

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE & BIOCHIMIE

DOMAINE : SCIENCE DE LA NATURE ET DE LA VIE

FILIERE: SCIENCE ALIMENTAIRE

OPTION: QUALITE DES PRODUITS ET SECURITE

N°

DES ALIMENTS



Mémoire présenté pour l'obtention

Du diplôme de Master Professionnel

Par : BENHALIMA Hana

BOUTBIG Imane

MEHIA Saadiya

Intitulé

**Effet de l'incorporation du son sur la qualité
et les caractéristiques physico-chimiques et
technologiques de la farine**

Soutenu devant le jury composé de :

Dr. GUETOUCHE Mourad

Université Mohamed Boudiaf M'sila

Président

Dr. RAHALI Abdallah

Université Mohamed Boudiaf M'sila

Rapporteur

Pr. AOUN Omar

Université Mohamed Boudiaf M'sila

Examineur

Année universitaire 2021/2022

Remerciement :

Louange à Allah, le Seigneur des mondes, et prières et Paix pour les nobles Prophètes et messagers.

Nous remercions Dieu pour sa générosité, qui nous a permis d'accomplir ce travail grâce à lui, il a la louange première et dernière.

*Nous remercions ensuite les bonnes personnes qui ont apporté notre aide au Cours de cette période, et en particulier notre encadreur qui a supervisé le message, **DR. RAHALI A**, qui n'a ménagé aucun effort pour nous aider, il nous a Donné beaucoup de temps, pour ses précieux conseils, pour son suivi tout au long de la réalisation de ce mémoire.*

*Et aussi nous remercions le membre du jury **DR. GUATOUCHE M**, et le **PR. AOUN. O** J'espère qu'elle trouve ici l'expression de ma profonde gratitude . Nous avons lu des articles à ce sujet et nous ne Trouvons pas cela embarrassant. Cela nous a incité à faire des recherches. Nous le voulons et nous y enforçons. Il a la récompense de Dieu et toute l'appréciation sauvée par Dieu, ainsi que le plaisir de la science et du bien-être.*

Nous remercions également tous les travailleurs des moulins Agrodin

*M'sila et tous ceux qui sont dans l'intérêt du laboratoire **Melle***

BOUZROURA Meriem, Melle DJAIDJA Bouchra, Ms HACHI Islam,

***Madame NABI Amani**, et Dieu les récompensent pour le meilleur pour l'attention qu'ils portent aux stagiaire.*

Toute notre gratitude va à tous nos enseignants qui nous ont formé, de l'école primaire jusqu'à l'université.

Merci

Dédicace :

Merci Dieu, de m'avoir la force et la capacité pour finir ce travail.

Je dédie le fruit de mes efforts :

A Mes chers parents

Pour leur amour, leur soutien, leur patience, leurs encouragements et leurs sacrifices tout au long de ma vie, Pour m'avoir soutenu moralement et matériellement et ma pousser dans la voie du succès, aucun mot ne pourra exprimer ma haute gratitude et profonde affection.

Que Dieu vous donne la santé, le bonheur et vous protège de tout mal.

A Mes amours

Mes frères Imad et Mohsen et ma soeur Ahlam.

A tous mes amies

Qui avec eux j'ai passé les meilleurs moments pendant ma vie sans nom en particulier.

A tous ceux que j'aime.

Et enfin à toute personne qui m'a aidé de près ou de loin à la

Réalisation de ce travail.

HANA

Dédicace :

Des larmes de joie se sont mêlées à mon diplôme, et j'ai été stocké en adieu à mes proches, en un clin d'œil nos jours ont passé, et nous voici aujourd'hui en train de récolter notre récolte, et de dire adieu à nos proches, et le endroit que nous avons inclus, ce sont six vies, hier nous nous sommes rencontrés et aujourd'hui nous nous sommes séparés, mais notre joie de notre diplôme oublie notre douleur, alors je dédie le fruit de cet effort

A ma chère mère

La personne la plus précieuse de ma vie, qui a inspiré mon chemin avec ses conseils, m'a donné la force et la détermination de continuer le chemin, et a été une raison de poursuivre mes études et m'a appris la patience et la diligence.

A mon cher père :

Ses mains, et celui qui m'a enseigné les valeurs, les principes et la morale, à qui mon le nom ne sera jamais séparé de son nom, et à la source de soutien et de don, et à la source d'espoir, que Dieu le préserve.

A mes amours :

Mes frères elkheir, Anis et Moustapha et mes sœurs Yasmine, Asma et Aycha.

A mon amie :

Je remercie également mon amie Hana, qui est à nouveau comme ma sœur. Elle a toujours été ma compagne de vie et s'est tenue à mes côtés tout le temps.

A mon fiancé :

je te remercie pour tout ce que tu m'as donné et ce que tu m'offriras à l'avenir.

IMANE

Dédicace

*"À qui Dieu a l'honneur et la gloire ... À ceux qui m'ont appris tendre sans attendre Pour
Je demande à Dieu d'étendre dans votre vie pour voir les fruits qui sont venus
Le ramasser après une longue attente et vos mots resteront des étoiles que je guiderai
Aujourd'hui et demain Et pour toujours ... **mon marie** et **mon cher père**
À mon ange dans la vie. Au sens de l'amour et au sens de la compassion et du dévouement
.. À Vie et mystère de l'existence
À celui qui était le secret de mon succès et son amour du baume chirurgical aux personnes
Les plus précieuses **ma mère** bien-aimée
Et surtout À mon petit-fils **Mohammed Yahia** et **mon bébé Ilyes**
À ma **belle-mère** qui bien aimée
À toute ma famille ; **MEHIA, BOUCHEKRIT , KORICHI** et, tous mes frères et sœurs
Frères et mes sœurs et belles sœurs.
À tous mes amis et collègues qui aiment la fraternité et qui se distinguent par leur loyauté et
leur générosité envers les sources de pure honnêteté avec lesquelles j'étais heureux et leurs
bénédictions dans les chemins d'une vie douce et triste, je me suis dirigé vers ceux qui étaient
avec moi sur la voie du succès et du bien Et puis à chacun de ceux qui m'ont appris un
personnage qui est devenu une lumière brillante qui éclaire le chemin devant moi à mon
Encadreur*

DR. RAHALI

*À ceux qui ont travaillé dur avec moi pour achever ce travail, à mon Compagnon
BOUZROURA Meriem et tout l'équipes de laboratoire Agrodin Hodna Msila*

Saadiya

Sommaire :

Remerciement

Dédicace

Liste des tableaux

Liste des figures

Abréviations

Résumé

Abstract

ملخص

Introduction :	1
Chapitre I. Données bibliographiques	4
I.1. Le blé:	4
I.1.1. Description :	4
I.1.2. Taxonomie :	4
I.1.3. Structure de grain de blé :	5
I.1.4. Composition biochimique du grain de blé :	6
I.2. Mouture de blé tendre :	9
I.2.1. Définition de la mouture :	9
I.2.2. Objectif de la mouture :	9
I.2.3. Préparation à la mouture :	9
I.2.4. Les étapes de la mouture:	9
I.2.5. Conditionnement et produit fini:	10
I.2.6. Les différents produits de la mouture :	11
I.3. La farine de blé tendre et le son de blé:	12
I.3.1. Farine de blé tendre :	12
I.3.2. Le son de blé :	15

Chapitre II. Matériel et méthodes.....	18
II.1. Site d'étude :.....	18
II.2. Lieu d'étude :.....	18
II.3. Objectif d'étude :.....	18
II.4. L'échantillonnage :.....	18
II.4.1. La matière première (blé tendre) :.....	18
II.4.2. Le produit fini (farine panifiable / son) :.....	19
II.5. Conservation des échantillons :.....	19
II.6. Préparation des échantillons (farine panifiable / son) :.....	19
II.7. Paramètres d'appréciation de la qualité physico-chimique de la matière première (blé tendre) :.....	20
II.7.1. Teneur en eau :.....	20
II.7.2. Poids à l'hectolitre (PHL) :.....	22
II.7.3. Masse de 1000 grains :.....	23
II.7.4. Impuretés :	24
II.8. Paramètre d'appréciation de la qualité technologique de la matière première (blé tendre) :.....	26
II.8.1. Indice de sédimentation (test de ZELENY) :.....	26
II.9. Paramètres d'appréciation de la qualité physico-chimique de produit fini (farine panifiable / son) :.....	27
II.9.1. Teneur en eau :.....	27
II.9.2. Taux d'affleurement (taux de granulation) :.....	27
II.9.3. Taux de cendre :.....	28
II.10. Paramètres d'appréciation de la qualité technologique de produit fini (farine panifiable /son) :.....	30
II.10.1. Taux de gluten:.....	30
II.10.2. Essai à l'alvéographe :.....	32

Chapitre III. Résultats et discussion	36
III.1. Résultats des analyses physico-chimiques de la matière première :	36
III.1.1. Impuretés :	36
III.1.2. Poids à l'hectolitre (PHL):	37
III.1.3. Taux d'humidité:	39
III.1.4. Poids de 1000 grains (PMG):	40
III.2. Résultats d'analyse technologique de la matière première :	41
III.2.1. L'indice de sédimentation (indice de ZELENY) :	41
III.3. Résultats des analyses physico-chimique de produit fini (farine panifiable /son) :	42
III.3.1. Taux d'humidité:	42
III.3.2. Taux de cendre :	43
III.3.3. Taux d'affleurement :	44
III.4. Résultats des analyses technologiques de produit fini (farine panifiable /son) :	45
III.4.1. Gluten :	45
III.4.2. Force boulangère et le rapport P/L :	47
Conclusion :	51
Références bibliographiques	54

Liste des tableaux :

Tableau 1: Composition chimique de grain de blé (Feillet, 2000).	6
Tableau 2 : produits de mouture (Doumandji et al, 2003).	11
Tableau 3: La composition biochimique de la farine du blé tendre (d'après Atwell, 2001).	12
Tableau 4: Type des farines (Guinet, 2006).....	14
Tableau 5: Le poids de la farine panifiable et de son utilisé pour chaque essai.	20
Tableau 6: Les taux d'impuretés du blé tendre issu de Moulins " Hodna ".	36
Tableau 7 : Les normes du poids spécifique des blés tendres ITCF (2001)	38

Liste des figures :

Figure 1: Anatomie schématique du grain du blé (Surget et Barron, 2005).....	5
Figure 2: La sonde de blé.	19
Figure 3: Humidimètre électrique.	21
Figure 4: Nilema-litre.....	22
Figure 5: Compteur des grains.	23
Figure 6: Tamis d'agréage.	24
Figure 7: Moulin d'essai.....	26
Figure 8: Plansichter.	27
Figure 9: Four à moufle.....	29
Figure 10: Glutork.....	30
Figure 11: L'appareil Alvéographe Chopin.....	32
Figure 12 : Alvéogramme avec indication des différents paramètres mesurés (Roussel, 1991).	33
Figure 13: Poids à l'hectolitre de blé tendre issu de Moulins " Hodna "	37
Figure 14: Taux d'humidité du blé tendre issu de Moulins " Hodna "	39
Figure 15: Poids de 1000 grains du blé tendre issu de Moulins " Hodna "	40
Figure 16 : Indice de sédimentation du blé tendre issu de Moulins " Hodna "	41
Figure 17: Taux d'humidité de la farine panifiable et de celles incorporées par différents pourcentages de son.	42
Figure 18: Taux de cendre de la farine panifiable et de celles incorporées par différents pourcentages de son.	43
Figure 19: Taux d'affleurement de la farine panifiable et de celles incorporées par différents pourcentages du son.	44
Figure 20 : Teneur en gluten humide, et en gluten sec et la capacité d'hydratation de la farine panifiable et de celles incorporées par différents pourcentages de son.....	45
Figure 21 : Force boulangère de la farine panifiable et de celles incorporées par différents pourcentages du son.	47

Figure 22 : Rapport de configuration (P/L) de la farine panifiable et de celles incorporées par différents pourcentages du son.....	48
--	----

Abréviations :

JORA : Journal Officielle République Algérienne.

NA : Norme Algérienne.

ISO : Organisation internationale de normalisation.

FP : farine panifiable.

H : Humidité.

PHL : Poids à l'hectolitre.

PMG : Poids de mille grains.

GH: Gluten humide.

GS: Gluten sec.

CH:Capacité d'hydratation.

P/L: Rapport de configuration.

W : Force boulangère.

Kg/hl : kilogramme / hectolitre.

g : gramme.

ml : millilitre.

Résumé :

Le blé est l'une des ressources alimentaires les plus importantes, il est utilisé pour fabriquer les semoules et les farines, et pendant cette fabrication une partie sera éliminée appelée le son. Ce dernier est riche en minéraux et en fibres.

Dans ce travail nous avons essayé d'incorporer le fin son de blé tendre avec des différentes proportions 15, 20 et 25% à la farine panifiable, pour étudier leur effet sur la qualité et les caractéristiques physico-chimiques et technologiques de cette farine et de chercher le taux d'incorporation qui permet d'obtenir un produit répond aux exigences de boulangerie.

Les résultats des différentes analyses physico-chimiques et technologiques réalisées sur le blé tendre sont conformes aux normes (taux d'impuretés, la masse de mille grains, taux d'humidité et le poids spécifique), à l'exception de l'indice de sédimentation qui dépasse la norme. Cependant, les résultats des analyses effectués sur la farine panifiable et de celles incorporées par différents pourcentages de son (taux d'humidité, taux de cendre, test de granulation, taux de gluten et alvéographe de Chopin), diffèrent d'une farine à une autre.

