



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université SAAD DAHLAB-Blida 1

Faculté des Sciences Agro - Vétérinaires et Biologiques

Département des Sciences Agronomiques

Spécialité: Science de la Nature et de la Vie

Option: Technologie des céréales



Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme

De master professionnel

Thème:

Bilan qualitatif de quelques Blés tendres et farines issues

Présenter par: ZIANE Rokia

Date de soutenance: /12/2013

Devant les membres de jury :

Président : M^r RAMDANE S.A.

Promotrice : M^{me} FOURAR R.

Examineurs: M^r HADJ SADOK T.

M^r MEGATELI S.

Grade

MCB (USDB)

MCB (USDB)

MCB (USDB)

MCB (USDB)

Promotion:2012/2013



Remerciements

Tout d'abord, je remercie Dieu le tout puissant de m'avoir donné le courage, la patience et la santé de surmonter les obstacles pour accomplir cette étude.

Je tiens à formuler ma gratitude et reconnaissance à l'égard de ma promotrice Madame **FOURAR R** maitre de conférences à l'université SAAD Dahlab de Blida pour sa compréhension, sa disponibilité et l'aide précieuse qu'elle m'a prodiguées afin de réaliser ce travail.

J'exprime mes vifs remerciements pour Monsieur **RAMDANE S.A.** maitre de conférences à l'université SAAD Dahlab de Blida pour avoir accepté de présider ce jury.

Je tiens à remercier Monsieur **MEGATELI S.** Maitre de conférences et Monsieur **HADJ SADOK T.** maitre de conférences à l'université SAAD Dahlab de Blida pour avoir bien voulu examiner et juger ce modeste travail.

Je remercie également les responsables de l'unité «**AMOUR**» pour leurs aides leur conseils judicieux et leur soutien, plus précisément Monsieur **AMOUR N**, Monsieur **RIDA**, La responsable du laboratoire d'analyses physicochimiques et microbiologiques: Madame **KAWTHER**, Les responsables du laboratoire d'hygiène Madame **FATIMA** et Madame **RAZIKA**, ainsi que tous les travailleurs de cette section :**DJAMEL**, **MOURAD**,..... et la technicienne du laboratoire de Centre du Recherche des industries Agro-alimentaires **CRJAA** Madame **NADIA** .Due tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail trouve ici l'expression de ma reconnaissance.

Mes remerciements chaleureux à tous mes professeurs qui ont contribué à notre formation. En particulier Monsieur **HADJ SADOK T.**

Enfin, je souhaite beaucoup de réussite et de progrès à minoterie «**AMOUR**» de **BLIDA**.

ROKIA





Dédicace

L'exercice de dédicace est sans doute le plus délicat car il est difficile de dédier en quelques lignes des formidables personnes dans ma vie.

Je dédie ce modeste travail à ceux qui me sont chers, en premier lieu :

A ma très chère mère qui m'a donné l'éducation, qui m'a accompagnée durant tout ce parcours laborieux, veillé sur moi m'offrant ce qu'une mère a de mieux, l'amour et la compréhension

A mon très cher père qui ne cesse de donner sans jamais recevoir, dont je suis fière et j'espère que dieu lui accorde une longue vie pour qu'il puisse assister à d'autres succès.

A ma très chère sœur Malika pour son soutien et ses encouragements. Puisse dieu la préserver et lui accorder santé, bonheur et longue vie ainsi qu'à son mari Mustapha.

A mes adorables nièces et neveux : Nada, Alaa , Hiba , Anouar, Mehamed et Malek.

A mes frères : Omar, Abd elkader, Ali, Rabeih, Adel et Ossama Youcef, Ahcene, et leurs épouses Hamida et Hadjer pour leur soutien.

A mes chères amies: Salima R , Salima B, Fouzia, Ferial, Fatiha, Tiziri , Meriem, Lynda, Naziha, Zahia, Amina et Sarah.

A mes camarades de la promotion.

A tous ceux qui ont partagé avec moi les longues années d'études.

Et tous ceux que j'aime et que je respecte.



ROKIA



RESUME

Six lots de blé tendre et farines produites à la minoterie Amour, Blida, ont été prélevés et analysés sur une période de quatre mois. De nombreux paramètres qualitatifs ont été évalués en relation avec :

- **La qualité physico-chimique** des blés réceptionnés qui étaient particulièrement propres, la teneur en impuretés diverses étant très faible (0,02 à 0,12 %) ; Cependant, deux impuretés sont ressorties en proportion élevée : les grains échaudés et les grains mouchetés (6 à 8,8 %) ; la teneur en eau des lots réceptionnés, assez basse à moyenne (12,4 % et 13,7 %), était distincte à un niveau très hautement significatif ($P < 0,000$). Les lots ont présenté une masse à l'hectolitre ou « PS » élevée (77,6 kg / hl) et homogène, la différence étant non significative ($P = 0,2329$), ce qui a été également constaté pour la masse de 1000 grains ($P = 0,4867$) qui était élevée (43,3 g).

- **Le contrôle de mouture** a permis de montrer que la teneur en eau des grains avant B1 était uniforme pour l'ensemble des lots ($P = 0,09494$) et assez basse (15,05 %), non-conforme à la norme d'entreprise des farines fraîchement produites (15,5 %). La teneur en cendres des grains, particulièrement basse (1,34 % / MS), ne présentait aucune différence significative entre les lots ($P = 0,9494$) ce qui a entraîné une teneur en cendres des farines issues très faible (0,56 %/ MS en moyenne) et homogène ($P = 0,2861$). La granulation des farines était conforme à la législation.

- **La qualité nutritionnelle et technologique** : les farines issues des blés tendres étudiés ont montré une teneur en protéines des farines moyenne (10,3%/MS) et uniforme statistiquement ($P = 0,069$), homogénéité qui s'est manifestée également pour la teneur en gluten humide, en gluten sec et le coefficient d'hydratation ($P = 0,61$; $P = 0,3969$; $P = 0,5148$ respectivement). Les caractéristiques alvéographiques des farines ('W' et 'G') n'étaient pas différentes significativement ($P = 0,2602$; $P = 0,2199$ respectivement) et se sont révélées conformes à la panification ($W = 150$; $G = 20$) ; la mesure de l'indice de chute a montré que les farines étudiées ont eu dans l'ensemble une activité amylolytique optimale pour la boulangerie ('IC' = 280 s).

- **La qualité microbiologique** qui a démontré, pour l'ensemble des blés et dérivés, une absence de spores de *Clostridium sulfito-réducteur* et de moisissures : les farines issues ont présenté une bonne qualité microbiologique, leur production ayant été faite dans des conditions sanitaires satisfaisantes.

Les blés réceptionnés par la minoterie Amour, pendant la durée expérimentale, étaient de même qualité, aussi bien du point de vue physicochimique que rhéologique : les six blés sont donc issus d'un 'lot' unique, adapté à la panification et conforme à la réglementation en vigueur.

Mots clés : *Blé tendre, farine, contrôle qualitatif, contrôle de mouture.*



SUMMARY

Six batches of wheat and flour produced at the mill AMOUR, Blida wheat were collected and analyzed over a period of four months. Many qualitative parameters were evaluated in relation to:

- **The physico-chemical** quality of certified wheat that were particularly clean, miscellaneous impurity is very low (0.02 to 0.12%), however, two impurities emerged in proportion: shriveled grains and mottled grains (6 to 8.8%) the water content of the batches received, enough low to medium (12.4% and 13.7%), was to separate a very highly significant level ($P < 0.000$). Lots showed a mass per hectolitre or "PS" high (77.6 kg / hl) and homogeneous, the difference is not significant ($P = 0.2329$), which was also found for the mass 1000 grains ($P = 0.4867$) which was high (43.3 g).
- **The control milling** has shown that the water content of the grain before Bl was consistent across all groups ($P = 0.09494$) and relatively low (15.05%), not according to the standard of company freshly produced meals (15.5%). The ash content of grains, particularly low (1.34% / MS), showed no significant difference between groups ($P = 0.9494$) which resulted in an ash content of flour from very low (0.56 % / MS on average) and homogeneous ($P = 0.2861$). Granulation flour was consistent with the law.
- **Nutritional and technological quality:** soft wheat flours derived studied showed an average protein content of flour (10.3% / MS) and uniform statistically ($P = 0.069$), homogeneity was also evident for the content wet gluten, dry gluten and hydration coefficient ($P = 0.61$, $P = 0.3969$, $P = 0.5148$ respectively). Alveograph characteristics of flour ('W' and 'G') were not significantly different ($P = 0.2602$, $P = 0.2199$, respectively) and found consistent with the bread ($W = 150$, $G = 20$) measuring the falling showed that meals were studied throughout optimum amyolytic activity for bakery ('IC' = 280 s).
- **The microbiological quality** that has demonstrated, for all wheat and derivatives, lack of spores of Clostridium sulfite-reducing and mold: from flour showed good microbiological quality, production having been made in sanitary conditions.

Wheat received by the milling Amour, during the experimental period was of the same quality, as well as the rheological physicochemical point of view: the six wheat are from a 'lot' unique, suitable for baking and in accordance with regulations.

Key words: *Wheat, flour, quality control, mill control.*

الملخص

ست دفعات من القمح والدقيق المنتج في مطاحن AMOUR، البلدية، أخذت و قمنا بتحليلها على مدى فترة أربعة أشهر. تم فيها تقييم العديد من المعلمات النوعية فيما يتعلق ب :

- **الجودة الفيزيائية و الكيميائية للقمح المعتمدة** كانت نظيفة بشكل خاص، النجاسة المتنوعة منخفضة جدا (0,02-0,12%)، ومع ذلك، ظهرت في اثنين من الشوائب نسبة: الحبوب *échaudés* والحبوب المرقتة *mouchetés* (6-8%)، المحتوى المائي للدفعات الواردة، منخفض بما فيه الكفاية في المتوسط (12.4% و 13.7%)، و المستوى المعنوي عالي جدا ($P > 0.000$). أظهرت كتلة في هكتولتر أو "PS" عالية (77.6 كغ / هل) ومتجانسة، والفرق ليس كبيرا ($P = 0.2329$)، كذلك كتلة 1000 حبة التي عثرت عليها ($P = 0.4867$) والتي كانت مرتفعة (43.3 غرام).
 - **المراقبة الصناعية** قد أظهرت أن محتوى الماء في الحبوب قبل B1 كان ثابتا في كل الدفعات ($P = 0.09494$) ومنخفض نسبيا (15.05%)، وليس وفقا لمعيار الطحين المنتج حديثا (15.5%). انخفاض جزئي لمحتوى الرماد في الحبوب (1.34% / م ج)، لم يظهر أي اختلاف بين الدفعات ($P = 0.9494$) مما أدى إلى الرماد في الطحين الناتج منخفض جدا (0.56% / م ج في المتوسط) ومتجانس ($P = 0.2861$). تحيب الدقيق يتفق للوائح المعمول بها.
 - **الجودة الغذائية و التكنولوجية :** الدقيق المشتق من القمح اللين المدروس أظهر متوسط محتوى البروتين في الطحين (10.3% / MS) موحد إحصائيا ($P = 0.069$)، وكان التجانس واضحا أيضا للمحتوى الغلوتين الرطب، والغلوتين الجاف ومعامل الماء ($P = 0.61$ ، $P = 0.3969$ ، $P = 0.5148$ على التوالي). خصائص Alvoégraph للطحين ('W' و 'G') لا تختلف كثيرا ($P = 0.2602$ ، $P = 0.2199$ ، على التوالي) وجدت موافقة مع الخبازة ($W = 150$ ، $G = 20$) قياس علامة الهبوط أظهرت أن الطحين المدروس في مجموع النشاط أميلوليتيك amylolytique الأمثل الخباز ('IC' = 260-290 ثا).
 - **الجودة الميكروبيولوجية** التي أثبتت افتقار مجموع القمح ومشتقاته من أبواغ العفن moisissures و *Clostridium sulfito- réducteur*، الطحين المنتج أظهر نوعية ميكروبيولوجية جيدة ، بعد أن أحرز الإنتاج في شروط صحية ملائمة.
- القمح الذي ورد إلى مطحنة Amour خلال الفترة التجريبية لنفس النوعية، فضلا عن نقطة الفيزيائية الريولوجية: الدفعات الست للقمح هي إذا مشتقة من دفعة واحدة، مناسبة للخبز ووفقا للوائح المعمول بها.

الكلمات الرئيسية: القمح اللين، الدقيق، مراقبة الجودة، مراقبة الطحن



Liste des abréviations

AFNOR : Association Française de Normalisation

B1 : Broyeur 1

CH : Coefficient d'hydratation

G : Indice de Gonflement

GH : Gluten Humide

GS: Gluten Sec

H : Humidité

IC : Indice de chute

Ie : Indice d'Elasticité (caractéristique alvéographique).

ISO : International Standard Organisation

L : Extensibilité (caractéristique alvéographique)

Mn : Minute

MS : Matière Sèche

NA : Norme Algérienne

NF : Norme Française

OAIC : Office Algérien Interprofessionnel des Céréales

OGA : Oxytétracycline Gélose Agar

P : Ténacité de la pâte (caractéristique alvéographique).

P/L : Rapport d'équilibre entre la ténacité P et l'extensibilité L (caractéristique alvéographique).

PE : Prise d'Essai

PHL = "PS": Poids à l'hectolitre ou masse à l'hectolitre

PMG: Poids de Mille Grains

S : seconde

SSSE : Semoule Sasser Super Extra

T/J : Tonne par jour

Tc : Taux de cendres

VF : Viande Foie

W : Force boulangère (caractéristique alvéographique)



Tableau 01 Taxonomie du blé.....03

Tableau 02 Distribution des protéines de l'endosperme du Blé selon leur solubilité.....08

Tableau 03 Les principales machines de nettoyage des blés avant broyage.....11

Tableau 04 Composition biochimique en (g) pour 100g de farine de blé tendre.....15

Tableau 05 Classification des farines.....24

Tableau 06 Origine des lots de blé tendre soumis à l'expérimentation.....29

Tableau 07 Les analyses effectuées sur les grains de blé et la farine.....30

Tableau 08 Paramètres physico-chimiques des lots de blé Tendre.....48

Tableau 09 Teneur en impuretés rencontrées dans les échantillons soumis à l'expérimentation.....50

Tableau 10 Paramètres physico-chimiques des blés avant B1 et des farines issues.....52

Tableau 11 Paramètres relatifs à la qualité nutritionnelle et technologique des blés tendres et dérivés.....55

Tableau 12 Résultats des analyses microbiologiques effectuées sur les farines étudiés.....57

Tableau 13 La teneur en eau du blé tendre sale (Annexe 06)

Tableau 14 PS de blé tendre sale (Annexe 06)

Tableau 15 PS de blé tendre avant B1 (Annexe 06)

Tableau 16 PMG du blé tendre (Annexe 06)

Tableau 17 La teneur en eau du blé tendre avant B1 (Annexe 06)

Tableau 18 Teneur en eau des farines étudiées (Annexe 06)

Tableau 19 Taux de cendres du blé tendre (Annexe 06)

Tableau 20 Taux de cendres des farines étudiées (Annexe 06)

Tableau 21 Taux d'affleurement des farines étudiées (Annexe 06)

Tableau 22 Dosage de protéine des farines étudiées (Annexe 06)

Tableau 23 Taux de Gluten des farines étudiées (Annexe 06)

Tableau 24 Résultats du Test Alvéographe (Annexe 06)

Tableau 25 L'indice de chute des farines étudiées (Annexe 06)

Tableau 26 : Analyse de variance de masse à l'hectolitre ou " PS" du blé sal (Annexe 07)

Tableau 27 : Analyse de variance de masse à l'hectolitre ou " PS" du blé avant B1(Annexe 07)

Tableau 28 : Analyse de variance de PMG blé sal (Annexe 07)



Tableau 29: Analyse de variance de la teneur en eau du blé sale (Annexe 07)

Tableau 30 : Analyse de variance de la teneur en eau du "blé avant B1 (Annexe 07)

Tableau 31 : Analyse de variance de " W" alvéographique (Annexe 07)

Tableau 32 : Analyse de variance de "G " alvéographique (Annexe 07)

Tableau 33: Analyse de variance de dosage de protéine des farines étudiées (Annexe 07)

Tableau 34: Analyse de variance de l'indice de chute des farines étudiées (Annexe 07)

Tableau 35: Analyse de variance de la teneur en cendres du blé (Annexe 07)

Tableau 36: Analyse de variance de taux d'affleurement des farines étudiées (Annexe 07)

Tableau 37: Analyse de variance de la teneur en eau des farines étudiées (Annexe 07)

Tableau 38: Analyse de variance de la teneur en cendres des farines étudiées (Annexe 07)

Tableau 39: Analyse de variance de taux de Gluten humide des farines étudiées (Annexe 07)

Tableau 40: Analyse de variance de taux de Gluten Sec des farines étudiées (Annexe 07)



Annexe 01 Matériel utilisé au cours de l'expérimentation

Annexe 02 Formation des éprouvettes de pâte sous forme de disque

Annexe 03 Etapes de développement de la pâte pendant la mesure à l'alvéographe

Annexe 04 Alvéogrammes obtenus à partir des farines expérimentées

Annexe 05 Verrerie et autres

Annexe 06 Les résultats des analyses physiques chimiques et technologiques des Blés tendres et farines issues

Annexe 07 Etudes statistiques

Annexe 08 Norme des protéines toutes céréales.

Annexe 09 Table des correspondances du poids à l'hectolitre mesuré par le Nilémalitre et celui obtenu par la méthode officielle de la trémie conique de 50l

Annexe 10 Masse de la prise d'essai en fonction de la teneur en eau pour la détermination du temps de chute.

Annexe 11 Composition des milieux de cultures utilisées

Annexe 12 Nettoyage des nacelles



Figure 01 Schéma structurale d'un grain de Blé.....	05
Figure 02 Composition des protéines de la farine.....	07
Figure 03 la mouture du blé tendre.....	14
Figure 04 Composition chimique de la farine.....	16
Figure 05 Diagramme de fabrication de la farine à Amour	28
Figure 06 Détermination de taux de cendre.....	36
Figure 07 Quelques étapes de l'extraction du gluten	41
Figure 08 Courbe type Alvéogramme.....	45
Figure 09 Humidité des échantillons étudiés de blé tendre avant B1 et les farines issues....	52
Figure 10 Taux de cendre des échantillons étudiés de blé tendre réceptionnée et des farines issues.....	53
Figure 11 Taux de Gluten des échantillons des farines étudiés.....	56



Remerciements
Dédicaces
Résumé
Liste des abréviations
Liste des tableaux
Liste des annexes
Listes des figures
Introduction Générale.....01

1^{ere} PARTIE : BIBLIOGRAPHIQUE

I. Généralités sur le blé03
 1.1. Taxonomie.....03
 1.2. Origine.....03
 II. Caractères botaniques du blé.....04
 2.1. Structure et morphologie du grain.....04
 2.2. Composition chimique du grain.....05
 III. Le processus d'obtention de la farine.....10
 3.1. Réception des grains.....10
 3.2. Stockage.....10
 3.3. Nettoyage.....11
 3.4. Conditionnement.....12
 3.5. Mouture.....12
 IV. La farine.....15
 4.1. Définition de la farine.....15
 4.2. Composition chimique de la farine.....15
 4.3. Qualité des blés tendres.....18
 4.4. Classification des farines.....23
 4.5. Propriétés physiques de la farine.....24
 4.6. Utilisation des farines.....24

2eme partie : MATERIELS ET METHODES

A. Présentation de la minoterie AMOUR.....25
 1.1. Situation géographique de la minoterie Amour.....25
 1.2. Activité de la minoterie.....25
 1.3. Le processus de transformation du blé à la minoterie Amour26
 B. Bilan qualitatif de blés réceptionnés par la minoterie et des farines issues29
 2.2. Matériel végétale29
 II. Échantillonnage et lieu de prélèvement.....29
 2.1. Échantillonnage.....29
 2.2. Lieu de prélèvement.....30
 III. Analyses appliquées sur grains et /ou farines.....31
 3.1. Détermination des impuretés.....31
 3.2. Masse à l'hectolitre ou "PS" des grains32
 3.3. Masse de 1000 grains.....33



3.4. Dosage de l'eau.....34
3.5. Détermination de taux cendres.....35
IV. Analyses spécifiques à la farine.....37
4.1. Le taux d'affleurement.....37
4.2. Dosage de Protéines.....38
4.3. Détermination du Gluten.....39
4.4. Détermination de l'indice de chute.....42
4.5. Essai à l'alvéographe43
V. Analyses microbiologiques46
IV. Analyses statistiques des résultats.....47

3^{eme} Partie : RESULTATS ET DISCUSSIONS

I. Paramètres physico-chimiques des lots de blé tendre.....48
1.1. Teneur en eau des grains.....48
1.2. Masse à l'hectolitre ou " PS ".....49
1.3. Masse de mille grains ou " PMG".....49
1.4. Détermination des impuretés50
II. Paramètres relatifs au contrôle de mouture.....51
2.1. Détermination de la teneur en eau.....51
2.2. Détermination du taux de cendres53
2.3. Le taux d'affleurement53
III. Paramètres relatifs à la qualité nutritionnelle et technologique des blés tendres et dérivés.....54
3.1. La teneur en Protéines54
3.2. Teneur en gluten humide, gluten sec et coefficient d'hydratation.....54
3.3. Essai à l'alvéographe.....56
3.4. Indice de chute.....56
VI. Qualité microbiologique des farines produites57
IV- Conclusion générale.....58
V- Références bibliographiques
VI- Annexes



Introduction Générale

Les céréales sont un groupe de plantes cultivées appartenant, botaniquement parlant, à la famille des Poacées dont les graines présentent par leur abondance et leur composition un intérêt majeur pour l'alimentation de l'homme et des animaux.

En Algérie, les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale. Cette caractéristique est perçue d'une manière claire à travers toutes les phases de la filière.

Parmi les céréales principales produites mondialement (blé tendre et dur, riz maïs, orge), le blé représente l'espèce la plus produite et la plus consommée dans le monde et en Algérie. Ceci est dû au fait que les blés renferment une protéine particulière, plastique, appelée gluten qui permet la fabrication d'une gamme extrêmement variée de produits: pain, biscuits, biscottes, pâtes alimentaires, ... (ANTOINE *et al*, 2003).

En Algérie, le blé et ses dérivés constituent l'épine dorsale du système alimentaire; en effet, il fournit plus de 60% de l'apport calorique et 75 à 80% de l'apport protéique de la ration alimentaire nationale. Quant à la réduction même limitée de la consommation des blés et dérivés en Algérie, elle ne pourrait être que lente et ne serait possible que lors d'une diversification des régimes alimentaires (ANONYME, 2000).

La farine de blé est un produit dont la qualité technologique est difficile à évaluer et à mettre au point. Elle doit s'adapter à des techniques de transformation aussi diverses que la fabrication du pain, des biscuits, biscottes et pâtisseries.

