

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE SAAD DAHLAB - BLIDA 1



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département d'Agroalimentaire

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master dans le domaine SNV
Filière Sciences Biologiques

Option : Agroalimentaire et contrôle de qualité

Thème

Etude comparative de la valeur boulangère de cinq variétés de blé tendre locale

Présenté par :

* **Belaid yacine**

* **Benguerba hatem**

Devant l'honorable jury :

Grade / Lieu

M^{me} HADJADJ. N

MCA/USDB1

Présidente

M^{me} AOUES. K

MCA/USDB1

Examinatrice

M^{me} BENLAMANE. S

MCB/USDB1

Promotrice

Promotion : 2021-2022

Remerciements

Nous remercions Allah le tout puissant dans notre chemin des gens généreux et serviables de nous enlever tous les obstacles et de nous donner le courage et la capacité pour faire ce travail modeste.

EL HAMDOULILAH

Nous remercions notre encadreur : M^{me} BELAMANE.S qui nous a aidé nous pour faire ce mémoire, pour ses conseils, ses bonnes remarques, ses bonnes directions et surtout pour son soutien au cours de la période de travail.

On remercie également, M^{me} HADJADJ.N qui nous a fait l'honneur de présider le jury.

Nous remercions aussi, M^{me} AOUES.K pour avoir accepté d'examiner notre travail, et de faire partie du jury.

Nos plus vifs remerciements à tous qui ont contribué à l'enrichissement de ce travail, plus particulièrement :

Mme Madani.M responsable de laboratoire de l'ITGC.

Nous remercions en particulier Mme Amina et Larem, Monsieur Salim et toute l'équipe de l'ITGC.

Mme Meghniz responsable de laboratoire de l'OAJC.

Nous remercions aussi Messieurs Yassin, Brahim, Abdenour, Nassime, Mme Lamia et Nesrine.

Nous remercions enfin _ et surtout_ nos parents, qui l'ont transmis le goût du savoir et le mépris des honneurs, et leurs foi en l'Homme.

Un grand merci à toutes personnes qui bien voulu nous aider durant toute la période de notre expérimentation.

Dédicaces

Je dédie ce mémoire à :

Mes chers parents, que nulle dédicace ne puisse exprimer mes sincères sentiments, pour leurs patiences illimitées, leur encouragement contenu, leurs aides, en témoignage de mon profond amour et respect pour leurs grands sacrifices.

A ma promotrice Mme BELAMANE.S

Mes sœurs

Mon grand-père

Mes grands-mères

Et toute la famille

Mes amis

A tous qui ont partagé avec moi toute cette longue durée d'études et tous ceux que j'aime et tous ceux qui m'aiment

Belaid Yacine

Dédicaces

Je dédie ce mémoire à :

A Mes chers parents qui m'ont guidé durant les moments les plus pénibles de ce long chemin, ma mère qui a été à mes côtés et m'a soutenu durant toute ma vie, et mon père qui a sacrifié toute sa vie afin de me voir devenir ce que je suis, merci mes parents bien aimés.

A ma promotrice Mme BELAMANE.S

Mes frères et Mes sœurs

Ma grand-mère

Et toute la famille

Mes amis

A tous qui ont partagé avec moi toute cette longue durée d'études et tous ceux que j'aime et tous ceux qui m'aiment

Benguerba Hatem

Résumé

Le blé est l'une des principales ressources alimentaires pour l'homme. Le présent travail a été conduit au niveau de ITGC (l'Institut Technique des Grandes Cultures) d'el Harrach et l'OAIC (l'office algérien interprofessionnel des céréales) de Cheraga.

L'étude a été menée sur cinq variétés de blés tendres locaux cultivés dans la wilaya de Guelma produites durant la saison 2020/2021 fournies par l'ITGC. L'objectif du travail est d'apprécier la valeur boulangère de chaque variété. Pour atteindre ce but des analyses physico-chimiques et technologiques ont été effectuées. Les résultats de ces analyses ont montré que le taux de protéine varie entre 11.38 % et 14.75 % qui est conforme à la norme (≥ 11.5 %) mis à part la variété Massine. Les valeurs de taux de cendre s'échelonnent entre 0.50 % et 0.57 %, ces taux sont conformes à la norme exigeant un intervalle de (0.50 % à 0.60 %), cela traduit que nos variétés sont de type 55 dites farines panifiables. Les variétés étudiées ont des valeurs d'indice de chute supérieures à la norme (qui exige un intervalle de 150 à 250 secondes) et présentant une faible activité amylasique. Les caractéristiques alvéographiques (travail de déformation W et le rapport de configuration P/L) sont supérieures aux normes et nous permettent de classer les variétés de blé tendre locale dans la catégorie de blé de force donneront des pâtes tenaces et absorbe beaucoup d'eau, ainsi qu'un faible gonflement.