D'après cette étude, on a obtenu des bons résultats pour la farine incorporée par 15% de son comparativement avec les autres farines étudiées. Pour cette raison nous avons fixé le taux 15% afin d'obtenir un produit répond aux exigences de boulangerie.

Les mots clés : blé tendre, son de blé tendre, farine panifiable, qualité, les caractéristiques physico-chimiques et technologiques.

Abstract:

Wheat is one of the most important food resources, it is used to make semolina and flour, and during this production a part will be eliminated called bran. The latter is rich in minerals and fibers.

In this work we tried to incorporate the fine soft wheat bran with different proportions 15, 20 and 25% in the bread flour, to study their effect on the quality and the physico-chemical and technological characteristics of this flour and to seek the rate of incorporation which makes it possible to obtain a product meeting the requirements of bakery.

The results of the various physico-chemical and technological analyzes carried out on soft wheat comply with the standards (impurity rate, thousand grain mass, humidity and the specific weight), with the exception of the sedimentation index which exceeds the standard. While, the results of the analyzes carried out on the bread flour and those incorporated by different percentages of bran (humidity, ash content, granulation test, gluten rate and Chopin alveograph), differ from one flour to one other.

According to this study, good results were obtained for the flour incorporated with 15% of bran compared with the other flours studied. For this reason we have set the rate at 15% in order to obtain a product that meets bakery requirements.

Keywords: soft wheat, soft wheat bran, bread flour, quality, physico-chemical and technological characteristics.

ملخص :

يعتبر القمح من أهم المصادر الغذائية ، حيث يستخدم في صناعة السميد والطحين ، وخلال هذا الإنتاج يتم التخلص من جزء يسمى نخالة. هذه الأخيرة غنية بالمعادن والألياف.

حاولنا في هذا العمل دمج نخالة القمح اللين بنسب مختلفة 15 و 20 و 25% في طحين الخبز ، لدراسة تأثيرها على الجودة والخصائص الفيزيائية والكيميائية والتكنولوجية لهذا الطحين والبحث عن معدل الدمج الذي يجعل من الممكن الحصول على منتج يلبي متطلبات المخبز.

نتائج مختلف التحليلات الفيزيائية والكيميائية والتكنولوجية التي أجريت على القمح اللين تتوافق مع المعايير (معدل الشوائب، كتلة الألف حبة، معدل الرطوبة والوزن المحدد)، باستثناء مؤشر الترسيب الذي يتجاوز المعيار. بينما ، نتائج التحليلات التي أجريت على طحين الخبز وتلك التي تم دمجها بنسب مختلفة من النخالة (معدل الرطوبة ، معدل الرماد ، اختبار التحبيب ، معدل الغلوتين وتحليل الالفيوغراف) ، تختلف من دقيق إلى آخر.

وفقاً لهذه الدراسة، تم الحصول على نتائج جيدة للطحين المدمج مع نخالة بنسبة 15% مقارنة بالطحين الآخر المدروس. لهذا السبب حددنا المعدل بـ 15% من أجل الحصول على منتج يفي بمتطلبات المخبز.

الكلمات المفتاحية : القمح اللين ، نخالة القمح اللين ، طحين الخبز ، الجودة ، الخصائص الفيزيائية والكيميائية والتكنولوجية.

Introduction

Introduction :

En Algérie, les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale. **(Djermoun, 2009).**

La culture des céréales est très importante économiquement. Les principales sont : le blé, le riz, le seigle, l'orge, l'avoine, le maïs, le millet et le sorgho **(Roudaut et Lefrancq, 2005).**

Le blé vient en tête de classement des cultures stratégiques parce qu'il constitue une source alimentaire pour plus de 35% de la population humaines **(Evans, 1993).**

Il existe deux types de blé : blé dur (*Triticum durum*) utilisé pour la fabrication des semoules et le blé tendre (*Triticum aestivum*) c'est le produit principal pour fabriquer la farine **(Abecassis, 2015).**

L'industrie de transformation occupe une place « leader » dans le secteur des industries agroalimentaires **(Djermoun, 2009).**

En effet, la farine résulte de mouture et de broyage dans lesquels le son et le germe sont partiellement éliminés et le reste réduit en poudre suffisamment fine **(Kellou, 2008).**

Ainsi, l'incorporation de sous-produits (son de blé, germe de blé) dans un aliment facile à préparer touche aujourd'hui une grande partie de la population, dont les raisons de leurs utilisations révèlent de nombreux facteurs qui sont à la fois d'ordre culinaire, économique et de santé **(Howard et al, 2011).**

L'objectif de ce travail est de déterminer la qualité de blé tendre issu de Moulins « Hodna », et à étudier l'influence de l'ajout de son de blé tendre avec des différentes proportions (15, 20 et 25%), sur la qualité et les caractéristiques physico-chimiques et technologiques de la farine panifiable, et également de chercher le meilleur taux incorporé à cette farine pour obtenir un produit répond aux exigences de boulangerie.

Ce mémoire est composé de deux parties :

- une partie bibliographique renferme des généralités pour le blé, mouture de blé tendre, la farine et le son.
- partie expérimentale contient les différents paramètres de qualité de blé tendre et de la farine panifiable et de celles incorporées par différents pourcentages de son, et la comparaison des résultats avec les normes.

PARTIE
BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I :

DONNEES

BIBLIOGRAPHIQUES

Chapitre I. Données bibliographiques

I.1. Le blé:

I.1.1. Description :

Le blé est une plante herbacée monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille des *Gramineae*. Les deux espèces dominantes sont le blé tendre « *Triticum aestivum* » et le blé dur « *Triticum durum* ». Ce fruit sec est constitué d'une seule graine intimement soudée à l'enveloppe du fruit qui la contient. Sur l'épi, le grain est entouré d'enveloppes qui n'adhèrent pas à la graine et qui sont éliminées au moment du battage (Surget et Barron, 2005).

I.1.2. Taxonomie :

La classification botanique de graine de blé est comme suivante :

Règne végétal : *Plantae*.

Sous-règne : *Tracheobionta*.

L'embranchement : *Magnoliophyta*.

Classe : *Liliopsida*.

Sous-classe : *Comelinidae*.

Ordre : *Cyperales*.

Famille : *Poaceae*.

Sous-famille : *Pooideae*.

Tribu : *Triticeae*.

Genre : *Triticum*.

Espèces : *Triticum aestivum* (Blé Tendre) (Bonneuil et al, 2007).

I.1.3. Structure de grain de blé :

Généralement, la couleur des grains de blé varie du roux au blanc et pourpre à l'occasion. Le grain de blé mesure entre 5 et 7mm de long, et entre 2,5 et 3,5mm d'épaisseur, pour un poids compris entre 20 et 50mg selon les variétés et le degré de maturité (**Canadas, 2006**).

Selon (**Emillie, 2007**), le grain de blé se compose de trois parties :

I.1.3.1. Les enveloppes :

Les enveloppes représentent 13 à 15% du grain de blé (**Jeantet et al, 2007**). Formées de six tissus différents : épiderme du nucelle, tégument séminal ou testa (enveloppe de la graine), cellules tubulaires, cellules croisées, mésocarpe et épicarpe (**Feillet, 2000**).

I.1.3.2. L'amande farineuse :

L'amande est également appelée endosperme ou albumen, C'est la partie centrale du grain, tissu de stockage qui fournit au germe les réserves nécessaires pour sa croissance (**Doumandji et al, 2003**), Se représente 83% du poids du grain (**Vaclavik et al, 2008**).

I.1.3.3. Le germe :

Le germe est une partie du grain qui contient l'embryon, protégé par le scutellum (le germe représente 2 à 3% de grain du blé) (**Mousia et al, 2004**). Il est riche en protéines, matière grasse, sucres, vitamines du groupe B et E (**Godon, 1982**).

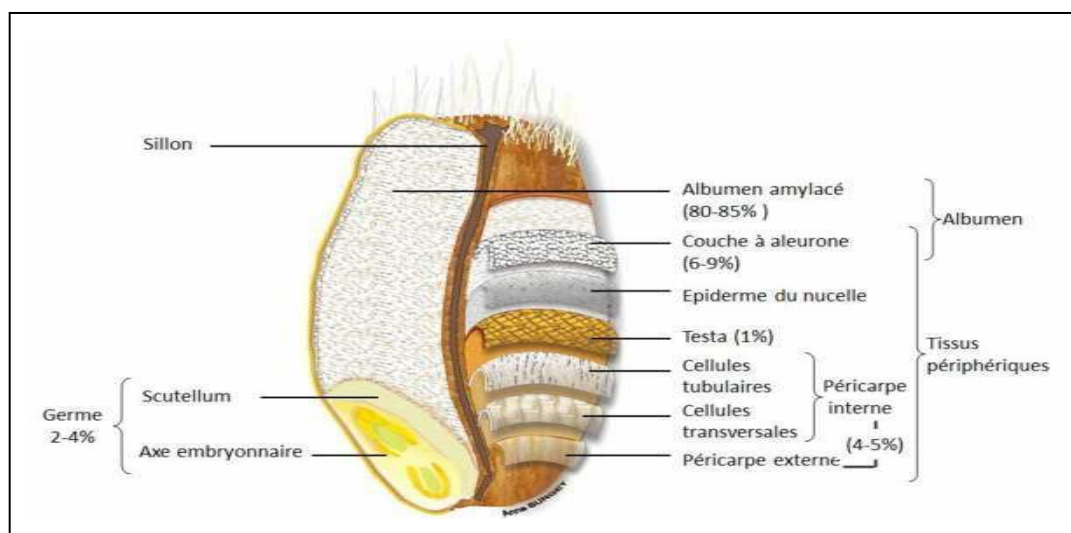


Figure 1: Anatomie schématique du grain du blé (**Surget et Barron, 2005**).

I.1.4. Composition biochimique du grain de blé :

Le grain de blé est constitué principalement d'amidon (environ 70%), de protéines (10 à 15%), et de pentosanes (8 à 10%) ; les autres constituants qui se trouvent en quantités faibles, sont les lipides, la cellulose, les sucres libres, les minéraux et les vitamines. **(Feillet, 2000).**

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

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

I.1.4.1. L'eau :

Le taux d'humidité du grain de blé doit être compris entre 8 et 14% pour éviter le risque d'altération par les microorganismes **(Cheriet, 2000).**

I.1.4.2. Les protéines:

Les grains de blé renferment un grand nombre de protéines : des protéines de structure, des protéines biologiques actives et des protéines de réserve. Ces protéines ne sont pas réparties uniformément dans le grain de blé, elles sont surtout localisées dans le germe et l'assise protéique **(Benhania, 2013).**

I.1.4.3. Les glucides :

Les glucides sont, pondéralement, les constituants majeurs du grain de blé. Ils représentent environ 80% de la matière sèche totale répartie en polysaccharides (l'amidon 65 à 75%, l'hémicellulose et pentosane 6 à 8%, cellulose 1,5 à 3% et petits glucides solubles 2 à 4%) (**Giunet et Godon, 1994**).

- **L'amidon :**

L'amidon est l'élément le plus abondant (environ 63-72 %) blé est présent dans l'endosperme (**Šramková et al, 2009**).

- **Les sucres :**

On trouve aussi des glucides simples, environ 2% dont la majeure partie est localisée dans le germe et l'assise protéique (**Fredot, 2005**).

- **La cellulose :**

La cellulose qui est un glucide complexe, difficile à digérer, rentre dans la composition du péricarpe (**Nique et Classeran, 1989**).

I.1.4.4. Les lipides :

Contrairement aux fractions amidon et protéine, la fraction lipidique est mineure composant de la graine de blé, constituant environ 3-4% du poids blé complet (**Arendt et Zannini, 2013**). Ils vont se lier lors de pétrissage de la pâte aux protéines et aux glucides afin d'assurer une rétention d'eau, l'extensibilité et l'élasticité de la pâte (**Fredot, 2009**).

I.1.4.5. Les minéraux :

Le grain de blé comprend aussi des matières minérales en faibles proportions (**Doumandji et al, 2003**). Principaux constituants de la fraction minérale sont les phosphates et les sulfates de K, Mg et Ca. Là sont également des quantités significatives de Fe, Mn, Zn et Cu, ainsi que des traces de nombreux autres éléments (**Arendt et Zannini, 2013**).

I.1.4.6. Les vitamines :

Les vitamines sont des éléments chimiques complexes qui jouent un rôle important dans la nutrition. Les plus répandues sont les vitamines hydrosolubles de type B (B1, B2, B3, B6, B9) (**Fredot, 2009**), la seule solution liposoluble présente dans le grain de blé est la vitamine E avec 2.5 mg/100 g. Elle se trouve essentiellement dans le germe car c'est à cet endroit que l'on trouve le plus de lipides (**Fredot, 2005**).

I.1.4.7. Les enzymes :

Les enzymes, les plus courants sont : les protéases, les lipases, les lipoxygénases et les amylases (**Boughrara, 2000**).

I.2. Mouture de blé tendre :

I.2.1. Définition de la mouture :

Le procédé de mouture est une combinaison d'opérations unitaires de broyage et de tri des particules en fonction de leur taille ou de leurs propriétés aérodynamiques. Ce procédé a été optimisé empiriquement afin d'extraire l'albumen amylacé des grains avec une faible contamination par les tissus périphériques (**Surget et Barron, 2005**).

I.2.2. Objectif de la mouture :

La première transformation des céréales a pour but d'isoler l'albumen amylacé sans contamination par les parties périphériques du grain (enveloppes, couche à aleurone) et par le germe (**Godon et Willm, 1998**).