Les conditions d'utilisation de ce produit par les professionnels de la deuxième transformation conduisent donc à des attentes qualitatives diverses, qui vont dépendre de nombreux facteurs, comme la quantité et la qualité des protéines, les caractéristiques de l'amidon et des fibres, la quantité de matières minérales, l'activité enzymatique... Pour les connaître, on peut effectuer des analyses d'appréciation de la qualité (analyses chimiques, rhéologiques...).

Sachant que la farine de blé est le constituant majoritaire des pâtes, la valeur boulangère s'applique essentiellement à cet ingrédient.

La qualité d'un blé tendre correspond à son aptitude à être transformé en farine (valeur meunière) qui elle même sera valorisée en panification, biscuiterie, pâtisserie...



Le meunier algérien s'intéresse plus particulièrement à la valeur meunière ; en effet, son objectif premier est d'obtenir un rendement élevé en farine de pureté déterminée ce qui va influencer directement sur ses profits. La valeur meunière et la régularité de la qualité des blés sont des critères majeurs dans leur choix, de même que leur qualité sanitaire. En effet, les aspects sanitaires et phytosanitaires font l'objet d'une surveillance particulière ce qui peut exclure quelquefois certains lots, selon des origines à risque.

La qualité de la farine, dépend de ses composants majoritaires, protéines et amidon, qui jouent un rôle déterminant dans les propriétés rhéologiques des pâtes.

A coté des composants biochimiques de la farine, l'incorporation des ingrédients modifie considérablement les propriétés rhéologiques et technologiques des pâtes (FEILLET, 2000).

L'amélioration de la qualité du blé tendre est un objectif d'une grande ampleur et en constante évolution. La connaissance des caractéristiques protéiques et technologiques des blés représente un grand intérêt pour l'orientation et l'utilisation de la production. Nous nous sommes donc intéressés aux blés et farines produites en minoterie, partenaire essentiel de la filière céréalière, où nous avons entrepris un thème de recherche. C'est ainsi que l'étude s'articule en deux parties :

La première partie présente une synthèse bibliographique sur le blé tendre et la farine concernant leur composition et les différents critères de qualité.

La deuxième partie est consacrée à la présentation du matériel et des différentes méthodes utilisées pour la réalisation de notre travail expérimental.

L'objectif était de déterminer pendant une durée appréciable (quatre mois) la qualité des blés réceptionnés par une minoterie donnée et celle des farines produites. Y a-t-il une régularité dans la qualité technologique de ces blés ? Quelle est la pureté et la valeur boulangère des farines issues ? Leur état sanitaire est-il acceptable ?

C'est à ces différentes questions que nous projetons de répondre en effectuant notre expérimentation au moulin "AMOUR" de Blida.

I. Généralités sur le blé

1.1. Taxonomie

Le blé est une monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille des *Gramineae*, c'est une céréale dont le grain est un fruit sec indéhiscant, appelé caryopse. Les deux espèces les plus cultivées dans le monde et en Algérie sont le blé tendre (*Triticum aestivum*) et le blé dur (*Triticum durum*) (FEILLET, 2000).

Ces deux espèces constituent l'essentiel de l'alimentation humaine dans de nombreux pays. Les blés sont consommés après transformation, en semoule pour le blé dur, destinée essentiellement pour la confection de pâtes alimentaires ; et en farine pour le blé tendre ; celle-ci est destinée pour la panification, la pâtisserie,... (FEILLET, 2000). En Algérie, la semoule est fortement consommée sous forme de couscous.

Tableau 1 Taxonomie du blé (FEILLET, 2000).

Taxonomie	Classification
Famille	Gramineae
Sous famille	Festucoideae
Tribu	Triticeae Aveneae
Sous tribu	Triticineae
Genre	Triticum

1.2. Origine du blé tendre

Le blé tendre a pris naissance dans le couloir qui s'étend de l'Arménie, en Transcaucasie, jusqu'aux zones côtières du Sud-ouest de la mer Caspienne en Iran. C'est l'hybridation d'une espèce sauvage d'*Aegilops* avec l'amidonnier, un type ancien du blé (*Triticum turgidum*). De nos jours le blé tendre est cultivé dans presque toutes les régions du monde. En Afrique tropicale, il est surtout produit au Nigeria, au Soudan, en Ethiopie, au Kenya, en Tanzanie, en Zambie et en Zimbabwe (BRINK et BELAY, 2006).





II. Caractères botaniques du blé

Le grain de blé est de forme ovoïde, plus ou moins bombée, sa face ventrale comporte un sillon profond; de courts poils forment la brosse à sa partie supérieure et le germe est visible sur la face dorsale à sa partie inférieure (CALVEL, 1975).

2.1. Structure et morphologie du grain de blé tendre

Un grain de blé est formé de trois parties (FEILLET, 2000) (Fig.1)

- **L'albumen** : Il occupe environ 82-85% du grain, et il représente les substances de réserve pour la germination de grain. Il est constitué de glucides (amidon principalement), de protéines (10-12 %) et en faible proportion d'éléments minéraux (0,3 à 0,6 %) et de vitamines. En en extrait de la farine, matière première de base du boulanger.

- **Les enveloppes** : elles représentent de 13-15 % du grain et comprennent le péricarpe (4 %), le tégument séminal (2 %) et l'assise protéique (7 - 9 %), bien soudés entre eux.

Le péricarpe et le tégument séminal sont constitués en forte proportion de cellulose et d'éléments minéraux. L'assise protéique est riche en protéines, lipides, vitamines et minéraux ; après la mouture, les enveloppes donnent le son (FOURAR, 2013).

- **Le germe** : il représente environ 3 % du grain de blé. et il est composé d'un embryon (coléoptile, gemmule, radicule, coléorhize et de coiffe) et du scutellum.

Le grain de blé possède un sillon résultant d'une invagination des téguments vers l'intérieur du grain, sur toute la longueur et du côté du germe ; les faisceaux nourriciers de la graine au cours de son développement sont localisés au fond de ce sillon (FEILLET, 2000).

Il contient une proportion élevée de lipides, protéines, vitamines, éléments minéraux et enzymes. Après mouture du grain, le germe se retrouve dans les issues (FOURAR, 2013).

La longueur du grain est comprise entre 5 et 8 mm, largeur variant entre 2 et 4 mm, et l'épaisseur entre 2,5 et 3,5mm ; sa masse est de 20 à 50 mg et sa densité de 1,3 à 1,4 (FEILLET, 2000).



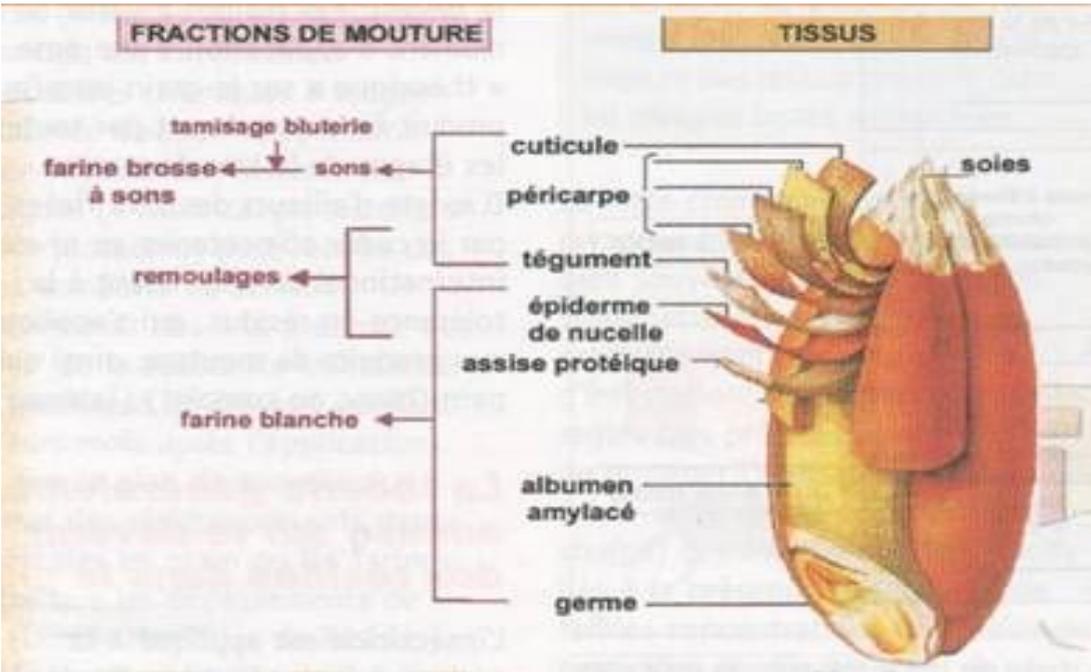


Figure 1 Schéma structural d'un grain de blé (REMESY et LEENHARDT, 2001).

2.2. Composition chimique de grain de blé tendre

La composition en pourcentage de matière sèche du grain est de 70 % de glucides, 12 % de protéines et de 1 à 2 % de lipides. Le grain contient également des vitamines (essentiellement du groupe B), des sels minéraux (calcium, magnésium, sodium, potassium, chlore, soufre, fluor...), des fibres (celluloses, hémicelluloses...), de l'eau et des enzymes (ANONYME, 2000).

2.2.1. L'eau

Le grain de blé est constitué de 5 à 14% d'eau. Ces faibles teneurs lui permettent d'être stocké longtemps en évitant ainsi le développement des micro-organismes, en particulier des moisissures (FREDOT ,2005).

Accidentellement, la teneur en eau peut être plus élevée (>15 %) et dans ce cas les grains sont favorables au développement des déprédateurs (MULTON, 1982).

2.2.2. Les glucides

Substances particulièrement énergétiques, ils sont nettement majoritaires (>70%) ; ils sont principalement constitués par de l'amidon rassemblé sous forme de granules ; un ensemble de composés glucidiques simples est également présent dans le grain, dont la teneur varie de 2% jusqu'à 10% (GRESSLE ,2000).





2.2.3. Les protéines

Les grains de blé renferment un grand nombre de protéines, protéines de structure, protéines qui ont une fonction biologique et protéines de réserve. la culture des blés occupent une place stratégique dans le monde et en Algérie du fait que ce sont les seules céréales qui comprennent le gluten, protéines aux caractéristiques plastiques ; ceci confère aux blés une qualité technologique fortement appréciée par les industriels et les consommateurs.

Elles ont été séparées par leur solubilité en quatre grands groupes : les albumines, les globulines, les gliadines, et les gluténines (GODON ,1998) :

- Albumines (2 à 10%) solubles dans l'eau.
- Globulines (5 à 20%) solubles dans les solutions salines.
- Gliadines (30 à 40%) solubles dans les solutions alcooliques.
- Gluténines (40 à 50%) solubles dans les solutions d'acides ou dans des solvants organiques (détergents) (OSBORNE, 1907).

Une autre classification des protéines du gluten, en fonction de leur poids moléculaire et de leurs propriétés physico-chimiques, a été proposée par SHEWRY *et al.* , (1986) Elle comporte trois grands groupes :

- Groupe de protéines de haut poids moléculaire : contenant les prolamines (les sous unités des gluténines à haut poids moléculaire de type x et y).
- Groupe de protéines à moyen poids moléculaire : (prolamines pauvres en soufre) englobe les β -gliadines.
- Groupe de protéines de faible poids moléculaire : (prolamines riches en soufre) contient les sous unités gluténines à faible poids moléculaire, les gliadines de type α , β et γ -gliadines.
- Décrit pour la première fois en 1745 par BECCARI, le gluten de blé est un complexe protéique viscoélastique tenace constitué d'un mélange hétérogène de gliadines et de gluténines (75 à 85% de la matière sèche), d'amidon (8 à 18% MS), de sucres réducteurs (1 à 2% MS), de lipides (5 à 10% MS), de pentosanes (2% MS) et de matières minérales (1% MS) (FEILLET, 2000).

L'hydratation de la gliadine à l'état natif donne une masse visqueuse, extensible et de faible élasticité. Les gluténines hydratées sont cohésives, plus tenaces et plus élastiques que les gliadines.

Les gluténines ont une importance majeure (80%) dans la valeur boulangère des farines, les propriétés d'élasticité des gluténines relevant de leur structure initiale ; sous l'action mécanique de pétrissage, ces propriétés d'élasticité dépendront de l'allongement des liaisons





bisulfures (s-s) intermoléculaires reliant les unités composantes des gluténines (KHELASSI et MEKMOUCHE, 2009).

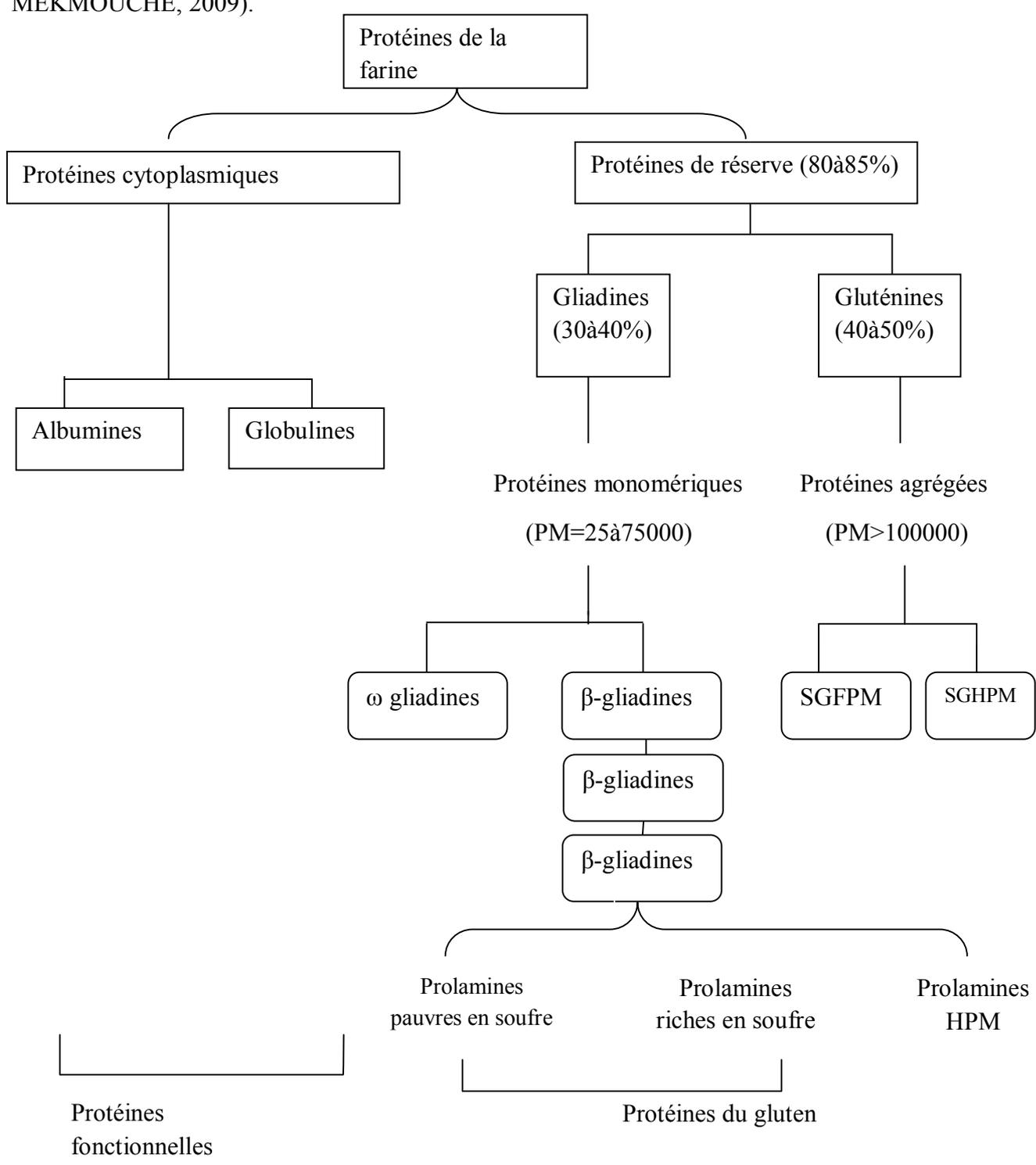


Figure 2 Composition des protéines de la farine : rapprochement entre les classifications d'Osborne et de Shewry (FEILLET, 2000).





Tableau 2 Distribution des protéines de l’endosperme du Blé selon leur solubilité (En protéines totales) (GODON et WILLM 1998)

Espèce	Albumines	globulines	Prolamines	Glutélines
Blé	5 – 10	5 – 10	40 – 50 (Gliadine)	55 – 60 (Gluténine)

2.2.4. Les lipides

En faible proportion dans le grain de blé, ils se retrouvent essentiellement dans le germe. Ils se composent des acides gras qui sont essentiellement des acides gras insaturés (63 % d’acide linoléique, 15% d’acide oléique contre 18 % d’acide gras saturé palmitique).

Les deux-tiers de ces lipides sont libres, alors que les autres sont liés aux autres constituants de la farine (glucides, protides). Les lipides liés jouent un rôle important dans la cohésion et les propriétés du gluten (GODON et WILLM ,1998).

La fraction lipidique la plus importante se situe au niveau du germe (15% des lipides totaux), les triglycérides ne représentant qu’un tiers des lipides dans l’endosperme alors qu’ils représentent 60% des lipides du germe.

2.2.5. Les matières minérales

Selon GODON et WILLM (1998), la teneur moyenne en matières minérales du grain du blé est d’environ 1,8 %, leur concentration dans la couche à aleurone étant de 0,5 à 1 %; ces teneurs sont relativement fixes quelles que soient les conditions externes dans lesquelles la céréale a été cultivée.

Le potassium (K) et le phosphore (P) constituent près de 50% des matières minérales.

Tous les sels minéraux, qui contribuent au fonctionnement harmonieux du corps humain, sont présents dans le germe de blé, dans des proportions compatibles avec les exigences de l’organisme : le phosphore, le sodium, le magnésium, le potassium, le fer et le soufre.

En effet, dans le blé et les céréales en générale, une grande partie du phosphore (75% pour le grain de blé) se trouve sous forme d’acide phytique (ou de phytates) qui présente la propriété de lier les cations bivalents tels que Ca^{2+} , Zn^{2+} , Mg^{2+} ou Fe^{2+} ; cela donne alors naissance à des sels insolubles donc non absorbables. cet acide phytique est principalement situé dans les enveloppes du grain, et il peut être hydrolysé par la phytase au cours de la fermentation panaire (FOURAR, 2013).





2.2.6. Les enzymes

Il existe de nombreuses enzymes dans le grain de blé :

- Enzymes amylolytiques : elles hydrolysent l'amidon ce qui a une incidence grave en panification lorsque les farines sont hyperdiastasiques.
- Enzymes s'attaquant aux pentosanes et libérant le xylose.
- Enzymes protéasiques : elles ont une faible activité dans la farine dans le cas des blés punaisés les protéases hydrolysent le gluten ce qui dévalorise la force boulangère des blés.
- Enzymes lipolytiques : il s'agit de (des) :
 - Lipase : elle augmente l'acidité grasse en s'attaquant aux lipides des farines même à basse température.
 - Oxydoréductases : elles sont importantes en panification. Elles oxydent pendant le pétrissage, les acides gras insaturés en utilisant l'oxygène incorporé dans la pâte ; les pigments caroténoïdes sont également dégradés, ce qui altère le goût, l'arôme et l'aspect ; les oxydations des groupements des protéines peuvent modifier ainsi la rhéologie de la pâte.
 - Peroxydases : elles catalysent l'oxydation des phénols et amines aromatiques par H₂O₂, leur activité peut être élevée dans les farines (HADJ SADOK, 2012).

2. 2.7. Les vitamines

La teneur en vitamines du blé est beaucoup plus faible que celle des autres constituants ; cependant, leur intérêt nutritionnel est très important. Le blé contient surtout les trois vitamines : B1 (Thiamine), B2 (Riboflavine) et B3 (Niacine), qui se trouvent essentiellement dans la zone située entre le tégument séminal et le germe. Il contient également d'autres vitamines telles que la vitamine B6 (Pyridoxine), B5 (Acides pantothéniques) et la vitamine E (α tocophérol), cette dernière se trouvant dissoute dans les lipides du germe (GODON et WILLM, 1998).

❖ Vitamines hydrosolubles :

-Vit B₂ : 0,1mg/100g, le grain de blé est une source très médiocre de Vit B2 dont 50% est situé dans l'amande.

-Vit B₃ :4,7mg/100g, teneurs intéressantes : 2/3 se trouvent dans l'assise protéique.

-Vit B₆ :0,5mg/100g, ces teneurs sont moyennes.

-Vit B₉ :50µg/100g, ce qui constitue une teneur médiocre.





❖ Vitamines liposolubles : la seule vitamine liposoluble présente dans le grain de blé est la vitamine E avec 2,5mg /100g ; elle se trouve essentiellement dans le germe car c'est à cet endroit que l'on trouve le plus de lipides (FREDOT ,2005).

2. 2.8. Les fibres alimentaires végétales (FAV)

Ce sont des polysaccharides non amylacés indigestibles par l'homme. Il existe des fibres solubles et des fibres insolubles qui se trouvent souvent dans le même aliment.

Les fibres peuvent gonfler en absorbant jusqu'à 20 fois leur poids en eau. ce sont les principaux constituants des parois de l'albumen.

✓ La cellulose : elle est constituée par un enchainement de molécules de β D-glucose. De structure cristalline insoluble, elle représente 2 à 4 % des fibres de l'albumen et 25 à 30% de celles du péricarpe.

✓ Les bêta-glucanes : ce sont des polymères de β D-glucose, peu solubles dans l'eau et constituant 20 à 30% des fibres de l'albumen.

✓ Les pentosanes : ce sont des chaines glucidiques formées principalement de pentoses, constituant 65 à 80% des fibres de l'albumen (JEANTET *et al.* , 2007).

III. Le processus d'obtention de la farine

Celui-ci comporte différentes étapes qui vont permettre la production d'une farine apte à la panification ou à d'autres utilisations.

3.1. La réception du blé

La réception du blé est la première partie du diagramme d'un moulin ; cette étape importante est cependant très simple, l'objectif principal à ce stade étant la réception des grains et leur transport rapide aux cellules de stockage.

De la réception du blé au moulin à la livraison de la farine aux utilisateurs, les opérations industrielles comprennent le stockage, le nettoyage, le conditionnement la mouture, la livraison et le contrôle de la qualité (BOUDREAU et MENARD ,1992).

3.2. Le stockage (FOURAR, 2011).

Le regroupement des récoltes sous forme de stock crée un système écologique artificiel (écosystème) facilement altérable présentant des conditions de milieu et une communauté particulière d'êtres vivants. Ce regroupement dépend :





3.2.1. Des conditions de stockage (température, humidité relative, composition de l'atmosphère intergranulaire, durée de stockage) qui vont entraîner des interactions complexes entre variables abiotiques et bio agresseurs de l'écosystème du grain stocké (microorganismes, insectes, acariens, grain,...).

3.2.2. Des moyens de stockage :

- En atmosphère renouvelée ou en anaérobiose
- Dans des silos (métalliques ou béton) ou des hangars.

