grains longs et des grains ronds. Contient : Trieur à grain long (T.G.L.), Trieurs à grain ronds (T.G.R) et Trieurs de reprise (secondaire) :T.G.R.L et T. G. R. R (Figure 20)



Figure 20: Batterie de triage

II. 5. 6. Séparateur –Nettoyeur-Aspirateur (S.N.A)

C'est un appareil qui élimine les impuretés de différentes tailles du blé. Il se compose de trois tamis légèrement inclinés qui fonctionnent avec un mouvement de va-et-vient. Élimine ainsi les grandes et les petites impuretés. Le SNA est attaché à un ventilateur pour absorber la poussière et autres particules.

II. 5. 7. Brosse et époinçeuse

Cette machine nettoie les brosses, c'est-à-dire élimine la poussière des brosses et la couverture des grains de blé. Il contient des batteurs dont le rôle est de déplacer le blé et de le conduire vers la sortie. Le grain de blé est affecté par le processus de battage résultant du travail des batteurs et de son frottement avec le marteau, ainsi que du choc des grains de blé contre Ces trois processus conduisent à la séparation des poussières des grains qui sont aspirées à travers les plaques de métal au moyen d'un aspirateur. L'époinçeuse a un rôle similaire aux brosses, mais son action est dure sur le grain de blé, il est donc préférable d'utiliser la brosse (Figure 21)



Figure 7: Brosse

II. 5. 8. Conditionnement

Le processus de conditionnement est une étape essentielle pour faciliter le processus de mouture, car il consiste à traiter les grains avec de l'eau, à les mouiller, puis à les soumettre à un temps de repos dans le pot, puis à une humidification supplémentaire, suivie d'une courte période de repos avant le broyage. Ce procédé vise à modifier l'état physique des grains d'amidon pour permettre la meilleure séparation possible lors de la mouture. La teneur en eau des grains est généralement d'environ 16%, la période de conditionnement est de 5 à 6 heures.

Il est à noter que la période de repos après le conditionnement vise à garantir que l'eau atteigne tous les grains de blé et dépend également de l'ampleur de l'absorption d'eau

par le blé. Dans le cas où l'humidité requise n'est pas obtenue, il peut être ajouté à nouveau, une autre cravate et un deuxième repos. Temps de repos en général est de 12 heures.

La quantité d'eau à ajouter au blé est calculée suivant la formule :

$$X\% = D \cdot \left(\frac{H_f - H_i}{100 - H_f} \right) \times 100$$

- ❖ D'où, H_f = humidité finale du blé, H_i = humidité initiale du blé, D = débit en Kg/h du nettoyage, $X\%$ = quantité d'eau à ajouter.

Les facteurs du conditionnement sont la vitrosité du blé, le type du blé, le temps de repos et l'humidité initiale (Figure 22).



Figure 8 : Mouilleur (Moulins Agroddiv)

II. 6. Mouture

Le but du broyage est de séparer la plus grande quantité d'albumine du son. Le processus de mouture est très long et plus important. Après les étapes précédentes, pour que le blé pris un repos suffisant, il sera extrait et transporté pour un nettoyage rapide. (Brosse). Le blé tombe par gravité puis à travers un aimant permanent vers le moulin. Ce processus est effectué par des machines spéciales, comme suit :

- **Le Broyage** d'où la mouture brise les grains de blé en farine afin de mieux extraire l'albumen du son. En termes de quantité et de qualité, les passages de mouture doivent être bien réglés pour casser un peu le son et éviter d'introduire le son dans la farine. Dans ce processus, les cylindres sont progressivement resserrés de la première étape à la dernière. Les différents produits sont séparés au moyen de tamisage, et les gros morceaux sont envoyés au moulin suivant, la farine est à chaque fois retirée et envoyée aux sécheurs. Il est à noter qu'il n'est pas nécessaire de continuer à extraire l'albumine du son pour éviter de casser les liaisons et donc de diminuer la qualité (Figure 23).



Figure 23 : Broyeur

- **Le Claquage**, ce processus est réalisé au moyen d'une machine (Plansichter) qui contient un cylindre lisse qui vise à réduire progressivement les grains et à obtenir de la farine ainsi qu'à maintenir sa qualité (Figure 24)



Figure 24 : Plansichter

- **Le Convertissage**, à ce stade, il se compose de passages contenant des cylindres lisses, dans le but d'éliminer complètement les grains de broyage, et l'extrémité de broyage pour l'extraction optimale et la plus grande de la farine. Chaque transformateur sort avec de la farine, et celui rejeté va au transformateur suivant jusqu'au dernier transformateur, qui est destiné à l'alimentation du bétail (Figure25).



Figure 25 : Convertisseur

- **Le Blutage et Sassage**, ce processus est effectué au moyen de tamis disposés dans les compartiments de plansichter. Dans le but de classer les produits issus des étapes précédentes en fonction des dimensions des différentes particules, au moyen du mouvement continu de plansichter. Ici, les grains sont classés selon leur densité, c'est pourquoi cette étape est considérée comme intermédiaire entre le broyage et la première étape de réduction des produits de claquage (Figure 26)



Figure 26 : Sasseur

- **Le Finisseur à Son**, ici, l'apiculture est retirée de la surface des particules de farine au moyen de brosses qui sont installées après le passage de la farine. Le but est de réduire la proportion de farine dans le son. Le rejet est dirigé vers un autre chemin.

- **Le Plansichter de sureté**, dans cette machine, un dernier tamisage de la farine a lieu avant son envoi vers l'unité de conditionnement et de stockage pour garantir la qualité et s'assurer qu'aucun objet ne passe avec la farine, Il est à signaler qu'il y a un autre tamis avant de commencer à remplir la farine (Figure 27)



Figure 27 : Plansichter de sureté

II. 7. Produits de la mouture

II. 7. 1. Ensachage, emmagasinage et condition de stockage des produits finis

La farine extraite est transportée vers l'unité de conditionnement, puis mise en sacs, pour être expédié et mise sur marché. Il y a trois unités pour le remplissage, deux unités pour le remplissage des sacs de 1 et 5 kg, et une unité pour le remplissage de sac de 25 kg et 50 kg. Le stockage se fait dans des conditions spécifiques (humidité relative dont le lieu est sec et bien aéré : 65 à 70 % ; humidité de produit atteint 14.50% maximum et le temps de stockage ne doit dépasser 06 mois dans les conditions favorables), dans une cellule de forme ronde à hauteur de 13 mètres et à capacité de stockage : 700 Quintaux (6 cellules), en plus d'une salle de 300 Quintaux, soit au total 7 cellules à farines avec une capacité total de stockage $(700 \times 6) + 300 = 4500$ Quintaux (Figure 28).

Il est à signaler que l'étiquetage de la farine contient plusieurs informations, à savoir,

- Raison sociale : Moulins du Hodna / M'sila
- Adresse : BP 111, Route de BBA M'sila
- Indication de produit : Farine panifiable
- Poids net: 1kg/5kg/25kg/50kg
- Date de fabrication : jour /mois/année
- Date de péremption : A consommer avant 6 mois après la date de fabrication



Figure 28 : Ensachage (5 kg et 1 kg) dans l'unité de production

Première partie : Analyses physico-chimiques de la matière première et du produit fini

Le travail que nous avons entrepris a été effectué au niveau du laboratoire des moulins de HODNA, où nous avons réalisé des analyses physico-chimiques dans le but de caractériser la qualité du blé tendre comme matière première à transformer et la qualité du produit final après mouture qui est la farine.

II. 8. Analyses effectuées

Les analyses effectuées au niveau du laboratoire sis aux moulins de HODNA porte sur la caractérisation de la matière première (blé tendre à transformer) et le produit final (farine issue de la mouture), en faisant comparaison entre normes Algériens et norme ISO, comme il est mentionné dans le tableau suivant (Tableau 6).

Tableau 6 : Analyses effectuées

	Analyse	Norme Algérienne	Norme ISO
La farine	Taux d'humidité	NA1132 : 1990	ISO 712 : 2009
	Taux granulation		
	Taux de cendre	NA 733 : 1990	ISO 2171 : 2007
	Taux de gluten humide	NA 735 : 1991	ISO 21415-1:2006
	Taux de gluten sec	NA 736 : 1991	ISO 21415-4:2006
	Taux d'acidité	NA 1182 : 2009	ISO 7305 : 1998
	Test d'alveographe	NA 1188 : 1990	ISO 27971 : 2015
Blé tendre	Pois spécifique (min 67 kg /hl)	NA 1177 : 1990	ISO 7971: 2009
	Taux d'humidité (max 18 %)	NA 1132 : 1990	ISO 712 : 2009
	Zeleny (ml)	NA 1184 : 2008	ISO 5529 : 2007
	Masse 1000 grains (gr)	NA 730 : 1991	ISO 520:2010
	Détermination des impuretés	NA 15213 : 2013	ISO 7970 : 2011

NA = Norme Algérienne, ISO = Norme internationale

II. 8. 1. Matériel végétal (Matière première)

Le matériel végétal (Matière première) utilisé dans notre travail est le blé tendre (*Triticum aestivum* L.), comme matière première pour la transformation en farine panifiable, cette matière est gérée par un organisme étatique qui est l'Office Algérien Interprofessionnel des Céréales (OAIC) qui pris en charge la distribution de la matière céréalière sur les moulins à travers tout le territoire national, entre autre les moulins (Agrodiv-M'sila).

II. 8. 1. Matériel de laboratoire et machinisme

Les machines utilisées dans les moulins sont pour assurer une série d'opérations pour arriver en fin à la fabrication du produit fini destiné à la panification. Parmi ces machines on cite : Broyeur à grain, Plansichter labo, Moulin d'essai, Four à moufle, Humidimètre, Compteur poids 1000 grains, Faling number, Alveographe, Balances et autres matériels ...etc.

II. 8. 2. Méthodes d'analyses physico-chimiques

II. 8. 2. 1. Echantillonnage (NA737/1990)

C'est le processus de prélèvement ou de constitution d'un échantillon représentatif d'un lot de marchandise. Le but de l'échantillonnage est d'obtenir à partir d'un lot une quantité suffisante des produits dont les caractéristiques correspondent le plus possible aux caractéristiques du lot soumis à l'échantillonnage. Il s'agit de contrôler la qualité du blé nouveau destiné à la mouture et à la consommation.

Le principe de cette démarche, c'est que les échantillons doivent être prélevés principalement en plusieurs points de la quantité entrante, car ils ne sont pas homogènes, ils doivent donc être prélevés en plusieurs points avec un nombre suffisant d'échantillons primaires, et bien mélangés pour qu'au final un échantillon complet soit donné pour permettre des résultats clairs dans les analyses de laboratoire.

II. 8. 2. 2. Echantillonnages dans les produits en vrac

L'opération se fait à travers, des grandes pelles, des pelles à main, des sondes cylindriques des appareils pour effectuer par les prélèvements élémentaires au cours du déversement des produits de mouture (Figure 29),.