I.2.3. Préparation à la mouture :

I.2.3.1. Nettoyage du blé:

Les grains de blé doivent être débarrassés de toute leur impureté avant d'être envoyés sur le premier broyeur : grains étrangères, grains d'autres céréales, pailles, pierres, pièces métallique, d'animaux (rongeurs, insectes). Il est souhaitable aussi d'éliminer les blés mal venus (grains échaudés, ergotés et fusariés) dont la présence pourrait nuire à la qualité des farines (**Feillet, 2000**).

I.2.3.2. Conditionnement du blé:

Après nettoyage, le blé doit être conditionné de manière à faciliter la séparation du son et de l'amande et le broyage de celle-ci. Un blé humide sera facile à travailler, notamment à bluter ; un blé trop sec se prêtera mal à la séparation des enveloppes (réduites en fines particules) du cœur de l'albumen (**Feillet, 2000**).

I.2.4. Les étapes de la mouture:

I.2.4.1. Le broyage:

Le broyage est une opération qui permet d'ouvrir mécaniquement le grain, par cisaillement, choc ou compressions, et de détacher plus ou moins complètement l'amande qui se brise alors que les enveloppes, plus élastiques résistent. Il est réalisé entre des cylindres cannelés tournant dans des directions opposées et à des vitesses différentes (**Feillet, 2000**).

I.2.4.2. Claquage:

Le claquage consiste à fractionner les produits qui lui sont envoyés grâce à des cylindres lisses. La ligne de claquage reçoit des produits plus gros, plus dispersés, que ceux reçus par la ligne de convertissage. La granulométrie est comprise entre 200 μm et 1000 μm ; chaque claqueur alimente le claqueur suivant (**Bourson, 2009**).

I.2.4.3. Convertissage:

Pour réduire et à épuiser les particules d'amande (finots et gruaux) en farine après le broyage et le claquage à l'aide de cylindres lisses (**Bourson, 2009**).

I.2.4.4. Blutage :

Permet de séparer les produits en provenance des cylindres lisses et des cylindres cannelés selon leur granulométrie. L'opération est réalisée dans des plansichters, appareils formés d'un assemblage de tamis superposés et soumis à un mouvement rotatif et de va-et-vient permanent sous l'action d'un moteur excentrique (**Feillet, 2000**).

I.2.4.5. Sassage:

C'est une opération qui consiste à classer selon la densité les particules d'amande de provenance et de dimension différentes. Pour le blé tendre le sassage permet l'élimination des soufflures (épicarpe : pellicule translucide qui se détache du son) on parle alors d'épuration, pour cela, il faut épurer les semoules destinées à C l1, éventuellement à Cl2 (**Bourson, 2009**).

I.2.5. Conditionnement et produit fini:

Le stockage de farine entreposé dans des silos contient plusieurs cellules ou dans des sacs (**Ménard et Boudreau, 1992**). Après avoir été ensachée, elle est vendue sur le marché.

I.2.6. Les différents produits de la mouture :

Les produits de mouture sont mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau 2 : produits de mouture (Doumandji et al, 2003).

Le produit	Leurs propriétés
La farine	Le principal produit de la mouture, leurs particules sont fines et constituées de l'amande du grain de blé
La semoule	Elle correspond à des morceaux d'amande qui sont plus ou moins vêtus d'enveloppe. Leur grosseur est variable
Les finots	Ce sont des semoules très fines et très pures
Les gruaux	Ils proviennent de la réduction des semoules
Les issues	on distingue différents types : Les sons, les remoulages
Les farines basses	Elles correspondent aux farines obtenues en faible quantité

I.3. La farine de blé tendre et le son de blé:

I.3.1. Farine de blé tendre :

I.3.1.1. Définition de la farine:

La farine est un composé complexe, comportant différents constituants (protéines, lipides, sucres, etc.), dont la taille des particules d'amande comprises entre 15 et 200 μm . Son utilisation très répandue est liée à la capacité de la pâte à retenir le gaz permettant, ainsi, son expansion lors de la cuisson (**Gan et al, 1995**).

I.3.1.2. Composition biochimique de la farine:

Le tableau ci-dessous résume la composition biochimique de la farine du blé tendre :

Tableau 3: La composition biochimique de la farine du blé tendre (**d'après Atwell, 2001**).

Constituants	% matières sèche de la farine
Amidon	63 - 72
Protéines	7 - 15
Eau	13 - 16
Sucres	4.5 - 5
Matières grasses	1 - 2
Matières minérales	0.4 - 0.5

I.3.1.2.1 L'eau:

La teneur en eau des farines est un paramètre important qui doit se situer entre 10 et 16% (généralement 13 à 15%) pour que la farine se conserve convenablement (**Chene, 2001**).

I.3.1.2.2 Les sucres complexes (amidon):

Ce glucide complexe est formé de deux polymères, l'amylose et l'amylopectine. Ces molécules absorbent l'eau, et au contact de la chaleur, forment un gel essentiel à la transformation de la farine en pain **(Boudreau, 1992)**.

I.3.1.2.3 Les sucres simples:

Dans la farine les sucres simples préexistants sont composés de glucose, de fructose, de saccharose, de maltose et de petites chaînes de pentose ou de glucose. Ils représentent environ 1,5 à 2% par rapport à la matière sèche. Ce sont des sucres fermentescibles que la levure utilise au début de la fermentation, avant l'hydrolyse de l'amidon. **(Brulé et al, 2007)**.

I.3.1.2.4 Les protéines:

La teneur en protéine des farines est d'environ 10% **(Fredot 2005)**, Elle est fonction de la teneur en protéines des blés mis en mouture, de la répartition de celles-ci dans le grain et du taux d'extraction de la farine par rapport au grain **(Godon et Guinet, 1994)**.

I.3.1.2.5 Les lipides:

De ce fait, la composition lipidique des farines dépend des conditions de mouture et de leurs taux de purification **(Feillet, 2000)**.

I.3.1.2.6 Les enzymes:

Les enzymes sont présentes en petites quantités dans la farine. Les plus courantes sont les protéases, les lipases, les lipoxydases, les amylases, les phytases, les peroxydases et les catalases **(Lebnagria, 2003)**.

I.3.1.2.7 Les vitamines:

Une farine complète de blé tendre contient la totalité des vitamines initialement présentes dans le grain, une farine dont le taux d'extraction est de 75 à 80%, contient environ 20% de la vitamine (B6), 25% de biotine, 30 % d'acide nicotinique (B3), 55 % de l'acide pantothénique (B12) et 70% de la vitamine E **(Bornet, 1992)**.

I.3.1.3. Les types de farines :

Les types de farines sont mentionnés dans le tableau suivant:

Tableau 4: Type des farines (Guinet, 2006).

Type	Taux de Cendres en MS %	Humidité %	Taux d'extraction moyen correspondant
45	Moins de 0.5	15.5 %	67
55	De 0.5 à 0.6	15.5 %	75
65	De 0.62 à 0.75	15.5 %	78
80	0.75 à 0.9	15.5 %	80 - 85
110	1.00 à 1.20	15.5 %	85 - 90
150	Plus de 1.4	15.5 %	90 - 98

- **T45** : Farine blanche utilisé pour la pâtisserie.
- **T55** : Farine utilisée pour le pain de campagne.
- **T65** : Farine blanche sert à faire le pain de campagne, ou tout autre pour des traditions généralement issues de l'agriculture biologique (enrichissement).
- **T80** : Farine bise ou semi complète utilisée couramment dans les boulangeries biologiques sert à faire le pain semi complet.
- **T110**: Farine complète.
- **T150** : Farine intégrale est utilisée pour la fabrication du pain complet.

I.3.2. Le son de blé :

I.3.2.1. Définition :

Le grain de blé possède trois parties principales : le son, le germe et l'endosperme. Le son sert de barrière protectrice physique ou chimique pour l'endosperme et le germe (**Hoseney, 1986; Peterson et Fulcher, 2002**).

I.3.2.2. Composition du son:

Selon **Reis et al (2006)**, le son est composé de 50% de polysaccharides pariétaux (environ 20% de cellulose et plus de 35% d'hémicellulose). 5% de lignine et composés phénoliques dont l'acide férulique. Il contient aussi 16% de protéines, 15% d'amidon, 2% de lipides, vitamines du groupe B, vitamine E et les minéraux.

I.3.2.3. Effet sur la santé :

Même si le son de blé peut provoquer quelques ballonnement au début, il sera progressivement mieux toléré et remplira alors pleinement sa mission de régulariser le transit intestinal par une action mécanique douce ; il peut également entraîner une baisse du taux de cholestérol et de sucre dans le sang ; donc le son de blé participe à la prévention de maladies cardio-vasculaires et du diabète (**Anonyme, 2002**).

Il peut être également efficace dans le traitement des syndromes caractérisés par des crampes douloureuses : les diverticuloses, le syndrome du côlon irritable. Cependant, il ne faut pas en absorber lors d'un épisode de crise, lorsque la douleur est trop forte. Il faut attendre la fin de la crise et envisager le traitement sur du long terme (**Anonyme, 2002**).

PARTIE
EXPERIMENTALE

Chapitre II :

MATERIEL ET METHODES

Chapitre II. Matériel et méthodes

II.1. Site d'étude :

Cette étude a été effectuée au niveau du complexe industriel commercial CIC « les moulins du HODNA » groupe de transformation des céréales Agro-div, qui situe à la route nationale N° 45 route de Bordj Bou Arreridj. Il est constitué d'une minoterie et d'une semoulerie. Son activité principale est la transformation de blé tendre et de blé dur respectivement en farines et en semoules.

II.2. Lieu d'étude :

Laboratoire d'auto-contrôle des moulins «Hodna », spécialisé pour le contrôle de qualité des blés, farines et semoules.

II.3. Objectif d'étude :

L'objectif de notre étude consiste à déterminer la qualité de blé tendre issu de Moulins « Hodna », et à étudier l'influence de l'ajout de son de blé tendre avec des différentes proportions (15, 20 et 25%), sur la qualité et les caractéristiques physico-chimiques et technologiques de la farine panifiable, et aussi de chercher le meilleur taux incorporé à cette farine pour obtenir un produit répond aux exigences de boulangerie.

II.4. L'échantillonnage :

Les échantillons suivants ont été prélevés et soumis à différentes analyses physico-chimiques et technologiques.

II.4.1. La matière première (blé tendre) :

L'échantillonnage de blé est effectué sur la base de la méthode normalisée (NA 737/1990). Il est réalisé à l'aide d'une sonde de blé (**Figure 2**).



Figure 2: La sonde de blé.

II.4.2. Le produit fini (farine panifiable / son) :

La farine panifiable et le son ont été prélevés au niveau de sortie des lignes de production juste avant le stockage de lot.

II.5. Conservation des échantillons :

Les échantillons ont été mis dans des sachets propres et secs, et stockés à la température de laboratoire.

II.6. Préparation des échantillons (farine panifiable / son) :

Les échantillons sont préparés à partir des quantités connues de farine panifiable et des différentes proportions de son : 15, 20 et 25%.

Le poids utilisé pour la farine panifiable est 4 kg.

Nous avons fait quelques calculs pour déterminer le poids de la farine panifiable et du son utilisé pour chaque essai. Ils sont mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau 5: Le poids de la farine panifiable et de son utilisé pour chaque essai.

Les essais	Numéro des essais	Farine (g)	Son (g)
Les 03 essais à base de la farine Panifiable (témoin)	01	1000	0
	02	1000	0
	03	1000	0
Les trois essais à base de la farine et 15% de son	01	850	150
	02	850	150
	03	850	150
Les trois essais à base de la farine et 20% de son	01	800	200
	02	800	200
	03	800	200
Les trois essais à base de la farine et 25% de son	01	750	250
	02	750	250
	03	750	250

II.7. Paramètres d'appréciation de la qualité physico-chimique de la matière première (blé tendre) :

II.7.1. Teneur en eau :

II.7.1.1. Définition :

Conventionnellement, on entend par teneur en eau la perte de masse exprimé en % subit par le produit (Godon et Loisel, 1997).

II.7.1.2. Principe :

La mesure de la teneur en eau est réalisée sur une quantité d'échantillon dispersée dans la cellule de mesure d'un humidimètre électrique. Le résultat est affiché après 5 secondes sur l'écran de l'appareil.

II.7.1.3. Matériel :

- Humidimètre électrique.
- Pièce de mesure.



Figure 3: Humidimètre électrique.

II.7.1.4. Mode opératoire :

- Homogénéiser l'échantillon à analysé (blé).
- Prendre une quantité de blé à l'aide d'une pièce de mesure.
- Verser le contenu de la pièce dans la cellule de mesure de l'humidimètre.
- Placer la cellule de mesure dans son support et appuyer sur le bouton de produit à analysé (blé).
- Affichage de résultat.

II.7.2. Poids à l'hectolitre (PHL) : NA.1613/1990

II.7.2.1. Définition:

La masse à hectolitre correspond à la masse de blé contenu dans un hectolitre rempli de grains, d'impuretés et d'air interstitiel (NA.1613/1990).

II.7.2.2. Principe :

Ecoulement libre d'un échantillon au moyen d'une trémie dans un récipient de un litre (NA.1613/1990).

II.7.2.3. Matériel :

Nilema-litre, est constitué de :

- Mesure de 1L.
- Balance Romaine.



Figure 4: Nilema-litre.

II.7.2.4. Mode opératoire :

- Remplir la trémie avec le blé.
- Ouvrir la trappe, les grains vont se couler dans la mesure de 1l.
- Araser la mesure puis peser les grains.
- Convertir les résultats de g au kg/hl.