3.2.3. De l'application des Bons Principes d'Hygiène (BPH) avant le stockage des nouvelles récoltes (entretien, vidange, nettoyage, désinsectisation)

3.2.4. Des moyens de conservation disponibles: Essentiellement prénettoyage, transilage, ventilation, séchage, refroidissement, anaérobiose, lutte chimique préventive (insecticide de contact) ou curative (fumigation ou conditions strictes d'étanchéité)

3.2.5. Des caractéristiques des grains

- Espèce, variété, maturité, composition, intégrité, état sanitaire.
- Teneur en eau.

3.3. Le nettoyage

Le blé étant généralement mélangé à des corps étrangers, on utilise des séparateurs qui éliminent les grosses impuretés. Ensuite on se sert de trieurs qui éliminent les particules étrangères telles que des graines provenant d'autres céréales qui ont pu être mélangées accidentellement. Puis, des épousses éliminent les poils à l'extrémité du grain et dépoussièrent le sillon médian. Le grain ainsi nettoyé est dit industriellement pur (FREDOT ,2005)

Tableau 03 Principales machines de nettoyage des blés avant broyage (FEILLET ,2000)

Type de machine	Principe physique	Impuretés éliminées
Aimant	Champ magnétique	Métaux
Aspirateur	Densité et résistance à l'air	pailles
Nettoyeur-séparateur et trieur	Forme et dimension	Grosses et petites impuretés
Epierreur	Densité	Pierres
Brosse, épousses, lavage	Nettoyage en surface	Poussières adhérentes
Table densimétrique	Densité	Pierres, ergots





Toboggan	Force centrifuge	Petites graines
Trieur de couleur	Couleur	Grains avariés

3.4. Le conditionnement

Une fois le blé nettoyé, il faut séparer l’amande des enveloppes ; le principe de cette séparation repose sur la différence d’élasticité des deux constituants du grain, amande et enveloppe, l’amande étant friable et l’enveloppe élastique.

Le conditionnement du blé a pour but d’accentuer ces caractéristiques d’élasticité et de friabilité grâce à un mouillage du blé et à un temps de repos (24 à 72h) permettant à l’eau de pénétrer (CHABOUR, 1995).

Dans le cas des blés humides (teneur en eau >17%), on utilise le séchage comme moyen de conditionnement ; ce cas n’est rencontré en Algérie qu’accidentellement du fait que notre pays est doté d’un climat sec. le pourcentage d’humidité le plus favorable pour le blé tendre, prêt a la mouture est de l’ordre de 16%. Les facteurs nécessaires pour le conditionnement concernent (In : CHEIFA ,1995)

3.4.1. Le mouillage ou« humidification du grain» : au cours de stockage, le grain de blé possède une teneur en eau basse. Avant mouture, le grain est humidifié jusqu’à16 %. Cette action se fait simplement par addition d’une quantité d’eau au blé fonction de la teneur en eau initiale des grains.

3.4.2. Le temps de repos : Cette opération a pour but de permettre à l’eau de pénétrer dans le grain et de bien se répartir dans l’amande farineuse. Ce repos peut avoir lieu dans «les boisseaux de repos» ou dans «des conditionneurs sécheurs» (DOUMANDJI, 2003).

3.5. La mouture

La mouture est l’opération qui consiste à écraser le grain de blé, afin de transformer son amande en farine, tout en éliminant le plus possible les enveloppes et le germe ; cette opération, appelée mouture, comporte cinq étapes principales : Le broyage, le blutage, le sassage, le claquage et le convertissage (In : CHEIFA ,1995).





3.5.1. Le broyage

Le broyage des grains s'effectue entre des paires de cylindres qui tournent en sens opposé et à une vitesse différente. La surface des rouleaux de rupture est généralement cannelée pour obtenir l'effet d'écrasement du grain par cisaillement. Les cannelures sont caractérisées par leur nombre, leur forme, leur inclinaison et leur position de travail. L'opération de broyage est répétée 5 à 6 fois, les cylindres étant de plus en plus rapprochés et les cannelures de plus en plus fines (FABRIANI et LINTAS ,1988).

3.5.2. Le blutage

Après chaque passage dans les broyeurs, le produit obtenu est tamisé et classé selon la grosseur des particules dans un équipement appelé plansichter.

Ce dernier est basé sur un mouvement circulaire de la masse à bluter avec une garniture appropriée ; le but est d'opérer une stratification par couche suivant la densité des différentes particules, les plus fines étant extraites ; le blutage du produit de broyage a pour but d'extraire les particules d'endospermes, par contre le refus est envoyé vers le broyeur suivant (*In* : CHEIFA ,1995).

3.5.3. Le sassage

Le sassage est une opération intermédiaire entre le plansichter et les appareils à cylindre de convertissage et désagrège ; il est très employé dans la meunerie pour la séparation des produits tels que les semoules et les finots de blé tendre ; il permet également la classification de ces derniers en fonction de leur densité et de leurs dimensions (*In* : CHEIFA ,1995).

3.5.4. Le claquage

Cette opération existe dans un diagramme de mouture ; elle est considérée comme une phase de réduction au même titre que le convertissage (*In* : CHEIFA ,1995).

3.5.5. Le convertissage

Le convertissage ou réduction en farine des particules d'amande pure en provenance du sassage se fait par une succession de cylindres lisses. Cette étape vise à écraser les morceaux d'albumen pour les transformer en farine et à enlever les dernières particules de son et de germe ; l'opération de convertissage est réalisée en 7 à 8 passages. A chaque paire de cylindres, un ensemble de tamis à bluter (plansichters) à mouvement circulaire ou alternatif, permet de classer les produits en fonction de leur granulation.



Les premiers passages du broyage et du convertissage fournissent la farine première utilisée pour la fabrication de produits de minoterie. Les farines produites lors des derniers passages sont plus riches en matières minérales et constituent les gruaux.

Les refus de broyage des derniers passages sont constitués d'une part, par de grosses fractions d'enveloppes appelés «sons gros » et d'autre part, par des particules plus fines : les sons fins.

Par tamisage du son, les repasses sont obtenus. En fin de convertissage, les refus sont représentés par les remoulages (FABRIANI et LINTAS, 1988).

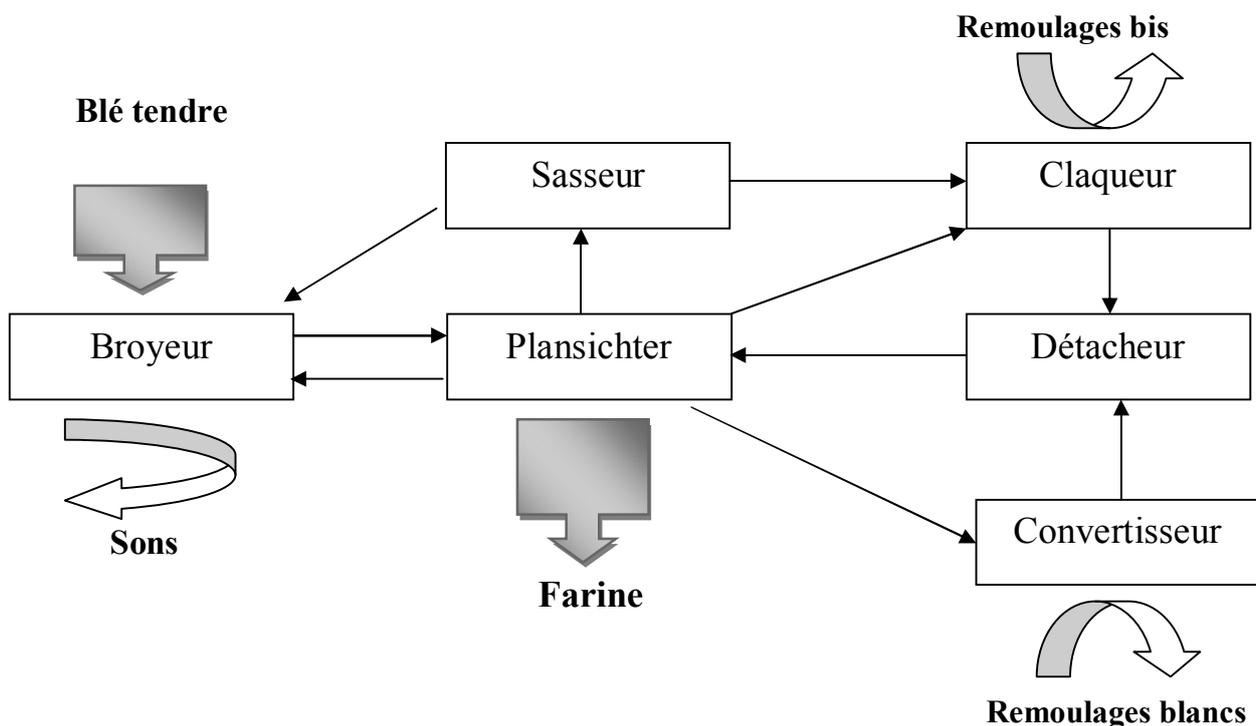


Figure 3 la mouture du blé tendre (GODON et WILLM, 1998)

3.5.6. Stockage, ensachage et expédition

- Le Stockage de farine* se fait par transport pneumatique à partir des vis de collecte dans des chambres.
- L'ensachage* se fait par extraction des farines des chambres de collecte ou par injection directe du produit fini à partir de vis de collecte vers l'emballage.
- L'emballage* est assuré par une équipe spéciale dont le rôle est de remplir les sacs de farine et de son, repeser les sacs et enfin de les coudre.
- L'expédition* : les sacs sont stockés quelques jours au moulin, puis ils sont expédiés vers les dépôts de vente (In : CHEIFA ,1995).



IV. La farine

4.1. Définition de la farine

Le mot farine complété par l'indication de la céréale dont elle est extraite désigne la poudre obtenue par broyage des grains de ces différentes céréales connues mais si on parle de farine, sans préciser l'espèce de grains broyé, on désigne cette fois, exclusivement, le produit obtenu par la mouture de l'amande du grain de blé, nettoyé et industriellement pur.

Généralement, la farine est constituée de particules de cellules de l'albumen, de granules d'amidon, de protéines, de parois cellulaires et de fragments d'enveloppes de grains (BOURSON, 2009).

4.2. Composition chimique de la farine

Issu de grains de blé dont on élimine généralement les enveloppes et le germe au cours de la mouture, la composition chimique de la farine se rapproche de celle des grains avec réduction de certains composants (glucides, protéines, lipides, matières minérales, vitamines, fibres alimentaires).

Tableau 4 Composition biochimique en (g) pour 100g de farine de blé tendre (D'après ATWELL, 2001).

Constituants	% matière sèche de la farine
Eau	14
Protéines	7 - 15
Amidon	63 - 72
Polysaccharide non amylacés	4,5 - 5
Lipides	1 - 2



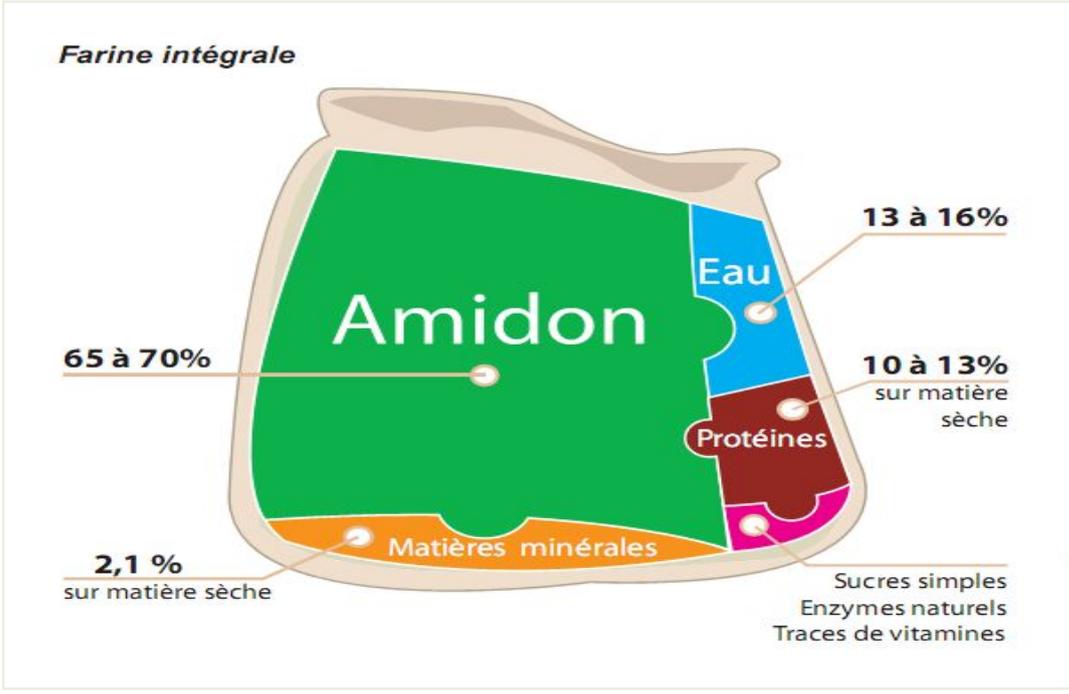


Figure 4 Composition chimique de la farine (BROCHOIRE, 2005).

4.2.1. L'eau

La teneur en eau varie de 15 à 16% en fin de mouture. Une teneur basse est une condition importante de la bonne conservation des farines. Elle intervient dans le taux d'hydratation des pâtes et donc dans leurs caractéristiques rhéologiques (GODON et WILLM, 1998).

4.2.2. Les glucides

La teneur en sucres préexistants dans la farine est généralement inférieure à 1 %. La farine panifiable comporte divers types de glucides :

- des sucres réducteurs et non réducteurs: 1,5 à 2 %,
- de l'amidon : 78 à 80 %,
- des pentosanes : 3 à 3,5 %,
- de la cellulose : 0,2 à 0,3 %.

L'amidon natif représente, sous forme de granules sphériques, le constituant le plus important sur le plan pondéral ; de l'ordre de 70%, une partie de ces granules d'amidon est endommagée par l'action mécanique de la mouture. Ils seront transformés en maltose pour alimenter le processus fermentaire (LENAOUR *et al*, 1998).





4.2.3. Les protéines

La teneur en protéines de la farine de blé destinée à la fabrication de produits de cuisson à base de céréales varie de 7 à 15 % environ. 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).

La panification devient impossible lorsque la teneur en protéines est inférieure à 7% : la quantité et la qualité des protéines exercent un rôle important vis à vis de la qualité boulangère (GODON et WILLM, 1998).

4.2.4. Les lipides

Les lipides constituent une faible partie de la farine (1 à 2%). Ils jouent un rôle important au cours de la conservation des farines. Au cours du stockage, les lipases entraînent la libération d'acides gras qui participent à l'amélioration des propriétés technologiques de la farine en panification. Le pétrissage permet la formation de complexes lipides-protéines. Les qualités plastiques du gluten dans ces conditions sont renforcées et la pâte montre une plus grande tolérance aux différentes phases de la panification (GODON et GUINET, 1994).

4.2.5. Les matières minérales

La teneur en matières minérales (teneur en cendre) définit les types commerciaux de farine en France. Elle est en relation avec le taux d'extraction de la farine par rapport au blé (CALVEL, 1964 ; GODON et GUILLET, 1994).

4.2.6. Les enzymes

Les enzymes catalysent des réactions biochimiques faisant apparaître de nouvelles substances qui peuvent posséder des propriétés particulières sur les plans technologiques, organoleptiques et nutritionnels.

- Les amylases : elles hydrolysent l'amidon ; leur action est essentielle pour le développement de la pâte.

La β amylase attaque l'amidon endommagé (d'où l'importance des conditions de mouture) à partir de l'extrémité non réductrice des chaînes, en détachant des unités de maltose.

L' α amylase apparaît au cours de la germination des céréales. Elle rompt les liaisons α (1-4) glycosidiques au hasard à l'intérieur de la molécule de polysaccharide.

A une activité alpha-amylasique trop forte s'associe une pâte de type collant et un pain d'aspect rougeâtre.





- Les protéases : leur action est fondamentale lors du développement de la pâte au cours de pétrissage et de la fermentation. Ce sont des enzymes protéolytiques. On distingue les exopeptidases et les endopeptidases.
- La lipase : elle hydrolyse les liaisons esters des triglycérides et permet donc la libération d'acides gras qui entraînent une acidification des farines et le développement d'une odeur de rance. Son action s'exerçant essentiellement lors du vieillissement de la farine, elle serait préjudiciable à la conservation et à la qualité des farines.
- La lipoxygénase : elle oxyde les acides gras insaturés possédant certaines doubles liaisons non conjuguées. Il en résulte des peroxydes et des hydroperoxydes qui ont une action bénéfique sur la rhéologie des pâtes (DEROO, 1985 ; MASY LATTARD, 1989).

4.2.7. Les vitamines

Les vitamines présentes dans la farine proviennent en grande majorité des parties du grain qui sont éliminées lors de la mouture, à savoir le germe et les enveloppes ; dans la farine, les vitamines sont donc en faible proportion.

4.3. Qualité des blés tendres

La notion de qualité du blé est assez imprécise et recouvre plusieurs aspects (agronomique, technologique, nutritionnel, sanitaire, ...). Cette qualité est appréciée différemment par les intéressés (transformateurs, utilisateurs et consommateurs) (ROUSSET et AUTRAN, 1979).

- ✓ Le transformateur : il est représenté par le meunier, qui recherche un bon rendement en farine.
- ✓ L'utilisateur : c'est le transformateur secondaire (boulangier, biscottier,...) qui recherche une farine ayant une capacité d'hydratation élevée et des propriétés rhéologiques optimales.
- ✓ Le consommateur : il contribue d'une façon définitive au concept de la qualité et il recherche un pain qui englobe les critères qualitatifs : bel aspect, mie alvéolée, croûte fine et croustillant, goût et odeur agréables.

4.3.1. La qualité sanitaire (MULTON, 1982)

La qualité hygiénique est une exigence de sécurité en principe absolue, elle garantit l'absence de produits pathogènes dans les grains et dérivés (micro-organismes, toxines, souillures animales, résidus des pesticides, métaux lourds,...).





➤ L'état sanitaire général d'un lot de grains est une résultante complexe, descriptive de l'état de santé réel des grains, dont l'appréciation nécessite la détermination à l'aide de critères objectifs des aspects suivant.

➤ L'état physique du grain : teneur en eau, température, impuretés (graines cassés, graines étrangères), masse volumique ; cela correspond assez bien aux propriétés retenues pour le classement des grains dits sains, loyaux et marchands tel qu'on le pratique dans différents pays (agrégation).

➤ L'état biochimique : niveau d'activité enzymatique, amylolytique en particulier.

4.3. 2. La qualité technologique des farines

La qualité technologique à laquelle nous nous intéressons peut elle-même se subdiviser en valeur meunière d'une part et en valeur boulangère d'autre part.

4. 3.2.1. La valeur meunière (FOURAR, 2013).

Elle correspond à l'aptitude d'un lot de blé à donner un rendement élevé en farine ou semoule de pureté déterminée. Ce critère intéresse le meunier dont la préoccupation majeure est d'obtenir un rendement élevé en produit fini.

La valeur meunière ou semoulière est tributaire de plusieurs facteurs qui peuvent être regroupés en trois groupes principaux :

- Les facteurs extrinsèques, liés aux conditions de culture et de récolte : teneur en eau des grains, teneur et nature des impuretés diverses contenues dans le lot de blé, taux de grains cassés, taux de mitadinage du blé dur. Ces critères sont évalués pour la qualité commerciale des grains.

- Les facteurs intrinsèques qui vont influencer sur les blés nettoyés à leur arrivée sur le premier broyeur : rapport albumen sur enveloppes, dureté ou friabilité de l'albumen, facilité de séparer l'albumen des enveloppes.

En ce qui concerne le facteur albumen / enveloppes que l'on recherche aussi élevé que possible, il dépend de l'épaisseur des enveloppes, de la forme du grain et de son degré d'échaudage ; les méthodes de mesure utilisées comprennent la masse à l'hectolitre ou « PS ».

La dureté et la vitrosité de l'albumen des blés exercent une influence considérable sur leur transformation, en particulier sur leur conditionnement (capacité et vitesse d'hydratation), leur comportement en mouture (facilité de séparation du son et de l'amande, réduction de l'amande en farine, comportement au blutage des produits de mouture d'où effet sur le débit du moulin, le rendement et la qualité des farines : granulométrie, taux d'amidon endommagé, capacité de fixation d'eau) et les caractéristiques des produits finis.





La facilité de séparer l'albumen des enveloppes correspond à la difficulté pour le transformateur d'épuiser correctement les sons (suivant l'intensité de la liaison entre l'albumen et les couches périphériques du grain).

Les facteurs réglementaires : il s'agit de la richesse en matières minérales des grains du fait que l'albumen est beaucoup moins minéralisé que les enveloppes et la couche à aleurones. Il est admis, en France comme en Algérie, que le taux de cendres des semoules et farines est en relation directe avec leur pureté et leur taux d'extraction, ce qui n'est pas toujours vrai ; en effet, le taux de cendres des semoules dépend principalement de la teneur en matières minérales du grain d'autant plus que l'albumen du blé dur contient 50% de la totalité des matières minérales du grain contre 20-25% pour le blé tendre (Mauzé *et al*, 1972 ; Abecassis et Feillet, 1985). Dans ce cas, la réglementation favorise les blés faiblement minéralisés dont les dérivés pourront présenter un taux de cendres faible sans que la pureté ne soit élevée. d'une façon générale, plus le taux d'extraction d'une farine ou semoule augmente, plus sa valeur nutritionnelle s'élève et ses aptitudes à la conservation diminuent.

4.3.2.2. La valeur boulangère :

La valeur boulangère d'un blé est une notion représentée par les aptitudes de la farine, qui en est tirée, à donner du beau et du bon pain, dans des conditions de travail et de rendement en harmonie avec une fabrication normale. Deux groupes de facteurs importants l'influencent : ce sont *les qualités physiques de la pâte* obtenue et ses *qualités fermentatives*.

Qualités rhéologique de la pâte : celles-ci, que l'on désigne, couramment, sous le terme de *qualités plastiques*, sont caractérisées par le degré « d'élasticité », de ténacité et de souplesse de la pâte. Il arrive assez souvent que l'on emploie, à leur propos, le terme de force, ce qui équivaut encore, lorsque l'on use du vocabulaire professionnel : au corps de la pâte, c'est le gluten qui, dans ce domaine, communique ses propriétés plastiques propres à la pâte. L'amidon joue lui aussi, un rôle non négligeable dans la formation de la texture finale et le développement du pain (ROUSSEL *et al* 2006).

Pour donner une pâte de bonne qualité, la farine doit pouvoir absorber une certaine quantité d'eau et conserver ses propriétés lors de pétrissage. Il faut déterminer la capacité d'absorption d'eau de la farine et la résistance de la pâte au travail mécanique. La pâte formée doit pouvoir retenir correctement un maximum de gaz produit lors de la fermentation. On mesurera ses propriétés rhéologiques (ténacité, extensibilité, élasticité), qui sont dépendantes de certaines protéines. Il faut donc déterminer la quantité et la qualité des protéines (ANONYME, 2007).