Figure 29 : Sonde

II. 8. 2. 3. Echantillonnage dans les sacs

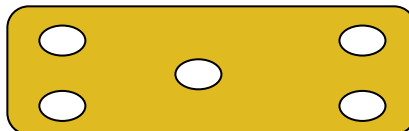
L'opération se fait à travers des sondes effilées spécialement conçues pour les sacs et des sondes cylindriques pour utilisation sur les sacs ouverts.

II. 8. 2. 4. Produits et Mode opératoire

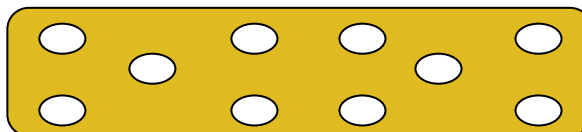
Le produit est spécialement le blé tendre comme matière première et la farine comme produit fini.

Les échantillons initiaux sont prélevés du camion chargé à l'aide d'une sonde qui atteint la profondeur de la charge selon la méthode suivante :

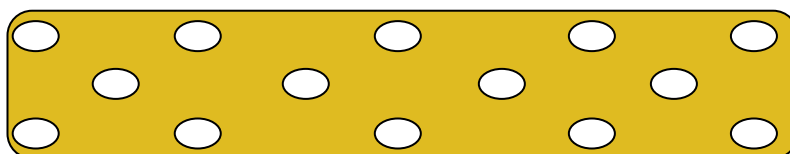
- Camion contenant jusqu'à 15 tonnes, on prend un échantillon dans cinq points différents 5 points (5prélèvements).



- Camion contenant 15 à 30 tonnes : 8 points des prélèvements.



- Camion contenant 30 à 50 tonnes : 11 points de prélèvements.



Pour les farines : Le prélèvement est effectué par une pelle à main

II. 8. 2. 4. Analyse organoleptique

Ce sont des analyses préliminaires qui sont effectuées par la sensation, comme le toucher, le sentir, le goûter et le regarder l'échantillon. Ces analyses ont pour but de connaître l'état de conservation, de déterminer du degré de pureté des produits et de détecter d'éventuelles transformations anormales de l'échantillon. Pour ce faire, *on regarde* d'abord l'échantillon pour distinguer sa couleur puis sentir l'échantillon pour distinguer toute odeur étrange et goûter un grain de blé pour distinguer tout goût étranger. Les analyses effectuées sur la farine, se fait à l'aide de préparation d'une pâte avec de l'eau tiède et sentir la pâte. Si l'odeur est claire et sonore, semblable à l'odeur des noisettes, alors elle est en bon état ; mais si l'odeur est aigre, alors la farine est vieille par contre la mauvaise odeur indique que la farine est gâtée. Concernant le goût, il peut être naturel est généralement agréable et légèrement sucré, tout en signalant que la farine ne doit pas être granuleuse et casser sous la dent. Pour ce qui de la couleur, elle est variable avec le taux d'extraction et la nature du blé. Si des taches vertes et laineuses apparaissent, la farine est moisie.

II. 8. 2. 4. Analyses physiques de la matière première

[(Détermination de la teneur en impuretés (NA 15213 : 2013 / ISO 7970 : 2011)]

Les impuretés regroupent les grains de blé endommagés et tous éléments organiques et non organiques autres que les grains de blé concernés. Le but de cette analyse est d'éliminer les impuretés et de déterminer leur taux et leur nature dans l'échantillon car elles affectent la qualité finale du produit. Le principe de processus se fait en classant, séparant et pesant toutes les impuretés de l'échantillon autre que le blé. L'Appareillage utilisé est le suivant : Pincette, scalpel et pinceau, Coupelles, Balance analytique précise 0.01 g, Table de travail plane et lisse, Tamis d'agrégage ; dont le mode opératoire choisi est comme suit : Lorsqu'un grain présente plusieurs défauts, il doit être classé dans la catégorie pour laquelle le dommage a l'incidence la plus importante. Nous déchargeons une quantité de blé sale sur une surface plane et la divisons en quatre parties, on prend par la suite une quantité de chaque partie et pesez 100 g et on le met le dans le tamis en remuant pendant cinq minutes. On décharge-le sur une surface plane et propre en recherchant diverses impuretés avec une pince à épiler et mettre-le dans des coupelles. Les impuretés pèsent chaque type séparément et chaque catégorie présentée en pourcentage. Le Tableau (7) illustre les opérations citées ci-dessus.

Tableau 7 : Détermination de la teneur en impuretés

Catégorie d'impuretés	Définitions	Valeur maximale Admissible (%)
Matière inerte	les éléments minéraux (terre, sable, pierres, éléments métalliques...), les insectes et les acariens morts et les débris d'animaux nuisibles aux céréales (débris d'insectes, soies, déjections animales, poils de rongeurs, coquillages...)	(Toléré 01 % max)
Débris végétaux	paille, semence, balle, vesce...etc.	
Grain son valeur	aucune forme, aucune couleur	
Grain caries	grains légers et plus petit que grains sains	
Grain chauffés	contient des taches noires	
Grains cassés (02 % max)	sont des grains de blé tendre qui ont perdu une partie de leur intégrité.	(toléré 05 %)
Grains maigres	-	
Grains échaudés	grains de taille et de masses réduites	
Grains étrangère p/ bétail	les graines autres que les grains de céréales	
Grains mouchetés	tache brune de péricarpe causée par des champignons	
Grain boutés	grains contaminés par spores de carie (couleur noir).	
Grains piques	sont des grains de blé tendre qui ont perdu une partie ou la totalité	
Grains punaises (01%max)	la punaise des blés (tache claire, arrondie et de faibles dimensions). La piqûre est souvent visible à l'intérieur de cette tâche, sous forme d'un petit point noir ou brun.	
Grains germes (02 % max)	sont des grains de blé tendre qui révèlent des signes visibles de germination, soit le germe découvert soit la radicule et/ou la plumule développée.	

Deuxième partie : Exposition des résultats

II. 8. 2. 5. Prélèvements

A travers une balance analytique, on fait une lecture directe des pesés de différentes catégories d'impureté (Figure 30).

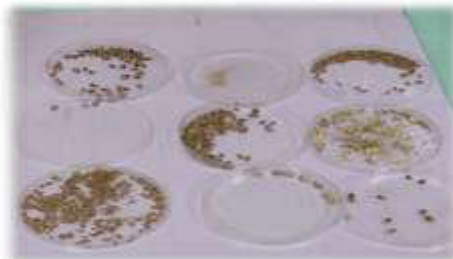


Figure 30 : Impuretés de prélèvement-1-

II. 8. 2. 6. Détermination de Poids spécifique (PS) ou Poids à l'hectolitre (PHL)

(NA 1177 : 1990 / ISO 7971: 2009)

La masse à l'hectolitre, appelée aussi poids à l'hectolitre ou poids spécifique (PS) correspond à la masse de blé contenu dans un hectolitre rempli de grains, d'impuretés et d'air interstitiel. Ce poids est déterminé au laboratoire sur un échantillon d'un litre puis les résultats sont ramenés à hectolitre, dont le principe est l'écoulement libre d'un échantillon au moyen d'une trémie dans un récipient de un litre qui est pesé à l'aide de la balance. Le but est de connaître les performances du produit final et la densité du grain, ainsi que de connaître une certaine qualité physique en fonction de la variété de blé et des conditions climatiques.

L'appareillage utilisé est le **NILEMA-litre** qui est une mesure de un litre à travers une balance romaine (maximum 1 Kg), une trémie cylindrique, un cylindre mesureur, un couteau araseur, une masse cylindrique, un cylindre de remplissage, blé tendre.

Le mode opératoire consiste à effectuer deux déterminations sur le même échantillon

- Remplissage de la trémie dont on pose la mesure sur un plan horizontal stable, la trappe étant fermée en remplissant la trémie avec le grain dont on veut connaître le poids
- On fait abattre le trop-plein avec une règle et ouvrir la trappe entièrement et d'un coup sec, le grain tombe dans la mesure de 1 litre.
- Arasement et pesée de la mesure aussitôt après la fin du jet et sans fermer la trappe, araser la mesure.

- Une fois la mesure arasé, on pèse le grain.
- La masse à l'Hectolitre est exprimée en kilogramme par hectolitre, en exprimant le résultat avec deux décimales puis faire une lecture directe à l'aide du tableau de conversion des valeurs fourni avec l'appareil NILEMA- litre (Figure31).



Figure 31 : Nilema-litre

II. 8. 2. 7. Détermination de la teneur en eau (mesure de l'humidité rapide)
(NA, 1132 : 1990 / ISO, 712 : 2009):

L'humidité détermine la quantité d'eau présente dans le produit, qu'il s'agisse de farine ou de blé, et c'est un test de la qualité de ces deux derniers.

Le but est de connaître le taux d'humidité d'une farine ou d'un blé afin de s'assurer qu'il respecte les normes.

L'appareillage utilisé est le He 50 et ses accessoires (c'est un appareil de mesure de l'humidité qui est considéré comme le plus polyvalent et le plus précis). Le produit ici est le blé ou la farine.

Le Mode opératoire est le suivant :

Nous mélangeons bien l'échantillon et nous prenons une mesure d'environ 9 ml. Nous nous assurons que la cellule de mesure est propre et y vidons l'échantillon. On ferme la cellule, et ça la broie. Nous mettons la cellule à sa place désignée et nous plaçons le curseur sur le type d'échantillon qui se trouve dans la cellule. Nous appuyons sur le bouton de lecture après 5 secondes, le résultat apparaît sur l'écran de l'appareil en pourcentage (Figure 32).



Figure 32 : Le He 50

II. 8. 2. 8. Détermination de la masse de 1000 grains

(NA, 730 : 1991 / E, ISO, 520)

La détermination du poids de 1000 grains peut fournir une évaluation du degré d'échaudage d'une variété connue. Ce critère est fonction de la variété et des conditions de culture.

Le Principe est le suivant : Pesée d'une quantité de l'échantillon, séparation des grains entiers et pesée du reste, suivies du comptage des grains entiers. Division de la masse des grains entiers par leur nombre, et expression du résultat rapporté à 1000 grains.

L'appareillage utilisé consiste en un Appareil approprié pour le comptage des grains (NUMIGRAL) et Balance précise à 0.01gramme.

Le mode opératoire est le suivant :

- Prélever au hasard une quantité approximativement égale à la masse de 500 grains de l'échantillon tel quel et la peser à 0.01gramme près. Sélectionner les grains entiers peser le reste à 0.01 gramme près et en déduire par différence la masse des grains entiers. Puis compter ces derniers à l'aide du compteur de grains.
- Déterminer sur un échantillon séparé la teneur en eau selon la méthode.