Et pour confirmer ces derniers l'essai de panification à été réalisé pour finaliser cette étude qui est considéré comme une mesure d'évaluation finale. La fabrication du pain révèle que nos farines possèdent une bonne valeur boulangère et donc aptes à la panification.

Mots clés : blé tendre, variété, valeur boulangère, panification, farine.

Abstract

Wheat is one of the main food resources for humans. This work was conducted at the level of ITGC (the Technical Institute of Field Crops) of el Harrach and the OAIC (the Algerian interprofessional office of cereals) of Cheraga.

The study was conducted on five varieties of local soft wheat grown in the wilaya of Guelma produced during the 2020/2021 season provided by the ITGC. The objective of the work is to assess the baking value of each variety. To achieve this goal, physico-chemical and technological analyzes were carried out. The results of these analyzes showed that the protein level varies between 11.38% and 14.75% which is consistent with the standard ($\geq 11.5\%$) apart from the Massine variety. The ash content values range between 0.50% and 0.57%, these rates comply with the standard (0.50% to 0.60%), this means that our varieties are type 55 called bread flours. The varieties studied have falling number values above the norm (which requires an interval of 150 to 250 seconds) and exhibit low amylase activity. The alveographic characteristics (work of deformation W and the ratio of configuration P/L) are superior to the standards and allow us to classify the varieties of local soft wheat in the category of wheat of strength will give tenacious pasta and absorb a lot of water, as well as low swelling.

And to confirm these the bread-making test was carried out to finalize this study which is considered as a final evaluation measure. The manufacture of bread reveals that our flours have a good baking value and are therefore suitable for bread-making.

Key words: common wheat, variety, baking value, breadmaking, flour.

المخلص

القمح هو أحد المصادر الغذائية الرئيسية للإنسان. تم إجراء هذا العمل على مستوى ITGC (المعهد الفني للمحاصيل الحقلية) في الحراش و OAIC (المكتب المهني الجزائري للحبوب) في شراكة.

أجريت الدراسة على خمسة أصناف من القمح الطري المحلي المزروع في ولاية قالمة خلال موسم 2021/2020 المقدم من ITGC. الهدف من العمل هو تقييم قيمة الخبز لكل صنف. لتحقيق هذا الهدف، تم إجراء التحليلات الفيزيائية والكيميائية والتكنولوجية. أظهرت نتائج هذه التحليلات أن مستوى البروتين يتراوح بين 11.38% و 14.75% وهو ما يتوافق مع المعيار ($11.5 \leq$) بصرف النظر عن صنف Massine. تتراوح قيم محتوى الرماد بين 0.50% و 0.57%، وتتوافق هذه المعدلات مع المعيار (0.50% إلى 0.60%)، وهذا يعني أن أصنافنا من النوع 55 تسمى دقيق الخبز. الأصناف المدروسة لها قيم أرقام متناقصة أعلى من المعيار (الذي يتطلب فاصل زمني من 150 إلى 250 ثانية) وتظهر نشاط أميلازي منخفض. تتفوق الخصائص الهوائية (عمل التشوه W ونسبة التكوين P / L) على المعايير وتسمح لنا بتصنيف أصناف القمح الطري المحلي في فئة القمح القوي سيعطي المعكرونة المتينة ويمتص الكثير من الماء، فضلا عن انخفاض التورم.

وللتأكيد على ذلك، تم إجراء اختبار صنع الخبز لإنهاء هذه الدراسة التي تعتبر مقياس تقييم نهائي. يكشف تصنيع الخبز أن الدقيق لدينا له قيمة خبز جيدة وبالتالي فهو مناسب لصنع الخبز.