II.7.3. Masse de 1000 grains : NA731.2013.

II.7.3.1. Principe :

Selon la norme (NA731.2013), la détermination de masse 1000 grains est effectuée par la pesée et le comptage des grains entiers.

II.7.3.2. Matériel :

- Compteur des grains.
- Balance précise à 0.01g.



Figure 5: Compteur des grains.

II.7.3.3. Mode opératoire :

- Prélever une masse constituée approximativement de 500 grains de l'échantillon tel quel.
- Séparer les grains entiers puis les peser.
- Compter les grains entiers à l'aide d'un compteur des grains.

II.7.3.4. Expression des résultats :

La masse m_H en grammes, de 1000 grains tels quels est donnée par la formule suivante :

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

Où :

m_0 : est la masse, en grammes, des grains entiers de la quantité prélevé.

N : est le nombre de grains entiers trouvés dans la masse m_0 .

II.7.4. Impuretés : NA 15213, 2013 ; ISO 7970

II.7.4.1. Définition :

Les impuretés regroupent les grains de blé endommagés et tous éléments organiques et non organiques autres que les grains de blé concernés (**ISO 7970**).

II.7.4.2. Principe :

D'après la norme (**NA 15213, 2013**), la méthode de détermination des impuretés est la séparation, le classement puis la pesée.

II.7.4.3. Matériel :

- Balance précise à 0.01g.
- Tamis d'agréage.



Figure 6: Tamis d'agréage.

II.7.4.4. Mode opératoire :

- Peser 100g de blé sale.
- Tamiser le blé.
- Séparer et classer les impuretés de blé.
- Peser les différentes catégories d'impuretés.

II.7.4.5. Expression des résultats :

Le pourcentage A, d'une des catégories d'impuretés identifiées s'obtient ainsi :

$$A = \frac{M1 \times 100}{M0}$$

Où :

M0 : est la prise d'essai.

M1 : est la masse de la catégorie d'impuretés.

II.7.4.6. Définition de quelques impuretés recherchées dans un lot de blé :

- **Grains cassés ou brisés :**

On considère seulement comme grains cassés les morceaux de grain plus petit que les trois quarts du grain entier avant cassure.

- **Grains mouchetés :**

Sont considérés comme grains mouchetés, les grains présentant, à d'autres endroits que le germe même, des colorations situées entre le brun et le noir brunâtre.

- **Grains germes :**

Sont ceux dont on voit nettement à l'œil nu, la radicule ou la plumule.

- **Grains échaudés ou maigres :**

Sont considérés comme grains échaudés, les grains qui passent à travers un tamis à fentes de 1,9 mm. Ce sont des grains desséchés avant maturation à la suite d'un défaut d'alimentation en eau.

- **Grains d'autres céréales :**

Ce sont les grains et fragments de grains de céréales n'appartenant pas à l'espèce du lot examiné, ainsi que les graines et les fragments de graines de protéagineux et d'oléagineux.

- **Matières inertes :**

Cette catégorie comprend les débris végétaux secs (glumes, pailles...) 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...).

II.8. Paramètre d'appréciation de la qualité technologique de la matière première (blé tendre) :

II.8.1. Indice de sédimentation (test de ZELENY) : NA.1184.1994 E ; ISO 5529

Les tests de sédimentation ont été longtemps utilisés pour caractériser les blés (*Triticum aestivum* L. et *Triticum turgidum* ssp. *Durum*), farines et semoules dans le but de prédire les qualités de transformation et d'utilisation finale (Morris *et al*, 2007).

II.8.1.1. Principe:

La méthode de détermination de l'indice de sédimentation selon la norme (NA. 1184.1994 E), est la mise de la farine en suspension dans un mélange d'eau, d'acide lactique et de bleu de bromophénol, la mesure de la hauteur du sédiment par des temps d'agitation et de repos, puis effectuer une lecture directe de l'indice de sédimentation.

II.8.1.2. Matériel et réactifs:

- Balance.
- Agitateur de cylindre muni d'une muniterie.
- Moulin d'essai.
- Eprouvette de 100 ml à fond plat avec bouchon.
- Tamis de 150 µm d'ouverture de maille.
- Solution de bleu de bromophénol.
- Réactif de sédimentation (solution d'acide lactique + propanol+ eau distillée).

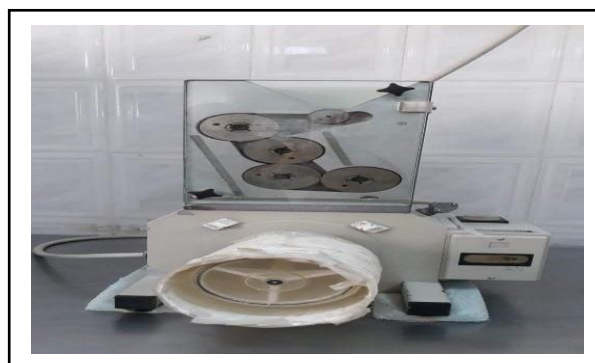


Figure 7: Moulin d'essai.

II.8.1.3. Mode opératoire:

- Broyer des grains de blé précédemment nettoyés puis tamiser la farine extraite.
- Introduire 3.2 g de farine dans l'éprouvette puis ajouter 50 ml de la solution de bleu de bromophénol.
- Boucher l'éprouvette et agiter pendant 5 secondes.
- Agiter l'éprouvette à nouveau à l'aide d'un agitateur pendant 5 minutes.
- Ajouter 25 ml de réactif de sédimentation à l'éprouvette.
- Mettre l'éprouvette dans l'agitateur pendant 5 minutes.
- Laisser l'éprouvette reposer pendant 5 min puis noter le volume de dépôt.

II.9. Paramètres d'appréciation de la qualité physico-chimique de produit fini (farine panifiable / son) :**II.9.1. Teneur en eau :**

La même méthode appliquée précédemment au blé.

II.9.2. Taux d'affleurement (taux de granulation) : NA. 020801.1992.

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

II.9.2.1. Matériel :

- Balance.
- Plansichter.



Figure 8: Plansichter.

II.9.2.2. Mode opératoire :

- Introduire 100 g de farine dans le plansichter.
- Mettre le plansichter en marche pendant 5 minutes.
- Retirer les refus des tamis.
- Peser le refus de chaque tamis.

II.9.2.3. Expression des résultats :

Le pourcentage de refus est exprimé selon la formule suivante :

$$TA = \frac{m}{m_0} \times 100$$

Où :

m : masse de refus (g).

m₀ : masse de la prise d'essai (g).

II.9.3. Taux de cendre : 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 (NA. 733.1991.E).

II.9.3.1. 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 (NA. 733.1991.E).

II.9.3.2. Matériel et réactifs :

- Nacelles à incinération.
- Four à moufle réglée à 900°C.
- Dessiccateur.
- Balance analytique.
- Ethanol à 95%.



Figure 9: Four à moufle.

II.9.3.3. Mode opératoire :

- Déterminer la teneur en eau des échantillons.
- Sécher les nacelles dans un four à moufle réglé à 900 °C pendant 10 minutes.
- Laisser les nacelles refroidir dans le dessiccateur puis les peser à 0.1 mg près.
- Dans les nacelles, peser 4 g de chaque échantillon à 10 mg près.
- Humecter les prises d'essai dans les nacelles par l'éthanol.
- Déposer les nacelles dans le four à moufle pendant 1 h 30 min.
- Retirer les nacelles et les laisser refroidir dans le dessiccateur.
- Peser les nacelles à 0.1 mg près.

II.9.3.4. Expression des résultats :

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

$$m1 \times \frac{100}{m0} \times \frac{100}{100 - H}$$

Où :

m0 : est la masse en gramme, de la prise d'essai.

m1 : est la masse en gramme, du résidu.

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

II.10. Paramètres d'appréciation de la qualité technologique de produit fini (farine panifiable /son) :

II.10.1. Taux de gluten: NA.735.1991 ; NA.736.1991

II.10.1.1. Définition :

Le gluten est une fraction protéique élastique-plastique (caoutchouteuse) de la farine responsable des propriétés physiques de la pâte (**Perten *et al*, 1992**).

II.10.1.2. Principe :

La méthode de détermination du gluten humide selon la norme (**NA.735.1991**), est la 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.

Le gluten humide obtenu précédemment est placé dans une étuve Chopin pendant 2 heures, ou bien rapidement dans un appareil adéquat Glutark (4 min) (**NA.736.1991**).

II.10.1.3. Matériel et réactifs :

- Balance précise à 0.01g.
- Spatule.
- Mortier.
- Eprouvette graduée de 10 ml.
- Centrifugeuse.
- Glutork.
- Solution de chlorure de sodium à 2%.



Figure 10: Glutork.

II.10.1.4. Mode opératoire :

- introduire 10 g de farine dans un mortier.
- Ajouter 5,5 ml de solution de chlorure de sodium et mélanger jusqu'à l'obtention d'une pâte homogène.
- Malaxer le pâton par les doigts sous un mince filet d'eau salé (solution de chlorure de sodium) jusqu'à l'élimination totale de l'amidon.
- Mettre la masse obtenue dans une centrifugeuse pendant 4 minutes.
- Peser le gluten humide.
- Mettre le gluten humide dans le Glutork pendant 4 minutes.
- Peser la masse obtenue (gluten sec).

II.10.1.5. Expression des résultats :**a) Gluten humide :**

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

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

Où :

m : est la masse, en gramme, de gluten humide.

b) Gluten sec:

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

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

Où :

m' : est la masse, en grammes, de gluten sec.

c) Capacité d'hydratation (CH):

C'est la quantité d'eau absorbée par le gluten, exprimer en pourcentage, est égale à :

$$CH = \frac{GH - GS}{GH} \times 100$$

Où:

GH: gluten humide.

GS: gluten sec.

II.10.2. Essai à l'alvéographe : NA 1188.1990 ; ISO 5530/4**II.10.2.1. Définition :**

L'alvéographe est un instrument qui mesure la pression ainsi que le volume d'air nécessaire pour souffler une bulle en expansion à partir d'une mince feuille de pâte. Le graphique obtenu, l'alvéogramme, fournit des informations telles que la stabilité ou ténacité de la pâte (P), l'extensibilité ou l'élasticité de la pâte (L), la force de la pâte (W) et le rapport entre P et L (P/L) (Miles, 2010).

II.10.2.2. Matériel et réactifs:

- Balance permettant de peser à 0,5g près.
- Alvéographe.
- Solution de chlorure de sodium à 2.5 % NaCl.
- Huile de paraffine.



Figure 11: L'appareil Alvéographe Chopin.

II.10.2.3. Mode opératoire :

- Déterminer la teneur eau de l'échantillon.
- Etalonner l'appareil à pression 60/90.
- Mettre 250 g de farine dans le pétrin et commencer le pétrissage.
- Ajouter la solution de chlorure de sodium dont le volume est en fonction de la teneur en eau de la farine.
- Après la formation de la pâte, inverser le sens de rotation du fraiseur pour l'extraction des pâtons.
- Eliminer les premiers centimètres du pâton puis découper un morceau de celle-ci.
- Laminer le pâton par un rouleau d'acier précédemment huilé.
- Découper une éprouvette à l'aide d'un emporte-pièce, et la déposer sur la plaque de repos puis dans l'enceinte isotherme de l'alvéographe (25°C).
- Faire quatre autres éprouvettes.
- Laisser les éprouvettes reposer pendant 20 min.
- Déposer une éprouvette au centre de la platine puis l'aplatir et ensuite le gonflement de la pâte.
- La lecture du graphe affiché (**figure 12**).

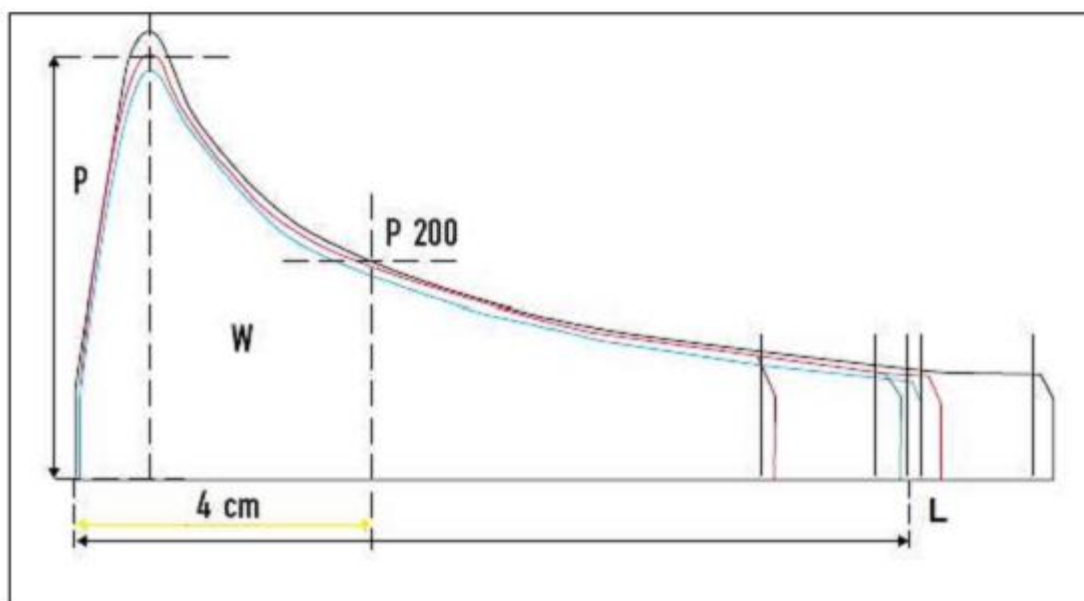


Figure 12 : Alvéogramme avec indication des différents paramètres mesurés (Roussel, 1991).