L'expression des résultats se fait par la masse (m_h), en grammes de 1000 grains entiers tels quels, est donnée par la formule:

$$m_h = \frac{m_0 \times 1000}{N}$$

D'où m_0 : masse, en gramme des grains entiers ; N : le nombre de grains entiers contenus dans la masse m_0 .

La masse, m_s , en gramme, de 1000 grains sur sec est donnée par la formule :

$$m_s = \frac{m_h \times (100 - h)}{100}$$

D'où h : la teneur en eau, exprimée en pourcentage en masse des grains tels quels (Figure 33).



Figure 33 : Compteur des grains

Troisième partie : Analyses physicochimique de la matière première**II. 8. 2. 9. Détermination de l'indice de sédimentation (Test de Zeleny) SDS**

(NA, 1184: 1994 /E, ISO 5529)

Le test de Zenely, donne une indication globale sur la quantité et la qualité du gluten. Ce test permet de faire une mesure rapide de la qualité car la détermination n'exige pas d'extraction préalable, ni de dosage chimique.

Le principe est le suivant : La farine est mise en suspension dans un mélange d'eau d'acide lactique et de bleu de bromophénol .on mesure la hauteur du sédiment par des temps d'agitation et de repos. On effectue une lecture directe de l'indice de sédimentation variant de 0 à 70 unités (Tableau 8):

Tableau 8 : Indice de sédimentation

Unités	l'indice de sédimentation
0 à 18	Insuffisant.
18 à 28	Bonne valeur
28 à 38	Très bonne valeur
38 à 70	Blé de force

Réactifs

Eau distillée, Propanol 2 à 99 - 100%, Acide lactique, solution concentrée à 85 %, Acide lactique, solution de normalité comprise entre 2,7 et 2,8 N,

Diluer à un litre avec de l'eau 250 ml de la solution acide lactique. Concentrée à 85%. Porter à ébullition, à reflux, pendant 6 h.

Avant utilisation, titrer cette solution avec de l'hydroxyde de potassium, Le titre trouvé doit être compris entre 2,7 et 2,8 N.

Réactif de l'essai de sédimentation

Mélanger intimement 180ml de la solution d'acide lactique de normalité 2,7-2,8 N à 200 ml de propanol 2 et compléter à 1000ml avec de l'eau. Conserver en flacon bouché et n'utiliser le réactif qu'après 48 h de repos.

Solution de bleu de bromophénol (Dissoudre 4 mg de bleu de bromophénol dans 1000ml d'eau)

L'appareillage

Moulin d'essai type Brabender- Sédimat, Tamis de 150 µm d'ouverture de maille, Eprouvettes de 100ml à fond plat avec bouchon, Agitateur de cylindre munie d'une muniterie, permettant une fréquence de 40 agitations par minute, Pipettes et Balance.

Mode opératoire

Effectuer le broyage des grains préalablement nettoyé, Après tamisage de la mouture, bien homogénéiser la totalité de la farine expérimentale, dont la masse doit être de 10 % au minimum de la masse de l'échantillon prélevée pour mouture.

Prise d'essai : Peser à 0.05 g près 32g de produit de mouture. Introduire la prise d'essai dans une éprouvette graduée. Ajouter 50ml de la solution de bleu de bromophénol. Boucher l'éprouvette, puis agiter vigoureusement durant 5 secondes. Placer l'éprouvette dans le cadre de l'agitateur, déclencher le chronomètre et mettre en marche l'agitateur.

Après 5 minutes, retirer l'éprouvette et ajouter à son contenu 25 ml du réactif de sédimentation. Replacer l'éprouvette et agiter à nouveau.

Après 5 minutes d'agitation, retirer l'éprouvette et la mettre en position verticale. Laisser reposer pendant exactement 5 minutes, puis noter le volume de dépôt à 0.5 ml près.

Effectuer au moins deux déterminations de sédimentations sur le même échantillon pour essai.

Résultats

Le volume du dépôt, exprimé en millilitre représente l'indice de sédimentation. Prendre comme résultats la moyenne arithmétique des résultats obtenus lors de l'essai. Le taux d'extraction est calculé par l'équation suivante :

$$TE = \frac{m_1}{m_2} \times 100$$

m₁: Quantité de farine obtenue ; **m₂**:Quantité de blé mise en œuvre (Figure 34 & 35).



Figure 34 : Moulin d'essai



Figure 35 : Brabender

Quatrième partie : Analyses Physico-chimiques effectuées sur la farine

II. 8. 2. 10. Détermination de la teneur en eau (mesure de l'humidité rapide)

(NA, 1132 : 1990 / ISO, 712 : 2009)

Nous avons appliqué la méthode NA1132-1990 (JORDP 08 du 06/02/2013 Arrêté Ministériel du 06/02/2012). C'est la même méthode appliqué aux grains et aux farines.

II. 8. 2. 11. Détermination des cendres, méthode par incinération a 900°C

(NA, 733, 1991 / E, ISO 2171)

La détermination du taux de matière minérale, principalement répartie dans les enveloppes et le germe, permet de donner une indication sur le taux d'extraction en meunerie.

*** Principe**

Incinération d'une prise d'essai dans une atmosphère oxydante, à une température de 900 C + 25°C, jusqu'à combustion complète de la matière organique, et pesée du résidu obtenu.

*** Réactifs et produits**

Ethanol, solution à 95 %, Echantillon témoin, de même nature et de taux de cendres aussi proche que possible du produit ou des produits à analyser.

*** Appareillage**

Broyeur, Nacelles à incinération, en matériaux on attaquant dans les conditions de l'essai, d'au moins 20 ml de capacité, Four électrique, la température d'incinération est réglable à la température de 900°C ± 25°C, Dessiccateur, Plaque unie thermorésistante (amiante), Balance analytique.

*** Mode opératoire**

Préparation des nacelles à incinération : Chauffer durant 10 min les nacelles dans le four réglé à 900°C ± 25°C, laissé refroidir à température ambiante dans le dessiccateur et les peser à 0.1 mg près.

*** Prise d'essai**

Dans la nacelle à incinération préparer comme indiqué précédemment, peser à 10 mg près, 2 à 6 g de l'échantillon pour essai, selon le taux de cendre présumé. Répartir la matière en une couche d'épaisseur uniforme sans la tasser.

II. 8. 2. 12. Détermination de la teneur en eau

Effectuer immédiatement la teneur en eau conformément à la norme (ISO712) ou (NA 1132.1990).

*** Préparation pour incinération**

Afin d'obtenir une incinération uniforme, humecter la prise d'essai dans la nacelle, au moyen de 1 à 2 ml d'éthanol.

*** Prés incinération**

La porte du four étant ouverte, placer la nacelle et son contenu à l'entrée du four préalablement chauffé à $900\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, jusqu'à ce que la matière s'enflamme.

*** Incinération**

Aussitôt que la flamme est éteinte, placer avec précaution la nacelle à incinération dans le four. En général le temps d'incinération est de l'ordre de 1 h à 1 h 30 min. Une fois l'incinération terminée, retirer les nacelles du four, et les mettre à refroidir sur la plaque unie thermorésistante pendant une minute, puis dans le dessiccateur jusqu'à la température ambiante ; la peser alors rapidement à 0.1 mg près.

*** Essai témoin**

Effectuer en parallèle, dans les mêmes conditions, avec chaque série de détermination, un essai à l'aide d'un échantillon témoin de même nature et de taux de cendres aussi proche que possible des produits à analyser. Le taux de cendre de l'échantillon témoin ne doit pas différer de $\pm 2\%$ (en valeur relative) par rapport à sa valeur de référence (Figure 36 & 37).

*** Nombre de déterminations**

Effectuer au moins deux déterminations sur le même échantillon pour essai.

*** Résultat**

Le taux de cendres, exprimé en pourcentage en masse rapporté à la matière sèche,

est égal à :

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

Où : m_0 : est la masse engramme, de la prise d'essai, m_1 : est la masse engramme, du résidu, H : est la teneur en eau, exprimée en pourcentage en masse, de l'échantillon pour essai. Prendre comme résultats la moyenne arithmétique des deux déterminations, Exprimer le résultat à 0.01 % près.



Figure 36 : Four à moufle



Figure 37 : Dessiccateur

II. 8. 2. 13. Détermination de l'acidité grasse

(NA 1182 : 2009 / ISO 7305 : 1998)

La présente norme spécifie une méthode de détermination de l'acidité grasse dans les produits de mouture des céréales suivants : farines et semoules de blé tendre et blé dur. Elle est également applicable aux pâtes alimentaires.

*** Principe**

Mise en solution des acides dans l'éthanol à 95 % à la température du laboratoire, centrifugation et titrage d'une partie aliquote du surnageant par l'hydroxyde de Sodium.

*** Réactifs**

Ethanol, à 95 %, Hydroxyde de sodium, solution titrée à 0.05 mol/l dans l'éthanol à 95 %, exempte de carbonates, Phénolphtaléine, solution à 1g pour 100 ml dans, l'éthanol à 95 %,

*** Matériel et produit**

Tubes de centrifugeuse, en verre blanc neutre, de 45 ml, Bouchés hermétiquement, Centrifugeuse, Pipettes, Fiole conique, Agitateur rotatif, Balance, précise à 0.01g près, Eprouvette de 100 ml, Barrons magnétique, Farine panifiable

*** Mode opératoire : Préparation de l'échantillon pour essai (cas des farines)**

Dans le cas des farines, prélever environ 50g de farine, les tamiser à l'aide d'un tamis de 1mm d'ouverture de maille, bien homogénéiser avant d'effectuer la prise d'essai.

II. 8. 2. 14. Teneur en eau de l'échantillon pour essai

Déterminer la teneur en eau de l'échantillon selon la norme ISO 712.

*** Prise d'essai**

Introduire dans un tube de centrifugeuse, 5gde l'échantillon pour essai.

*** Détermination**

On verse dans tube de centrifugeuse, à la pipette. 30 ml d'éthanol à 95 %. Boucher le tube hermétiquement et l'agiter durant 1h à l'aide de l'agitateur rotatif puis prélever à l'aide d'une pipette 20ml du liquide surnageant et les introduire dans une fiole conique. On joute 5 gouttes de phénolphtaléine. + 80ml d'eau distillé puis on va titrer avec la solution d'hydroxyde de sodium jusqu'au virage à la rose pale, on persiste quelques secondes (Figure 38).

*** Essai à blanc**

Effectuer un essai à blanc, en remplaçant les 20ml de liquide surnageant par 20ml d'éthanol.

*** Résultats**

L'acidité grasse, exprimée en gramme d'acide sulfurique pour 100g de matière sèche, est égale à:

$$\boxed{A\%} = \frac{7.35(v_1 - v_0)c}{m - H}$$

Où :

c: la concentration exacte, exprimée en moles par litre, de la solution titrée d'hydroxyde de sodium utilisée, **m**: la masse, en gramme de la prise d'essai, **V₁**: le volume, en ml, de la solution d'hydroxyde de sodium utilisée pour la détermination, **V₀** = le volume en de la solution d'hydroxyde de sodium utilisée pour farine blanc, **H**: la teneur en eau, en pourcentage en masse, de l'échantillon pour essai. Exprimer le résultat à 0.001 unité près.