الكلمات المفتاحية: القمح الشائع، الصنف، قيمة الخبز، صناعة الخبز، الدقيق

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure 1 :Production, utilisation et stocks de blé | 5 |
| Figure 2 : Production de céréales en Algérie durant les deux périodes 2000-2009 et 2010-2017.. | 6 |
| Figure 3 : structure du grain de blé. | 9 |
| Figure 4 : Transformations pendant la cuisson du pain. | 29 |
| Figure 5 : Diagramme de fabrication type du travail en direct avec un pétrissage amélioré (Langraf, 2002). | 30 |
| Figure 6 : Diagramme de fabrication type de la pousse contrôlée lente | 31 |
| Figure 7 : Diagramme de fabrication type de la pousse contrôlée bloquée | 31 |
| Figure 8 : Diagramme de fabrication type de baguettes de campagne précuites | 32 |
| Figure 9 : Diagramme de fabrication type de « cru façonné surgelé » | 32 |
| Figure 10 : Schéma simplifié d'un processus de panification selon la méthode AFNOR | 56 |
| Figure 11 : teneur en eau des blés..... | 61 |
| Figure 12 : poids spécifique des échantillons des blés..... | 64 |
| Figure 13 : Taux d'extraction des variétés étudiées | 66 |
| Figure 14 : Teneur en eau des farines | 67 |
| Figure 15 : Indice de Zeleny des farines | 68 |
| Figure 16 : La teneur en protéine | 70 |
| Figure 17 : taux de cendre des farines étudiées | 71 |
| Figure 18 : Teneur en gluten humide des farines..... | 72 |
| Figure 19 : Teneur en gluten sec des farines | 73 |
| Figure 20 : Capacité d'hydratation des farines..... | 74 |
| Figure 21 : Indice de chute des farines..... | 75 |
| Figure 22 : Le travail de déformation (W) | 76 |
| Figure 23 : L'indice de gonflement (G) | 77 |
| Figure 24 : Le rapport de configuration P/L..... | 78 |
| Figure 25 : La masse du pain..... | 80 |
| Figure 26 : Volume du pain (cm ³)..... | 81 |
| Figure 27 : l'aspect extérieur du pain | 82 |
| Figure 29 : Aspect de la mie | 83 |
| Figure 30 : Valeur boulangère des variétés étudiées..... | 84 |

Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau 1 : Classification botanique du blé tendre..... | 7 |
| Tableau 2: Composition biochimique de la farine..... | 16 |
| Tableau 3: Classification des farines par type..... | 19 |
| Tableau 4: Exemples de produits de substitution utilisés en panification..... | 25 |
| Tableau 5: analyses effectués sur grain et/ou farine..... | 38 |
| Tableau 6: Pourcentage des ingrédients utilisés lors de la panification..... | 55 |
| Tableau7: classement de poids de mille grains..... | 62 |
| Tableau 8: poids de mille grains des échantillons du blé..... | 62 |
| Tableau 9: résultats des bilans de mouture des blés..... | 65 |
| Tableau 10: Classement du blé selon Williams et al, (1998)..... | 69 |
| Tableau 11: Résultats de test de panification..... | 78 |

Liste des abréviations

AFNOR : Association française de normalisation.

CIC : Conseil international des céréales

F : Farine

FAO : Food agricultural organization

G : Gonflement

GH : Gluten humide

GS : Gluten sec

H : Humidité

IC : Indice de chute

ISO : Organisation internationale de normalisation

ITCF : Institut technique des céréales et des fourrages

ITGC : Institut technique des grandes cultures

IZ : Indice de Zélény

Kg/hab/année : Kilogramme par habitant par année

Kg/hl : Kilogramme par hectolitre

ml : Millimètre

mm : Millilitre

Madrp : Ministère de l'Agriculture du développement rural et de la pêche

Mt : Milliers de tonnes

NA : Norme algérienne

NF : Norme française

NI : Norme internationale

OAIC : Office algérien interprofessionnel des céréales

P : Protéine

P/L : Rapport de configuration

PHL : Poids à l'hectolitre

PMG : Poids de mille grains

PS : Poids spécifique

SAU : Surface agricole utile

T : Triticum

TC : Taux de cendre

U : Milligramme par 100 gramme de la matière sèche

W : La force boulangère

µm : micromètre

Table des matières

| | |
|-----------------------------|---|
| Remercîments | |
| Dédicaces | |
| Résumé | |
| Liste des figures | |
| Liste des tableaux | |
| Table des matières | |
| Introduction générale | 1 |

Synthèse

Bibliographique

Chapitre I

Le grain de blé tendre

| | |
|---|----|
| I.1. Généralités sur le blé tendre | 5 |
| I.2. Taxonomie et structure histologique du grain de blé | 7 |
| I.3. Composition biochimique d'un grain de blé | 9 |
| I.3. 1. Éléments principaux | 9 |
| I.3. 2. Éléments secondaire | 10 |
| I.4. Critère de qualité du blé tendre | 11 |
| I.4.1. La qualité commerciale et réglementaire | 11 |
| I.4.2. La qualité technologique | 11 |
| a) La valeur meunière | 11 |
| b) La valeur boulangère | 11 |
| I.4.3 La qualité nutritionnelle | 12 |
| I.5. Mouture du blé tendre et technique d'obtention de la farine | 12 |
| I.5.1. Le principe de la mouture | 12 |
| I.5.1.1. Nettoyage du blé | 12 |
| I.5.1.2. Le conditionnement | 12 |
| I.5.1.3. La mouture | 13 |
| I 5.2. Les produits issus des différents passages de la mouture : | 13 |