II.10.2.4. Expression des résultats :

L'alvéogramme permet de déterminer les paramètres suivants :

- **Le "W" :** Il vient du mot anglais "Work" et désigne le travail au sens physique du terme. Sa valeur est proportionnelle à la Surface (S) de la courbe.
- **Le "P" :** Correspond à la pression maximale d'air insufflée nécessaire à la déformation et donc à l'obtention de la bulle de pâte. Il exprime la ténacité de celle-ci et est donné en mm sur l'axe des ordonnées de l'alvéogramme.
- **Le "L" :** Ce paramètre correspond à l'extensibilité de la pâte depuis le début du gonflement jusqu'à éclatement de la bulle. Il indique l'élasticité de la pâte et l'allongement au façonnage. Il est donné en mm sur l'axe des abscisses de l'alvéogramme.
- **Le "P/L" :** Ce rapport appelé "rapport de configuration de la courbe" ou "rapport de ténacité au gonflement", représente l'équilibre entre la ténacité et l'extensibilité de la pâte.

Chapitre III :

RESULTATS ET
DISCUSSION

Chapitre III. Résultats et discussion

III.1. Résultats des analyses physico-chimiques de la matière première :

III.1.1. Impuretés :

Les résultats des taux d'impuretés du blé tendre sont indiqués dans le tableau ci-dessous :

Tableau 6: Les taux d'impuretés du blé tendre issu de Moulins "Hodna".

Impuretés	Essai 01	Essai 02	Essai 03	Moyenne ± Ecart type
Matière inerte	00	00	0.04	0.13±0.23%
Débris végétaux	0.03	0.15	0.37	0.18±0.17%
Grains sans valeurs	0.01	00	0.03	0.013±0.01%
Grains cariés	00	00	00	00
Grains chauffés	00	0.06	00	0.02±0.03%
Total des impuretés de première catégorie (max 1%)	0.04	0.21	0,44	0.23±0.20%
Grains cassés	2.06	2.83	3.96	2.95±0.95%
Grains échaudés	5.72	4.04	9.66	6.47±2.88%
Grains étrangers pour bétail	0.059	0.13	0.23	0.13±0.08%
Grains mouchetés	0.55	0.70	0.68	0.64±0.08%
Grains boutés	2.73	2.27	1.27	2.09±0.74%
Grains piqués	00	00	00	00
Grains punaisés	00	00	00	00
Grains germés	00	00	00	00
Grains maigres	2.30	0.94	1.60	1.61±0.68%
Totale des impuretés de deuxième catégorie (5%max)	13.36	10.91	17.4	13.89±3.27%

D'après les résultats mentionnés sur le tableau 6, on remarque :

Pour les impuretés de la première catégorie l'absence totale des grains cariés, et la présence de la matière inerte, débris de végétaux, grains chauffés, grains sans valeur avec un faible taux. Cette catégorie présente une valeur moyenne égale à $0.23 \pm 0.20\%$, donc ce résultat est conforme à la norme (01%).

Pour les impuretés de la deuxième catégorie, la présence des grains étrangers pour bétail et les grains mouchetés avec un faible taux, l'absence totale des grains punaisés, germés et piqués, et la présence d'un taux élevé des grains ; maigres, échaudés, boutés et cassés. Ces impuretés ont une valeur moyenne égale à $13.89 \pm 3.27\%$, qui représente presque le double de la valeur maximale autorisée (05%).

Selon **Bar (2001)**, le taux des impuretés influe sur le rendement des productions, qualité technologique des lots de blé et l'aspect du produit fini (farines), c'est pourquoi le nettoyage doit être effectué avec beaucoup de soin.

III.1.2. Poids à l'hectolitre (PHL):

Les résultats du poids à l'hectolitre (poids spécifique) de blé tendre sont indiqués dans la figure ci-dessous :

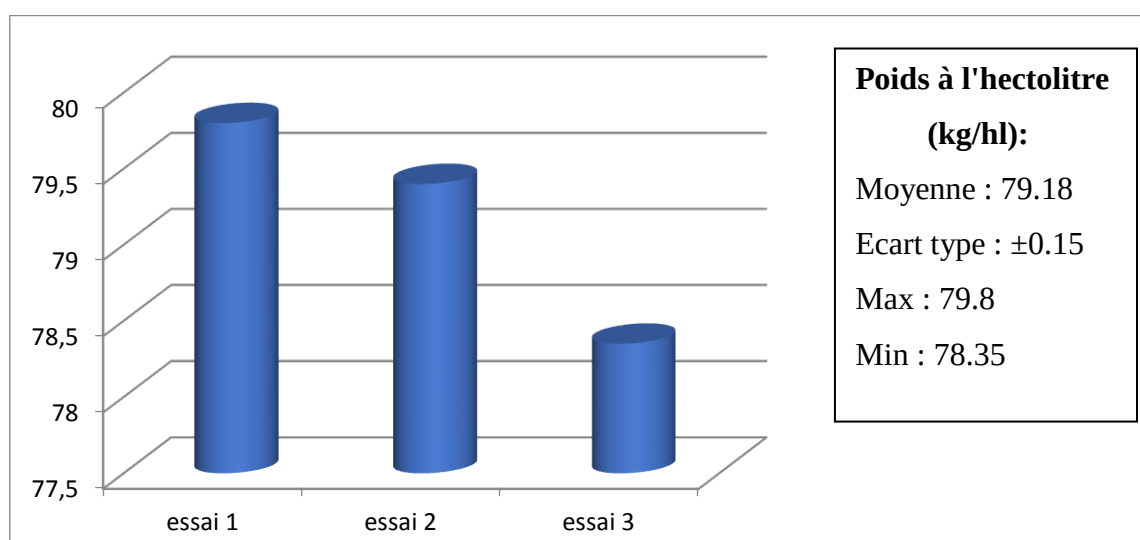


Figure 13: Poids à l'hectolitre de blé tendre issu de Moulins "Hodna".

D'après la figure 13, les valeurs de poids à l'hectolitre pour l'essai 1, essai 2 et essai 3 sont respectivement égale à 79.80 ; 79.40 ; 78.35kg/hl, leur moyenne est égale à 79.18 ± 0.15 kg/hl, ce résultat est conforme à la norme du Journal officiel de la république Algérienne **Jora N° 32 (1988)**, qui exige une valeur supérieure ou égale à 67 kg/hl.

Le tableau suivant indique les normes du poids spécifique des blés tendres **ITCF (2001)**:

Tableau 7 : Les normes du poids spécifique des blés tendres ITCF (2001).

Classe de poids	Caractéristique et qualité
Au dessous de 70 kg/hl	Blé anormal, non commercial
Au dessous de 72 kg/hl	Blé inacceptable a l'intervention
Entre 72-75 kg/hl	Masse faible, léger et de faible valeur meunière
Entre 75-77 kg/hl	Masse moyenne
Entre 77-79 kg/hl	Masse élevée, blé lourd et de bonne valeur meunière
Au dessus de 80 kg/hl	Masse très élevée, blés très lourd, vitreux et dense à très bon rendement

D'après le tableau 7 qui indique les normes du poids spécifique des blés tendre, on peut classer notre blé dans la cinquième catégorie entre 77-79 kg/hl, il est de masse élevée, blé lourd et de bonne valeur meunière. Le poids spécifique est largement reconnu comme facteur de classement de première importance, car il est relié à la condition plus ou moins saine du grain de blé (**Ghaderi et al, 1971**).

III.1.3. Taux d'humidité:

Les résultats du taux d'humidité de blé tendre sont donnés sur la figure ci-dessous :

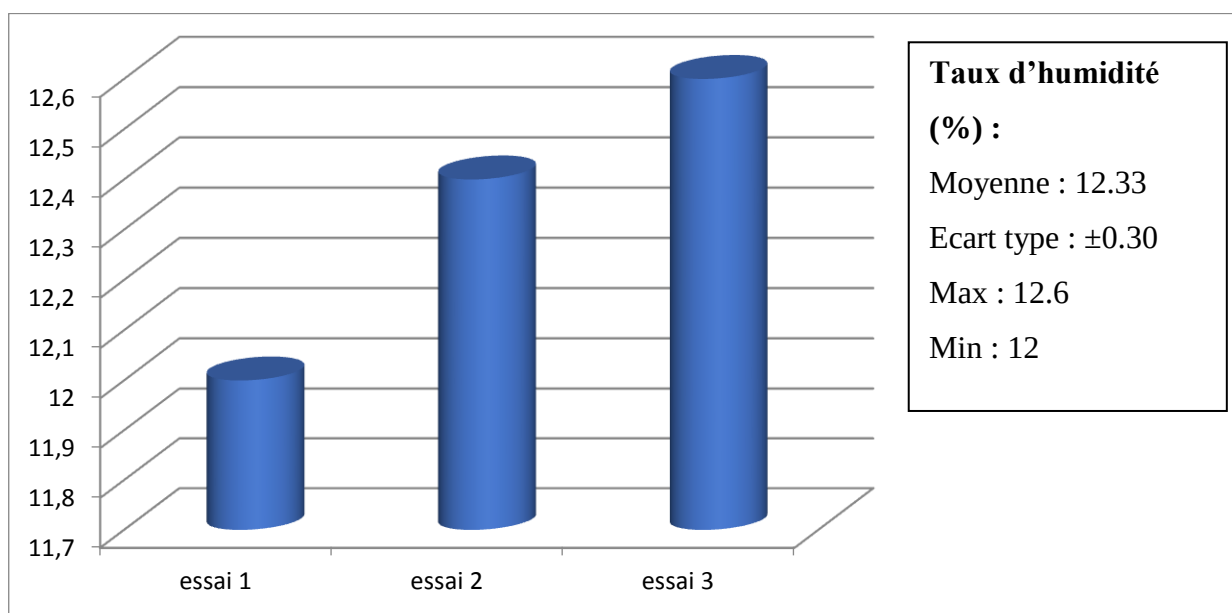


Figure 14: Taux d'humidité du blé tendre issu de Moulins "Hodna".

Après l'analyse des résultats (**figure 14**), les valeurs du taux d'humidité de la matière première (blé tendre) sont égale à 12 ; 12.40 et 12.60%, respectivement pour les essais 1, 2 et 3, dont la valeur moyenne est égale à $12.33 \pm 0.30\%$, on constate que cette valeur est conforme à la norme du Journal officiel de la république Algérienne **Jora N° 32 (1988)**, qui détermine une valeur inférieure ou égale à 18% (18% Max).

III.1.4. Poids de 1000 grains (PMG):

Les résultats du poids de 1000 grains de blé tendre sont indiqués dans la figure ci-dessous :

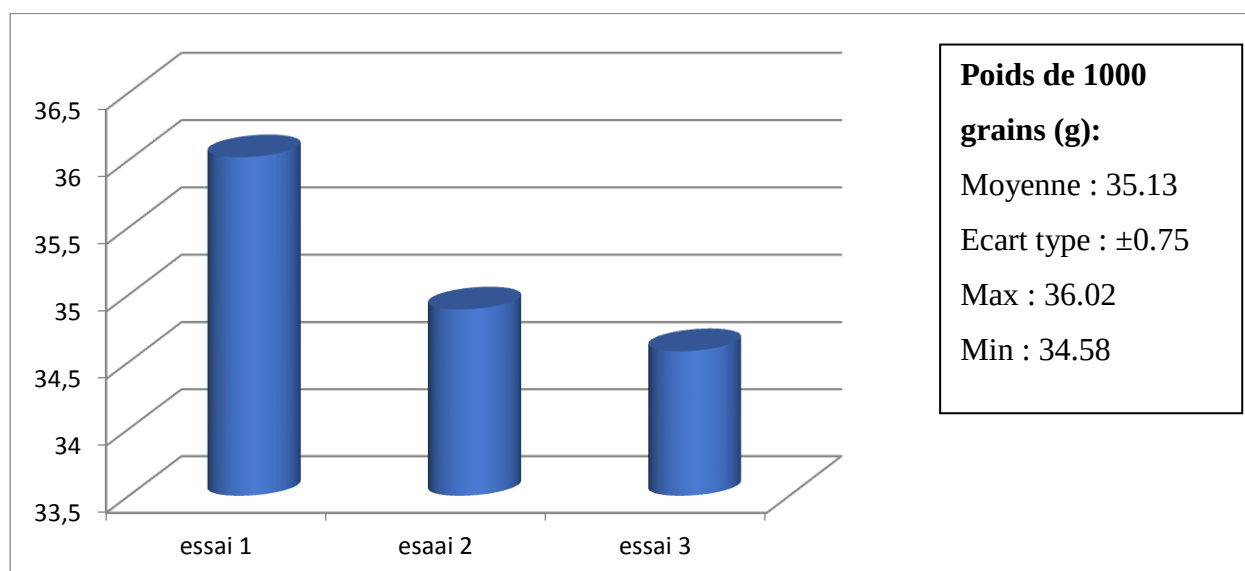


Figure 15: Poids de 1000 grains du blé tendre issu de Moulins "Hodna".

D'après la figure 15, les valeurs de poids de 1000 grains de blé tendre pour l'essai 1, essai 2 et essai 3 sont respectivement égale à 36,02 ; 34,89 et 34,58 g, leur valeur moyenne est de $35,13 \pm 0,75$ g. Selon **Godon et Willm (1998)**, un blé ayant un PMG situé entre 24 et 34 g est composé de petits grains et entre 35 et 45 g, il renferme des grains moyens et entre 46 et 56 g présente de gros grains, ce qui nous a conduits à déduire que le blé étudié est composé de moyens grains.