Figure 38 : Point équivalent (rose pale)

II. 8. 2. 15. Détermination du gluten humide

(NA.735.1991, / ISO 21415-1:2006)

Le gluten humide d'une farine de blé est la substance plasto-élastique composé principalement de gliadine et de gluténine. Il constitue l'armature de la pâte et lui communique ces propriétés rhéologiques.

*** Principe**

Préparation d'une pâte au moyen d'un échantillon de farine et d'une solution de chlorure de sodium. Isolement du gluten humide par lavage de cette pâte avec la solution de chlorure de sodium, puis essorage et pesée du produit obtenu.

*** Appareillage matériel et produit**

L'eau salée NaCl de 2.5%, Balance précise à 0,01g, Mortier en porcelaine, verni à l'intérieur, ou capsule métallique, émaillée, de diamètre 10 à 15 cm, Burette de 10 ml, graduée en 0,1 ml, Spatule de 18 à 20 cm de long, Tamis, Presse à gluten.

*** Mode opératoire**

*** Préparation de la pâte**

Peser 10g de farine à 0,01 g près et les introduire dans le mortier ou la capsule métallique. Verser 5,5ml de la solution de chlorure de sodium en agitant la farine avec la spatule, former une boule avec la pâte.

*** Extraction**

Elle peut, être soit manuelle, soit mécanique. Le lavage doit se faire au-dessus d'un tamis recouvert de gaze destiné à retenir les fragments. Malaxer le pâton en le plaçant dans la pomme de la main tout en versant dessus goutte à goutte la solution de chlorure de sodium, poursuivre cette opération jusqu'à ce que l'eau du lavage ne soit plus trouble. La boule de gluten humide obtenue ci-dessus est placée dans un appareil perten gluten humide centrifuge (10min). Afin de se débarrasser de l'eau extérieure. Après la fin du séchage externe, le gluten humide est pesé (Figure 39).

*** Résultats**

Le gluten humide (GH) exprimer en pourcentage masse du produit tel quai, est égal à :

$$\frac{m \times 100}{10}$$

Ou': m : masse de gluten humide (g).

On prend comme résultat la moyenne de deux déterminations si les conditions de répétabilité sont remplies. Le gluten humide exprimé en pourcentage en masse du produit rapporté à la matière sèche.

$$\frac{GH \times 100}{100 - H}$$



Figure 39 : Perten gluten humide centrifuge

II. 8. 2. 16. Détermination du gluten sec

(NA.736.1991, ISO.6645)

Le gluten humide obtenu précédemment est placé dans un appareil glutamic (Glutork) pour le séchage, le gluten sec est récupéré et pesé (Figure 40).

*** Résultats**

Le gluten sec exprimé en pourcentage en masse du produit tel quel, est égal à :

$$\frac{m' \times 100}{10}$$

Où: **m'**: la masse de gluten sec (g)

Le gluten sec (GS) exprimé en pourcentage en masse du produit rapporté à la matière Sèche :

$$\frac{GS \times 100}{100 - H}$$

Capacité d'hydratation exprimée en pourcentage par la formule suivante :

$$\frac{GH - GS}{GH}$$

GH: gluten humid, GS: gluten sec.



Figure 40 : Glutork

II. 8. 2. 17. Test à l'alvéographe Chopin : (ISO 5530/4)

Ce test permet de déterminer, au moyen d'un alvéographe, certaines caractéristiques rhéologiques des pâtes obtenues à partir de farine de blé tendre constituant un facteur important de leur valeur d'utilisation (valeur boulangère, biscottière, biscuitière) (Tableau 9).

Tableau 9: Echelle de notation

Blé type boulangerie	W: 130-180 G:20-23 P/L : 0.45-0.65
Blé améliorant	W= 180-250 p/L =0.45-0.65
Blé de force	W> 250
Blé non panifiable	W<130
Blé panifiable courant	W= 130- 250 P/l non équilibré

Où :

Le **W** représente le travail de déformation de la pâte soumise à l'essai ; il est en relation avec la surface du diagramme et donne une bonne indication de la force Boulangère.

Le **G**. Ou indice de gonflement, déduit de la longueur L, exprime l'extensibilité de la pâte.

Le **P**, ou pressions maximale, rend compte de la ténacité. Il est d'usage de parler du rapport **P/L** pour exprimer l'état d'équilibre entre la ténacité et l'extensibilité.

*** Principe**

Préparation d'une pâte à teneur en eau constante, à partir d'une farine de blé tendre et d'eau salée, dans les conditions de la méthode. Formation des éprouvettes de pate sous forme de disque ; après un temps de repos déterminé et réglage de l'épaisseur de l'éprouvette, extension bi-axial par gonflement sous forme de bulle en fonction du temps, Appréciation des caractéristiques de la pâte d'après la surface et la forme des diagrammes obtenus.

*** Réactifs**

Solution de chlorure de sodium en faisant dissoudre 25 g de NaCl pur, dans de l'eau distillée est compléter à un litre ; Huile de paraffine.

*** Appareillage et produit**

Alvéographe, burette à robinet de capacité de 160ml graduée directement en pourcentage de la teneur en eau de 11,6 à 17,8 % (précision 0,1%), balance permettant de peser à 0,5g près, chronomètre, planimètre, farine panifiable, coupeur, roulote, 250g de farine pesée à 0.5g près.

*** Mode opératoire**

Déterminer la teneur en eau de la farine selon la méthode décrite dans la norme ISO 712. Déterminer en fonction de la teneur en eau de la farine a quantité de la solution de chlorure de sodium à utiliser pour préparer la pate.

*** Pétrissage**

Mettre dans le pétrin 250 g de farine, fixer le couvercle et mettre en route le moteur et le chronomètre puis verser par le trou du couvercle la quantité déterminée de la solution de chlorure de sodium. Laisser la pâte se former durant 1min, au bout du quelle arrêter le moteur et enlever le couvercle. Réincorporer, avec une spatule, les particules de farine et de pate qui adhèrent au couvercle ou dans les angles de manière à respecter l'hydratation de la pâte. L'opération dispose d'une minute. A la fin de la deuxième minute, émettre le moteur on marche et laisser alors le pétrissage se poursuivre durant 6 min et à la fin de la huitième minute, arrêter le pétrissage et procéder a l'extraction.

*** Préparation des éprouvettes**

Inverser le sens de rotation du fraiseur et dégager la fente d'extraction puis éliminer les deux premiers centimètres de pate. Découper rapidement un morceau de pate et le faire glisser sur la plaque de verre (Système de laminage), préalablement huilée. Laminer le pâton à l'aide du rouleau d'acier préalablement huile, que l'on fait glisser Sur ses rails douze fois de suite. Découper dans le pâton une éprouvette avec l'emporte-pièce et placer l'éprouvette sur la plaque de repos destinée à le recevoir, placer immédiatement la plaque dans l'enceinte isotherme (25 °C) de l'alvéographe. Répéter quatre fois l'opération pour obtenir au total cinq pâtons.

*** Essai à l'alvéographe des éprouvettes**

Pendant la période de repos placer un diagramme sur le tambour enregistreur. Remplir la plume d'encre, tracer la ligne du zéro de pression et faire revenir le tambour en position de départ. La lamelle de pâte aussi obtenu est réduite à 2,5cm de diamètre entre les platines inférieures et supérieures de l'appareil. Une ouverture ménagée dans la platine supérieure de l'appareil délimite précisément la surface du pâton qui sera soulevée par les forces de gonflement. La pate sous la force de la pression exercée se gonfle et prend la forme d'une bulle grossie jusqu'à éclatement. Un manomètre enregistre et donne l'alvéographe : Variations de pression dans la Bulle en fonction du volume d'air insufflé.

*** Résultat**

L'appareil alvéographe Chopin (Figure 41 & 42) donne la courbe selon un (logiciel intégré dans le micro) donc lecture directe.



Figure 41: Alvéographe chopin

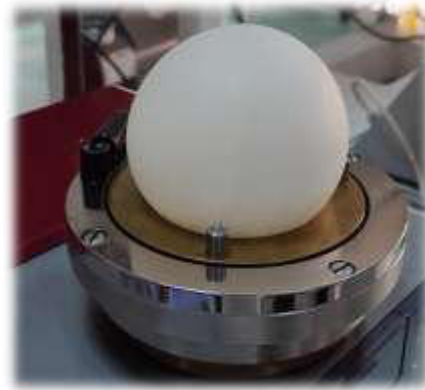


Figure 42 : Bulle de la pâte sur alvéographe

II. 8. 2. 18. Détermination de taux d'affleurement (granulation): (NA 020801: 1992)

C'est la quantité de farine qui passe ou qui est rejetée après tamisage. Cette quantité détermine le taux d'extraction et la taille des granules de farine.

*** Principe**

Ce processus se fait en tamisant le produit fini (la farine) dans plansichter de laboratoire qui contient plusieurs tamis. Nous utiliserons des tamis de 200 microns et 150 microns.

*** Matériels et produit**

Balance analytique, Plansichter de laboratoire, Tamis de 200 μ m, Tamis de 15 μ m, la farine

*** Mode opératoire**

Nous pesons 100 g de farine et la versons dans le tamis supérieur, dont les ouvertures sont plus grandes, Nous faisons fonctionner l'appareil pendant 5 minutes, Nous enlevons le premier tamis de 200 μ m, vidons la partie rejetée et la pesons, Même chose avec un tamis de 150 μ m.

*** Résultats**

Peser la quantité de refus. (Résultat trouvé en pourcentage, lecture directe)



Figure 43 : Plansichter de laboratoire



Figure 44 : Tamis

Chapitre III

Résultats et discussion

Chapitre III. Résultat et Discussion

Première Partie : Résultats des analyses physico-chimiques de la de matière première (blé tendre)

III. 9. Tests organoleptiques de blé tendre

Les constatations faites sur la matière première, à savoir le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) après son arrivage à l’entreprise, montrent que cette matière n’est caractérisée par aucun odeur ni couleur ni gout.

Le travail que nous avons entrepris au niveau des moulins de HODNA contient trois prélèvements à trois essais chacun. Les prélèvements sont consacrés à un nouveau lot de blé tendre et par la suite à sa produit final (farine).

III. 9. 1. Analyses physiques de la matière première

III. 9. 1. 1. Teneur en eau

L'humidité du blé tendre à travers les trois prélèvements (contenant trois essais chacun), indique que le pourcentage se situe entre (10,7 - 11,5), ce qui correspond aux normes Algériennes (NA : JORA N° 32 du 10-08-1988, 11^{ème} partie), qu’affirme que ce taux ne peut accéder 18% au maximum et cela coïncide avec les normes internationales aussi (ISO 712).