Les qualités fermentatives : lors de la fermentation de la pâte, pour produire du gaz, les levures doivent disposer de sucres simples (glucose ou saccharose). La farine possédant peu de sucres simples mais beaucoup d'amidon qui ne peut être utilisé tel quel par les levures, ce glucide complexe peut être hydrolysé en sucres simples par des enzymes (α et β amylases) naturellement présentes dans le grain. Il faut connaître l'activité de ces enzymes pour connaître la capacité de production de gaz par les levures.

L'amidon, dans le grain, se présente sous forme de granules. L'attaque des enzymes est facilitée si on endommage ces granules lors de la mouture. Il est donc intéressant de déterminer l'endommagement des grains d'amidon après mouture (*In* : BENLEMMANE S, 2011).

La production gazeuse, qui se produit durant la fermentation panair, est liée à la teneur de la farine en amylases et aux conditions dans lesquelles elles se agissent notamment la température et l'acidité du milieu (DOUMANDJI, 2003).

4.3.2. Appréciation de la qualité

Il existe trois types de mesure pour apprécier la qualité du blé

➤ **Les mesures physiques** : (LENAOUR *et al.* , 1998)

Elles se font dès la réception en organismes de stockage et permettent de cerner la qualité du lot, de détecter les problèmes de qualité (blés humides, présence d'insectes ...) et donc d'agir en conséquence sur la conduite du stockage.

La mesure de la teneur en eau par un humidimètre est simple et rapide. Elle peut donc s'effectuer dans le cadre des transactions commerciales.

La masse à l'hectolitre, appelée "poids spécifique " (PS), toujours prise en compte dans les contrats commerciaux et dans les transactions, a un intérêt technique contestable. En effet, cette mesure est influencée par différents facteurs comme la présence d'impuretés ou la teneur en eau. Par exemple, la présence d'impuretés de gros volume, mais de faible densité (pailles ...) provoque une diminution du PS.

La teneur en impuretés est donnée après tamisage et/ou triage d'un échantillon. En effet, les lots de blé contiennent toujours en plus ou moins grande quantité des grains cassés, des grains germés, des impuretés diverses (débris végétaux et animaux...), des graines étrangères à l'espèce.





➤ **Les mesures globales :**

Elles donnent une réponse complète sur la valeur d'utilisation puisqu'elles consistent à fabriquer le produit pour lequel on veut apprécier la qualité du blé.

Trois types de tests existent :

- a) L'électrophorèse des protéines permettant d'identifier la variété d'un blé, et sa qualité technologique, ce qui renseigne sur sa valeur d'utilisation,
- b) Le test de machinabilité consiste à préparer de la pâte afin d'observer la machinabilité, sa capacité à constituer une masse cohérente n'adhérant pratiquement pas aux parois,
- c) Le test de panification reproduisant à l'échelle le diagramme de panification (LENAOUR et *al*, 1998).

➤ **Les mesures indirectes :**

Elles sont fondées sur les connaissances de la rhéologie des pâtes et des relations entre les constituants du grain et la qualité. Il faut les résultats de plusieurs tests pour avoir une idée plus juste de la qualité, car ils ne donnent qu'une image partielle de la valeur du blé.

- La teneur en protéines est calculée à partir de la teneur en azote déterminée par la méthode de Kjeldahl. Elle est intéressante à déterminer, car elle est en forte relation avec la valeur d'utilisation des variétés.
- La mesure de l'indice de sédimentation (test de ZELENY) permet de déterminer la quantité et la qualité des protéines du blé à travers leur capacité à gonfler en milieu acide. Ce test est surtout utilisé pour classer les blés en variété.
- La mesure à l'Alvéographe Chopin est effectuée sur un échantillon de pâte composé uniquement de farine et d'eau salée. Elle permet entre autres de déterminer la force boulangère.
- L'indice de chute de Hagberg donne une mesure de l'activité amyliase d'un blé. Celle-ci se traduit par une liquéfaction de l'amidon, un des facteurs important de la valeur boulangère d'un blé. Un excès d'amylase dû à la germination des grains rend la panification difficile, voir impossible.

En amont, au niveau des silos de collecte et de stockage, on ne peut réaliser tous ces contrôles. Toutefois, la connaissance de la variété constituant le lot et de la teneur en protéines apportent généralement 70 à 80% de l'information qualitative (valeur technologique). Il faut tout de même avoir préalablement vérifié l'activité amyliase excessive (BEAUX, 1995).





A noter l'utilisation de la spectrométrie à infrarouge qui a révolutionné la mesure de la teneur en protéines dans les silos. Cette méthode est rapide et précise. Elle permet de mesurer bien d'autres critères (eau, amidon, cellulose...). Depuis 1990 en France, de nombreux organismes de stockage et industriels de première transformation s'en sont dotés (ANONYME, 1995), ce qui n'est pas le cas en Algérie.

4.4. Classification des farines

Il existe deux types de farines produites en Algérie :

- Farine de type courant
- Farine supérieure

Ces deux farines sont définies dans le journal officiel de la république Algérienne N° 2 du 08 janvier 1992, au niveau du décret exécutif N° 91-572 du 31 décembre 1991 relatif à la farine de panification et au pain.

La farine de panification peut être de type courant ou supérieure, cette dernière distinction étant en relation avec la pureté de la farine, plus précisément sa couleur c'est ainsi que d'après le décret précédemment cité, la farine de type courant est extraite d'un point au dessus de point spécifique (PS-1) tandis que la farine de type supérieur est extraite de (Ps-8) à (Ps-5) (ZOUBIRI D., 1995).

La vente des farines doit faire apparaître leur type. En France la classification des farines est fonction de leur teneur en cendres (Tabl. 5). Elle prend en compte la notion de pureté des farines, qui peut être assimilée à la proportion d'enveloppes dans la farine ou taux d'extraction (GODON, et WILLM, 1998).

Elle repose sur les teneurs en minéraux totaux contenus dans la farine. Pour le pain courant, la farine utilisée est de type 55 (taux d'extraction à 74%) ce qui signifie qu'elle contient 0,50 à 0,60g de minéraux pour 100g de farine. C'est donc une farine très blanche, très raffinée mais très pauvre en minéraux. En revanche, la farine à pâtisserie est généralement de type 45 (FREDO, 2005).



Tableau 5 Classification des farines (GODON et WILLM ., 1998).

Dénomination	Taux de cendres de la farine en % de la matière sèche
-type 45	au dessous de 0,50
-type 55	-de 0,50 à 0,60
-type 65	-de 0,62 à 0,75
-type 80	-de 0,75 à 0,90
-type 110	-de 1 à 1,20
-type 150	-au dessus de 1,40

4.5. Propriétés physiques de la farine: Celles si sont relatives à :

4.5.1. La couleur

Plus une farine est pure, plus sa teinte est uniformément blanche à crème, pour obtenir cette pureté, un nettoyage, un conditionnement corrects des blés et un bon réglage des appareils de mouture sont nécessaires (FOURAR, 2005).

4.5.2. L'odeur et la saveur

En général, la farine est caractérisée par une odeur agréable, mais il arrive dans certains cas que la farine présente une odeur et un goût anormaux (acide, rance...) suite à certaines altérations (GODON, 1991).

4.5.3. Taux d'affleurement

La granulation d'une farine exprime la composition en grosseur, c'est un critère très important car il donne des renseignements sur la conduite de la mouture et l'homogénéité de la farine (GODON, 1991).

4.6. Utilisation des farines

L'utilisation alimentaire des farines depuis l'antiquité a donné naissance à des industries telles que la panification, la biscuiterie, la biscotterie, la pâtisserie, et la viennoiserie.

En Algérie, la farine est destinée principalement à la panification; celle-ci a pour objectif la transformation de la farine, additionnée éventuellement d'autres ingrédients (levure, sel et matières grasses) en un aliment cuit et facile à conserver, après fermentation et cuisson (GODON, 1991).





Cette expérimentation a pour but de déterminer dans le temps (quatre mois) la qualité des blés tendres réceptionnés par la minoterie Amour ainsi que celle des farines issues. Dans ce but, nous nous proposons de vous présenter succinctement le moulin de sorte à permettre une meilleure interprétation des résultats. Nous avons complété notre étude par un contrôle qualitatif des grains et dérivés au niveau du laboratoire du moulin où nous avons effectué des analyses physico-chimiques, technologiques et microbiologiques.

A. Présentation du lieu d'expérimentation, la minoterie Amour

L'entreprise au niveau de laquelle s'est déroulé notre stage, est une unité de production de semoule et de farine sous le nom de Semoulerie Amour de Mouzaïa (SAM); elle est constituée de deux blocs indépendants, l'un comprenant la partie administrative et l'autre la partie moulin. Celui-ci se compose de deux grands silos métalliques, capacité 1000 T et cinq silos en béton; le moulin dispose également de trois silos de "blé sale" et deux silos de repos de capacité 80 T chacun. La capacité de production de la minoterie est 120 T/j

1.1. Situation géographique de la minoterie Amour

La minoterie Amour se trouve à Mouzaïa dans la plaine de la Mitidja. Elle est limitée à l'est par la ville de Mouzaïa, à l'ouest par la ville d'El affroune et elle est bordée par deux zones, l'atlas Blidéen au sud et la ville de Hattatba au nord, à proximité de la route nationale N° 4 reliant Blida-Oran.

1.2. Activité de la minoterie

L'activité de la minoterie Amour consiste à transformer le blé dur et le blé tendre pour l'obtention des semoules et de la farine selon un diagramme de fabrication élaboré par des spécialistes de renommée mondiale.

La SAM a étendu son activité à la fabrication de couscous en juillet 2012. Dans le cadre de l'application du système de management de la sécurité des denrées alimentaires, la SAM a assuré la mise à disposition des moyens matériels et financiers permettant au personnel de procéder à l'application et au suivi du système de maîtrise de l'hygiène et des dangers dans l'ensemble de ses structures. Pour cela, la direction de la SAM a engagé la mise en œuvre d'une démarche visant la satisfaction du client assurant une maîtrise optimale de la sécurité et la salubrité du produit, conformément aux normes nationales et internationales en matière d'hygiène et de la qualité sanitaire des produits alimentaires.

La pérennité de ce système est assurée par des actions préventives et correctives qui



s'imposent pour les différents stades, depuis la réception des matières premières jusqu'à la livraison du produit final au client.

La SAM a obtenu le certificat ISO 22000 en juillet 2010 en passant par des audits.

Les produits fabriqués sont :

- Les semoules : Semoule supérieure moyenne, Semoule supérieure grosse, Semoule supérieure sassée extra, 3 SE, Semoule Sassée Super fine.
- Farine : Farine supérieure, Farine panifiable.
- Couscous : Couscous gros, Couscous moyen, Couscous fin.

1.3. Le processus de transformation du blé à la minoterie Amour

- Réception, Pré-nettoyage et stockage

La minoterie dispose de moyen de pesage à l'entrée et à la sortie de l'unité.

Le blé est livré en camion au moulin, le pesage du camion chargé ayant lieu sur un pont à bascule; il est dirigé ensuite vers la trémie où il décharge le blé qui passe successivement dans des grilles qui retiennent d'une part les déchets de type paille, pierres, morceaux de métal et d'autre part les grains trop petits. Le grain est alors transporté par transporteur à chaîne (Redler) jusqu'au pied de l'élévateur à godet, puis il est disposé dans des boisseaux appelés << boisseaux à blé sale >> : on en trouve 3 à Amour. Le stockage est réalisé en silos. Ces derniers sont constitués de cellules en béton de 80 T de capacité.

- Nettoyage

Pour cela on utilise comme machines :

- Canal d'aspiration : élimination de la poussière ;
- Séparateur-aspirateur : élimination des gros et des fins déchets ;
- Épierrage : élimination des pierres ;
- Le magnétique: élimination des particules métalliques ;
- Le triage: il consiste à enlever les impuretés présentes dans la masse de blé. On peut utiliser aussi bien le trieur à graines longues (avoine, orge) que le trieur à graines rondes (vesce, nielle).
- Pesage : intervient grâce à une bascule automatique, qui donne le poids du blé propre.

1. Le premier mouillage : le blé issu du nettoyage à sec possédant une humidité initiale (H_i), passe par le premier mouilleur intensif où il reçoit $2/3$ de l'eau qu'il faut ajouter, puis il est déchargé dans une cellule de repos.

Temps de repos : il représente le temps nécessaire pour la distribution de l'eau à l'intérieur du grain, à Amour, pendant 12-18 h.



2. Le deuxième mouillage: le blé extrait de la cellule du premier repos passe par le deuxième mouilleur intensif, où on ajoute le dernier 1/3 de la quantité d'eau qu'il faut incorporer au blé.

Deuxième temps de repos : après le deuxième mouillage le blé est déchargé dans une cellule du deuxième cellule repos pendant 12-17 h. Le seuil de conditionnement étant de 15 %.

3. Dernier nettoyage du blé: après conditionnement, le blé est transporté vers une brosse verticale, qui élimine les enveloppes lâches et les impuretés adhérant au grain.

Le blé est soumis à une aspiration pour éliminer les impuretés et les poussières. Puis il est pesé dans une balance et dirigé par gravité dans une vis sans fin, équipée d'un aimant pour l'élimination des particules métalliques.

- La mouture: le blé suit les quatre grandes étapes du diagramme.

a) Broyage : Il s'agit d'une opération de réduction du diamètre du grain par compression entre deux cylindres métalliques. Les grains passent quatre fois dans des cylindres de plus en plus rapprochés, l'ensemble des appareils à cylindre qui comprend à Amour 5 passages B1 à B5.

b) Claquage et convertissage : à Amour il y' quatre cylindres lisses, réduire progressivement le diamètre des particules d'amande pour produire de la farine.

c) Blutage : Cette opération permet la séparation des produits de mouture selon leur grosseur après des passages successifs dans un appareil à cylindre.

d) Sassage : Il sert à compléter le classement des produits préalablement effectués sur le plansichter.

Le produit fini:

La législation porte sur les inscriptions obligatoires mentionnées sur l'emballage des farines : nom et adresse du meunier ou marque commerciale, dénomination de la farine, type de la farine, date limite d'utilisation optimale (DLUO), masse nette (kg).

Le stockage de la farine : La farine stockée en vrac doit être conservée dans un local frais et sec.

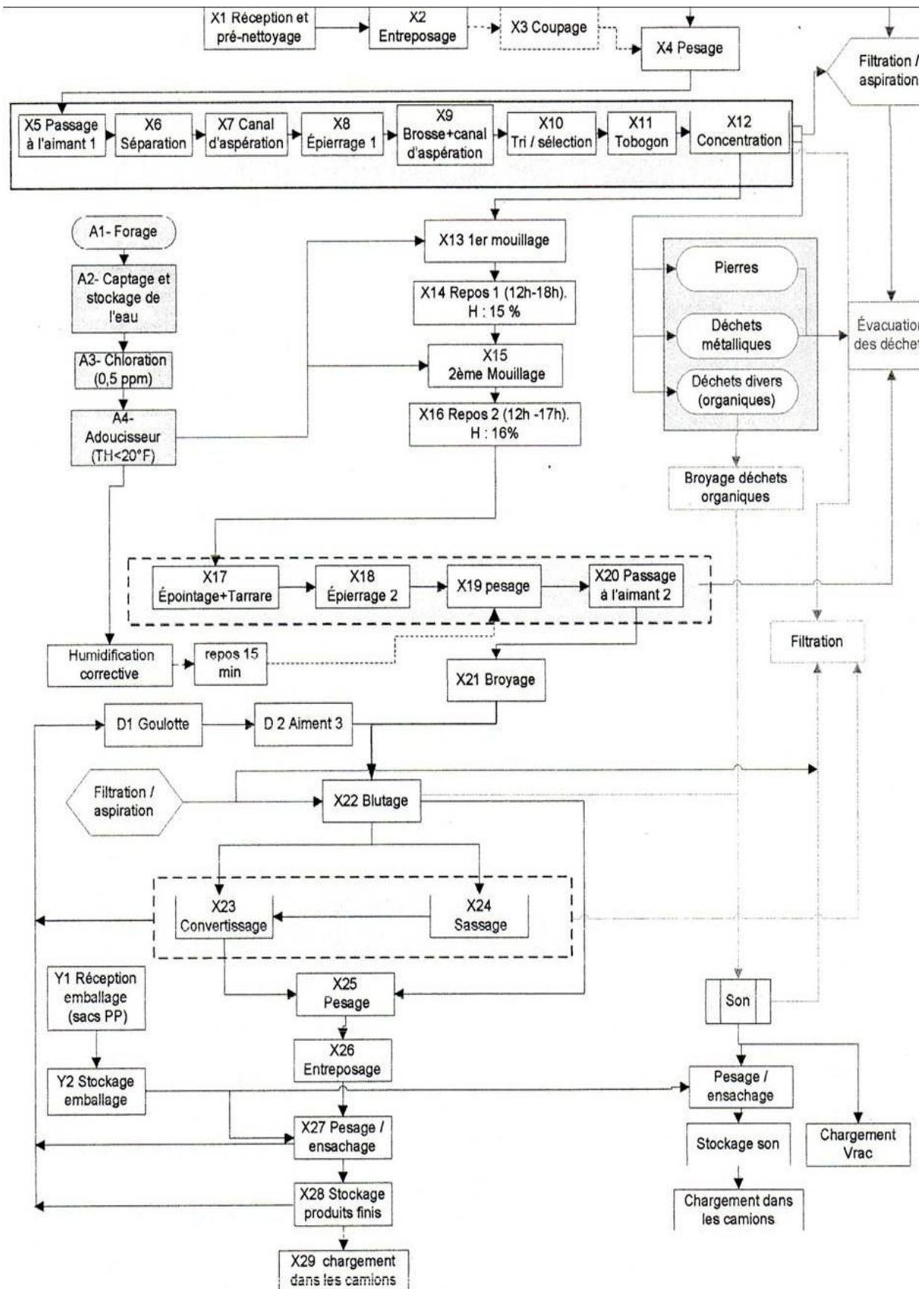


Figure 05 Diagramme de fabrication de la farine à Amour



B. Bilan qualitatif de blés réceptionnés par la minoterie et des farines issues

On cherche, par cette opération, à évaluer la qualité du blé par la détermination de certaines caractéristiques telles que : Taux et nature des impuretés, Masse à l'hectolitre ou "PS", Masse de 1000 grains, Teneur en eau, Taux de cendres, Taux d'affleurement, Teneur de gluten humide, Teneur de gluten sec, Indice de chute, Caractéristiques Alvéographiques et les analyses microbiologiques.

I. **Matériel végétal** : nous avons soumis à l'expérimentation six lots de blé tendre que nous avons prélevés dans le temps. Ces lots, d'origine locale, proviennent de la coopérative céréalière de Blida (Tabl .6).

Tableau 6 Origine des lots de blé tendre soumis à l'expérimentation.

Echantillon	Origine
Blé tendre 1	locale
Blé tendre 2	locale
Blé tendre 3	locale
Blé tendre 4	locale
Blé tendre 5	locale
Blé tendre 6	locale

II. Echantillonnage et lieu de prélèvement

2.1. Echantillonnage: est l'ensemble des opérations qui consistent à passer d'un lot initial à un échantillon de masse réduite à analyser au laboratoire. L'échantillonnage des grains est effectué sur la base de méthode normalisée NA 737/1990 Céréales

❖ *Principe*

Réduction progressive et correcte d'un échantillon représentatif du lot examinée, condition pour l'obtention de résultats permettant une interprétation justifiée.



❖ **Matérielle :**

Sondes.

Bocaux.

Appareil réducteur. Nous avons utilisé l'échantillonneur conique.

2.2. Lieu de prélèvement

- Blé Tendre

Les échantillons de blé tendre ont été prélevés au niveau de la section réception du moulin et après conditionnement (blé avant B1).

- Farines

Les farines ont été prélevées au niveau de la sortie des lignes de production de la section mouture. Nous nous sommes assuré que les farines soumises à l'expérimentation étaient issues des blés testés.

- **Analyses effectuées**

L'ensemble des analyses que nous avons appliquées sont des méthodes normalisées (Tabl. 7).

Tableau 7 Les analyses effectuées sur les grains de blé et la farine :

Critère analytique	Réf. Méthode normalisée
Taux et nature des impuretés	NA* 1178.1990
Masse à l'hectolitre ou "PS"	NA 1613.1990
Masse de 1000 grains	NA 730.1991
Teneur en eau	NA 1132.1990
Taux de cendres	NA 733.1990
Taux d'affleurement	NF** V03. 721.1994
Teneur de gluten humide	NA735.1991
Teneur de gluten sec	NA 736.1991
Indice de chute	NA 1176.1994
Essai à l'alvéographe	NA.1188. 1990
Analyses microbiologiques	NA 758 .1990

* NA : Norme Algérienne.

** NF : Norme Française.

III. Analyses effectuées sur grains et / ou farines

3.1. Détermination des impuretés (NA 1178.1990)

L'objet de cette analyse est la détermination du taux et de la nature des impuretés contenues dans un lot de blé destiné à la meunerie.

Les impuretés correspondent à l'ensemble des éléments d'un échantillon qui ne sont pas des grains de blé de qualité irréprochable.

❖ *Principe*

Séparation, classement et pesée des impuretés des différentes catégories contenues dans l'échantillon pour essai.

❖ *Appareillage*

- Balance analytique précise à 0,01g
- Table de travail plane et lisse
- Scalpel, pinceau, pince, brucelles
- Loupe ou binoculaire

❖ *Mode opératoire*

- Homogénéisation de l'échantillon dont on pèse 100g.
- Triage manuel de toutes les impuretés après examen visuel de l'échantillon ;
- Pesée des différentes catégories d'impuretés à 0,01g près.

❖ *Expression des résultats*

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

$$A = \frac{M_1 \times 100}{M_0}$$

Où : M_0 est la prise d'essai.

M_1 est la masse de la catégorie d'impuretés.

❖ *Répétabilité*

La différence entre les résultats des deux déterminations effectuées l'une après l'autre par la même analyse, ne doit pas dépasser 10g d'impuretés totales pour 100g d'échantillon.



3.2. Masse à l'hectolitre ou "PS" des grains (NA 1613/1990)

La mesure est appelée communément poids à l'hectolitre ou poids spécifique (PS). Elle correspond à la masse de blé contenu dans un hectolitre rempli de grains, d'impuretés et d'air interstitiel.

❖ *Principe*

Ecoulement libre d'un échantillon de grains au moyen d'une trémie dans un récipient d'un litre.

❖ *Appareillage*

- L'appareil pèse-grain comprend les pièces suivantes :
 - Une trémie pèse-grain
 - Un couteau araseur
 - Une masse cylindrique
 - Un cylindre de remplissage
- Une balance robervale.

❖ *Mode opératoire*

Effectuer deux déterminations par échantillon

Homogénéiser l'échantillon puis remplir de blé la trémie jusqu'à la limite, sans tasser les grains.