III.2. Résultats d'analyse technologique de la matière première :

III.2.1. L'indice de sédimentation (indice de ZELENY) :

Les résultats de l'indice de sédimentation du blé tendre sont indiqués dans la figure ci-dessous :

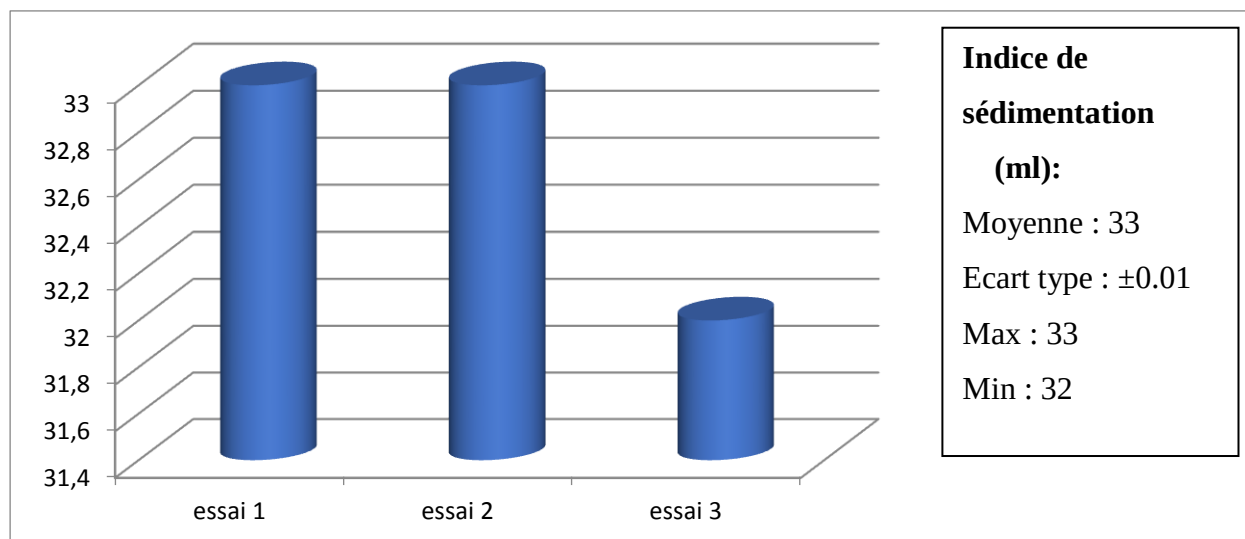


Figure 16 : Indice de sédimentation du blé tendre issu de Moulins "**Hodna**".

D'après la figure 16, les valeurs de l'indice de sédimentation pour l'essai 1, essai 2 et essai 3 sont respectivement égales à 33 ; 33 et 32 ml, alors que son valeur moyenne est égale à 33 ± 0.01 ml, cette valeur dépasse la norme de Journal officiel de la république Algérienne **JORA N° 002 (1992)**, qui détermine un indice de ZELENY situé entre 22 et 30 ml. Donc, le blé étudié est un blé de force (contient une quantité très élevée en gluten).

III.3. Résultats des analyses physico-chimique de produit fini (farine panifiable /son) :

III.3.1. Taux d'humidité:

Les résultats du taux d'humidité de la farine panifiable et de celles incorporées par différents pourcentages de son, sont indiqués dans la figure ci-dessous :

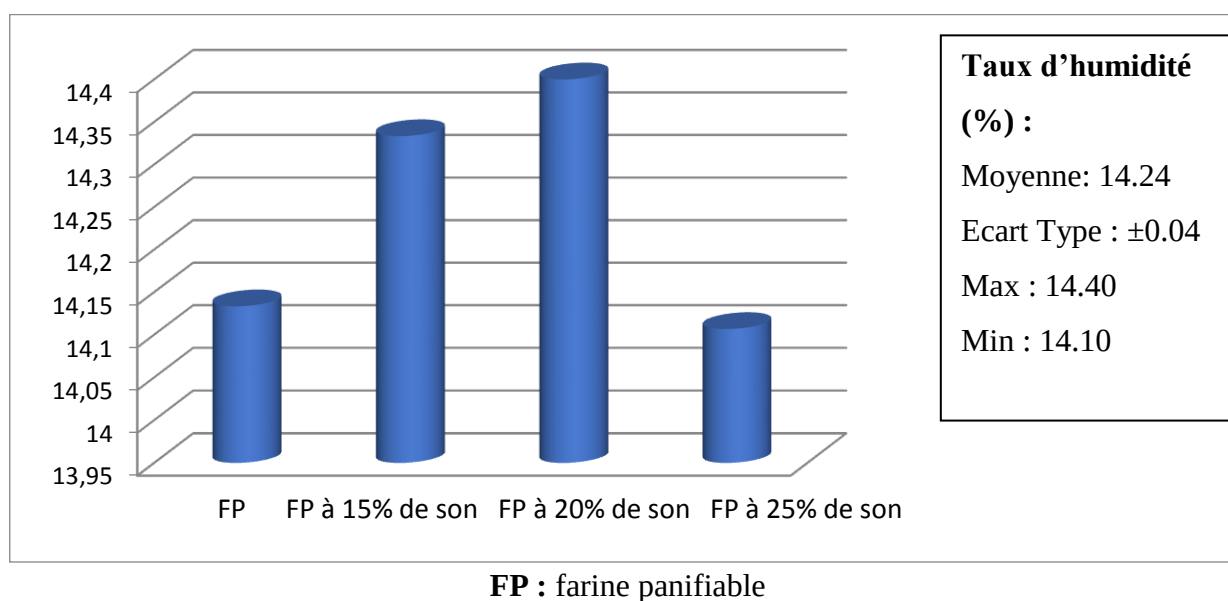


Figure 17: Taux d'humidité de la farine panifiable et de celles incorporées par différents pourcentages de son.

D'après nos résultats (**figure 17**), on observe une stabilisation à propos les valeurs d'humidité des farines étudiées, qui sont comprise entre $(14.1 \pm 0.05$ et $14.4 \pm 0\%)$, ces teneurs sont conformes à la norme du Journal officiel de la république Algérienne **JORA N° 002 (1992)**, qui fixe un taux d'humidité inférieur ou égale à 15,5% (15,5% max).

III.3.2. Taux de cendre :

Les résultats du taux de cendre de la farine panifiable et de celles incorporées par différents pourcentages de son, sont indiqués dans la figure ci-dessous :

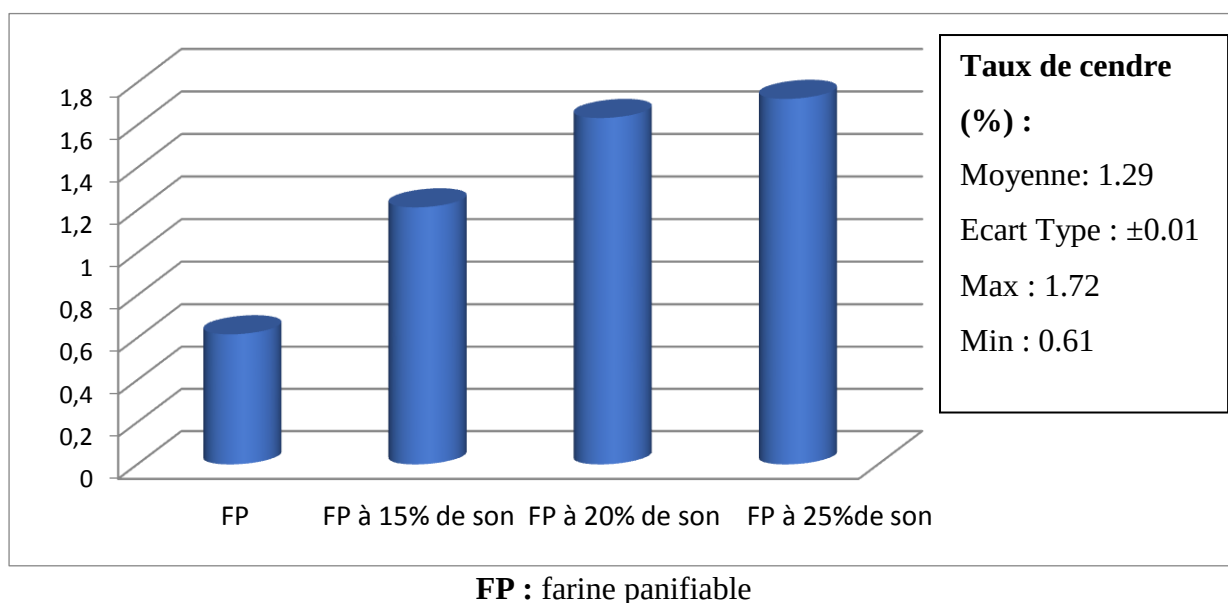


Figure 18: Taux de cendre de la farine panifiable et de celles incorporées par différents pourcentages de son.

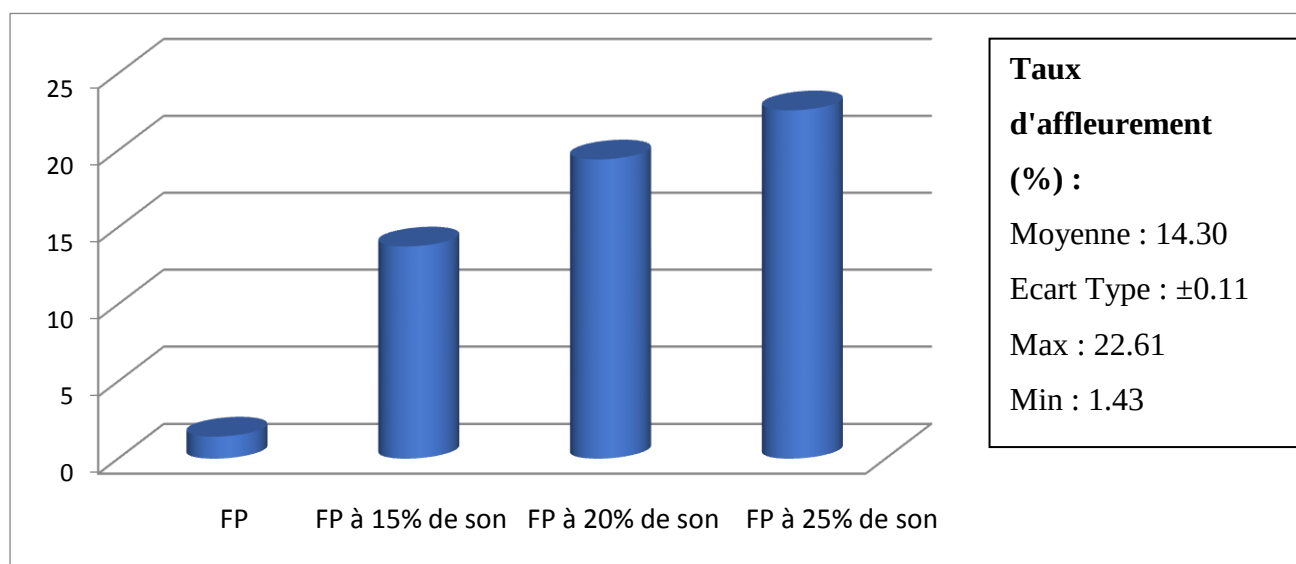
D'après la figure 18, on remarque clairement que le taux de cendre est augmenté par l'augmentation de taux d'incorporation du son, les valeurs moyenne sont égale à 0.61 ± 0.01 ; 1.21 ± 0.04 ; 1.63 ± 0.03 et $1.72 \pm 0.01\%$ respectivement pour la farine témoin et les farines incorporées par 15, 20 et 25% de son.

On peut déterminer les types de nos farines selon **Guinet, 2006 (tableau 4)** comme suivant :

- la farine témoin est de type 55.
- La farine incorporée par 15 % de son est de type 110.
- les farines incorporées par 20 et 25 % de son, sont de type 150.