Les différences de teneur en humidité d'un échantillon à l'autre peuvent également s'expliquer par la qualité du blé, les conditions climatiques des zones de culture, la qualité du sol et les conditions de stockage. De ce fait, on peut affirmer que notre lot de blé peut être stocké à long terme et peut être utilisé dans la production de la farine (Figure 45).



Figure 45 : Humidité de blé tendre

Chapitre III.....Résultats et discussion

III. 9. 1. 2. Détermination des impuretés (Agrégé des blés tendre)

Le travail que nous avons effectué au niveau du laboratoire des moulins de HONDA à M'sila consiste en détermination du pourcentage d'impuretés dans le blé tendre. Cela nous a permis d'obtenir les résultats suivants (Tableau 10) : Couleur verte = norme (+), couleur rouge norme (-)

Tableau 10 : Impuretés de blé tendre

date	prélèvement	Impuretés 1 ^{ère} catégorie (toléré 1 % max)						Impuretés 2 ^{ème} catégorie (toléré 5 %)											
		Les essais	Matière inerte	Débris végétaux	Grain son valeur	Grain caries	Grain chauffés	La somme	Grains cassés	Grains maigres	Grains échaudés	Grains étrangère p/bétail	Grains mouchetés	Grain bouts	Grains piques	Grains punaises (01 %max)	Grains germes (02 %max)	La somme	
28/02/2023	Prélèvement 1	Es1	0.0	0.1	0.0	00	00	0.1	3.2	1.0	2	0.08	0.57	1.7	0.15	00	00	8.86	
		2	4	2			8	6	2	2			8						
		Es2	0.0	0.0	0.0	00	00	0.1	2.8	1.4	2.6	0.08	0.54	2.1	0.11	00	00		9.84
		2	8	1			1	7	5	0			9						
Es3	0.0	0.0	00	00	00	0.0	2.5	0.6	1.9	0.014	0.34	1.8	0.03	00	00	7.44			
2	7				9	1	4	1			7								
La	0.0	0.0	0.0	00	00	0.1	2.8	1.0	2.1	0.1	0.48	1.9	0.09	00	00	8.71			
2	96	1			2	8	3	7			4								
21/03/2023	Prélèvement 2	Es1	0.0	0.2	00	00	00	0.3	4.2	2.6	2.2	0.24	0.54	2.4	0.09	00	00	12.52	
		22	8				3	5	4	8			8	2					
		Es2	0.0	0.3	0.0	00	00	0.3	4.0	2	2.9	0.14	0.45	2.1	0.02	00	00	11.76	
		20	0	08			3	8	2	1			6						
Es3	0.0	0.1	0.0	0.0	00	0.2	4.5	2.3	1.3	0.15	0.09	1.2	00	00	00	9.745			
21	7	20	2		33	5	5	2			8								
La	0.0	0.2	0.0	0.0	00	0.2	4.2	2.3	2.1	0.17	0.36	1.9	0.03	00	00	11.34			
21	5	09	07		8	9	3	7			1	7	7						
13/04/2023	Prélèvement 3	Es1	0.0	0.2	0.0	00	0.0	0.3	2.3	0.6	1.4	0.10	0.07	1.3	0.05	00	00	6.03	
		6	2	6			7	5	1	6			9						
		Es2	0.0	0.2	0.0	00	00	0.3	2.4	0.8	1.4	0.13	0.09	1.6	0.09	00	00	6.75	
		7	4	1			2	6	3	8			7						
Es3	0.0	0.1	0.0	00	0.0	0.2	2.3	0.5	1.3	0.19	0.1	1.2	0.07	00	00	5.72			
6	9	2			8	3	0	2			1								
La	0.0	0.2	0.0	00	0.0	0.3	2.3	0.6	1.4	0.14	0.08	1.0	0.07	00	00	6.16			
63	1	3			2	8	4	2			6	9							

Les résultats obtenus indiquent que les impuretés présentes dans le blé ne doit pas dépasser 1%, pour la première catégorie, et 5 % pour la deuxième catégorie et par conséquent toutes les impuretés doivent être éliminées et pesées (le poids des impuretés est exprimé en pourcentage pour chaque type, car les impuretés peuvent contenir les graines étrangères, les débris de végétaux, les débris d'animaux, les particules minérales, etc., ce qui affecte la valeur marchande du lot de blé. Ainsi, ces impuretés affectent la qualité technologique des lots de blé, et par conséquent du produit final (farine) (Bar, 2001).

Notons que la première catégorie d'impuretés dans les trois prélèvements effectués et leurs tests s'appliquent aux normes des moulins des HODNA à M'sila (1%). On note également que la première prélèvement est la plus pure dans la première catégorie d'impuretés avec un taux moyen (0,12), le troisième prélèvement est la moins pure avec un taux moyen (0,32), et la deuxième prélèvement avec un taux moyen (0,28), donc toutes les coupes n'ont pas dépassé 1%.

En ce qui concerne la deuxième catégorie, on note qu'elle dépasse les normes des moulins des HODNA à M'sila (5%), où les pourcentages moyens des trois prélèvements étaient les suivants : 6,16, 8,71% et 11,34%. L'absence totale des graines germées et punaisées, ainsi que la légère présence des graines piquées, préviennent la dégradation de l'amidon et confirment la qualité du gluten. Cela indique que la pâte n'est pas collante et résiste à la pression du gaz pendant la fermentation avec un très fort pouvoir boulanger.

L'apparition de graines cassées dans des proportions importantes peut poser des problèmes lors du stockage, si bien qu'en fait elles sont éliminées lors du nettoyage pré-broyage. Les grains cassés sont plus sensibles à l'oxydation, le pourcentage de graines maigres a augmenté d'un taux moyen compris entre 0,64 % et 2,33 %, ainsi que les grains échaudés d'un taux moyen compris entre 1,42 % et 2,17 %. Sa présence affecte le rendement de broyage, qui diminue en raison de son élimination lors du nettoyage. Les graines boutés et mouchetées étaient dans des proportions assez faibles, donc la farine sera blanche et sans taches noires.

III. 9. 1. 3. Le poids spécifique (PS)

Le poids spécifique (PS) ou poids par hectolitre (PHL) est un bon moyen de connaître la classification du blé, son résultat reflète également la qualité physique du blé et dépend de la variété de blé, des conditions climatiques et de la méthode de récolte.

Lors de nos expériences concernant le poids spécifique, nous avons remarqué que le pourcentage de poids spécifique était proche dans toutes les prélèvements et tests, car le pourcentage moyen variait entre 80,50 et 79,26, ce qui est un pourcentage raisonnable par

rapport à la norme approuvée 67 Kg / HL. Il est donc possible dire que le blé est moyen, qui à son tour produira une farine moyenne. Ainsi, les grains de blé de ces échantillons sont propres et pleins d'humidité modérée (Figure 46)

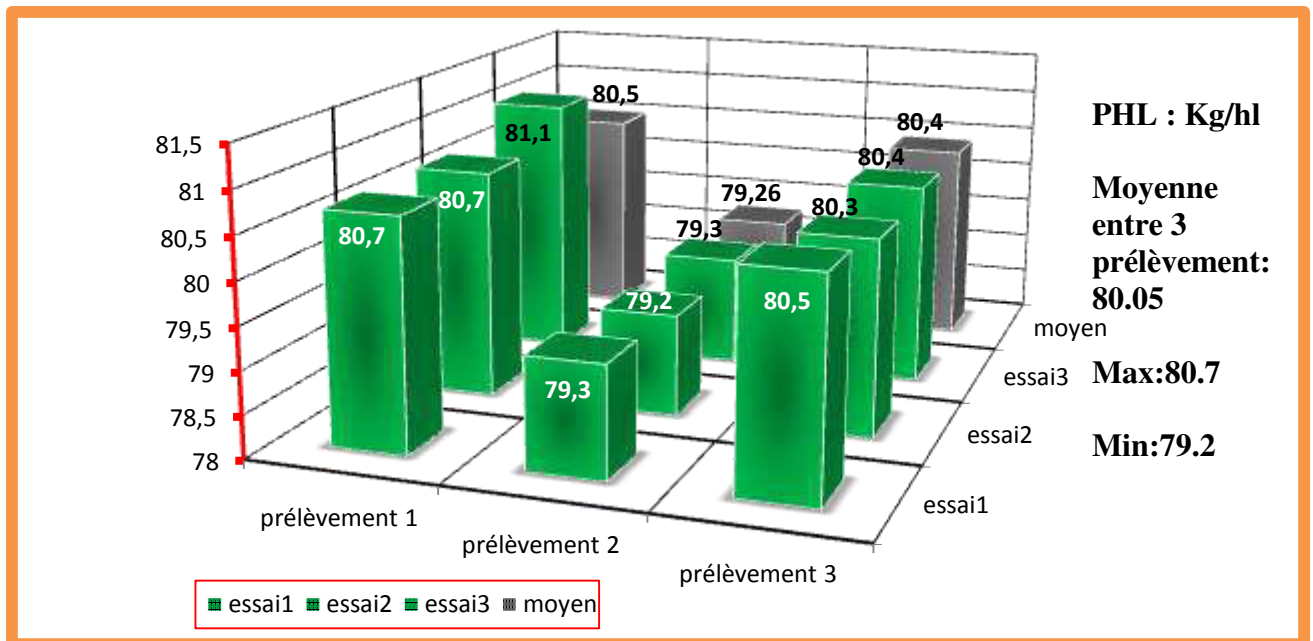


Figure 46 : Poids spécifique

III. 9. 1. 4. Poids de 1000 grains (PMG)

Selon **Bar, (2001)**, l'intérêt agronomique réside dans la taille du grain qui est une caractéristique essentiellement variétale, mais elle dépend également des conditions de la culture. La masse de 1000 grains est une des composantes du rendement agronomique des céréales. Elle est donc un bon indicateur du mode d'élaboration du rendement et des problèmes rencontrés par la plante lors de son développement, à savoir, l'échaudage et les attaques par les maladies ou les insectes. Elle permet également aux agriculteurs de calculer les doses de semences pour répondre à un objectif de densité de semis ; alors que l'intérêt technologique, est un des indicateurs du rendement technologique dans les industries de première transformation (rendements semoulier, meunier ou brassicole).

Selon **Godon et Willm (1998)**, un blé ayant un PMG situé entre 24 et 34g est composé de petits grains et entre 35 et 45g, renferme des grains moyens et entre 46 et 56 g présente de gros-grains.

Après notre étude concernant la masse de 1000 grains, nous avons conclu que le pourcentage moyen des trois prélèvements de blé tendre était de 30,7 et 32,47 g, c'est-à-dire qu'il se situe dans la gamme des petits grains, et donc la production sera moyenne (Figure 47).