Ouvrir le clapet de la trémie et laisser couler le blé dans le cylindre mesureur préalablement taré.

Pousser le couteau déjà dans la glissière de façon à araser la colonne de grains, puis enlever les grains en excès après avoir arasé, retirer la trémie cylindrique et le couteau araseur et peser immédiatement le contenu dans le cylindre mesureur.

❖ *Expression des résultats*

- Prendre comme résultat la moyenne arithmétique des 2 déterminations
- Se référer au tableau des concordances fourni avec le pèse-grain, afin de déterminer les résultats en kg/ hl (Annexe 9).

❖ *Répétabilité*

La différence entre les résultats des deux déterminations, effectuées rapidement l'une après l'autre par la même analyse utilisant le même appareillage, ne doit pas dépasser 2g par litre.

3.3. Masse de 1000 grains (NA 730.1991)

Cette analyse, en relation avec la grosseur et la densité des grains, donne une idée sur le rendement meunier des blés.

❖ *Principe*

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.

❖ *Appareillage*

- Balance précise à 0,01g.
- Pince (pour saisir les grains).

❖ *Mode opératoire*

Prélever au hasard une quantité de l'échantillon tel quel, correspondant approximativement à la masse de 500 grains. En sélectionner les grains entiers qui doivent être pesés puis compter.

Effectuer deux essais sur le même échantillon.

❖ *Expression des résultats*

La masse m_H , en grammes, de 1000 grains sur la matière telle quelle est donnée par le rapport.

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

Où : m_0 est la masse en grammes des grains entiers prélevés.

N est le nombre des grains entiers contenus dans la masse m_0 .

la masse m_s en grammes de 1000 grains sur la matière sèche est calculée comme suit :

$$m_s = \frac{m_H \times (100 - H)}{100}$$

Où : m_H est la masse de 1000 grains telle quelle en gramme

H est la teneur en eau des grains exprimé en %.



3.4. Dosage de l'eau (NA 1132.1990)

En meunerie la détermination de l'humidité des grains est une opération capitale qui permet une humidification correcte des grains de blé indispensable avant la mise en mouture pour faciliter la séparation du son et de l'amande.

❖ *Principe :*

Séchage du produit, durant 2 h (grains broyés) ou 1h30(farine) à une température comprise entre 130 et 133°C, à pression atmosphérique normale après broyage éventuel du produit.

- *Préparation de l'échantillon*

L'échantillon de laboratoire est préparé selon le mode opératoire échantillonnage des grains.

- *Préparation de la prise d'essai*

- Dans le cas des grains de blé : prendre la totalité des produits résultant de la mouture comme prise d'essai, afin d'éviter la séparation possible des différents constituants; pour cela, peser à 1 mg près une quantité de l'ordre de 5g et la broyer. Peser l'intégralité de la mouture.
- Dans le cas des farines ou semoules : procéder directement à la pesée de la prise d'essai comme décrit dans le mode opératoire et la sécher à 130-133 °C pendant 1h30.

❖ *Appareillage*

- Balance analytique précise à 0, 01g
- Broyeur à grain.
- coupelles métalliques munies de couvercle.
- Pince, spatule.
- Etuve isotherme à chauffage électrique réglable à 130° et 133°C.
- Dessiccateur garni d'un déshydratant.

❖ *Mode opératoire*

Deux déterminations sur le même échantillon pour essai doivent être faites.

Avant l'essai, les coupelles doivent sécher à l'étuve durant 15 mn et refroidir dans le dessiccateur jusqu'à la température ambiante durant 30 à 45 mn ; tarer une coupelle vide avec son couvercle et y peser rapidement une quantité de l'ordre de 5g de l'échantillon. Introduire les coupelles découvertes dans l'étuve et laisser séjourner durant 1 h 30mn pour la farine et 2 h pour les produits broyés (grains, semoules grosses, pâtes alimentaires) à une température comprise entre 130° et 133°C. Retirer rapidement les coupelles de l'étuve, les placer dans le dessiccateur pour refroidir durant 30mn environ. Peser à 1 mg près.

❖ **Expression des résultats**

La teneur en eau, en pourcentage en masse du produit tel quel, est donnée par la formule :

$$\text{Teneur en eau \%} = \frac{(m_0 - m_1)}{m_0} \times 100$$

Où: m_0 est la masse en grammes de la prise d'essai.

m_1 est la masse en grammes de la prise d'essai après séchage.

Prendre comme résultat la moyenne arithmétique des valeurs obtenues pour les deux déterminations.

❖ **Répétabilité**

La différence entre les résultats de deux déterminations effectuées simultanément ou rapidement l'une après l'autre par la même analyste ne doit pas excéder 0,15 g d'eau pour 100 g d'échantillon.

3.5. Détermination du taux de cendres (NA 733.1990)

Les cendres représentent le résidu obtenu après incinération à 900°C.

❖ **Principe**

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

❖ **Réactifs et appareillage**

- Ethanol à 95%
- Broyeur pour grains.
- Balance analytique.
- Nacelles ou creusets d'incinération.
- Four à moufle réglable à la température de 900 ±25°C.
- Dessiccateur muni d'un robinet et doté d'un agent déshydratant.
- Pince en acier inoxydable.

❖ **Préparation de la prise d'essai**

Cas des grains de blé : il est recommandé de prendre la totalité des produits résultant de la mouture, afin d'éviter la séparation possible des différents composants.

Peser environ 5 grammes, à broyer et peser l'intégralité du broyat à 10 mg près.

Cas des farines : procéder directement à la pesée de la farine.

❖ *Mode opératoire*

Nettoyage des nacelles (Annexe 12)

Tous les essais sont effectués en double.

Peser dans une nacelle préalablement tarée environ 5g à 10 mg près du produit (farine ou blé) à répartir en une couche d'épaisseur uniforme sans la tasser. L'humecter de quelques gouttes d'éthanol afin d'obtenir une incinération uniforme. Placer les nacelles et leur contenu à l'entrée du four préalablement chauffé à $900^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$. Dès que le contenu des nacelles a fini de flamber, les introduire à l'intérieur du four à l'aide d'une pince en prenant soin de ne pas toucher le contenu des nacelles. Celles-ci ne doivent pas toucher les parois du four.

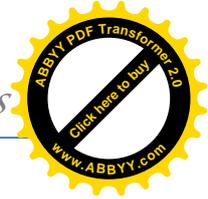
Fermer la porte du four et poursuivre l'incinération 1 heure à 1 h15 mn jusqu'à la disparition des particules charbonneuses.

Retirer progressivement les nacelles du four et les déposer à refroidir 1 minute sur un support thermorésistant puis dans le dessiccateur jusqu'à refroidissement à température ambiante (une heure environ).

Peser rapidement chaque nacelle afin qu'elle n'absorbe pas l'humidité de l'atmosphère.



Figure 06 Détermination du taux de cendres (BROCHOIRE, 2005).



❖ *Expression des résultats*

Le taux de cendres exprimé en pourcentage (%) est donné par les formules suivantes :

✓ Taux rapporté à la matière telle quelle est égal à :

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

✓ Taux 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 en grammes de la prise d'essai

m_1 est la masse en grammes du résidu

H est la teneur en eau de l'échantillon analysé exprimé en %.

- Prendre comme résultat la moyenne des deux déterminations.

❖ *Répétabilité*

La différence entre les résultats de deux déterminations effectuées simultanément ou rapidement l'une après l'autre par la même analyste ne doit pas dépasser :

0,02 (en valeur absolue) pour des taux de cendres inférieures à 1% ;

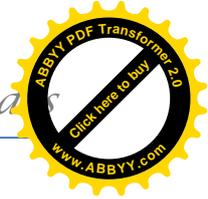
2% de la valeur moyenne pour des taux de cendres supérieurs à 1%.

IV. Analyses spécifiques à la farine

Outre le dosage de l'eau et du taux de cendres dont les méthodes ont été précédemment décrites, nous avons effectué :

4.1. Taux d'affleurement (NF V03-721, 1994)

C'est une analyse importante pour le respect des normes de fabrication; elle exprime la composition en grosseur des différentes particules qui composent un produit dans des proportions déterminées et ainsi peut donner des renseignements sur la conduite de la mouture et l'homogénéité du produit; elle permet de prévoir un certain comportement des farines lors de leur utilisation.



❖ **Principe**

Cette analyse est réalisée à l'aide d'un planschter de laboratoire possédant une série de tamis à ouverture de mailles différente ; sur farine, elle est effectuée par tamisage de 100g de produit sur un tamis 7xx pendant 5 mn et pesage du refus total.

Le produit à bluter est déversé sur le tamis et se répartit au cours du tamisage en deux fractions : un refus et une extraction.

Le refus obtenu est pesé puis converti en pourcentage par rapport à la prise d'essai.

❖ **Appareillage**

- Planschter ayant les caractéristiques suivantes :
 - tamis en nylon ou série : 7xx (l'ouverture de maille est 193µm)
 - vitesse de rotation : 200 trs /mn.
- Balance précise à 0,01g.

❖ **Mode opératoire**

Peser exactement 100g de farine, à déposer sur le tamis 7xx. Placer celui-ci sur un appareil qui exerce des mouvements circulaires vibratoires uniformes (planschter) pendant 5 min. Peser le refus du tamis 7xx.

❖ **Expression des résultats**

Le refus obtenu est pesé et les résultats sont exprimés en pourcentage.

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

Où

m_0 est la masse du refus (g).

m_1 est la masse de l'échantillon (g)

4.2. Dosage des Protéines

La teneur en protéines est déterminée par la méthode rapide à l'aide de l'infra-tec.

❖ **Principe**

Une substance pure éclairée dans l'infrarouge (2500 à 25000 nm) absorbera le rayonnement incident à plusieurs longueurs d'onde correspondant aux différents types de liaisons qui la composent. Des répliques de ces bandes d'absorption se retrouvent dans le proche infrarouge (700 à 2 500 nm) en étant à la fois moins nombreuses et moins intenses.



Une substance complexe va donc présenter un spectre d'absorption dans le PIR qui dépendra notamment de sa composition en ses principaux éléments (protéines, lipides, glucides, eau) dans le cas d'une farine, de la granulométrie (GODON et LOISEL, 1997).

❖ *Étalonnage*

Le dosage de protéines, va donc exiger au préalable l'étalonnage du spectromètre. Pour cela, l'opérateur devra disposer d'un ensemble d'échantillons indépendants sur lesquels il dosera les protéines avec une méthode de référence.

L'équation doit être validée par un second ensemble d'échantillons couvrant bien notre gamme et pour lesquels le dosage du constituant par la méthode de référence a été bien évidemment réalisé. Cette procédure d'étalonnage est pour la plupart des fabricants de spectromètre PIR facilitée par l'emploi de logiciels spécifiques.

❖ *Appareillage*

Appareille Infra-tec

❖ *Mode opératoire*

On a appliqué le mode opératoire inclus dans la notice technique de l'appareil. L'utilisation est simple.

Cet appareil, pratique pour l'industrie, doit, cependant, être étalonné périodiquement par référence à la méthode classique Kjeldhal de dosage de l'azote pour s'assurer de la justesse des résultats. Celle-ci est normalisée en Algérie sous la référence NA 1185.1990.

4.3. Détermination du Gluten

a). **Détermination du Gluten humide (GH) (NA 735.1991)**

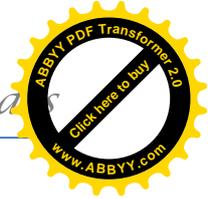
Le gluten humide d'une farine de blé est la substance plasto-élastique composée principalement de gliadine et de gluténine. Il constitue l'armature de la pâte et lui communique ses propriétés rhéologiques.

❖ *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.

❖ *Réactifs*

- Eau distillée.
- Chlorure de sodium, solution à 25 g/l.



❖ **Appareillage**

- Balance précise à 0,01g.
- Mortier en porcelaine, teinté à l'intérieur
- Burette de 10 ml, graduée en 0,1 ml. Spatule de 18 à 20 cm de long. Tamis.
- Réservoir d'écoulement réglable pour la solution de chlorure de sodium.
- Centrifugeuse
- Glutork ou étuve.

❖ **Mode opératoire**

• **Préparation de la pâte**

Peser 10 g de farine à 0,01 g près et l'introduire dans le mortier.

Verser 5 ml de la solution de chlorure de sodium en remuant la farine avec la spatule ; former une boule avec la pâte.

• **Extraction**

Le lavage doit se faire au dessus d'un tamis recouvert de gaze destiné à retenir les fragments pour les récupérer.

Malaxer le pâton en le plaçant dans la paume de la main tout en versant dessus goutte à goutte "sans qu'on prise compter les gouttes" la solution de chlorure de sodium: c'est la lixiviation ; cette opération doit être poursuivie jusqu'à l'obtention d'une masse élastique. Procéder au lavage du gluten en augmentant le débit de l'eau jusqu'à ce que l'eau du lavage ne soit plus trouble.

• **Essorage**

Eliminer la partie en excès de la solution de rinçage adhérent à la boule de gluten en la comprimant entre les mains ou en la disposant dans une centrifugeuse.

❖ **Expression des résultats**

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

$$\text{GH} = \frac{(m \times 100)}{10}$$

Où m est la masse, en grammes, de gluten humide.

Prendre comme résultat la moyenne des deux déterminations si les conditions de répétabilité sont remplies.



Figure 07 Quelques étapes de l'extraction du gluten (RUSSEL *et al*, 2002)

❖ *Répétabilité*

La différence entre les résultats de deux déterminations effectuées simultanément ou rapidement l'une après l'autre par la même analyste utilisant le même appareillage ne doit pas dépasser 0,5%.

b). Détermination du Gluten sec (NA 736.1991)

Le gluten humide obtenu précédemment est placé dans une étuve pendant 2 heures ou bien rapidement 5 mn à 160 ° C dans un appareil adéquat Glutork (4mn).

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.

➤ **Coefficient d'hydratation** (exprimé en pourcentage) :

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

CH est le coefficient d'hydratation

GH est le Gluten humide

GS est le Gluten Sec

4.4. Détermination de l'indice de chute (NA 1176.1994)

Ce test permet de mesurer l'activité amylolytique qui est importante lors de la fermentation et s'il s'agit d'un blé hypodiastatique ou germé, il renseigne le meunier sur la correction qu'il devra faire sur la farine, en apportant du malt ou des amylases fongiques ou en faisant des coupages dans le cas des blés hyperdiastatiques.

Cette méthode est applicable aux céréales en grains et notamment au blé et au seigle et à leurs produits de mouture.

❖ *Principe*

Gélatinisation rapide d'une suspension aqueuse de mouture intégrale ou de farine de céréales dans un bain d'eau bouillante, et mesure de la liquéfaction par l'alpha amylase de l'empois d'amidon contenu dans l'échantillon.

❖ *Réactif*: eau distillée.

❖ *Appareillage*

- Appareil correspondant à la description suivante ou tout autre appareil équivalent. Cet appareil comprend les éléments suivants :
 - Un bain-marie, équipé d'un couvercle muni d'un support de tubes viscosimétriques, et d'un réfrigérant pour réduire l'échappement de la vapeur d'eau
 - Une plaque chauffante électrique.
 - Un agitateur viscosimétrique métallique.
 - Des tubes viscosimétriques de précision, en verre spécial.
 - Des bouchons en caoutchouc pour les tubes viscosimétriques.
 - Pipette de 25 ml.
 - Compteur automatique avec signaux.
 - Balance d'une précision minimale de 0,05 g.

❖ *Mode opératoire*

• **Préparation de l'échantillon**

Faire passer la farine au travers d'un tamis de 0,8 mm d'ouverture de maille, de façon à séparer les agglomérats.

Déterminer la teneur en eau de la mouture ou de la farine selon la méthode de référence pratique décrite précédemment.



- **Prise d'essai**

La masse de la prise d'essai, ramenée à une humidité de 15%, doit être de 7 g.

- **Détermination**

Deux déterminations sur le même échantillon pour essai doivent être faites.

Doser la teneur en eau de l'échantillon pour essai pour déterminer la masse de la prise d'essai; en effet, celle-ci, ramenée à une humidité de 15 %, doit être 7g à 0.05g près; c'est ainsi que la norme comprend un tableau donnant la masse de la prise d'essai en fonction de la teneur en eau. Mettre la prise d'essai dans le tube viscosimétrique, ajouter 25 ml d'eau distillée à l'aide d'une pipette et agiter vigoureusement à la main afin d'obtenir une suspension uniforme puis plonger le tube dans l'eau bouillante du bain marie à travers l'ouverture du support; déclencher le compteur automatique et par la même l'agitation pendant 59 secondes; à la 60^{ème} seconde, l'agitateur viscosimétrique se place en position haute et entame la traversée de l'empois d'amidon. Lorsque celle-ci est terminée, le compteur est automatiquement arrêté et indique le temps total en secondes.

❖ **Expression des résultats**

Le temps total, en secondes compté à partir de l'immersion du tube viscosimétrique dans le bain marie jusqu'à ce que l'agitateur ait traversé la suspension gélatinisée, représente l'indice de chute.

Prendre comme résultat la moyenne arithmétique des deux déterminations si les conditions de répétabilité sont remplies.

❖ **Répétabilité**

La différence maximale trouvée entre les résultats des deux déterminations effectuées sur le même échantillon ne doit pas excéder 10% de la valeur moyenne de l'indice de chute.

4.5. Essai à l'alvéographe (NA 1188.1990)

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

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 est l'indice de gonflement; L correspondant à la valeur moyenne du gonflement, 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*

Formation des éprouvettes de pâte sous forme de disque ; après un temps de repos déterminé et réglage de l'épaisseur de l'éprouvette, extension biaxial par gonflement sous forme de bulle en fonction du temps. Appréciation des caractéristiques de la pâte d'après la surface et la forme de diagrammes obtenus.

❖ *Appareillage*

- Alvéographe avec régulateur de température.
- Burette à robinet, capacité 160 ml, graduée directement en pourcentage de la teneur en eau de 11,6 à 17,8% (précision 0,1%).
- Balance permettant de peser à 0,5 g près.
- Chronomètre.
- Planimètre

❖ *Réactifs*

- Solution de chlorure de sodium : dissoudre 25 g de NaCl pur, dans de l'eau distillée et compléter à un litre.
- Huile d'arachide ou huile de vaseline à l'exclusion de toutes autres.

❖ *Mode opératoire*

Effectuer la teneur en eau de la farine selon la méthode décrite dans la norme NA 1132.1990 pour déterminer, en fonction de cette teneur en eau, la quantité de solution de chlorure de sodium à utiliser pour préparer la pâte. La norme comprend un tableau relatif au volume d'eau à ajouter à la farine pour obtenir une hydratation constante.

➤ Pétrissage

Mettre dans le pétrin 250 g de farine. Fixer le couvercle.

Mettre en route le moteur et le chronomètre, verser par le trou du couvercle la quantité déterminée de solution de chlorure de sodium. Laisser la pâte se former durant 1 mn au bout de laquelle arrêter le moteur, enlever le couvercle. Réincorporer avec une spatule les particules de farine et de pâte qui adhèrent au couvercle ou dans les angles de manière à respecter l'hydratation de la pâte. L'opération dure une minute. A la fin de la deuxième minute, remettre le moteur en marche. Laisser le pétrissage se poursuivre pendant 6 min. A la fin de la huitième minute. Arrêter le pétrissage et procéder à l'extraction.

➤ Préparation des éprouvettes

Inverser le sens de rotation du fraiseur. Dégager la fente d'extraction. Eliminer les deux premiers centimètres de pâte puis découper rapidement un morceau de pâte et le faire glisser sur la plaque de verre du système de laminage, préalablement huilée. Laminer le pâton à l'aide du rouleau d'acier préalablement huilé, que l'on fait glisser sur ses rails douze fois de suite. Découper dans le pâton une éprouvette avec l'emporte-pièce. Placer l'éprouvette sur la plaque de repos destinée à le recevoir, et la disposer dans l'enceinte isotherme (25°C) de l'alvéographe, les cinq pâtons constitués devant y reposer 20 mn.

➤ Essai à l'Alvéographe des éprouvettes

Chaque pâton est déposé sur la platine de l'alvéographe et un système pneumatique insuffle de l'air en dessous. Le pâton gonfle et forme une bulle. Pendant le gonflement, l'alvéographe enregistre les variations de pression s'exerçant sur les parois internes de cette bulle, jusqu'à éclatement. On obtient ainsi 5 courbes (une par pâton), dont on fait une moyenne pour obtenir une courbe moyenne.

Un manomètre enregistre l'alvéogramme : Variations de pression dans la bulle en fonction du volume d'air insufflé.

❖ *Expression des résultats*

Les résultats sont mesurés ou calculés à partir des cinq courbes obtenues. Toutefois si l'une d'entre elles s'écarte notablement des quatre autres, il n'en sera pas tenu compte dans l'expression des résultats.

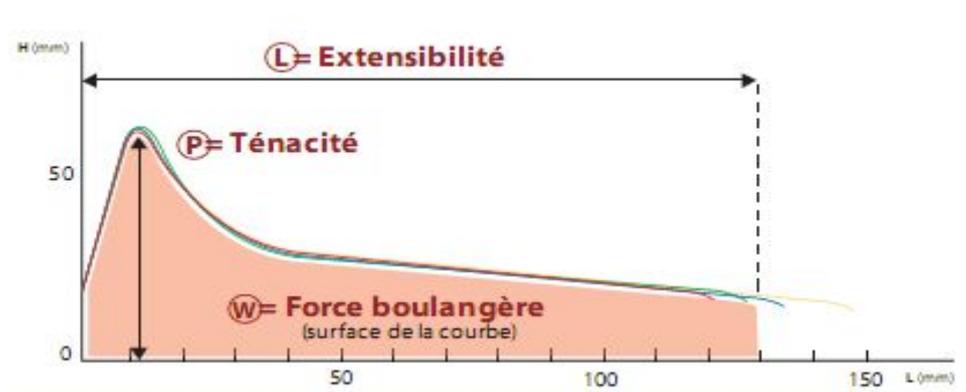


Figure 08 Alvéogramme type (BROCHOIRE, 2005).

Lecture de la courbe

W : il désigne le travail au sens physique du terme. Sa valeur est proportionnelle à la surface de la



courbe obtenue. Il est exprimé en joule.

P : connu sous le nom de pression, il représente la résistance à la déformation de la pâte (ou ténacité) sous la pression de l'air insufflé. Il est exprimé en mm.

L : la longueur ou allongement correspond à l'extensibilité de la pâte, depuis le début du gonflement jusqu'à éclatement de la bulle. Il est exprimé en mm.

G : c'est la moyenne des indices de gonflement lus sur l'abaque de gonflement correspondant aux abscisses de rupture des 5 courbes. Cette valeur est la racine carrée du volume d'air, exprimée en millilitres, nécessaires pour développer la bulle jusqu'à rupture.

Rapport P/L : ce rapport est conventionnellement appelé rapport de configuration de la courbe. Il donne une idée de l'équilibre de la farine et de son utilisation ultérieure.