Chapitre II

Farine et panification

| | |
|--|----|
| II.1. La farine | 16 |
| II 1.1. Définition | 16 |
| II.1.2. Composition chimique de la farine | 16 |
| II.1.3. Les types de farines : | 19 |
| II.1.4. La qualité des farines | 20 |
| II.1.5. Caractéristiques d'une farine panifiable | 20 |
| II.2. La panification | 22 |

| | |
|---|----|
| II.2.1 Définition de la panification..... | 22 |
| II.2.2 Caractérisation des produits de panification | 22 |
| II.2.2.1 Définition du pain de consommation courante..... | 22 |
| II.2.2.2. Les principaux composants du pain..... | 22 |
| II.2.3 Procédés de panification | 26 |
| II.2.3.1 Terminologie | 26 |
| II.2.3.2. Techniques de fabrication | 29 |
| II.2.4. Rassisement du pain | 32 |
| II.2.5. Aspects sensoriels | 33 |

Partie Expérimentale

Chapitre I

Matériels et méthodes

| | |
|--|----|
| I.1 Matières premières..... | 37 |
| I.2 lieu de stage..... | 37 |
| I.3. Méthodes d'analyses | 37 |
| I.3.1. Détermination de la teneur en eau (NF ISO 712, janvier, 2010)..... | 39 |
| I.3.2. Détermination de la masse de 1000 grains (ISO-R712)..... | 40 |
| I.3.3. Détermination de la masse volumique dite la masse à l'hectolitre (NI, 2019, ISO 7971-3) PS..... | 41 |
| I.3.4. Essai de mouture | 42 |
| I.3.5. Indice de sédimentation « test de Zeleny » (NF ISO 5529, Novembre 2007) | 44 |
| I.3.6. Teneur en protéine totale selon la méthode de kjeldahl (NF en ISO 20483 :2013)..... | 45 |
| I.3.7. Dosage du taux de cendre par incinération : (NI.ISO2171 :2007) | 47 |
| I.3.8. Dosage du gluten..... | 49 |
| I.3.9. Détermination de l'indice de chute selon Hagberg-Perten (NI.ISO 3093,2009)..... | 51 |
| I.3.10. Détermination des propriétés alvéographiques (NI.ISO27971, 2015)..... | 53 |
| I.3.11. Essai de panification..... | 54 |

Chapitre II

Résultats Et discussions

| | |
|--|----|
| II.1 Résultats des analyses physico chimiques des variétés de blé tendre | 61 |
| II.1.1 Teneur en eau | 61 |
| II.1.2 Poids de mille grains (PMG)..... | 62 |
| II.1.3 Poids spécifique | 63 |
| II.2.4. Bilan de mouture..... | 65 |
| II.2 Résultats des analyses physicochimique et technologique des farines..... | 67 |
| II.2.1 Teneur en eau des farines | 67 |
| II.2.2 Test de sédimentation Zeleny | 68 |
| II.2.3. La teneur en protéine | 69 |

| | |
|--|----|
| II.2.4 Taux de cendre : | 70 |
| II.3. Résultats des analyses rhéologiques des farines..... | 71 |
| II.3.1. Taux de gluten..... | 71 |
| II.3.1.1. La teneur en gluten humide | 72 |
| II.3.1.2. Gluten sec | 73 |
| II.3.1.3. La capacité d'hydratation | 73 |
| II.3.2. L'indice de chute..... | 74 |
| II.3.3. Test d'Alvéographe | 75 |
| II.3.3.1. La force boulangère (W) | 75 |
| II.3.3.2. Gonflement (G)..... | 76 |
| II.3.3.3. Le rapport de configuration (P/L)..... | 77 |
| II.3.4.1 Appréciation des pâtes..... | 78 |
| II.3.4.2. Appréciation des pains..... | 80 |
| II.3.4.2.1. Masse et volume du pain | 80 |
| II.3.4.2.2. Les volumes du pain..... | 80 |
| II.3.4.2.3. Aspect extérieur du pain..... | 81 |
| II.3.4.3. Aspect de la mie | 82 |
| II.3.4.4. Appréciation de la valeur boulangère | 83 |
| Conclusion | 86 |
| Références Bibliographique | 89 |
| Annexe | |

Introduction

Générale

Introduction générale

Les produits céréaliers ont toujours tenu un rôle important dans l'alimentation humaine. En effet, ils représentent un apport énergétique important sous forme essentiellement des glucides complexes mais ils participent aussi à la couverture de nos besoins en protéines végétales, en certaines vitamines (notamment du groupe B) ainsi qu'en fibres alimentaires végétales (**Fredot, 2005**).