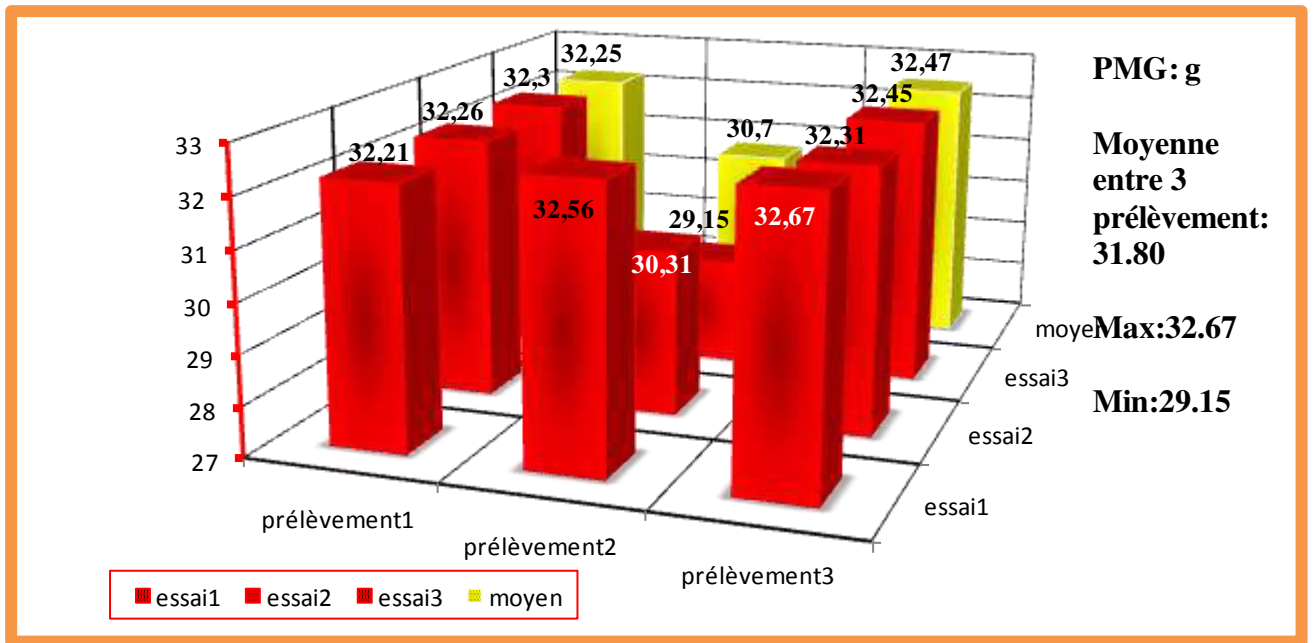


Figure 47 : Poids de 1000 grains

III. 9. 1. 5. Indice de sédimentation «Zeleny ''

L'indice de sédimentation « Zeleny » est utilisé dans l'industrie de la meunerie pour évaluer la teneur en protéines insolubles dans l'eau de la farine de blé tendre. Il permet d'estimer la qualité boulangère de la farine, c'est-à-dire sa capacité à produire une pâte avec une bonne structure et une bonne capacité.

A travers notre analyse, nous avons constaté que les valeurs de l'indice de sédimentation Zélény des grains de blé tendre, sont proches car la valeur moyenne entre les trois prélèvements était (25,55), et le rapport du plus grand (27) au plus petit (24). La norme Algérienne selon le Journal officiel de la république Algérienne N° 02 du 08/01/1992, décrit exécutif N° 91-572 du 31/12/1991 relatif à la farine de panification et au pain. Nous constatons que toutes les prélèvements et tests et les farines panifiables issues des moulins de HODNA à M'sila sont compatibles avec la norme Algérienne (Figure 48).

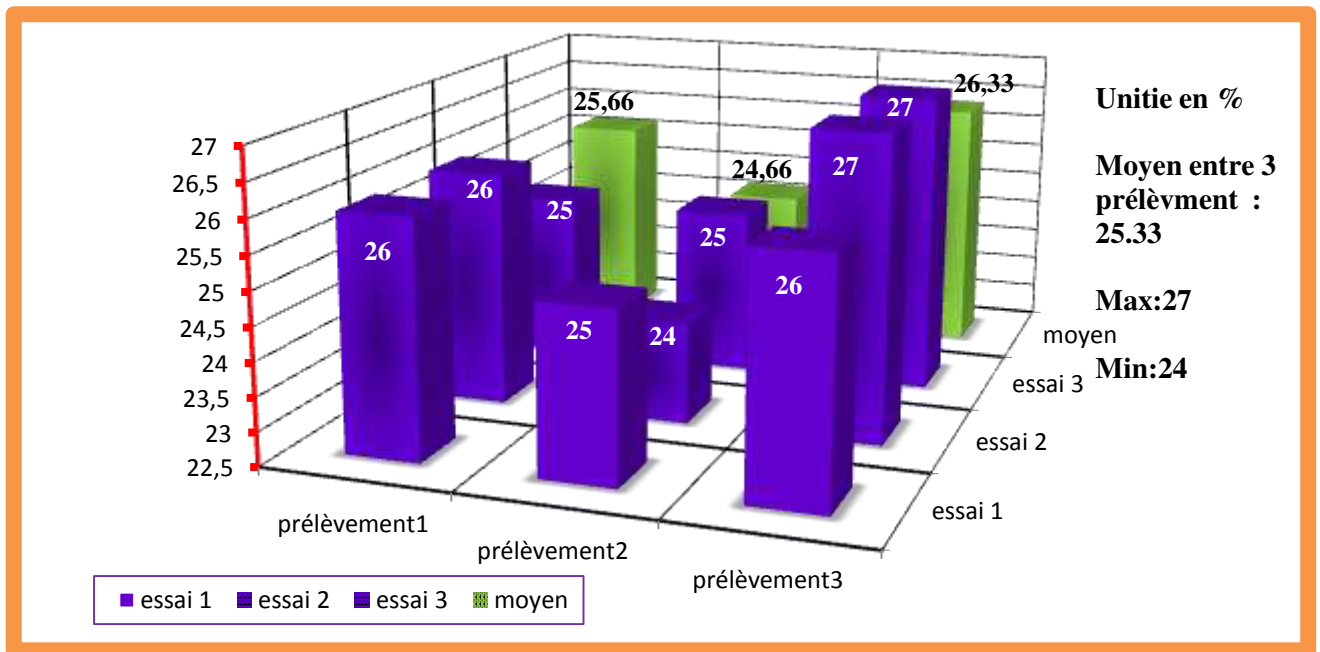


Figure 48 : Indice de sédimentation «Zeleny »

Deuxième Partie : Analyses physico-chimiques de la farine

III. 10. Test organoleptique de la farine

Les constatations faites sur le produit fini (farine), montrent que cette matière n'est caractérisée par aucune odeur ni goût et de couleur blanchâtre.

III. 10. 1. Taux d'Humidité (H)

Le dosage d'humidité permet de savoir si la farine aura de bonnes qualités de pétrissage et si elle se conservera. Le taux moyen d'humidité de 15,5% peut varier en fonction des conditions atmosphériques (récolte, meunerie et stockage).

Les résultats obtenus concernant le pourcentage d'humidité de la farine, indiquent qu'il est conforme aux normes Algériennes (NA 15,5%), où nous avons constaté que sa valeur moyenne parmi les trois prélèvements est de 13,9%. Le pourcentage le plus élevé a été enregistré lors du premier prélèvement de 14,4 % et le pourcentage le plus faible a été enregistré lors du deuxième prélèvement de 13,5 %. Cette légère différence est due aux conditions de stockage, conditions météorologiques, qualité du blé, conditions de broyage et teneur en cendres (Figure 49).



Figure 49 : Taux d'Humidité

III. 10. 2. Teneur en cendre

Les résultats obtenus concernant la teneur en cendres de la farine des moulins de HODNA à M'sila, permis de constater que le pourcentage moyen parmi les trois prélèvements était (0,57%), le pourcentage le plus élevé a été enregistré dans la troisième prélèvement (0,61%), et le pourcentage le plus faible a été enregistré dans la deuxième prélèvement (0,55%). Ainsi, ces résultats sont conformes aux critères des moulins de HODNA à M'sila (0,67%) au maximum. Incertitude qui s'est produite d'un essai à l'autre en raison du conditionnement (taux de mouillage et temps de repos) ces pourcentages se répercutent sur le taux d'extraction.

Selon le classement de **Bar (2001)** , la farine type 45 au-dessous de 0.50% de cendre, la farine type 55 de 0.50 à 0.60 %, la farine type 65 de 0.62 à 0.75 %, la farine type 80 de 0.76 à 0.90 %, la farine type 110 de 1.00 à 1.20 %, la farine type 150 de au-dessous de 1.40%.

Ainsi, à travers les résultats que nous avons obtenus, nous pouvons dire que les trois lots de farine sur lesquels nous avons mené les tests sont de type 55 (Figure 50).

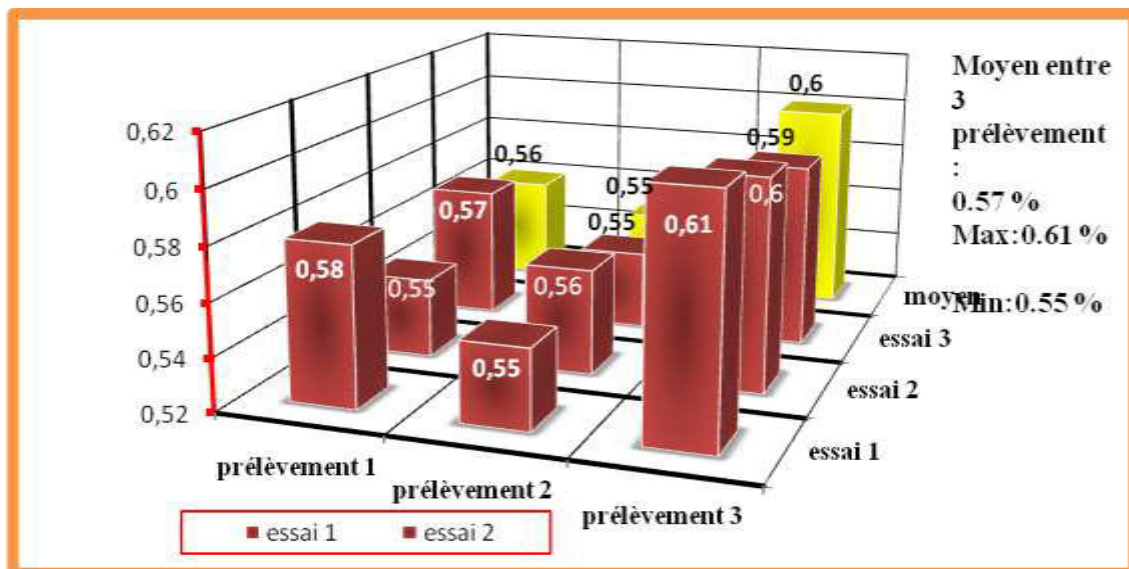


Figure 50 : Teneur en cendre

III. 10. 3. Teneur de l'acidité grasse

La teneur en acidité grasse est un indicateur de l'état de bonne conservation des blés des farines et des semoules. En effet, au cours de la conservation, les lipides ont tendance à se dégrader en se transformant en acides gras libres (Bar, 2001).