V. Analyses microbiologiques (NA 758.1990)

Les analyses microbiologiques visent le contrôle des aliments du point de vue présence ou absence de microorganismes.

Le contrôle est fait par isolement de microorganismes du substrat solide ou liquide par leur mise en suspension dans un diluant; ils sont placés après au contact d'un milieu nutritif et dans les conditions favorables de développement (humidité et température).

Dans le cas des céréales, les microorganismes recherchés selon la norme précédent sont les *Moisissures* et le *Clostridium Sulfito-Réducteur*.

Le but du contrôle microbiologique vise à déceler les germes présents dans les farines. C'est ainsi qu'il permettra de minimiser les pertes dues aux mauvaises conditions de fabrication et donc de minimiser les produits non conformes.

❖ *Principe*

Ensemencement en surface d'un milieu de culture défini, coulé dans une boîte de pétri, avec une quantité déterminée de l'échantillon pour essai. Dans les mêmes conditions, ensemencement des dilutions décimales obtenues à partir de l'échantillon pour essai ou de la suspension-mère, à raison d'une boîte par dilution.

❖ *Mode opératoire*

- **Prise d'essai, suspension -mère et dilutions :**

Préparer une série de dilutions décimales à partir de l'échantillon pour essai si le produit est liquide ou de la suspension mère dans le cas d'autres produits.

*Ensemencement et incubation :



- A partir des dilutions décimales, prélever 1ml de chaque dilution à l'aide d'une pipette pasteur et transférer à la surface de boites de pétri contenant du milieu gélosé.
 - Etaler le substrat sur toute la surface de la boite,
 - Retourner les boites et les incuber à l'étuve pendant 03, 04 et 05 jours,
 - La première lecture doit se faire a partir de troisième jour.
- * Comptage des colonies :
- Compter les colonies sur chaque boite après 3, 4 et 5 jours d'incubation,
 - Retirer les boites de l'étuve après 5 jours,
 - Dénombrer les colonies de levures et les thalles de moisissures.

❖ **Expression des résultats**

Dans le cas du dénombrement des germes sur des milieux solides, il ne faut prendre en considération que les boites contenant un nombre de colonies significatif; c'est-à-dire se situant entre 15 et 300 colonies.

Le nombre de levures et/ ou moisissures se calcule avec la formule suivante :

$$\text{Nombre de germe/ml} = \frac{\Sigma \text{ de colonies}}{(N1 + 0,1 \times N2)d}$$

Où :

Σ de colonies est la somme des colonies comptées dans toutes les boites.

N1 est le nombre de boites comptées à la première dilution.

N2 est le nombre de boites comptées à la deuxième dilution.

d est la dilution à partir de laquelle les premiers dénombrements sont obtenus.

VI. Analyses statistiques des résultats

L'interprétation des données a été réalisée à l'aide du logiciel : STATISTICA.

L'analyse de la variance permet de déterminer l'influence du facteur étudié sur les différents paramètres étudiés, suivant le niveau de significativité :

P < 0,001 la différence entre les traitements est très hautement significative (noté THS)

P < 0,01 la différence entre les traitements est hautement significative (noté HS)

P < 0,05 la différence entre les traitements est significative (noté S)

P > 0,05 la différence entre les traitements est non significative (NS)

Si cette analyse révèle des différences significatives entre les traitements, une comparaison des moyennes est faite à l'aide du test de Newman et Keuls qui permet de faire un classement des valeurs au seuil de 5 %.

I. Paramètres physico-chimiques des lots de blé tendre

Ce sont des paramètres spécifiques aux lots de blé tendre qui dépendent de nombreux facteurs pouvant influencer les grains : génétique, conditions de culture et de récolte.

1.1. Teneur en eau des grains

Les résultats relatifs à la teneur en eau des grains réceptionnés sont inclus dans le tableau 08.

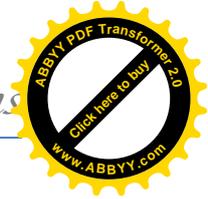
La détermination de la teneur en eau des grains est une opération capitale car elle nous permet de déterminer la quantité d'eau à ajouter lors du conditionnement mais aussi de savoir si les grains peuvent être stockés sans risque d'altération par les moisissures.

D'après les résultats, les blés présentent une teneur en eau comprise entre 12,40 et 13,70%, ce qui est acceptable du fait que les grains ont une bonne aptitude au stockage. Par ailleurs, le meunier peut ajouter plus d'eau lors du conditionnement ce qui constitue un avantage de point de vue valeur meunière.

L'analyse statistique de la variance de la teneur en eau des graines montre l'effet très hautement significatif du facteur blé sur ce caractère.

Tableau 08 Paramètres physico-chimiques des lots de blé tendre

Paramètres Facteur lot	Teneur en eau Blé réceptionnée (%)	"PS" Blé réceptionnée (kg/hl)	"PS" avant B1 (kg/hl)	PMG (g)
BT 1	13,25	77,70	71,75	43,50
BT 2	13,40	77,65	76,5	44,30
BT 3	13,70	77,95	74,15	43,30
BT 4	12,75	77,95	73,85	42,75
BT 5	12,80	77,25	74,25	43,70
BT 6	12,40	77,15	72,95	42,30
Moyenne	13,05	77,60	73,90	43,30
Ecart type	0,08	0,29	0,17	0,84
Probabilité	0,0001	0,233	0,000004	0,4867
Significatif stat	THS	NS	THS	NS



1.2. Masse à l'hectolitre ou " PS "

Masse à l'hectolitre est appelée communément poids spécifique "PS"; elle présente un intérêt commercial, mais de nombreuses études ont mis en évidence les imperfections de cette mesure qui est influencée par différents facteurs comme la teneur en eau du grain, la nature et la quantité des impuretés présentes dans l'échantillon (KLEIJER, 2007). Le poids spécifique est cependant reconnu comme facteur de classement, parce qu'il est relié à la condition plus ou moins saine du grain de blé. Il est aussi souvent utilisé comme indice du potentiel meunier, mais on ne s'entend pas sur sa valeur réelle comme prédicateur du rendement meunier réel.

Les valeurs moyennes des poids spécifiques des différents échantillons sont regroupées dans le tableau 08.

Les lots de blé tendre ont présenté une masse à l'hectolitre ou "PS" élevée (77,6 kg/hl) et homogène, la différence étant non significative ($p = 0,2329$). Le "PS" des lots après conditionnement, distinct à un niveau très hautement significatif ($p < 0,000$), est ressorti plus faible que celui de grains réceptionnés. Ceci est normal du fait que des grains humides gonflent et occupent un volume plus grand que des grains secs et que la densité de l'eau est inférieure à celle du grain (FOURAR, 2011). D'une façon générale, le blé a une masse moyenne donc PHL acceptables.

1.3. Masse de mille grains ou " PMG "

Le PMG est un paramètre physique qui renseigne sur la dimension et la densité des grains, c'est par conséquent, un bon indicateur du rendement agronomique.

Les valeurs moyennes de la masse de 1000 grains de lots sont étudiées et regroupées dans le tableau 08. Les résultats obtenus, compris entre 42,30 et 44,30g, montrent que l'ensemble des lots ont présenté une masse de 1000 grains élevée.

Le PMG moyen de l'ordre de 43,30 g montre que les grains sont assez gros et bien remplis et le rendement en farine a de fortes chances d'être élevé.

Le PMG est ressorti homogène statistiquement la différence étant non significative ($P = 0,4867$). Les deux critères, "PS" à la réception et " PMG " reflètent la propreté du lot et la densité élevée des grains (Tableau 08)

1.4. Détermination des impuretés

Les impuretés sont l'ensemble des éléments considérés indésirables dans un échantillon de blé du fait de leurs incidences néfastes sur la qualité des farines produites; c'est pourquoi le nettoyage doit être effectué avec beaucoup de soin, la présence de celles-ci dans le blé diminuant la valeur marchande du lot.

Les principales impuretés que nous avons trouvées dans échantillons de grains étudiés sont données par le tableau 09

Tableau 09 Teneur en impuretés rencontrées dans les échantillons soumis à l'expérimentation.

		1 ^{er} éch (g)	2 ^{eme} éch (g)	3 ^{eme} éch (g)	4 ^{eme} éch (g)	5 ^{eme} éch (g)	6 ^{eme} éch (g)
prise d'essai (g)		100	100	100	100	100	100
Graines propre		84,02	86,89	83,39	86,01	85,66	86,33
Matières inertes	1 ^{er} essai	0,03	0,01	0,01	0,02	0,07	0,01
	2 ^{eme} essai	0,01	0,01	0,03	0,02	0,05	0,03
	Moyenne	0,02	0,01	0,02	0,02	0,06	0,04
Grains piqués	1 ^{er} essai	0,02	0,05	/	0,04	/	/
	2 ^{eme} essai	0,04	0,03	/	0,04	/	/
	Moyenne	0,03	0,04	/	0,04	/	/
Grains Echaudés	1 ^{er} essai	7,72	6,04	8,79	7,84	6,3	7,49
	2 ^{eme} essai	7,60	5,88	8,89	7,68	6,5	7,63
	Moyenne	7,66	5,96	8,84	7,76	6,4	7,56
Grains Chauffés	1 ^{er} essai	/	/	/	0,01	/	/
	2 ^{eme} essai	/	/	/	0,01	/	/
	Moyenne	/	/	/	0,01	/	/
Grains Mouchetés	1 ^{er} essai	7,60	6,72	7,25	6,10	6,77	5,87
	2 ^{eme} essai	7,64	7,02	7,23	5,80	6,79	5,93
	Moyenne	7,62	6,9	7,24	5,9	6,78	5,76
Grains Etrangères	1 ^{er} essai	0,02	0,02	0,01	/	0,02	0,05
	2 ^{eme} essai	0,02	0,02	0,01	/	0,02	0,03
	Moyenne	0,04	0,04	0,01	/	0,02	0,08
Graines pour le bétail	1 ^{er} essai	0,4	0,17	0,6	0,22	1,09	0,27
	2 ^{eme} essai	0,2	0,15	0,4	0,24	1,07	0,25
	Moyenne	0,3	0,16	0,5	0,26	1,08	0,26
Total d'impuretés		15,98	13,07	16,61	13,99	14,34	13,67



- Matières inertes et grains étrangères : ces catégories comportent les poussières et matières inertes d'une part et les graines de mauvaises herbes et nuisibles d'autre part. Les résultats trouvés indiquent une teneur très faible de ces deux catégories due aux bonnes conditions culturales et / ou au pré-nettoyage au niveau de la coopérative céréalière: l'ensemble des lots étaient propres.
- Grains mouchetés : ces grains comportent une tâche allant du brun au noir-brunâtre, qui peut être causée par des champignons. Cette tâche peut se présenter au niveau du germe et / ou du sillon. Les farines obtenues à partir de grains mouchetés peuvent porter des piqûres noires et leur aspect est déprécié.
Les lots que nous avons étudiés sont ressortis fortement mouchetés (5,8 à 7,6%).
- Grains échaudés: Grains desséchés avant maturation à la suite d'une déficience en eau. L'incidence de cette catégorie est la perte dans le rendement car le grain a une densité moindre qu'un blé normal qui entraîne son élimination au cours du nettoyage.

II. Paramètres relatifs au contrôle de mouture

Ces paramètres permettent de vérifier si les opérations de transformation des grains ont été correctement effectuées. Ils touchent le nettoyage et le conditionnement des grains, ainsi que la mouture; nous nous sommes intéressés plus particulièrement à la farine.

2.1. Détermination de la teneur en eau

- *Blé avant B1 et les farines*

La teneur en eau est un paramètre très important : elle influence la conservation des farines en favorisant le développement des moisissures lorsqu'elle est élevée et peut entraîner l'acidification et la fermentation de la farine.

D'après Godon et Loisel (1997) et Feillet (2000), la détermination de la teneur en eau est importante, puisque elle conditionne d'une part la précision des divers résultats analytiques rapportés à la matière sèche et d'autre part celle de la mise en œuvre des tests technologiques, tel l'essai à l'alvéographe et la détermination de l'indice de chute ; l'humidité est un facteur principal dans l'évolution des phénomènes biologiques, son contrôle permet de minimiser les risques d'altération lors du conditionnement et du stockage.

Les résultats relatifs à la teneur en eau des grains et des farines sont représentés dans le tableau 10. D'après ce tableau, la teneur en eau des grains avant B1 était uniforme pour l'ensemble des lots ($P = 0,09740$) et assez basse (15,05%) : le seul de conditionnement fixé

dans cette minoterie à 15% est faible, l'optimum étant de 16 à 16,5%. C'est ainsi que les farines issues, de teneur en eau moyenne de 14,55%, ont présenté une teneur en eau inférieure à 15,5%, valeur correspondant à la norme d'entreprise des farines fraîchement produites.

Tableau 10 Paramètres physico-chimiques des blés avant B1 et des farines issues.

Paramètres Facteur lot	Teneur en eau avant B1 (%)	Teneur en eau farine (%)	Taux de cendres Grains (% /MS)	Taux de cendres Farine (% / MS)	Rapport « R » TC F /TC grain	Taux d'affleurement farine (%)
BT 1	15,25	14,45	1,35	0,55	0,40	2,50
BT 2	14,90	14,75	1,33	0,63	0,47	1,30
BT 3	14,95	14,35	1,37	0,52	0,38	2,13
BT 4	15,00	14,50	1,35	0,46	0,34	1,54
BT 5	15,13	14,70	1,31	0,45	0,34	4,25
BT 6	15,15	14,55	1,35	0,74	0,55	2,05
Moyenne	15,06	14,55	1,34	0,56	0,42	2,30
Ecart type	0,08	0,09	0,08	0,12	0,08	0,28
Probabilité	0,0974	0,0452	0,9494	0,286	-	0,0009
Significatif stat	NS	S	NS	NS	-	THS

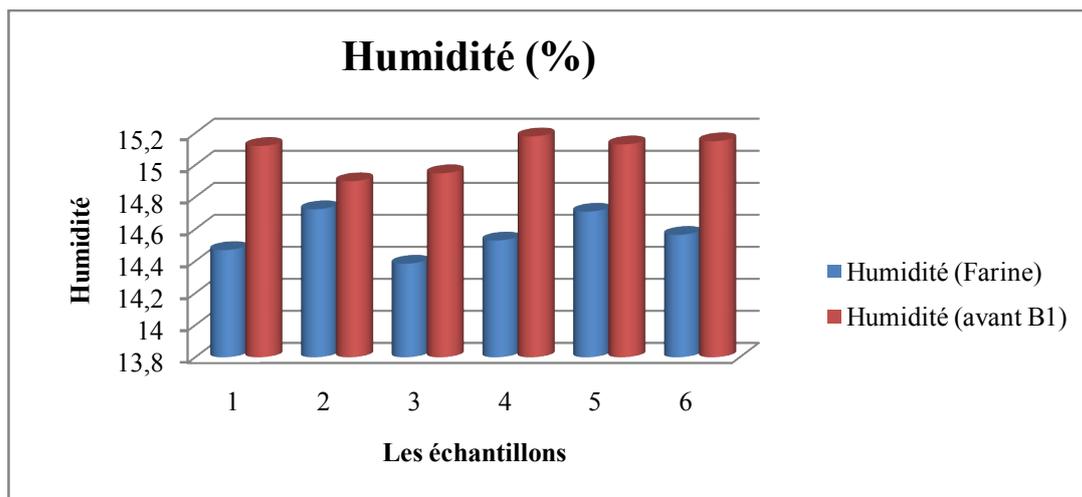


Figure 09 Humidité des échantillons étudiés de blé tendre avant B1 et des farines issues.

2.2. Détermination du taux de cendres

Les résultats relatifs au taux de cendres des grains et des farines sont regroupés dans le tableau 10 et les figure 10. La teneur en cendres des grains particulièrement basse (1,34 % / MS) ne présentant aucune différence significative entre les lots de blé tendre ($P = 0,9494$) ce qui a entraîné une teneur en cendres des farines issues très faible (0,56 % / MS) et homogène ($P = 0,2861$).

La pureté de ces farines était donc particulièrement élevée, ce qui est confirmé par les valeurs très faibles du rapport R égal au taux de cendres de la farine sur le taux de cendres des grains (0,42 en moyenne). L'orientation des farines par rapport à leur pureté peut être la biscuiterie ou la panification si les caractéristiques rhéologiques s'y prêtent. Il est à souligner que la teneur en cendres a un intérêt essentiellement réglementaire.

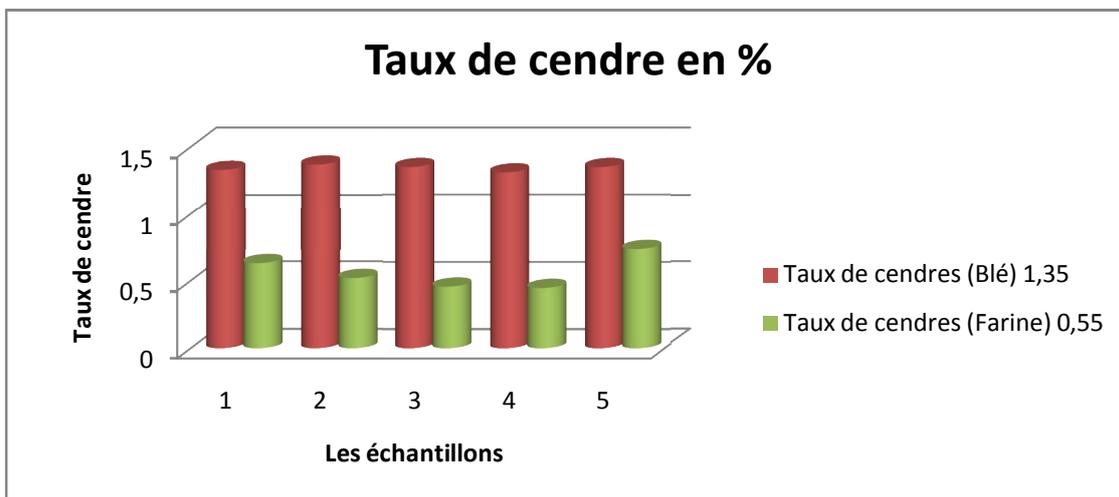
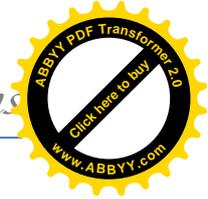


Figure 10 Taux de cendres des échantillons étudiés de blé tendre réceptionnée et des farines issues

2.3. Le taux d'affleurement

Le taux d'affleurement est un critère déterminant de l'homogénéité des particules de farine. Il permet de caractériser la répartition en taille et en pourcentage des particules qui composent la farine.

Le taux d'affleurement est la quantité de farines refusée au la quantité extraite par le tamis réglementaire 7xx, ouverture de mailles 193 μm . La granulométrie des farines va dépendre de nombreux paramètres liés aux grains (vitrosité, variété) et à la technologie (conditionnement, types d'appareils, types de diagrammes, taux d'extraction).



En boulangerie, la quantité d'eau absorbée, ainsi que la vitesse d'adsorption d'eau, augmentent avec la finesse des particules de farine (MULTON, 1982).

Les résultats relatifs à l'extraction du tamis et représentés dans le tableau 10, varient entre 1,30 et 4,25 %; la granulométrie des farines était plus ou moins homogène (uniforme) et fine, conforme à la norme d'entreprise qui prévoit 90 à 93 % au tamis 7xx.

De ces résultats une question ressort: est-ce que les blés fournis par la CCLS sont réceptionnés au cours de la période expérimentale par la minoterie Amour proviennent d'un lot unique ?

III. Paramètres relatifs à la qualité nutritionnelle et technologique des blés tendres et dérivés

Les caractéristiques, nutritionnelles et technologiques des grains et leurs dérivés sont importantes pour l'alimentation humaine, de même que leur qualité sanitaire.

3.1. La teneur en Protéines

Les protéines de la farine jouent un rôle prépondérant dans la détermination des propriétés rhéologiques et de la qualité des produits finis. La teneur en protéines et leur qualité influent directement sur l'élasticité de la pâte et l'hydratation de la farine.

Concernant le dosage des protéines totales présentes dans les échantillons de farines étudiés, les résultats consignés dans le tableau 11, montrent que la teneur en protéines

Des farines issues des six lots, uniforme statistiquement ($P = 0,069$), est moyenne (10,27 % / MS); elle semble adaptée à la panification mais également à la biscuiterie si les valeurs de gluten et surtout celles des caractéristiques alvéographiques sont conformes à la transformation.

3.2. Teneur en gluten humide, gluten sec et coefficient d'hydratation

D'après ROUSSEL *et al* (2006) et FOULD-SPRINGER (1996), le gluten est la protéine la plus représentative dans la farine. La réussite d'une panification dépend pour une grande part de la quantité mais également de la qualité des protéines de la farine ; en effet, la qualité du gluten agit sur la fixation d'eau, la résistance et la tenue de la pâte, l'élasticité, la viscosité et la plasticité du gluten, la rétention gazeuse, la croûte du pain, qui sont tous des paramètres déterminants dans la panification.

Les farines usuelles ont une teneur de gluten humide de l'ordre de 20-30 %. Le gluten sec obtenu en soumettant le gluten humide au séchage présente des valeurs à peu près trois fois inférieures.

Le tableau 11 rassemble les valeurs du gluten sec, du gluten humide ainsi que de la capacité d'hydratation des farines étudiées.

Tableau 11 Paramètres relatifs à la qualité nutritionnelle et technologique des blés tendres et dérivés.

Paramètres Facteur lot	Teneur protéines Farine (% / MS)	Gluten humide (%)	Gluten Sec (%)	Coefficient d'hydratation (%)	W (erg /g)	G (cm ³)	Indice de chute (s)
Fr 1	10,15	25,32	8,08	68,11	153	20,6	292
Fr 2	10,20	24,69	8,75	64,33	153,5	20,4	281
Fr 3	10,45	27,94	9,47	66,07	155,5	20,4	275
Fr 4	10,20	27,20	8,74	67,88	153	21,5	264
Fr 5	10,20	27,43	9,28	66,16	134,5	18,7	283
Fr 6	10,40	25,75	8,56	66,76	160	18	291
Moyenne	10,27	26,39	8,81	66,55	151,58	19,93	281
Ecart type	0,07	1,53	0,60	1,75	8,13	1,04	4,48
Probabilité	0,0689	0,6101	0,3969	0,5148	0,2602	0,2199	0,0127
Significatif stat	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S

Les résultats montrent que le facteur lot n'a influé aucunement sur la teneur en gluten humide, gluten sec et le coefficient d'hydratation des farines soumises à l'expérimentation ($P = 0,6100$; $P = 0,3969$; $P = 0,5148$ respectivement). Le gluten sec ressortir assez faible (8,8 %) et semble plus adapté à la biscuiterie ou à la boulangerie, le coefficient d'hydratation étant acceptable (66,6 %). Il est à souligner que la détermination manuelle du gluten est une analyse assez subjective qui nécessite un savoir faire certain du manipulateur pour l'obtention de résultats justes. L'essai à l'alvéographe, normalisé, où le technicien intervient peu, sur la pâte va nous préciser les caractéristiques rhéologiques des farines.