Les céréales constituent une part importante des ressources alimentaires de l'homme et de l'animal (**Karakas et al. 2011**).

La production nationale a progressivement augmenté pour répondre aux exigences de la croissance démographique de la population locale en affleurant les 3.98 Mt en 2018 plus que 0.68 Mt en 1961 (**Faostat, 2020**). Ces progrès remarquables achevés en termes de performance n'ont pas été aussi efficaces pour l'amélioration de la qualité technologique particulièrement pour le blé tendre (*Triticum aestivum* L.).

Durant la campagne céréalières 2021/2022 (de juin à fin mai), l'Algérie a importé 10,6 millions de tonnes de céréales, contre 13,1 millions de tonnes durant la campagne 2020/2021.

Ces importations sont composées principalement de blé tendre avec près de 6,1 millions de tonnes, de maïs avec 2,6 millions de tonnes (contre 4,8 millions de tonnes durant la campagne précédente), de blé dur avec près de 1,4 million de tonnes et de 571.000 tonnes d'orge (**Algérie Eco.2022**).

La qualité du blé est déterminée par plusieurs propriétés physiques, chimiques et rhéologiques. La teneur et la composition en protéines de réserve (environ 80% des protéines totales) des grains de blé représentent les principaux facteurs déterminants la qualité du blé transformé en produits alimentaires (**Shewry et al 2002**). Ces protéines sont capables d'interagir entre elles et de former un réseau protéique lorsque la farine de blé est mélangée avec l'eau.

L'analyse biochimique des produits de moutures de blé tendre consiste à des analyses des différents constituants biochimiques présents dans la farine qui sont très diversifiés et se trouvent en concentration variable selon le type de produit.

Ces analyses sont considérées comme les analyses de base pour déterminer la teneur de chaque constituant et de la comparer avec les normes.

L'objectif de notre étude est de déterminer est ce que les variétés de blé tendres locales étudiées répondent aux exigences de la panification ?

Introduction

Dans ce contexte nous avons évalué la qualité technologique des grains et des farines de cinq variétés de blé tendre locale (Tidis ; Akhamoukh ; Ain Abid ; Massine ; Boumerzoug) par la détermination de leurs caractères physicochimiques, technologiques et rhéologiques par l'utilisation de quelques tests de qualité. Notre manuscrit est structuré comme suit :

La première partie consiste en une étude bibliographique. Une introduction ; une partie bibliographique présentée en 2 chapitres :

- Le premier chapitre regroupe un ensemble de définition de généralités sur le blé, la composition du grain de blé et de ses principaux constituants. La technologie de transformation du blé en farine (produit fini), ainsi que les critères de qualité.
- Le deuxième chapitre est consacré à la farine et la panification.

Une deuxième partie expérimentale consacrée à la présentation des matérielles et différentes méthodes utilisées pour la détermination des caractéristiques (physico-chimiques, technologiques, et rhéologiques) étudiées.

Dans la troisième partie, nous présentons les résultats obtenus au cours des analyses effectués et l'interprétation de ses résultats et en fin la conclusion générale du travail.

Synthèse
Bibliographique

Chapitre I
Le grain de blé
tendre

I.1. Généralités sur le blé tendre

Depuis la nuit des temps les céréales nourrissent l'humanité, produire mieux et plus a été nécessaire pour répondre aux besoins d'une population grandissante. Nos ancêtres ont dû apprendre à améliorer progressivement les techniques de production, sélectionner des semences avec un meilleur potentiel génétique (**Profert, 2018**).

Depuis longtemps, les céréales, notamment le blé est devenu un produit de première nécessité à l'échelle mondiale. Son importance dépasse le rôle traditionnel considéré comme aliment (**Ammar, 2015**). Le blé tendre est utilisé pour faire de la farine qui est elle-même utilisée pour fabriquer les pains (panification) et les produits de biscuiterie (pâtisserie, viennoiserie). Ce blé se divise en trois catégories, le blé panifiable, biscuitier et fourrage.

L'amidon du blé tendre est également utilisé depuis plusieurs années comme matière première pour la fabrication de biocarburants (**Debiton, 2010**).