Au vu des résultats obtenus concernant les acides gras, nous constatons qu'ils sont conformes aux normes des moulins de HODNA à M'sila (0,015% et 0,045%), où le pourcentage moyen parmi les trois prélèvements était de (0,025%). Le pourcentage le plus élevé a été enregistré lors de troisième prélèvement (0,043 %), tandis que le pourcentage le plus faible a été enregistré lors de premier prélèvement (0,016 %). Cela indique de bonnes conditions de stockage. La hausse qui s'est produite dans le troisième prélèvement pourrait être due aux températures élevées ou même aux conditions de stockage des blés tendres ou même de la farine, car les températures élevées entraînent une augmentation de la vitesse des réactions chimiques, biologiques et microbiologiques. Par conséquent, un bon nettoyage et une bonne conservation des grains de blé doivent être pris en compte. On peut également noter que le béccher élimine la plupart des germes, tout en offrant des conditions appropriées pour un bon stockage (Figure 51)

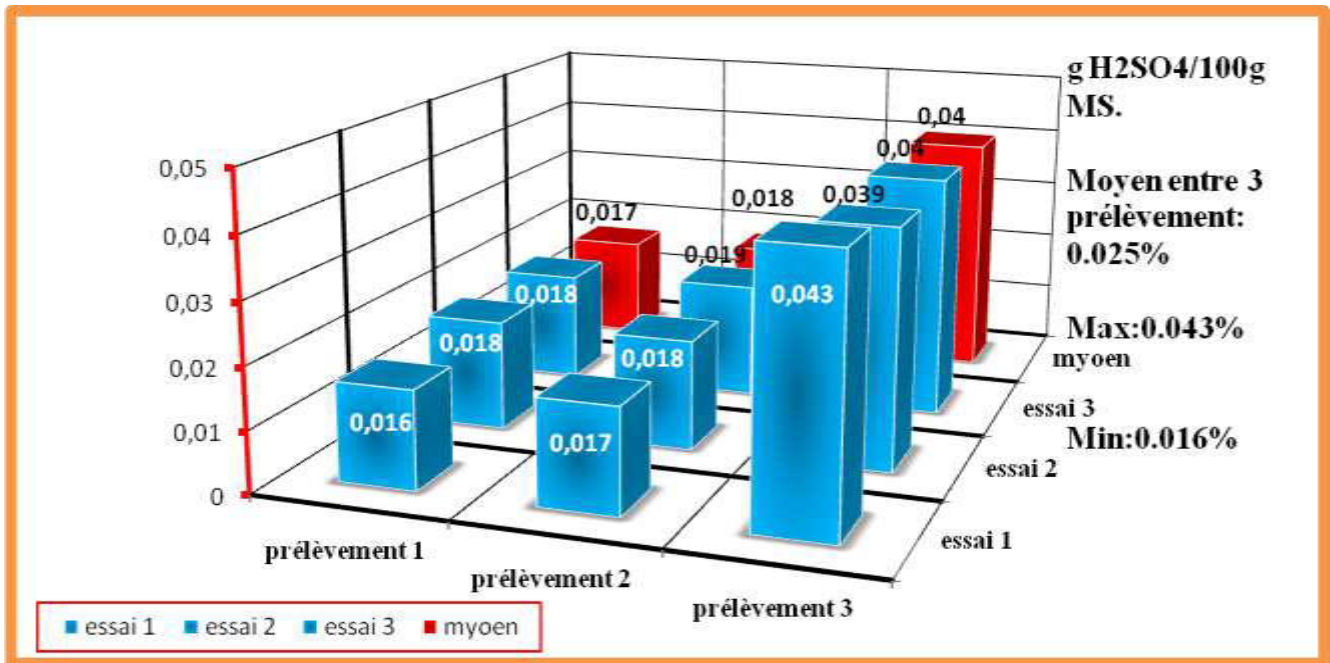


Figure 51 : Teneur de l'acidité grasse

III. 10. 3. Teneur en gluten humide

Le gluten est considéré comme la partie insoluble des protéines qui affecte la fabrication du pain et des sucreries ... etc. Nous constatons que la valeur moyenne entre les trois prélèvements pour le gluten humide est de 26,76, la plus grande valeur est de 28,96 et la plus petite valeur est de 24,13 Il est également indiqué qu'il n'y a pas de norme en soi, et qu'il est considéré comme une étape à atteindre pour le gluten sec (Figure 52).



Figure 52 : Teneur en gluten humide

III. 10. 4. Teneur en gluten sec

En ce qui concerne le gluten sec, nous avons constaté que la valeur moyenne parmi les trois prélèvements était de 10,28 %, le pourcentage le plus élevé était de 11,97 % et le pourcentage le plus faible était de 8,19 %. Par conséquent, nous concluons que toutes les valeurs obtenues pour les protéines sèches sont compatibles avec la norme pour les moulins de HODNA de 8% à 12%. Le taux de gluten est associé à la qualité du blé, les conditions de culture et de croissance, la nature du sol et les conditions de broyage. Il est à noter que la diminution qui s'est produite lors du premier prélèvement du troisième essai était due à un défaut de la machine de séchage (barre colorée en rouge) (Figure 53).

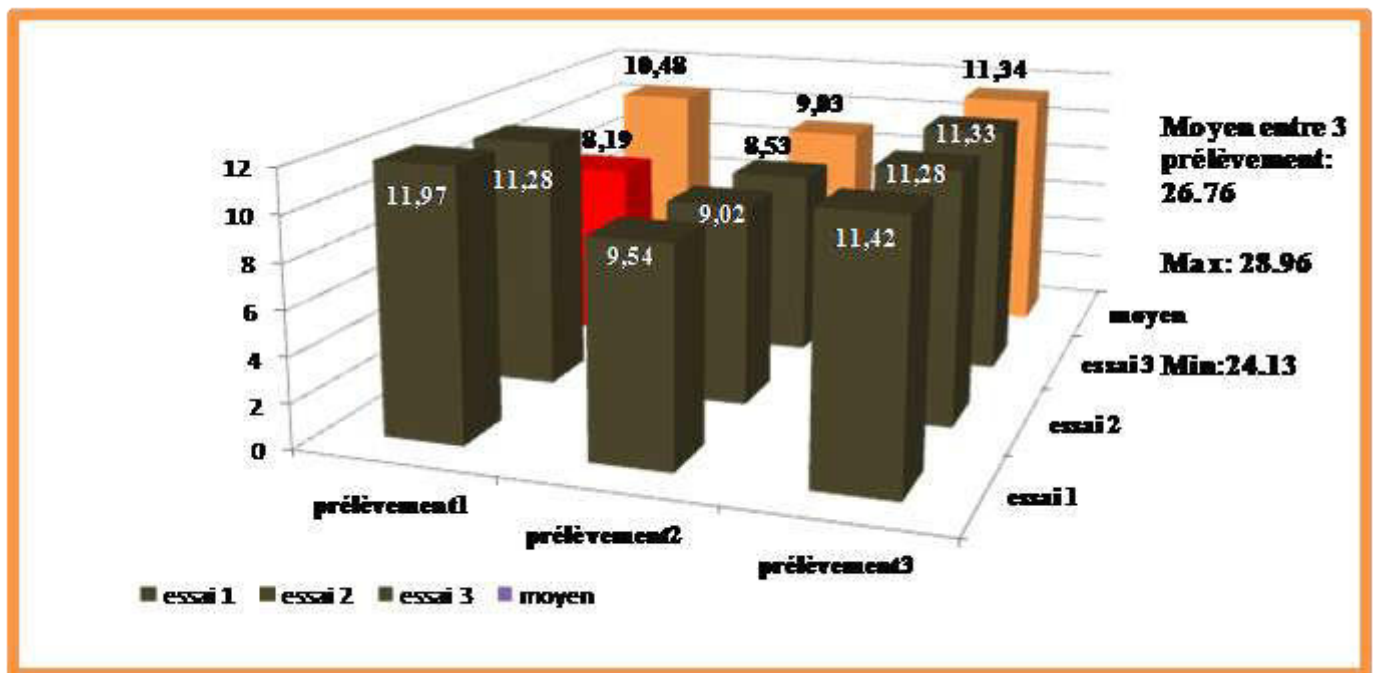


Figure 53 : Teneur en gluten sec

III. 10. 5. Taux de granulation (affleurement)

La granulométrie d'une farine permet de caractériser la répartition en taille et en nombre des particules dont elle est composée le comportement des farines au cœur de leur transformation, notamment la vitesse d'hydratation (Feillet, 2000). Pour le « Refus de Tamis 200 » (RT 200), Les résultats des taux d'extrusion au tamis 200 pour tous les échantillons étaient conformes à la norme réglementaire de l'unité de couvain (3%, norme de l'entreprise), où le pourcentage moyen parmi les trois prélèvements était de 0,85 %. Il a également enregistré le taux le plus élevé de 1,09 % et le taux le plus faible de 0,61 %. Cette différence peut être due à la nature du blé, broyage du blé (Figure 54).

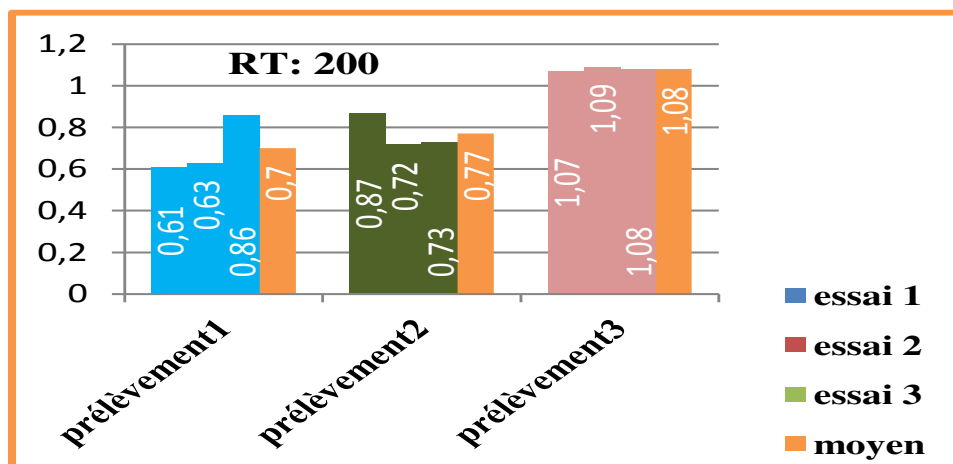


Figure 54 : Taux de granulation [Refus de tamis 200]

III. 10. 6. Taux d'alvéographe de Chopin

L'alvéographe de Chopin repose sur l'appréciation des qualités d'une pâte réalisée à hydratation constante, c'est-à-dire avec une teneur en eau identique pour toutes les pâtes. Son principal intérêt est de prédire l'aptitude d'un blé ou d'une farine à être utilisé dans la fabrication de produits de cuisson. Cette relation est spécifique de chaque variété et pour bien interpréter le « W » d'une variété, il faut connaître sa teneur en protéines (**Bar-L'Helgouac'h, 2002**).