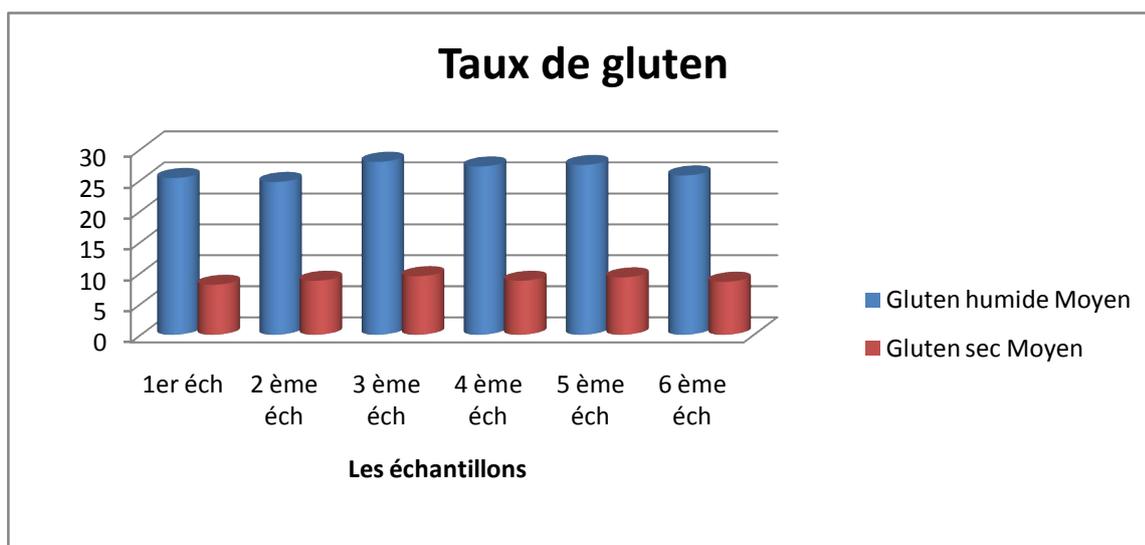


Figure 11 Taux de Gluten des échantillons des farines étudiés.

3.3. Essai à l'alvéographe

Il permet de prédire la qualité boulangère d'une farine et présente un intérêt pratique très apprécié par les professionnels de la seconde transformation.

L'interprétation d'un alvéogramme se fait par l'analyse de ses paramètres dont les valeurs relatives aux farines étudiées, sont consignées dans le tableau 11.

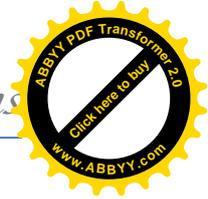
L'analyse de variance montre qu'aussi bien la force boulangère représentée par le "W" que le "G" des farines ne sont pas différents significativement ($P = 0,2602$; $P = 0,2199$ respectivement) (Tabl 11). L'hypothèse que nous avons émise, relative à la réception d'un lot de blé unique pendant une période assez longue (4 mois) semble se confirmer. Par ailleurs, le "W" et le "G" sont tout à fait conformes à la panification ($W = 150$; $G = 20$) et non adaptés à la biscuiterie.

3.4. Indice de chute

L'indice de chute est un indicateur de l'activité α -amylasique qui peut devenir excessive dans le cas de présence de grains germés ou en voie de germination.

Cette mesure a deux intérêts :

- Evaluer la valeur d'utilisation des blés. Un blé dont l'activité amylasique est trop importante ne convient pas aux industries s'il n'est pas coupé avec un blé hypodiastatique.
- Corriger éventuellement une activité amylasique insuffisante d'une farine en vue de son utilisation en boulangerie par l'ajout de malt ou d'amylases (BAR, 2001).



Une activité amylolytique optimale, correspondant à un indice de chute compris entre 200 et 300 secondes, est primordial pour l'obtention d'un pain de volume élevé et de mie homogène et appréciable ; cependant une présence excessive ou insuffisante de l' α -amylase engendre la détérioration de la valeur boulangère (GODON et LOISEL, 1997).

Le tableau 11 montre que l'indice de chute des six lots de farine étudiée est différent significativement ($P = 0,0127$). Ces farines ont dans l'ensemble une activité optimale pour la boulangerie (260 à 290 s).

VI. Qualité microbiologique des farines produites

La salubrité d'un aliment est primordiale dans sa commercialisation afin d'éviter toute le risque pour la santé du consommateur. L'altération des céréales et dérivés, peut se manifester par un changement de la couleur et un dégagement d'une odeur de moisi. Les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur les farines sont indiqués dans le tableau 12.

Tableau 12 Résultats des analyses microbiologiques effectuées sur les farines étudiés.

	Moisissures	<i>Clostridium Sulfito-Réducteurs</i>
1 ^{er} échantillon	Absence	Absence
2 ^{ème} échantillon	Absence	Absence
3 ^{ème} échantillon	Absence	Absence
4 ^{ème} échantillon	Absence	Absence
5 ^{ème} échantillon	Absence	Absence
6 ^{ème} échantillon	Absence	Absence
Normes Algériennes	≤ 100 germes/ ml	≤ 100 germes/ ml

Les analyses microbiologiques effectuées sur la farine montrent que les échantillons analysés ne contiennent pas de germes absence totale des germes *clostridium- sulfito - réducteur* et des moisissures. L'état sanitaire des farines analysées est donc acceptable, leur production ayant été fait dans des conditions sanitaires satisfaisantes.



CONCLUSION

L'étude que nous avons réalisée sur les caractéristiques physico-chimiques, biochimiques et technologiques des blés réceptionnés par la minoterie Amour et des farines issues, sur une période de quatre mois, nous a fourni des informations intéressantes sur leur qualité meunière, boulangère et sanitaire. C'est ainsi que :

✚ Les blés tendres réceptionnés par cette minoterie sont ressortis " sains, loyaux et marchands" :

- La teneur en eau était assez basse à moyenne (12,4 à 13,7 %) et donc à la limite de l'acceptabilité pour le stockage ; au niveau de la transformation, ces teneurs étaient assez intéressantes, la quantité d'eau à ajouter pour le conditionnement des grains étant assez élevée.
- Le taux d'impuretés, très faible, reflétait la propreté des lots qui, cependant, comprenait deux impuretés en proportion élevée : les grains échaudés et les grains mouchetés (6 à 8 %).

Les premiers vont entraîner une perte dans le rendement, les seconds des piqûres noires dans la farine, ce qui va la déprécier.

- La masse à l'hectolitre ou " PS " et la masse de 1000 grains élevée pour l'ensemble des lots (77,6 kg / hl et 43,3 g respectivement) et homogène ($P = 0,2329$ et $P = 0,4867$ respectivement) ont illustré la propreté des lots et la densité élevée des grains.

✚ Le contrôle de mouture a montré que le conditionnement fixé dans cette minoterie étant de 15 % par comparaison au seuil optimal égal à 16 – 16,5 %. C'est ainsi que les farines issues ont présenté une teneur en eau moyenne de 14,55 %, inférieure à 15,5 %, valeur correspondant à la norme d'entreprise des farines fraîchement produites. Il est donc nécessaire de revoir le conditionnement pour optimiser la valeur meunière et boulangère des farines produites.

✚ Du point de vue physico-chimique et rhéologique, les blés réceptionnés par la minoterie Amour pendant la durée expérimentale, étaient de qualité régulière : les six lots de blés étaient donc issus d'un " lot " unique, adapté à la panification et conforme à la réglementation en vigueur. Une question doit être posée : est-ce que la CCLS fournissant les blés à la minoterie a fait sciemment des mélanges de grains pour l'obtention de " lots"



panifiables ? ceci serait tout –à-fait positif et conforme au décret exécutif n° 91-572 du 31 décembre 1991.

✚ Au niveau sanitaire, nous avons noté une absence totale de spores de *clostridium-sulfito -réducteur* et des moisissures. Ce qui dénote un bon état sanitaire des produits analysés : la fabrication de la farine, à la minoterie Amour a été faite dans des conditions hygiéniques satisfaisantes pendant la période expérimentale.

Notre expérimentation s'étant déroulée sur une période de quatre mois, il serait intéressant de la renouveler pour s'assurer du maintien de la qualité des produits fabriqués.

Il serait également nécessaire d'effectuer ces contrôles au niveau des différents moulins et complexes céréaliers nationaux pour mettre en évidence le niveau qualitatif, technologique et sanitaire des produits fabriqués et remédier en cas de défauts de fabrication. En effet, le contrôle qualitatif au niveau des industries cérésières est primordial pour prévenir la fabrication de produits finis non conformes, rejetés par la législation et donc non commercialisables.



Références bibliographiques

- **ANONYME, 1995.** ITCF Qualité des blés tendres-Produire pour vendre *Perspectives Agricoles*, **1-XLVIII**, p 203.
- **ANONYME, 2000.** La libération du marché des céréales en Algérie, Acte du premier symposium international sur la filière blé. Ed: Direction du laboratoire de l'OAIC, Alger, pp 1-2.
- **ANONYME, 2007.** Méthodes d'appréciation de la qualité des blés (et épeautres) destinés à la panification G.SINNAEVE-CRA-W, Département qualité des productions agricoles, Gembloux, pp1-8.
- **ANTOINE C., LULLIEN PELLERIN V., ABECASSIS J., ROUAU X., 2003.** Intérêt nutritionnel de la couche à aleurone des céréales, *industrie des céréales*, **133**, pp 545-556.
- **ATWELL A., 2000.** *Wheat flour*, Eagan press, Minnesota, USA, 123 p.
- **BAR L., 2001.** *Contrôle de la qualité des céréales et protéagineux*, Ed. ITCF, Paris, 267 p.
- **BEAUX Y., 1995.** La qualité du blé pour le marché des farines. *La France Agricole*, **2608**, pp 43-45.
- **BENLEMMANE S., 2011.** Formulation de pains composites à bases de mélanges de farines de différentes céréales, Thèse de magister, Département Agronomie Université Blida, p 26.
- **BOUDREAU A., MENAID G., 1992.** *Le blé, éléments fondamentaux et transformation*. Ed : les presses de l'université LAVAL, Canada, pp 29-32
- **BOURSON Y., 2009.** Mouture de blé tendre et technique d'obtention de la farine, F **6175**, *Technique de l'ingénieur*, pp 1-23.
- **KLEIJER G. 2007.** Relation entre le poids à l'hectolitre et plusieurs paramètres de la qualité dans le blé, *Revue suisse Agric.* **39**,pp 305-309.
- **BRINK M., BELAY G., 2006.** Plant resource of tropical africa1. Cereal and pulses PROTA foundation wageningen, Netherlands/Bachuys publishers, Leiden, Netherlands / CTA.
- **BROCHOIRE G., 2005.** Mieux connaître la farine, Supplément Technique *INBP* **85**, p 5.
- **CALVEL R., 1964.** *Que sais-je? Le pain*. Presses Universitaires de France, Paris p126.



- CALVEL R., 1975. *La boulangerie moderne*, Ed : Eyrolles, Paris, pp12, 465.
- CHABOUR F., 1995. Pain de qualité, Groupement de Recherche en différentes industries Agro-alimentaire G.R.A.AL / CRIAA / ENIAL, Blida, pp 23-24.
- CHEFIA M A; 1995. Etude comparative de trois farines destinées à la panification. E.N.I.A.L / C.R.I.A.A, BLIDA, pp 8-28.
- DEROO I ., 1985. L'homme, la farine, le pain. Thèse : Pharmacie : Lille, p130.
- DOUMANDJI A., 2003. Cours de technologie des céréales : Technologie de transformation des blés et problèmes dus aux insectes des stocks. OPU, Département Agronomie Université de Blida.
- FABRIANI G., LINTAS C., 1988. Durum wheat: Chemistry and technology. Fabriani and lintas, Edts. Amer. Ass. Cereal. Chem. St Paul. Minnesota .U.S.A. p332.
- FEILLET P., 2000. *Le grain de blé*. INRA, Paris, pp.17-43
- FOULD-SPRINGER, 1996. Lewes et panification-Mémento des technologies agro-alimentaires, Lesaffre /Techno-Nathan, Paris, 75 p.
- FOURAR R., 2005. Cours technologie des céréales, Département Agronomie, Université de Blida.
- FOURAR R., 2013. Cours technologie de panification-boulangerie, Département Agronomie, Université de Blida.
- FREDOT E., 2005. *Connaissance des aliments; bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique*. Ed. Tec & Doc-Lavoisier Paris, pp 159-165.
- GODON B., LOISEL W., 1997. *Guide Pratique d'analyses dans les industries des Céréales*, Ed Tec & Doc-Lavoisier, Paris, 818 p.
- GODON B., 1978. Matières minérales du grain de blé et de farine, *Bulletin des Anciens Elèves de l'Ecole Française de Meunerie*, **283**, p 33-46.
- GODON B., 1991. *Biotransformation des produits céréaliers*, Tec & Doc-Lavoisier, Paris, 130 p.
- GODON B., GUINET R., 1994. *La panification française*. Tec & Doc-Lavoisier, Paris, 521 p.
- GODON B., WILLM C., 1998. *Les industries de 1^{er} Transformation des céréales*. Tec & Doc-Lavoisier, Paris, p 59-578.
- GRESSLE E., 2000. Les caractéristiques des blés de la récolte 1999 vues par la méthode gluten index, *Industrie des Céréales*, **118**, p 20.



- **HADJ SADOK T., 2012.** Cours de biochimie alimentaire, Département Agronomie, Université de Blida.
- **INRA-2006.** Le grain de blé, Journée portes ouvertes, Bia et service communication.
- **JEANTET R., CROGUENEC T., SCHUCK P., BRUEL G., 2007.** *La science des aliments, Technologie des produits alimentaires.* Ed. Tec & Doc. Lavoisier. Paris, pp 187-452.
- **KHELASSI H., MEKMOUCHE F., 2009.** Comportement biochimique, technologique et physico-chimique de semences de Blé ionisées sur plusieurs générations. Mémoire d'ingénieur. École Nationale Supérieure Agronomique d'El Harrach, p 16.
- **LENAOUR A., LEQUENTREC B., ROELOFS C., LAKHDARI W., MORICEAU S., PEYRON C., MEUNIER M., PFIRSCH N., 1998.** La filière pain. Ed Tec & Doc. Lavoisier. Paris, pp 25-38
- **MASY LATTARD I., 1989.** Le pain: aspects biochimiques et nutritionnels. Thèse: pharmacie; Lille, 123 p.
- **MULTON J.L., 1982.** *Conservation et stockage des graines et grains et produits dérivés, céréales, oléagineux, protéagineux, alimentation pour animaux,* Ed. Tec & Doc. Lavoisier / APRIA, Paris, vol pp 161-185.
- **Norme Algérienne NA 733.1990.** Détermination du taux de cendres.
- **Norme Algérienne NA758 .1990.** Détermination des analyses microbiologiques.
- **Norme Algérienne NA 1132.1990.** Détermination de la teneur en eau.
- **Norme Algérienne NA 1178.1990.** Détermination des impuretés.
- **Norme Algérienne NA 1185.1990.** Détermination de dosage de protéines.
- **Norme Algérienne NA.1188.1990.** Détermination du l'alvéographe.
- **Norme Algérienne NA 1613.1990.** Détermination du poids à l'hectolitre.
- **Norme Algérienne NA 730.1991.** Détermination de la masse de 1000 grains.
- **Norme Algérienne NA735.1991.** Détermination du gluten humide pour farine de blé.
- **Norme Algérienne NA 736.1991.** Détermination du gluten sec.
- **Norme Algérienne NA 1176.1994.** Détermination de l'indice de chute.
- **Norme Française NF V03-721.1994.** La granulométrie des particules (taux d'affleurement)
- **OSBORNE T.B., 1907.** The proteins of wheat, Kernel, Carnegie, IST, WASHIGTON DC, Pub l84.



- **REED, C., 1992.** Development of storage techniques: A historical perspective. *In: Storage of Cereal Grains and Their Products*, Ed. D. B. Sauer, St Paul, pp143-156.
- **REMESY, LEENHARDT, 2001.** Voies d'amélioration de la qualité nutritionnelle du pain bio, INRA : Clermont-Ferrand/ Theix. Unité de nutrition.
- **ROUSSEL P., CHIRON H., 2002.** *Les pains français : Evolution, qualité, production, 1^{ère} édition*, MAE-ERTI, Paris, pp 78-433.
- **ROUSSEL P., CHIRON H., NDIAYE A., DELLA VALLE G., 2006.** Vers une harmonisation du langage sensoriel dans la filière blé-farine-pain. Méthodologie de communication appliquée à un système d'aide à la décision en panification française (AsCoPain). 1^{re} partie, *Industries des céréales*, pp 24-31.
- **ROUSSEL P., LOISEL W., 1984.** *In : Guide pratique d'analyse dans les industries des céréales*, Ed. Tec & Doc Lavoisier, Paris p 479.
- **ROUSSET M., AUTRAN J. C., 1979.** La qualité des blés, *In : le pain*, Ed C.N.R.S, Paris, pp 15-42.
- **SCOTTI G et MONT J.M., 1997.** Analyses physiques des grains : blé tendre et blé dur, *In : Guide pratique d'analyses dans les industries des céréales*. Ed. Tec & Doc Lavoisier. Paris. p188.
- **SHEWRY P.R., TATHAM AS., LAZZERI P., 1997.** Biotechnology of wheat quality. *J. Sci food Agri*, **73**; pp 397- 406.
- **WILLIAMS P., HARNEIN F., NAKKOUL H., RIHAWI S., 1988.** Top quality evaluation methods and po-box 5466.
- **ZOUBIRI H., DJIAR R., 1995.** Contribution à l'étude du décret exécutif n°91-572 relatif à la farine de panification et au pain cas des farines et du pain produit par les boulangeries industrielles TS en panification, INSFP-CRIAA, Blida, 50p.

Annexe 01 : Matériel utilisé au cours de l'expérience



Nilémalitre



Broyeur



Balance analytique



Infratec (infra-rouge)
pour le dosage de l'eau



Dessiccateur



Étuve





Etuve chopin



Four à moufle



Plansichter avec tamis



Appareil glutork de séchage
de gluten humide



Alvéographe



Appareil de Hagberg (Indice de chute).



Annexe 02: Formation des éprouvettes de pâte sous forme de disque



1°) - 2°) Préparation
et pétrissage de la pâte



3°) Extraction de la pâte



4°) Laminage des pâtons



5°) Découpe des pâtons



6°) Mise dans la chambre
de repos à 25°C



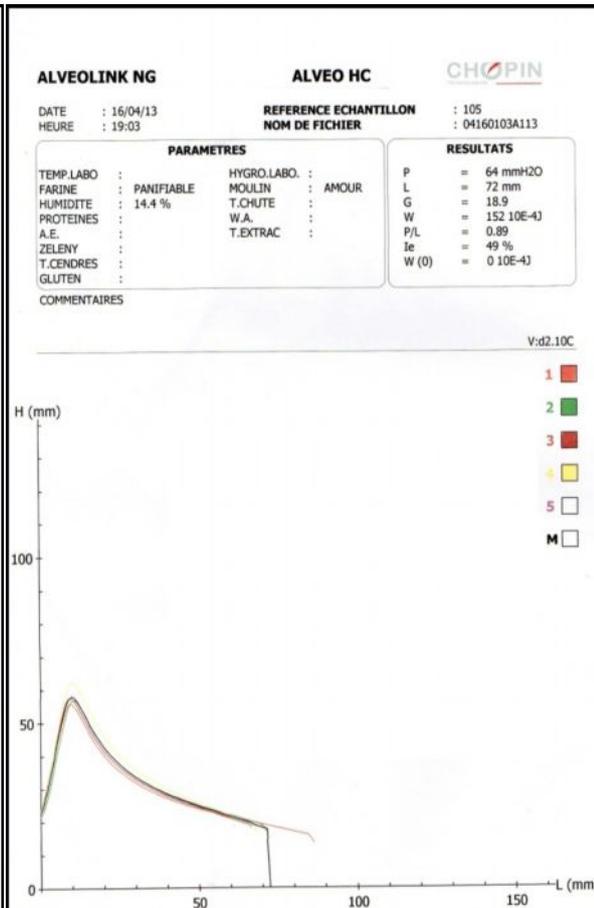
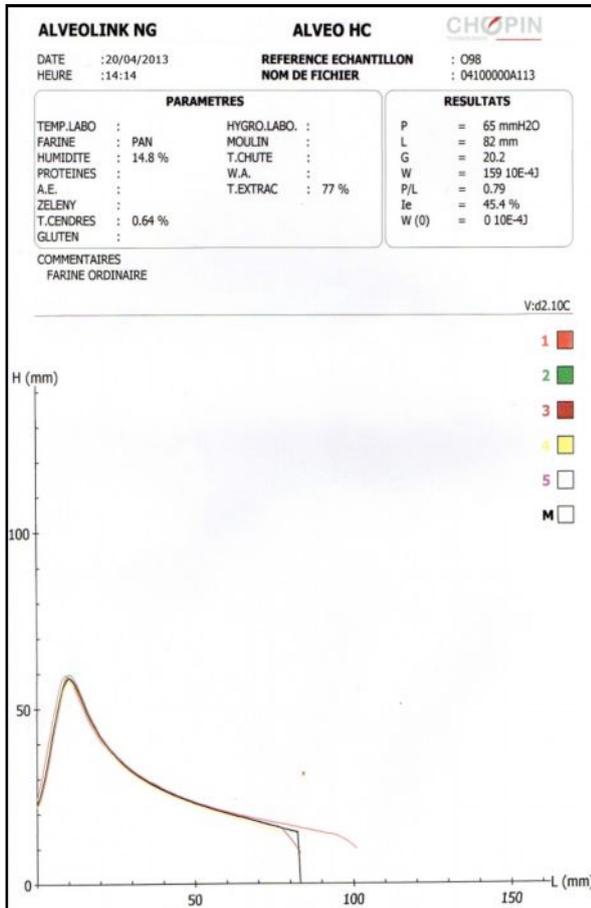
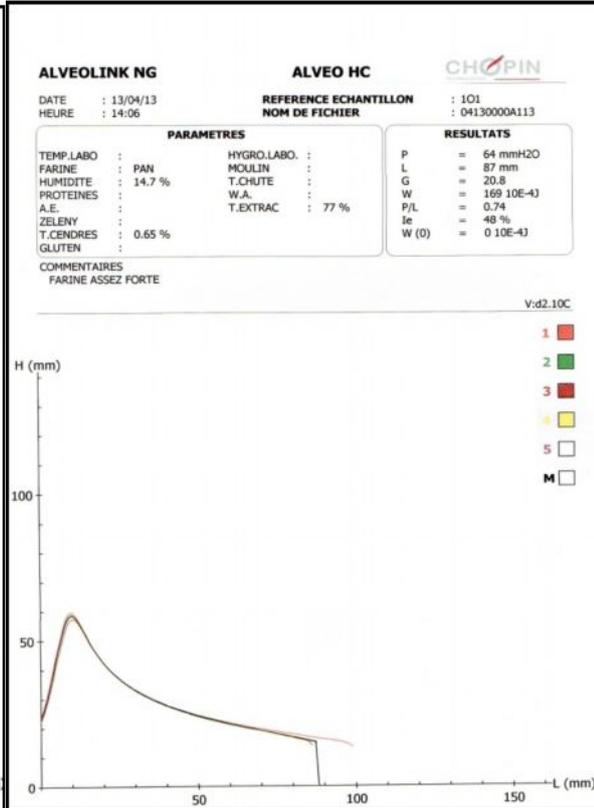
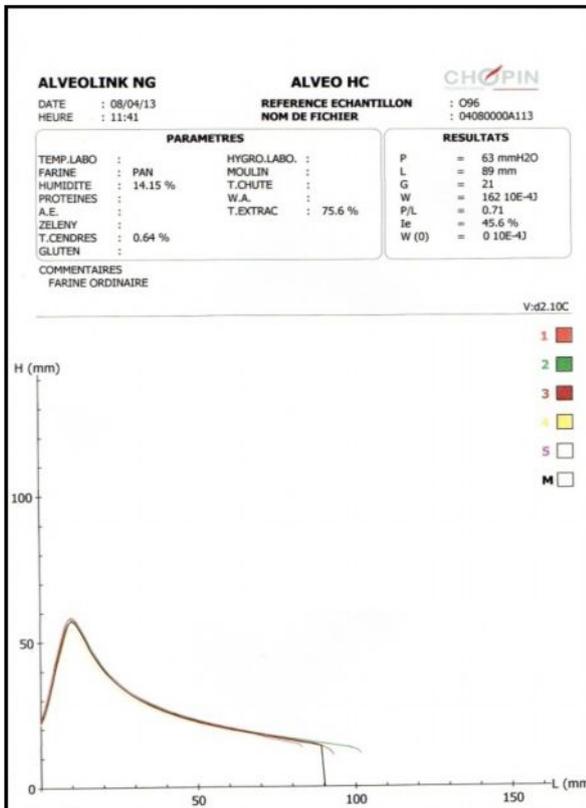
7°) Réalisation de la bulle

Annexe 03 : Etapes de développement de la pâte pendant la mesure à l'alvéographe (photo G Paillard).