En 2018, la production mondiale de blé a atteint 762 millions de tonnes contre 732 Mt pour 2019 (Figure 1). Au cours de la campagne agricole 2018-2019, les principaux producteurs de blé mondiaux sont, par ordre décroissant, l'Union Européenne (137.600 Mt), la Chine (131.430 Mt), l'Inde (99.700 Mt), la Russie (71.600 Mt) les Etats Unies (51.287 Mt) et le Canada (31.800 Mt) (**Statista, 2019**). Durant la campagne 2019-2020, la Russie restera le premier pays exportateur de blé (36 Mt) même si le pays ne renouvelle pas l'exploit réalisé trois ans auparavant. En produisant 85 millions de tonnes, elle avait alors vendu 41 millions de tonnes durant la campagne 2017-2018.



Figure 1 : Production, utilisation et stocks de blé (Conseil international des céréales, 2019)

La superficie totale de l'Algérie est de 238 millions d'hectares. La superficie agricole représente 3% de ce total. La surface agricole utile (SAU) est de 7.14 millions d'hectares, dont près de la moitié est laissée en jachère chaque campagne (**Cadi, 2005**). La céréaliculture constitue la principale activité, notamment dans les zones arides et semi-arides. Durant les deux périodes 2000-2009 et 2010-2017, la superficie des céréales occupe en moyenne annuelle 40% de la SAU Ministère de l'Agriculture du développement rural et de la pêche (**Ministère de l'Agriculture du développement rural et de la pêche, 2018**). Durant la période 2010-2017, cette superficie a atteint en moyenne 3 385 560 ha, en évolution de 6% par rapport à la période précédente (2000-2009) (**Madrp, 2018**). Par espèce, le blé dur occupe la plus grande part de la superficie céréalière, soit 44% du total, suivi de l'orge avec 33%, du blé tendre avec 20% et de l'avoine avec seulement 3% (**Madrp, 2018**).

Selon **Madrp (2018)**, la production réalisée des céréales au cours de la période 2010-2017 est estimée à 41.2 Millions de quintaux en moyenne, soit un accroissement de 26% par rapport à la décennie 2000-2009 où la production est estimée en moyenne à 32.6 Millions de quintaux (Figure 2). La production est constituée essentiellement du blé dur bien adapté aux conditions locales et de l'orge qui représentent respectivement 51% et 29% de l'ensemble des productions de céréales en moyenne 2010-2017 (**Madrp, 2018**).

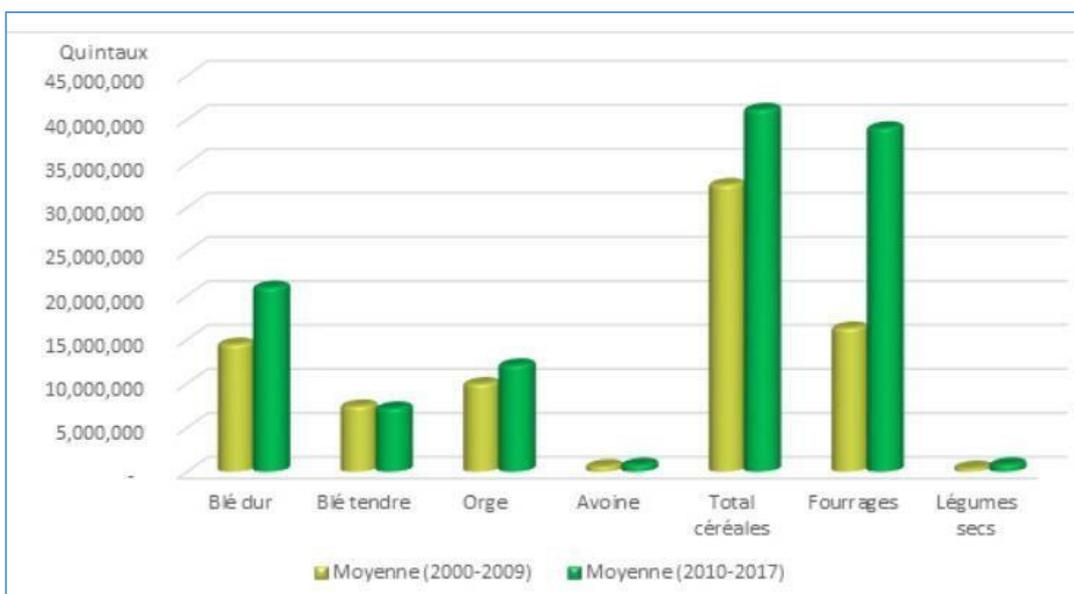


Figure 2: Production de céréales en Algérie durant les deux périodes 2000-2009 et 2010-2017 (**Madrp, 2018**).