La norme Algérienne exige une force boulangère variant entre W130 et 180×10⁻⁴ joules. P/L 0,45 à 0,65. (D. EX N°91-572 DU 31/12/1991), d'où **P/L** est le rapport de configuration qui traduit l'équilibre général de l'alvéogramme ou l'équilibre de ténacité et d'extensibilité des pâtes formée (**Dubois, 1996**).

En panification, le ratio « P/L » ne doit pas dépasser 2, avec un optimum qui se situe entre 0,4 et 0,8 (**Boggini, 1998**). Dans le cas de notre travail, on a remarqué que le rapport « P/L » enregistré dans tous les prélèvements sont compatibles avec les normes précédentes, où le pourcentage moyen des tests se situe entre 0,50 à 1,07 et il était de 0,54. Alors que la force boulangère (**W**) prend des classes comme suit (**P. Roussel, 2005**) :

W < 130 = farine de très faible valeur boulangère, 130 < w < 160 = une farine de bonne valeur boulangère, 160 < W < 250 = une farine de très bonne valeur boulangère et W > 250 = une farine issue de blé de force.

Nous notons que la force boulangère (**W**) dans tous les prélèvements effectués dans notre travail est limitée entre 160 et 250 dont le pourcentage moyen des tests était : 168,

Chapitre III.....Résultats et discussion

188, et 202. En se référant à ce dernier, on peut dire que la farine des moulins de HODNA à M'sila est de la farine de très bonne valeur boulangère (Tableau 11).

Tableau 11 : Taux d'alvéographe de Chopin

P1						P2						P3					
ES1		ES2		ES3		ES1		ES2		ES3		ES1		ES2		ES3	
W	P/L	W	P/L	W	P/L	W	P/L	W	P/L	W	P/L	W	P/L	W	P/L	W	P/L
159	0.56	164	0.55	183	0.50	197	1.14	204	1.04	205	1.04	187	0.50	193	0.54	184	0.60
M (w):168 / M (p/l):0.54						M (w):202 / M (p/l):1.07						M (w):188 / M (p/l):0.54					

Conclusion

Conclusion

Cette étude a pour objet de déterminer la qualité et les caractéristiques physicochimique et organoleptique de la farine panifiable au niveau des moulin HODNA (Agrodiv) de M'sila .

Nous avons commencé d'abord par l'analyse du blé tendre réceptionné au niveau des moulins de HODNA pour leur future utilisation pour la transformation en farine. De ce fait nous avons réalisé les tests suivants :

- Le poids spécifique (PS) où les chiffres obtenus varient entre 79.20 et 80.70 et qui sont dans les normes pour un moyen rendement en farine.
- Le poids de mille grains (PMG), comprise entre 29.15 et 32.67 dont la qualité de blé tendre testé est de moyen rendement.
- Le taux d'impureté de 1^{ère} catégorie des trois prélèvements est jugé conforme aux normes.
- Le taux d'impureté de 2^{ème} catégorie présente des valeurs dépassent les normes de 5 % maximum. Le 2^{ème} prélèvement est au moyen de 11.34 a cause d'un taux élevée en grains cassés, échaudé et maigres.
- La teneur en eau compris entre 10.70 et 11.50, dont les normes est de 18 % maximum ce qui est jugé acceptable pour le stockage.
- L'indice de sédimentation « Zeleny » comprise entre 24 et 27 ce qui est conforme aux normes.

Après avoir effectuées ces tests sur le blé en arrivage, le responsable du laboratoire fournis ces informations au chef de moulin pour ajuster le réglage de la machine afin de garantir la qualité du produit final.

Les résultats de contrôle de la qualité des farines ont montré que :

- La teneur en eau de la farine panifiable produite est conforme à la norme Algérienne (15.50 % maximum)
- L'acidité varie entre 0.16 et 0.043, dont ces valeurs sont conformes aux normes (minimum 0.015 maximum 0.045).
- La qualité de gluten obtenue peut varier entre 8% et 12% ce qui est conforme a la norme Algérienne.
- Le taux de cendre des farines analysées varient entre 0.55 et 0.61, d'où cette valeur est conforme à la norme de l'entreprise.

- Les résultats de alveographe : P/L : comprise entre 0.50 et 1.14 est donc une valeur conforme à la norme d'entreprise.

W : comprise entre 159 et 204 est une valeur conforme à la norme de l'entreprise.

- Taux de granulation comprise entre 1.09 et 0.61 est jugé conforme aux normes et la farine panifiable.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. **Atlasocio. (2022)**. Carte du monde : Production de blé par Atlas Sociologique Mondial <https://atlasocio.com/cartes/recherche/selection/production-ble.php>.
2. **Bar, I. (2001)**. Contrôle de la qualité des céréales et protéagineux guide pratique. 2, Paris: institut technique des céréales et fourrages (ITCF), P179-196-267
3. **Bar-l'helgouac'h, C. (2002)**. Test with the chopin alveograp. France: Perspectives agricoles.
4. **Benamor, A. (2007)**. La recherche pour la qualité des blés durs en Algérie. Éd : Lavoisier. P, 3(4), 5.6
5. **Bessaoud.O. (2018)**. Economie et politique. L'Algérie et le marché des céréales.ed académie d'agriculture de France . P. 20
6. **Boggini G, T. P. (1998)**. Agronomical and quality characteristics of durum wheat lines containing the 1bl/1rs translocation. *Journal of genetics and breeding* (53), 167-172.
7. **Bonjean, a. (2001)**. Histoire de la culture des cereales et en particulier de celle du ble tendre (*Triticum aestivum* L.). *Dossier de l'environnement de l'INRA* (21), pp : 29-37.
8. **Boudreau A., M. G. (1992)**. Le blé : Eléments fondamentaux et transformation. Presses dde l'Universite laval, Paris.
9. **Chiboub, D. (2000)**. Contribution à l'étude d'une entreprise de transformation des céréales : Cas de la semoulerie industrielle de la Mitidja. Mémoire d'ingénieur d'état, Institut National Agronomique Alger. 230 P.
10. **Colnenne, C., Masse, j. Crosson, p. (1988)**. Rythme d'apparition des racines primaires du blé. *Persse agronomique* 128 : pp : 16-20.
11. **Djjar, Z. E. (1995)**. Contribution à l'étude du décret exécutif N°91-7-572 relatif à la farine de panification et au pain. *Journal officiel Algérie*.
12. **Doumandji A., Doumandji S., Doumandji M.B. (2003)**. Technologie de transformation des blés et problèmes dus aux insectes en stock, éd : Office des publications universitaires, 129 p.
13. **Dubois, (1996)**. Les farines : Caractéristiques des farines et des pates. *Industries des céréales*. Paris, lavoisier.
14. **FAO. (2023)**. Bulletin de la FAO sur l'offre et la demande de céréales: <https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/fr/>
15. **Feillet, P. (2000)**. Le grain de blé : Composition et utilisation. Éd : QUAE. 308 p
16. **Gate, P H. (1995)**. Écophysiologie de blé, éd: Lavoisier .365p.

- 17. Godon, B. (1982).** Valeur meunière et boulangère des blés tendres et de leurs farines conservation et stockage des grains et produit dérivé céréales, oléagineuse protéagineux aliments pour animaux, pp : 1009 -1028.
- 18. Godon Bernard, Willm Claude. (1998).** Les industries de première transformation des céréales. Tec & doc . Lavoisier.
- 19. Grignac, P. H. (1965).** Contribution à l'étude de (*Triticum durum* Desf.) Thèse de Doctorat Université de Toulouse, 240p.
- 20. Himeur, M., Benmabrouk, M. (2019).** Mémoire de fin d'étude présente pour l'obtention du diplôme technicien supérieur en transformation des céréales, etude de la qualite de la farine issue du moulin agrodiv M'sila. 07. P8
- 21. Hubert, P. (1998).** Recueil de fiches techniques d'agriculture spéciale 17 : pp : 23-27.
- 22. I. T. G. C. (2013).** Statistique de la production de blés en Algérie.
- 23. Jacquemin, I. Z. (2012).** Evaluation of the technical and environmental performances of extraction and purification processes of arabinoxylans from wheat straw and bran. *Process biochemistry*, 47(3), 373-380.
- 24. Jeantet, R., Croguennec, T., Schuck, P., Brule, G. (2007).** Sciences des aliments 2-technologie des produits alimentaires éd Tec & Doc Lavoisier. pp : 139-185
- 27. Kerby, K., Kuspira, J. (2011).** The phylogeny of the polyploid wheats *Triticum aestivum* (bread wheat) and *Triticum turgidum* (macaroni wheat). *Genome*, 29(5), pp: 722-737.
- 25. Lesage, V. (2011).** Contribution à la validation fonctionnelle du gène majeur contrôlant la dureté / tendreté de l'albumen du grain de blé par l'étude de lignées quasi-isogoniques. Thèse de Doctorat, Université Blaise Pascal pp : 17-18.
- 26. Mazoyer. M, (2002).** Larousse agricole. Ed : Mathilde majore assistée de Nora Scott Thierry oliveaux : Dossiers (institutions et organismes) et (données économique) pp : 71-72
- 27. Najimi, B., EL jaafari, S., Jlibène, M., Jacquemin, J. M. (2003).** Applications des marqueurs moléculaires dans l'amélioration du blé tendre pour la résistance aux maladies et aux insectes. éd: *Base*. volume 7, N° 1, pp : 17-35.
- 28. Pomerayn, Z. (1988).** Wheat chemistry and technology. Ed: Ann Assoc Cereal Chem Saint Paul. 47 p.

- 29. Roussel, H. C. (2005).** Les pains français : Evolution, qualité et production (éd. 2, Vol. 1). Science et Technologie des métiers de Bouche.
- 30. Romain, J., Croguennec, T., Schuck, P., Brule, G. (2007).** Sciences des aliments 2- Technologie des produits alimentaires. Ed Tec & Doc Lavoisier. 456 p.
- 31. Shewry, P. R. (1997).** Biotechnology of wheat gluten. J Sci food Agric. Vol ,73 pp: 397- 406.
- 32. Shewry, P. R. (2009).** Wheat. *Journal of experimental botany*, 60 (6), 1539 p
- 33. Surget, A, Barron, C. (2005).** Histologie du grain de blé. Industrie des céréales 145 : pp : 3 - 7.
- Soltner, D., (1988).** Les grandes productions végétales céréales plantent sarclées. 16^{ème} édition, collection sciences et techniques agricole. P : 466-229