III.3.3. Taux d'affleurement :

Les résultats du taux d'affleurement de la farine panifiable et de celles incorporées par différents pourcentages de son, sont indiqués dans la figure ci-dessous :



FP: Farine Panifiable

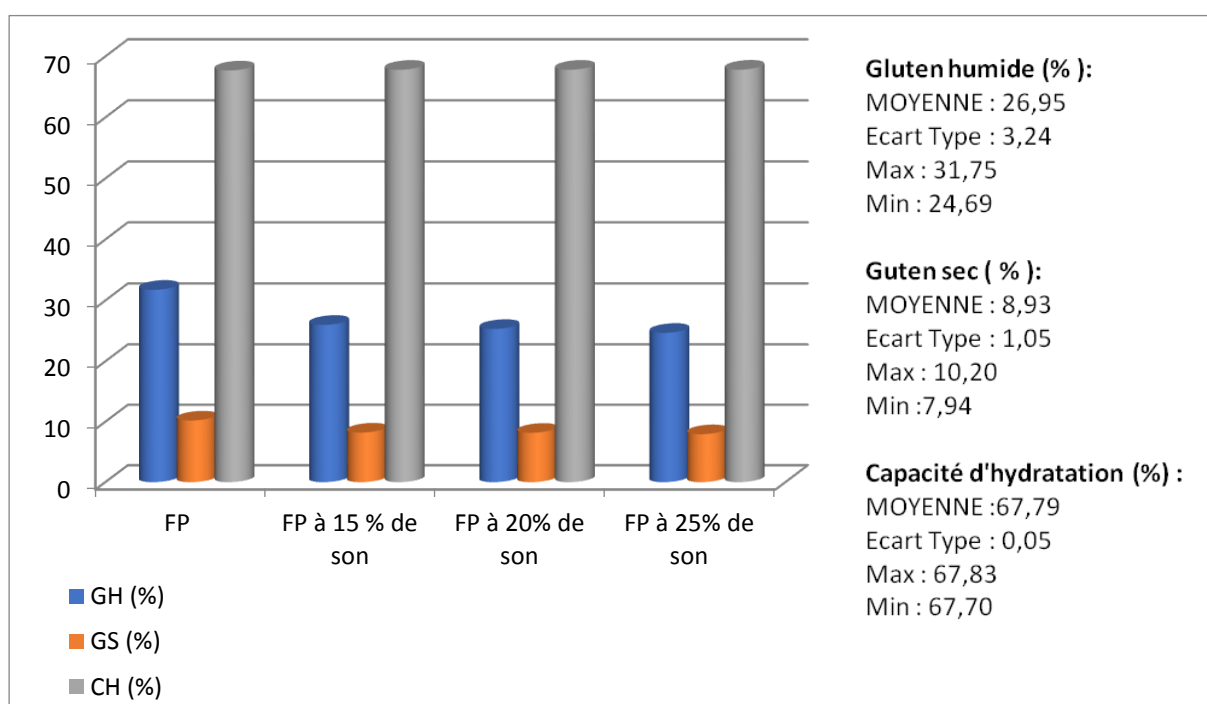
Figure 19: Taux d'affleurement de la farine panifiable et de celles incorporées par différents pourcentages du son.

D'après la figure 19, on remarque que le taux d'affleurement est augmenté par l'augmentation de taux d'incorporation du son, dont les valeurs moyenne sont égale à 1.43 ± 0.08 ; 13.72 ± 0.01 ; 19.42 ± 0.17 et $22.61 \pm 0.34\%$ respectivement pour la farine témoin et les farines incorporées par 15, 20 et 25% de son. On constate que la farine témoin est conforme à la norme de complexe du Agrodif « Hodna », qui détermine une valeur inférieure ou égale à 3% pour les refus du tamis de 200 microns. Les autres farines présentent un taux d'affleurement très élevé qui dépasse la norme, ces refus ce sont du son de blé additionné.

III.4. Résultats des analyses technologiques de produit fini (farine panifiable /son) :

III.4.1. Gluten :

Les résultats de la teneur en gluten humide, et en gluten sec et la capacité d'hydratation de la farine panifiable et de celles incorporées par différents pourcentages de son, sont indiqués ci-dessous :



GH: Gluten humide **GS:** Gluten sec **CH:** Capacité d'hydratation **FP:** Farine Panifiable

Figure 20 : Teneur en gluten humide, et en gluten sec et la capacité d'hydratation de la farine panifiable et de celles incorporées par différents pourcentages de son.

III.4.1.1. Gluten humide :

D'après les résultats (**figure 20**), on observe une diminution de la teneur en gluten humide par l'augmentation de taux du son ajouté, les valeurs moyenne de ces teneur sont égale à 31.75 ± 0.42 ; 26.01 ± 0.51 ; 25.34 ± 0.13 et $24.69 \pm 0.92\%$ respectivement pour la farine témoin et les farines incorporées par 15, 20 et 25% de son.

Selon (**Ugrinovits et al, 2004**), la force de la farine est décrite selon son gluten humide, les farines usuelles ont des teneurs de l'ordre de 27 à 37% celles de très fort blé peuvent atteindre 45%. Donc, la farine témoin est conforme à la norme, alors que la valeur moyenne de gluten humide de la farine incorporée par 15% de son est la plus proche à la norme comparativement avec les valeurs des autres farines (farine à 20% et 25% du son).

III.4.1.2. Gluten sec :

Selon les résultats mentionnés dans la figure 20, on observe une diminution de la teneur en gluten sec par augmentation de taux du son, ces teneurs sont égales à 10.20 ± 0.02 ; 8.21 ± 0.27 ; 8.17 ± 0.17 et $7.94 \pm 0.19\%$, respectivement pour la farine témoin et les farines à 15, 20 et 25% du son.

D'après **Baghous (1998)**, au plan technologique le gluten détermine en grande partie les caractéristiques rhéologiques de la farine d'où la nécessité d'avoir un taux de gluten sec de 8 à 10% et une capacité d'hydratation de 67 à 68% pour que la farine soit préconisée en boulangerie. Donc, la farine témoin et les farines à 15 et 20% du son, sont conformes à la norme. Tandis que, la farine à 25% du son ne répond pas à la norme.

III.4.1.3. Capacité d'hydratation :

D'après la figure 20, on remarque une augmentation de la capacité d'hydratation par augmentation de taux du son, dont les valeurs moyennes sont égales à 67.70 ± 0.39 ; 67.81 ± 0.79 ; 67.81 ± 0.12 et $67.83 \pm 0.56\%$ respectivement pour la farine témoin et les farines additionnées de 15, 20 et 25% du son, on constate que ces valeurs sont conformes à la norme (entre 67 et 68%) citée par **Baghous (1998)**.

Selon **Feuillet (2000)**, les protéines ont une capacité d'absorber de l'eau 1.5 à 2 fois leur masse. Donc, la capacité d'absorption d'eau est due des protéines de la farine (le gluten). Mais d'après nos résultats, le taux de gluten est diminué alors que la capacité d'hydratation augmente, c'est à cause de la forte capacité de rétention d'eau par le son de blé, qu'il absorbe l'eau nécessaire pour la formation de réseau de gluten, ce qui est confirmé par **Lai et al (1989)**, La capacité d'absorption d'eau du son de blé est plus élevée que celle de l'endosperme. Dans un pain riche en fibres, le gluten ne serait pas suffisamment hydraté pour se développer de façon optimale à un niveau « normal » d'absorption d'eau parce qu'il entrerait en compétition avec le son, un important buvard, ce qui diminuerait le volume du pain.

III.4.2. Force boulangère et le rapport P/L :

III.4.2.1. Force boulangère (W) :

Les résultats de la force boulangère de la farine panifiable et de celles incorporées par différents pourcentages du son, sont indiqués dans la figure ci-dessus :

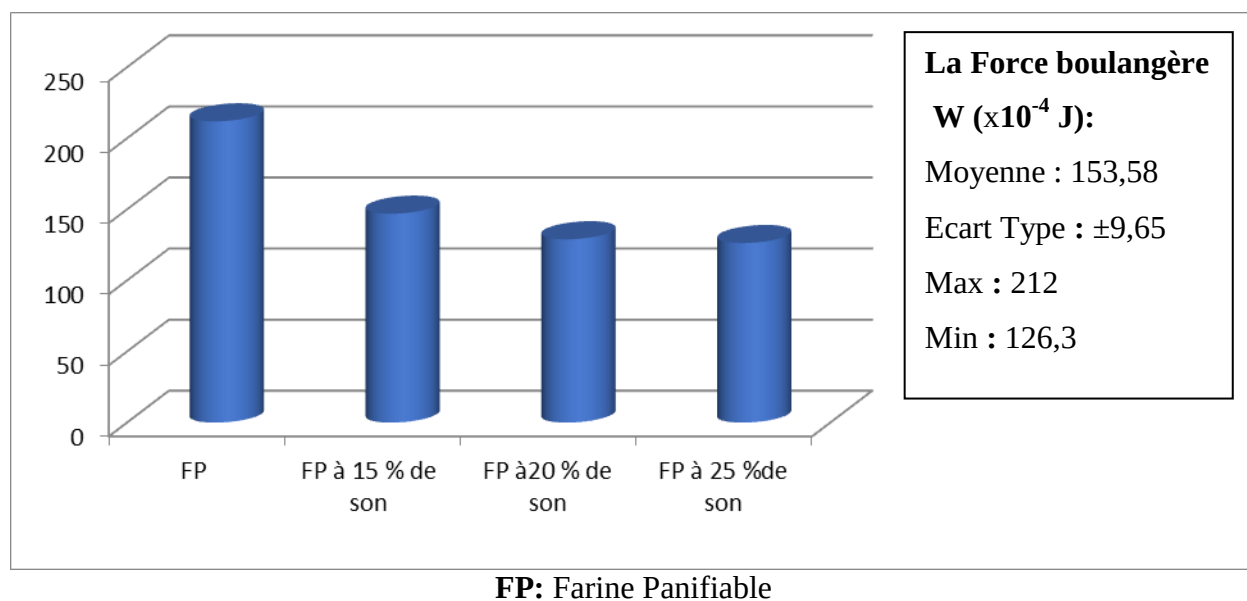


Figure 21 : Force boulangère de la farine panifiable et de celles incorporées par différents pourcentages du son.

D'après la figure 21, on observe une diminution de la force boulangère (W) par l'augmentation de taux du son, dont les valeurs moyenne sont égale à 212 ± 6.24 ; 147 ± 10.39 ; 129 ± 22.51 et $126.33 \pm 26.55 \times 10^{-4}$ J, respectivement pour la farine témoin et les farines aux taux d'incorporation de 15, 20 et 25 %.

Le Journal officiel de la république Algérienne **JORA N° 002 (1992)**, fixe une valeur de force boulangère (W) entre 130 et 180. On note que la farine panifiable analysée est caractérisée par une forte force boulangère qui égale à $212 \pm 6.24 \times 10^{-4}$ J (dépassé la norme), qui résulte un bon gonflement de la pâte durant la panification, Cette force boulangère issue de la richesse du blé utilisé en gluten (se qui démontre les résultats obtenus de test de Zélény). Concernant la farine incorporée par 15% du son, il est conforme à la norme. Cependant, les farines aux taux d'incorporation du 20 et 25% présentent une faible force boulangère.

La diminution de la force boulangère (W) est à cause de son ajouté, puisqu'il embête et influe sur la formation des différentes liaisons protéiques qui forment le gluten par l'absorption d'eau nécessaire pour cette formation.

Bordes *et al* (2008), ont rapporté que la valeur W résume tous les autres paramètres pouvant être obtenu à partir d'un alvéogramme.

III.4.2.2. Rapport de configuration P/L :

Les résultats du rapport de configuration de la farine panifiable et de celles incorporées par différents pourcentages du son, sont indiqués dans la figure suivante :

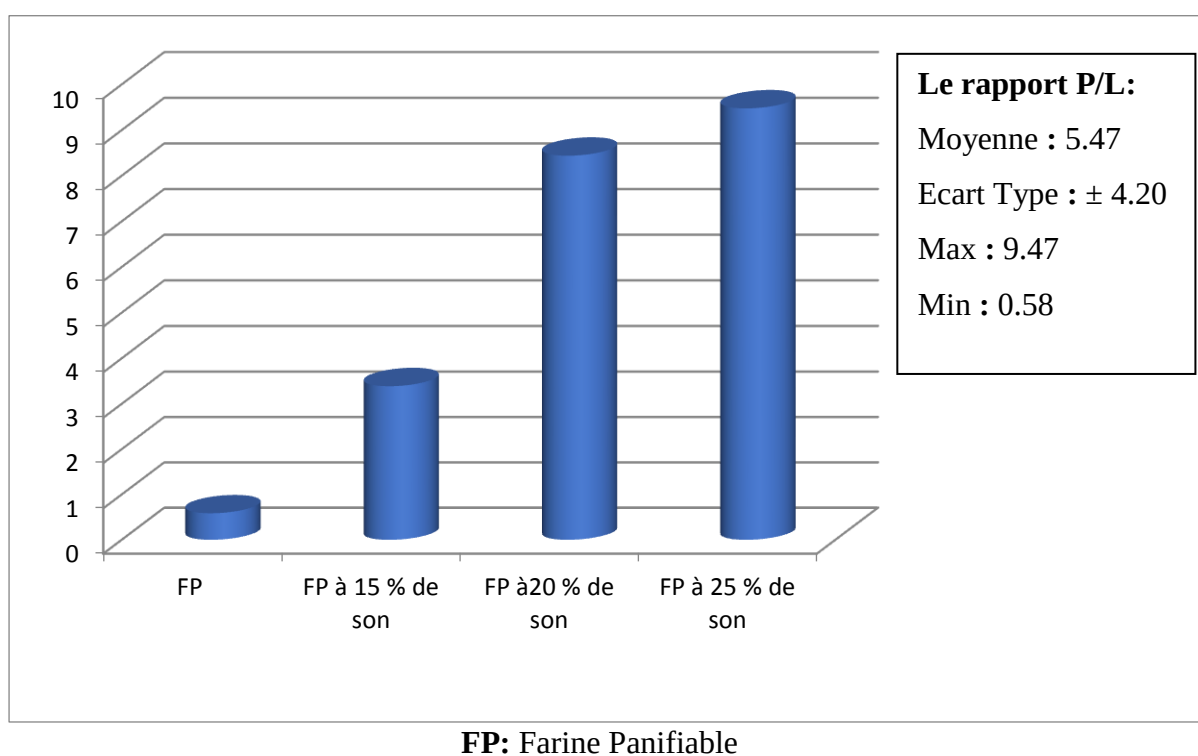


Figure 22 : Rapport de configuration (P/L) de la farine panifiable et de celles incorporées par différents pourcentages du son.

À partir des résultats mentionnés dans la figure 22, on observe une augmentation des valeurs du rapport de configuration par l'augmentation du taux de son ajouté qui sont égales à 0.58 ± 0.03 ; 3.39 ± 0.59 ; 8.44 ± 1.08 et 9.47 ± 0.80 respectivement pour la farine témoin et les farines à 15, 20 et 25% du son.