La production céréalière en Algérie est fortement dépendante des conditions climatiques. Cela se traduit d'une année à l'autre par des variations importantes de la production et du rendement. Ainsi,

le manque de précipitations, mais aussi la mauvaise répartition des pluies pendant l'année explique en grande partie la forte variation de la production céréalière (**Djermoun, 2009**).

L'Algérie est classée comme l'un des pays les plus consommateurs de blé de la région du Moyen-Orient. Sur le marché mondial, elle demeure toujours parmi les grands importateurs de céréales (en particulier le blé dur et le blé tendre) du fait de la faible capacité de la filière nationale à satisfaire les besoins de consommation croissants de la population (**Ammar, 2015**).

Les habitants des pays magrébins sont les plus gros consommateurs de cette denrée au monde notamment l'Algérie avec près de 216 kg/hab/an. La demande de blé dur progresse beaucoup plus rapidement que celle de blé tendre jusqu'à la première moitié de la décennie 1980. Ensuite s'amorce une substitution blé tendre-blé dur, caractérisée par une décélération de la demande en blé dur et une accélération de la demande en blé tendre (**Bencharif et al. 1996**).

I.2. Taxonomie et structure histologique du grain de blé

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 et indéhiscence, appelé caryopse. Les deux espèces les plus cultivées sont le blé tendre (*Triticum aestivum*) et le blé dur (*Triticum durum*).

Ces deux variétés constituent l'essentiel de l'alimentation humaine dans de nombreux pays. Les blés sont consommés après transformation, en semoule pour le blé dur ; destiné essentiellement pour la confection de pâtes, et en farine pour le blé tendre destiné pour les boulangeries, la pâtisserie (**Feillet, 2000**).

D'après **Feillet (2000)**, le blé tendre appartient à la classification suivant (tableau 1) :

Tableau 1 : Classification botanique du blé tendre (Feillet, 2000).

| | |
|----------------|-------------------------------------|
| Classification | <i>Blé tendre</i> |
| Règne | <i>Plantae (Règne végétale)</i> |
| Division | <i>Magnoliophyta (Angiospermes)</i> |
| Classe | <i>Liliopsida</i> |
| S/Classe | <i>Comelnicidae</i> |
| Ordre | <i>Poale</i> |
| Famille | <i>Poaceae (ex Graminées)</i> |
| S/Famille | <i>Triticeae</i> |
| Tribu | <i>Triticea (Triticées)</i> |
| S/Tribu | <i>Triticiane</i> |

| | |
|--------|----------------------------|
| Genre | <i>Triticum</i> |
| Espèce | <i>Triticum.aestivum L</i> |

Le grain de blé est de forme ovoïde plus ou moins allongée, son examen révèle :

- Une face dorsale plus ou moins bombée.
- Une face ventrale, comportant un sillon profond.
- À sa partie supérieure, de courts poils forment la brosse.
- À sa partie inférieure, le germe est visible sur la face dorsale.

La couleur des blés varie du roux au blanc, en rapport avec le pays d'origine, le sol, la culture, et le climat. (**Leslie Jacquemin, 2012**).

La longueur du grain (plus grande dimension) est comprise entre 5 et 8 mm, sa largeur entre 2 et 4 mm, son épaisseur entre 2,5 et 3,5 mm, sa section longitudinale entre 10 et 16 mm², sa section transversale entre 4 et 7,5 mm², son poids entre 20 et 50 mg et sa densité entre 1,3 et 1,4. (**Feillet, 2000**).

D'après **Feillet (2000)** Un grain de blé est formé de trois régions (figure 3) :

- **Albumen (82 à 85% du grain)**. L'amande est constituée par les granules d'amidon entourés par un réseau protéique appelé « gluten ». Elle représente les substances de réserve pour la germination du grain. Elle est constituée de glucides (amidon principalement), de protéines (10 à 12 %) et, en faible proportion, d'éléments minéraux (0,3 à 0,6 %) et de vitamines. Elle donne la farine, matière première de base du boulanger.
- **Enveloppes de la graine et du fruit** : (13 à 15% du grain). Elles sont riches en matières minérales, matières protéiques, matières grasses ainsi qu'en vitamines. Elles sont constituées par des couches de cellules superposées. Après mouture, les enveloppes donnent le son.
- **Germe (3%)** Le germe qui représente environ 3% du grain de blé ; il contient une proportion élevée de lipides, protéines, vitamines, éléments minéraux et enzymes. Après mouture du grain, le germe se retrouve dans les issues. Mais il peut être séparé pour de multiples utilisations (domaine cosmétique, diététique...).