Annexe 04 : Alvéogrammes obtenus à partir des farines expérimentées



Annexe 05: Verrerie et autres :



Éprouvette graduée



Erlenmeyer



Pipette graduée



Pipettes Pasteurs



Fioles jaugées



Flacon en verre





Tube à essai



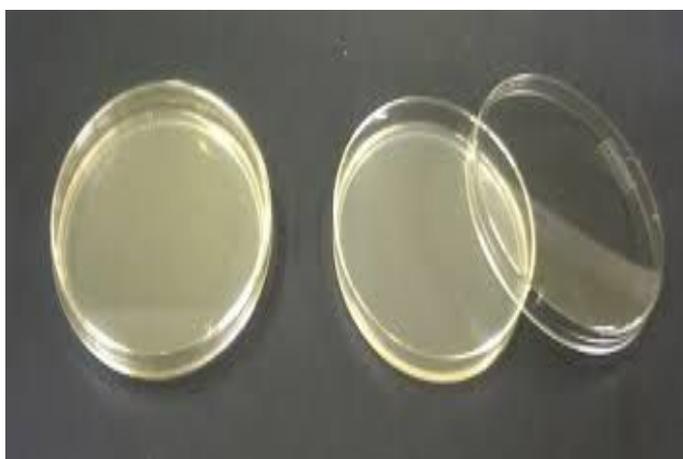
Capsules métalliques ou coupelles
(pour le dosage de l'eau)



Capsules en porcelaine
(pour le four à moufle)



Bécher



Boîtes de Pétri

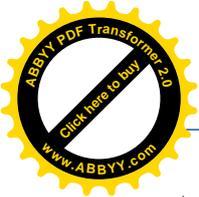


Burette



pipettes





Annexe 06: Les résultats obtenus sont rapportés dans les tableaux suivant:

Tableau 13 La teneur en eau du blé tendre sale.

	Humidité (%)		
	1 ^{er} essai	2 ^{ème} essai	Moyenne
BT 1	13,30	13,20	13,25
BT 2	13,50	13,30	13,40
BT 3	13,60	13,80	13,70
BT 4	12,75	12,75	12,75
BT 5	12,80	12,90	12,80
BT 6	12,35	12,45	12,40

Tableau 14 PS de blé tendre sale

Les échantillons	PS Kg / hectolitre		
	1 ^{er} essai	2 ^{ème} essai	Moyenne
BT 1	77,55	77,85	77,7
BT 2	78,05	77,25	77,65
BT 3	77,85	78,05	77,95
BT 4	78,05	77,85	77,95
BT 5	76,85	77,65	77,25
BT 6	77,05	77,25	77,15

Tableau 15 PS de blé tendre avant B1

Les échantillons	PS Kg / hectolitre		
	1 ^{er} essai	2 ^{ème} essai	Moyenne
BT 1	71,65	71,85	71,75
BT 2	76,5	76,5	76,5
BT 3	74,25	74,05	74,15
BT 4	73,85	74,05	73,85
BT 5	74,45	74,05	74,25
BT 6	72,85	73,05	72,95





Tableau 16 PMG du blé tendre

	PMG (g)		
	1 ^{er} essai	2 ^{ème} essai	Moyenne
BT 1	42,10	44,50	43,50
BT 2	44,10	44,50	44,30
BT 3	42,30	44,30	43,30
BT 4	42,30	43,20	42,75
BT 5	43,30	44,10	43,70
BT 6	42,60	42	42,30

Tableau 17 La teneur en eau du blé tendre avant B1

	Humidité (%)		
	1 ^{er} essai	2 ^{ème} essai	Moyenne
BT 1	15,10	15,40	15,25
BT 2	14,90	14,90	14,90
BT 3	14,94	14,96	14,95
BT 4	15,10	14,90	15,0
BT 5	15,10	15,16	15,13
BT 6	15,12	15,18	15,15

Tableau 18 Teneur en eau des farines étudiées

	Humidité (%)		
	1 ^{er} essai	2 ^{ème} essai	Moyenne
Fr 1	14,40	14,50	14,45
Fr 2	14,70	14,80	14,75
Fr 3	14,40	14,30	14,35
Fr 4	14,60	14,40	14,50
Fr 5	14,65	14,75	14,70
Fr 6	14,45	14,65	14,55





Tableau 19 Taux de cendres du blé tendre

	Taux de cendre en %		
	1 ^{er} essai	2 ^{ème} essai	Moyenne
BT 1	1,32	1,38	1,35
BT 2	1,32	1,34	1,33
BT 3	1,46	1,28	1,37
BT 4	1,36	1,34	1,35
BT 5	1,26	1,36	1,31
BT 6	1,38	1,32	1,35

Tableau 20 Taux de cendres des farines étudiées

	Taux de cendre en %		
	1 ^{er} essai	2 ^{ème} essai	Moyenne
Fr 1	0,45	0,65	0,55
Fr 2	0,6	0,66	0,63
Fr 3	0,4	0,64	0,52
Fr 4	0,38	0,54	0,46
Fr 5	0,35	0,55	0,45
Fr 6	0,8	0,68	0,74

Tableau 21 Taux d'affleurement des farines étudiées

	Taux d'affleurement (%)		
	1 ^{er} essai	2 ^{ème} essai	Moyenne
Fr 1	2,15	2,81	2,50
Fr 2	1,2	1,36	1,30
Fr 3	1,8	2,50	2,13
Fr 4	1,32	1,76	1,54
Fr 5	4,35	4,15	4,25
Fr 6	1,95	2,15	2,05



**Tableau 22** Dosage de protéine des farines étudiées

	Dosage de Protéine % (MS)		
	1 ^{er} essai	2 ^{ème} essai	Moyenne
Fr 1	10,2	10,1	10,15
Fr 2	10,2	10,2	10,2
Fr 3	10,5	10,4	10,45
Fr 4	10,2	10,2	10,2
Fr 5	10,1	10,3	10,2
Fr 6	10,3	10,5	10,4

Tableau 23 Taux de Gluten des farines étudiées.

	Teneur en Gluten humide (%)			Teneur en Gluten sec (%)			Coefficient d'hydratation
	1 ^{er} essai	2 ^{ème} essai	Moyenne	1 ^{er} essai	2 ^{ème} essai	Moyenne	
Fr 1	25,68	24,96	25,32	8,66	7,5	8,08	68,09
Fr 2	27,93	21,45	24,69	9,42	8,07	8,75	64,58
Fr 3	29,44	26,44	27,94	9,79	9,15	9,47	66,10
Fr 4	27,82	26,57	27,20	8,96	8,51	8,74	67,88
Fr 5	27,01	27,85	27,43	9,66	8,89	9,28	66,11
Fr 6	26,1	25,39	25,75	8,92	8,2	8,56	66,75

Tableau 25 L'indice de chute des farines étudiées

Les échantillons	Humidité avant l'analyse	Quantité prise de la farine	L'indice de chute (seconde)		
			1 ^{er} essai	2 ^{ème} essai	Moyenne
Fr 1	15.3	7.05	298	286	292
Fr 2	14.6	6.95	283	279	281
Fr 3	14.8	7.00	280	270	275
Fr 4	15	7.00	268	260	264
Fr 5	15	7.00	284	282	283
Fr 6	15.1	7.00	292	290	291





Tableau 24 Résultats du Test Alvéographe.

		Fr1	Fr 2	Fr 3	Fr 4	Fr 5	Fr 5
Humidité avant l'analyse(%)	1 ^{er} essai	14,45 %	14,15 %	14,25 %	14,75 %	14,7 %	14,4 %
	2 ^{ème} essai	14,75 %	14,7 %	14,8 %	14,45 %	14%	14,85 %
W	1 ^{er} essai	151	162	152	155	145	152
	2 ^{ème} essai	155	145	159	151	124	168
	Moyenne	153	153,5	155,5	153	134,5	160
G	1 ^{er} essai	19,7	21	20,5	21,5	19,7	18,9
	2 ^{ème} essai	21,5	19,8	20,3	19,7	17,7	17,1
	Moyenne	20,6	20,4	20,4	21,5	18,7	18
P	1 ^{er} essai	62	63	60	58	61	64
	2 ^{ème} essai	58	61	65	62	61	75
	Moyenne	60	62	62,5	60	61	69,5
L	1 ^{er} essai	78	89	85	93	78	72
	2 ^{ème} essai	93	78	82	78	63	60
	Moyenne	85,5	83,5	83,5	85,5	70,5	66
P/L	1 ^{er} essai	0,79	0,72	0,71	0,61	0,8	0,89
	2 ^{ème} essai	0,63	0,78	0,79	0,79	0,94	1,25
	Moyenne	0,71	0,75	0,75	0,70	0,87	1,07



**Annexe 07:** Etudes statistiques

Les résultats des analyses de variance obtenus sont rapportés dans les tableaux suivant:

Tableau 26 : Analyse de variance de masse à l'hectolitre ou " PS" du "blé sal".

	S.C.E	ddl	Carrés moyens	Test F	probabilité
Variance totale	72276,64	1	72267,64	582093,8	0,000000
Variance facteur blé	1,16	5	0,23	1,9	0,232955
Variance résiduelle	0,75	6	1,12		

Tableau 27 : Analyse de variance de masse à l'hectolitre ou " PS" du "blé avant B1".

	S.C.E	ddl	Carrés moyens	Test F	probabilité
Variance totale	65578,87	1	65578,87	2459208	0,000000
Variance facteur blé	24,94	5	4,99	187	0,000002
Variance résiduelle	0,16	6	0,03		

Tableau 28 : Analyse de variance de PMG "blé sal".

	S.C.E	ddl	Carrés moyens	Test F	probabilité
Variance totale	22472,71	1	22472,71	22989,98	0,000000
Variance facteur blé	4,92	5	0,98	1,01	0,486711
Variance résiduelle	5,87	6	0,98		

Tableau 29: Analyse de variance de la teneur en eau du "blé sale".

	S.C.E	ddl	Carrés moyens	Test F	probabilité
Variance totale	2046,241	1	2046,241	223226,3	0,000000
Variance facteur blé	2,274	5	0,455	49,6	0,000084
Variance résiduelle	0,055	6	0,009		

Tableau 30 : Analyse de variance de la teneur en eau du "blé avant B1".

	S.C.E	ddl	Carrés moyens	Test F	probabilité
Variance totale	2722,848	1	2722,848	237457,7	0,000000
Variance facteur blé	0,181	5	0,036	3,2	0,097402
Variance résiduelle	0,069	6	0,011		



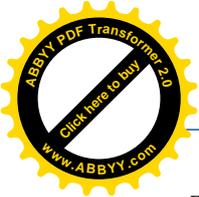


Tableau 31 : Analyse de variance de W alvéographique.

	S.C.E	ddl	Carrés moyens	Test F	probabilité
Variance totale	275730,1	1	275730,1	3100,994	0,000000
Variance facteur blé	771,4	5	154,3	1,735	0,260172
Variance résiduelle	533,5	6	88,9		

Tableau 32 : Analyse de variance de G alvéographique.

	S.C.E	ddl	Carrés moyens	Test F	probabilité
Variance totale	4692,608	1	4692,608	3716,917	0,000000
Variance facteur blé	12,307	5	2,462	1,950	0,219938
Variance résiduelle	7,575	6	1,263		

Tableau 33: Analyse de variance de dosage de protéine des farines étudiées.

	S.C.E	ddl	Carrés moyens	Test F	probabilité
Variance totale	1264,853	1	1264,853	151782,4	0,000000
Variance facteur blé	0,157	5	0,031	3,8	0,068907
Variance résiduelle	0,050	6	0,008		

Tableau 34: Analyse de variance de l'indice de chute des farines étudiées.

	S.C.E	ddl	Carrés moyens	Test F	probabilité
Variance totale	947532,0	1	947532,0	34248,14	0,000000
Variance facteur blé	1100,0	5	220,0	7,95	0,012670
Variance résiduelle	166,0	6	27,7		

Tableau 35: Analyse de variance de la teneur en cendres du blé.

	S.C.E	ddl	Carrés moyens	Test F	probabilité
Variance totale	21,65453	1	21,65453	5155,841	0,000000
Variance facteur blé	0,00427	5	0,00085	0,203	0,949437
Variance résiduelle	0,02520	6	0,00420		





Tableau 36: Analyse de variance de taux d’affleurement des farines étudiées.

Effect	SS	Degr. Of freedom	MS	Test F	probabilité
Intercept	63 ,02083	1	63,02083	617,4477	0,000000
Variétés	11,07497	5	2,21499	21,7014	0,000889
Error	0,61240	6	0,10207		

Tableau 37: Analyse de variance de la teneur en eau des farines étudiées.

	S.C.E	ddl	Carrés moyens	Test F	probabilité
Variance totale	2540,430	1	2540,430	254043,0	0,000000
Variance facteur blé	0,230	5	0,046	4,6	0,045169
Variance résiduelle	0,060	6	0,010		

Tableau 38: Analyse de variance de la teneur en cendres des farines étudiées.

	S.C.E	ddl	Carrés moyens	Test F	probabilité
Variance totale	3,740833	1	3,740833	247,7373	0,000004
Variance facteur blé	0,122167	5	0,024433	1,6181	0,286065
Variance résiduelle	0,090600	6	0,015100		

Tableau 39: Analyse de variance de taux de Gluten humide des farines étudiées.

	S.C.E	ddl	Carrés moyens	Test F	probabilité
Variance totale	8355,074	1	8355,074	1847,072	0,000000
Variance facteur blé	17,166	5	3,433	0,759	0,610097
Variance résiduelle	27,140	6	4,523		

Tableau 40: Analyse de variance de taux de Gluten Sec des farines étudiées.

	S.C.E	ddl	Carrés moyens	Test F	probabilité
Variance totale	931,5694	1	931,5694	2285,359	0,000000
Variance facteur blé	2,5141	5	0,5028	1,234	0,396948
Variance résiduelle	2,4457	6	0,4076		





Annexe 08 :

Norme des protéines toutes céréales (WILLIAMS *et al*, 1988).

Protéines	Classification
<9%MS	Très faible
9-11,5	Faible
11,6-13,5	Moyen
13,6-15,5	Elevé
15,6-17,5	Très élevé
>17	Extra élevé

Annexe 09 :

Table des correspondances du poids à l'hectolitre mesuré par le Niléalitre et celui obtenu par la méthode officielle de la trémie conique de 50l

Tafel 2: Viertelliterprober der Bauart 1938
a) für Weizer

Angabe des Probers zu 1/4 Liter	Schüttdichte	Angabe des Probers zu 1/4 Liter	Schüttdichte	Angabe des Probers zu 1/4 Liter	Schüttdichte	Angabe des Probers zu 1/4 Liter	Schüttdichte
g	kg/hl	g	kg/hl	g	kg/hl	g	kg/hl
		170,0	68,45	190,0	76,45	210,0	84,50
		170,5	68,65	190,5	76,65	210,5	84,70
		171,0	68,85	191,0	76,85	211,0	84,90
		171,5	69,05	191,5	77,05	211,5	85,10
		172,0	69,25	192,0	77,25	212,0	85,30
152,5	61,40	172,5	69,45	192,5	77,45	212,5	85,50
153,0	61,60	173,0	69,65	193,0	77,65	213,0	85,70
153,5	61,80	173,5	69,85	193,5	77,85	213,5	85,90
154,0	62,00	174,0	70,05	194,0	78,05	214,0	86,10
154,5	62,20	174,5	70,25	194,5	78,25	214,5	86,30
155,0	62,40	175,0	70,45	195,0	78,50	215,0	86,50
155,5	62,60	175,5	70,65	195,5	78,70	215,5	86,70
156,0	62,80	176,0	70,85	196,0	78,90	216,0	86,90
156,5	63,00	176,5	71,05	196,5	79,10	216,5	87,10
157,0	63,20	177,0	71,25	197,0	79,30	217,0	87,30
157,5	63,40	177,5	71,45	197,5	79,50	217,5	87,50
158,0	63,60	178,0	71,65	198,0	79,70	218,0	87,70
158,5	63,80	178,5	71,85	198,5	79,90	218,5	87,90
159,0	64,00	179,0	72,05	199,0	80,10	219,0	88,10
159,5	64,20	179,5	72,25	199,5	80,30		
160,0	64,40	180,0	72,45	200,0	80,50		
160,5	64,60	180,5	72,65	200,5	80,70		
161,0	64,80	181,0	72,85	201,0	80,90		
161,5	65,00	181,5	73,05	201,5	81,10		
162,0	65,20	182,0	73,25	202,0	81,30		
162,5	65,40	182,5	73,45	202,5	81,50		
163,0	65,60	183,0	73,65	203,0	81,70		
163,5	65,80	183,5	73,85	203,5	81,90		
164,0	66,00	184,0	74,05	204,0	82,10		
164,5	66,20	184,5	74,25	204,5	82,30		
165,0	66,40	185,0	74,45	205,0	82,50		
165,5	66,60	185,5	74,65	205,5	82,70		
166,0	66,80	186,0	74,85	206,0	82,90		
166,5	67,05	186,5	75,05	206,5	83,10		
167,0	67,25	187,0	75,25	207,0	83,30		
167,5	67,45	187,5	75,45	207,5	83,50		
168,0	67,65	188,0	75,65	208,0	83,70		
168,5	67,85	188,5	75,85	208,5	83,90		
169,0	68,05	189,0	76,05	209,0	84,10		
169,5	68,25	189,5	76,25	209,5	84,30		





Annexe 10 :

Masse de la prise d'essai en fonction de la teneur en eau pour la détermination du temps de chute.

Teneur en eau de l'échantillon pour essai	Masse de la prise d'essai				
	Pour une masse nominale de 7g [à une teneur en eau de 15% (m/m)]	Pour une masse nominale de 9g [à une teneur en eau de 15% (m/m)]			
% (m/m)	g	g			
9	6,4	8,2	14,2	6,9	8,9
9,2	6,45	8,25	14,4	6,95	8,9
9,4	6,45	8,25	14,6	6,95	8,95
9,6	6,45	8,3	14,8	7	8,95
9,8	6,5	8,3			
			15	7	9
10	6,5	8,35	15,2	7	9,05
10,2	6,55	8,35	15,4	7,05	9,05
10,4	6,55	8,4	15,6	7,05	9,1
10,6	6,55	8,4	15,8	7,1	9,1
10,8	6,6	8,45			
			16	7,1	9,15
11	6,6	8,45	16,2	7,15	9,2
11,2	6,6	8,5	16,4	7,15	9,2
11,4	6,65	8,5	16,6	7,15	9,25
11,6	6,65	8,55	16,8	7,2	9,25
11,8	6,7	8,55			
			17	7,2	9,3
12	6,7	8,6	17,2	7,25	9,35
12,2	6,7	8,6	17,4	7,25	9,35
12,4	6,75	8,65	17,6	7,3	9,4
12,6	6,75	8,65	17,8	7,3	9,4
12,8	6,8	8,7			
			18	7,3	9,45
13	6,8	8,7			
13,2	6,8	8,75			
13,4	6,85	8,8			
13,6	6,85	8,8			
13,8	6,9	8,85			
14	9,9	8,85			



**Annexe 11 : Composition des milieux de cultures utilisées**

L'eau physiologique :

- Chlorure de sodium
- Eau distillée
- Ph = 7,5

Milieu Oxytetracycline Gélose Agar (OGA) :

- Extrait de levure.....5g
- Glucose.....20g
- Agar.....16g
- Eau distillée.....100 ml
- Ph = 6,8 à 7

Milieu AGAR viande foie :

- Base viande foie.....20g
- Glucose.....0,75g
- Amidon.....0,75g
- Sodium sulfite.....1,2g
- Citrate de fer ammoniacal.....0,5g
- Carbonate de sodium.....0,67g
- Agar-agar.....11g
- Eau distillée.....1000 ml
- Ph du milieu prêt à l'emploi à 25°C : 7,6 ± 0,2

Annexe 12 :**1. Nettoyage des nacelles :**

Effectuer un nettoyage des nacelles par immersion complète pendant une heure environ dans une solution d'acide chlorhydrique dilué au 1/10 exempt de nitrates.

Effectuer un rinçage des nacelles à l'eau.

Sécher les nacelles dans une étuve à une température > à 100°C

Changer le bain d'acide lorsqu'il jaunit, c'est à dire tous les 15 jours.

Chauffer les nacelles durant 15 mn dans le four à 900°C avant leur utilisation et les mettre ensuite dans le dessiccateur. L'opérateur devra attendre qu'elles atteignent la température ambiante pour pouvoir les utiliser.

2. Entretien du four à moufle :

Vérifier régulièrement la température du four à l'aide d'une canne pyrométrique en introduisant la sonde dans l'orifice de la porte du four non fermée complètement (espace ouvert d'environ 1,5 cm).

Contrôler la température à chaque début de journée de travail sur le cadran du four

Un ramonage du four doit être effectué au moins une fois par an (à noter sur la fiche de vie du four).