On constate que, la farine témoin est la seule qui a un rapport équilibré et conforme à la norme (0.45 à 0.65), fixée par le Journal officiel de la république Algérienne **JORA N° 002 (1992)**, le rapport de configuration des autres farines est très élevé par rapport la farine panifiable. Qui se montre que le son donne plus d'extensibilité pour la pâte et influe négativement sur la ténacité de la pâte parce qu'il y'a une dégradation de la qualité de gluten surtout pour les pourcentages 20 et 25%.

CONCLUSION

Conclusion :

Cette étude a pour objectif de déterminer la qualité de blé tendre issu de Moulins « Hodna », et à étudier l'influence de l'ajout de son de blé tendre avec des différentes proportions (15, 20 et 25%), sur la qualité et les caractéristiques physico-chimiques et technologiques de la farine panifiable, et également de chercher le meilleur taux incorporé à cette farine pour obtenir un produit répond aux exigences de boulangerie.

Nous avons commencé premièrement par l'analyse de blé tendre, et on a obtenu les résultats suivants :

- Le taux des impuretés de la 1^{ère} catégorie est égal à $0.23 \pm 0.20\%$, il est donc conforme à la norme.
- Le taux des impuretés de la 2^{ème} catégorie égal à $13.89 \pm 3.27 \%$, il représente presque le double de la valeur maximale recommandée.
- Le poids à l'hectolitre ($79.18 \pm 0.15 \text{ kg /hl}$) et la teneur en eau ($12.33 \pm 0.30\%$), sont conformes aux normes.
- Le blé tendre analysé renferme des grains moyens (PMG est égal $35.13 \pm 0.75\text{g}$).
- L'indice de sédimentation ZELENY dépasse la norme avec une valeur moyenne égale à $33 \pm 0.01 \text{ ml}$, donc le blé étudié est un blé de force.

Les résultats des analyses réalisées sur la farine panifiable et de celles incorporées par différents pourcentages de son (15, 20 et 25%), ont montré que le son influe sur la qualité et les caractéristiques physico-chimiques et technologiques de ces farines qui se traduit par :

- Stabilisation de la teneur en eau.
- L'augmentation de taux d'affleurement.
- L'augmentation de taux de cendre.
- Diminution de la teneur en gluten (humide et sec).
- L'augmentation de la capacité d'hydratation.
- Diminution de la force boulangère (W).
- L'augmentation de rapport de configuration P/L.

Nous avons obtenu des bons résultats pour la farine panifiable incorporées par 15% de son comparativement avec les autres farines étudiées. Donc, 15% est le meilleur pourcentage d'incorporation qui permet d'obtenir un produit répond aux exigences de boulangerie.

Il serait intéressant de :

- Mesurer l'acidité grasse des farines
- Faire un essai de panification.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

1. **Abecassis, J. (2015).** "La filière blé dur." INRA-UMR IATE, Trafoon 24.
2. **Anonyme, (2002).** les vertus des sons d'avoine et de blé.Site Web WWW.laffeeregime.Com
3. **Arendt, E.K., Zannini, E. (2013).** Cereal grains for the food and beverage industries. Woodhead publishing series in food science, technology and nutrition, 485 p.
4. **Atwell, W. A. (2001).** "Wheat flour.". Eagan press, Minnesota, USA, 123p.
5. **Baghous, F. (1998).** Relation entre les sous unités gluténines et les caractéristiques technologiques intrinsèques des blés tendres cultivés en Algérie. Thèse de magistère, INA, El-Harrach, Algérie, 126p.
6. **Benhania, Z. (2013).** Mémoire de fin d'étude de l'université d'Ouargla sur la fabrication de la farine et contrôle de sa qualité.
7. **Bar, I. (2001).** Contrôle de la qualité des céréales et protéagineux. institut technique des céréales et fourrages. paris.267 pages.
8. **Boudreau, A. (1992).** Le grain de blé. Dans le blé. Eléments fondamentaux et transformation. Edition. Les presses de l'université Laval. Paris. Pp: 25-50
9. **Boughrara, S. (2000)** - Etude du diagnostic d'un atelier de fabrication et contrôle physico-chimique de pâtes alimentaires améliorées, thèse de technicien supérieur en transformation des céréales, Université de Boumerdes, 2000, 62 pages.
10. **Bourson, Y. (2009).** "Mouture du blé tendre et techniques d'obtention de la farine," Ed. Techniques Ingénieur
11. **Bonneuil, C., E. Demeulenaere., et al. (2007).** "Innover autrement? La recherche face à l'avènement d'un nouveau régime de production et de régulation des savoirs en génétique végétale." Dossiers de l'environnement de l'INRA(30): 29-53.
12. **Bordes, J., Branlard, G., Oury, F.X., Charmet, G., Balfourier, F. (2008).** Agronomic characteristics, grain quality and flour rheology of 372 breadwheats in a worldwide core collection. *Journal of Cereal Science*, vol.48, p.p. 569-579.
13. **Bornet, F. (1992).** Le pain et produits céréaliers. PP 918 – 924. In DUPIN H., Alimentation et nutrition humaines. Edition : ESF. 1992. Paris, 1533P.
14. **Brulé, G., Jeantett, R., Shuk, P., et Croguennec, T. (2007).** Sciences des aliments, technologie des produits alimentaires, Tome 2, Lavoisier, Paris, 137-180.
15. **Canadas, D. (2006).** Evaluation du procédé pour son potentiel de décontamination en ochratoxine A du blé. Thèse Doctorat. Institut national polytechnique de Toulouse. France, 232P.

Trouvé dans : thesis.inp-toulouse.fr/archive/00000298/01/canadas.pdf

- 16. Chene, A. (2001).** La farine. *Journal de l'ADRIANOR*, 26, 3-8.
- 17. Cheriet, G. (2000).** Etude de la galette : Différents types, recettes et modes de préparation. Thèse de Magister, option génie industriel alimentaire. INATA. Université de Constantine. Algérie, 99P.
- 18. Djermoun, A. (2009).** La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques. *Nature et Technologie*.
- 19. Doumandji, A., Doumandji, S., Doumandji, M.B. (2003).** Technologie de transformations des blés et problèmes dus aux insectes au stock « cours de technologie des céréales ». Alger : office des publications universitaires.
- 20. Emillie. (2007) :** Connaissance des aliments base alimentaire et nutritionnelles de la diététique, ED: Tec et doc. Lavoisier, paris.
- 21. Evans, L.T. (1993) .**Crop Evolution, Adaptation and yield. Cambridge University. Press. Cambridge, UK. ISBN. 22:521-571.
- 22. Feillet, P. (2000).**Le grain de blé : composition et utilisation édition INRA.
- 23. Feillet, P. (2000).** Le grain de blé : composition et utilisation. Editions Quae.
- 24. Fredot, E. (2005).** Connaissance des aliments. Ed. TEC et DOC. Lavoisier, Paris.
- 25. Fredot, E. (2009).** Connaissance des aliments « Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique ». 2e éd, Paris: Lavoisier. p 210-215.
- 26. Gan, Z., Ellist, P.R., et Schofield, D. (1995)** Mini review - Gas cell stabilization and gas retention in wheat bread dough. *Journal of Cereal Science*, 21, 215-230.
- 27. Ghaderi, A., Everson, E. H. et Yamazaki, W. T. (1971).** Test weight in relation to the physical and quality characteristics of soft winter wheat (*Triticum aestivum* L. em Thell). *Crop Sci.* 11, 515-518.
- 28. Godon, B. (1982).** Biotransformation des produits céréaliers, Tec et doc. Lavoisier, paris.
- 29. Godon, B., et Guinet, R. (1994),** LA PANIFICATION FRANÇAISE, Collection Science et Techniques Agroalimentaires, Ed. Tec. & Doc., Lavoisier, Paris, France, 521 pages.
- 30. Godon, B., et Loisel, W. (1997).** Guide pratique d'analyses dans les industries des céréales . 2e éd. Paris: Lavoisier.
- 31. Godon, B., et Willm, C. (1998).** "Les industries de première transformation des céréales". Ed tec et doc. lavoisier.
- 32. Giunet, R., et Godon, B. (1994).** La panification française. Ed. Tec et Doc. Lavoisier. Paris, 552P.

33. **Guinet. (2006).** Technologie du pain français ; In, pain et nutrition P.P.I.S, (Ed) paris., P.75.
34. **Hoseney, R.C. (1986).** *Principles of Cereal Science and Technology*. St. Paul, MN: AACC.
35. **Howard, B.M., Hung, Y.C, (2011).** Analysis of Ingredient Functionality and Formulation Optimization of Pasta Supplemented with Peanut Flour. *Journal of Food Science*. Vol. 76, Nr.1.
36. **ITCF, (2001).** Institut technique des céréales et des fourrage.
37. **Jeantet, R., Croguennec, T., Schuck, P., et Brulé, G. (2007).** Science des aliments.Biochimie. Microbiologie. Procédés. Produits. Edition. Technique et documentation.Lavoisier. Paris. 2 : 140-179.
38. **Journal officiel de la république Algérienne N°32 du 10/08/1988**, 11^{ème} partie.
39. **Journal officiel de la république Algérienne N°002 du 08/01/1992.**Décret Exécutif n°91-572 du 31/12/1991 Relatif à la farine de panification et au pain.
40. **Kellou, R. (2008).** Analyse du marché algérien du blé dur et les opportunités d'exportation pour les céréaliers français dans le cadre du pole de compétitivité. Le cas des coopératives sud céréales. Groupe coopératif occitan et audecoop. Série « master of science » n° 93 à l'institut agronomique méditerranéen. Ed. Ciheam.p, 60 p.
41. **Lai, C.S., Hoseney, R.C., & Davis, A.B. (1989).** Effects of wheat bran in breadmaking. *Cereal Chemistry*, 66 (3), 217-219.
42. **Lebnagria, A. (2003).** Caractéristiques physico-chimiques et rhéologiques de la variété de blé tendre HD 1220 sous trois conditionnements (long, court et blé sec). Mémoire d'ingénieur d'état – INATAA, Université de Constantine. Algérie, 81P.
43. **Ménard, G., and Boudreau, A. (1992).** "Le blé." SAINTE-FOY (Québec) Canada 2.
44. **Miles, C.W. (2010).**Mixogram parameters and their relationship to bread wheat quality characteristics.Mémoire magister, *University of the Free State*, Bloemfontein, Afrique du sud, 143p.
45. **Mousia Z., Edherly S., Severino S. Pandiella, Webb C. (2004).** Effect of wheat pearling on flour quality. *Food Research International*, 449–459.
46. **Morris, C.F., Paszczynska, B., Bettge, A.D., King, G.E. (2007).** A critical examination of the sodium dodecyl sulfate (SDS) sedimentation test for wheat meals. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol.87, p.p. 607–615.
47. **Nique, G., et Lasseran, J.C., (1989).** Stockage et conservation des grains à la ferme Guides pratiques.

48. **NA 1188,1990:** Farines - Caractéristiques des pâtes - Détermination des caractéristiques rhéologiques au moyen de l'alvéographe IANOR.
49. **NA.1613/1990.**Poids spécifique, méthode du pèse grains de un litre.
50. **NA. 733.1991.E.** Détermination des cendres, méthode par incinération à 900 °C.
51. **NA.735.1991.** Farine de blé, Détermination du gluten humide.
52. **NA 736 .1991.** Détermination du gluten sec.
53. **NA.1184 .1994 E.** Détermination de l'indice de sédimentation (test de Zeleny).
54. **NA731. 2013 :** Céréales et légumineuses -Détermination de la masse de 1 000 grains IANOR.
55. **NA15213 (2013).** décrits executif n 15213. journal officielle algerienne.
56. **Norme (ISO 2171).**Détermination des cendres, méthode par incinération à 900 °C.
57. **Norme (ISO 7970).**Détermination de la teneur en impuretés.
58. **Norme (ISO 5529).** Détermination de l'indice de sédimentation (test de zeleny).
59. **Norme (ISO 5530/4).**Test à l'alvéographe Chopin.
60. **Perten, H., Bondesson, K., and Mjorndal, A. (1992).** Cereal Foods World, 37:655-660.
61. **Peterson, D., & Fulcher, R. (2002).** Variation in Minnesota HRS wheats: bran content. *Journal of Food Science*, 67 (1), 67-70.
62. **Reis, D., Vlan, B., Bajon, C. (2006).** Les fibres alimentaires. In « le monde des fibres ». edition : belin. Paris.
63. **Roudaut, H., Lefrancq, E. (2005).** Alimentation théorique. France :Doin. p153- 154.
64. **Roussel, P. (1991).** L'analyse alvéographique des blés 1991. *Industries des céréales*, 35-36.
65. **Šramková, Z., Gregová, E., Šturdík, E. (2009).** Chemical composition and nutritional quality of wheat grain. *Acta Chimica Slovaca*, 2(1) ,115-138.
66. **Surget, A., et Barron, C. (2005).** Histologie du grain de blé. Industries des céréales(145).
67. **Ugrinovits, M., Arrigoni, E., Dossenbach, A., Haberli, G., Haniche, H., Rychener, M., Thormann, M., Stalder, U. (2004).** Céréales, produits de l'industrie meunière, pré mélanges four, Mélange de farine, farine instantanées. Manuel Suisse des denrées Alimentaire.
68. **Vaclavik, V.A., Christian, E.W. (2008).** Grains: Cereal, Flour, Rice, and Pasta. In *Essentials of Food Science* (pp. 81-105). Springer, New York, NY.