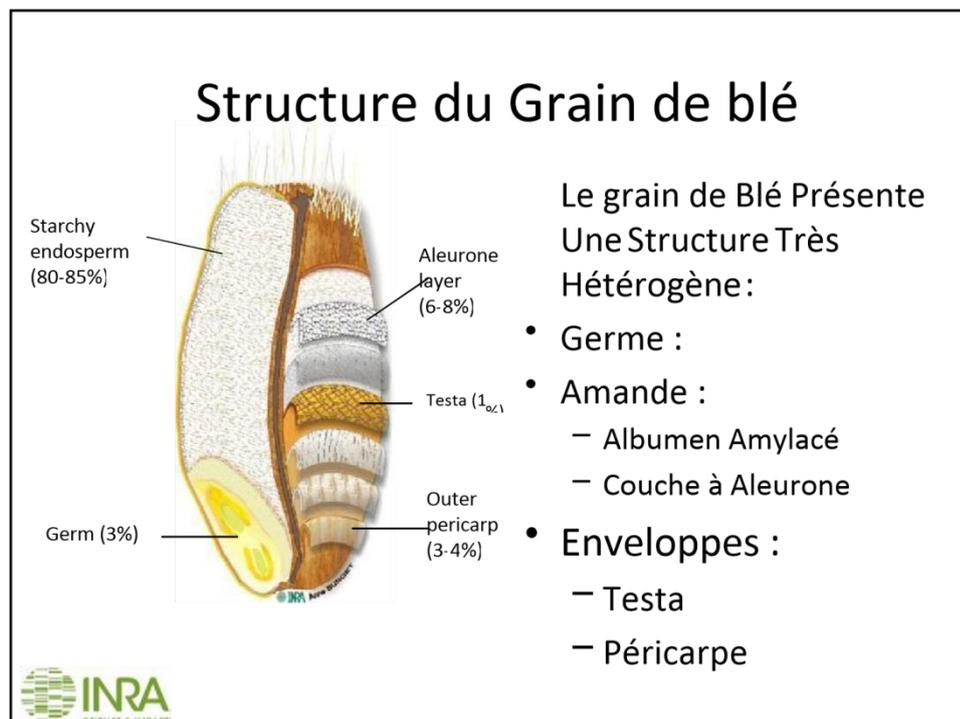


Figure 3: structure du grain de blé

I.3. Composition biochimique d'un grain de blé

Le grain est constitué principalement d'amidon (environ de 67-71%), de protéines (10 à 15%) et de pentosanes (8 à 10%) ; les autres constituants qui se trouvent en quantités faibles, sont les lipides, la cellulose, les sucres libres, les minéraux et les vitamines (**Feillet, 2000**).

I.3. 1. Éléments principaux

- **Amidon**

L'amidon est le principal polysaccharide de réserve des végétaux supérieurs, le grain de blé et l'albumen en contiennent respectivement 67-68% et 78-82 %. C'est l'un des polymères fonctionnels les plus importants des aliments en raison de son pouvoir gélifiant et fixateur d'eau. (**Feillet, 2000**).

- **Protéines**

Les grains de blé renferment un grand nombre de protéines, elles sont surtout localisées dans le germe et l'assise protéique. Les protéines sont les seuls composés responsables à la fois de l'extensibilité, ténacité, élasticité et cohésion de la pâte. Parmi les différents types de protéines du blé, le gluten est le plus important tant du point de vue quantitatif (80-85% des protéines totales) que technologique (**Benhania, 2013**).

- **Lipides**

Ce sont les matières grasses. Dans les céréales elles sont fortement concentrées dans le germe. Le blé en contient 1 à 2 % et le maïs 5 %. Dans les oléo protéagineux elles sont également présentes dans l'endosperme et en quantité plus importante : 22 % pour le soja, 45 % pour le colza et 50 % pour le tournesol. (**Feillet, 2000**).

I.3. 2. Éléments secondaire

- **Vitamines**

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

- **Matières minérales**

Tous les éléments minéraux sont présents dans le grain à des proportions très différentes : 75% de Potassium (300-600 mg/100g de matière sèche), le Phosphore (200-500 U) dont la majeure partie se trouve sous forme de phytate, le Souffre (100-250 U), Magnésium (100-150 U), Chlore (50-150 U) et Calcium (25-100 U). Les éléments minéraux n'existent pas à l'état libre mais à l'état combiné. Le blé peut être plus ou moins riche en minéraux selon le sol, le climat, la fumure et même l'année (**Godon, 1995**).

- **Les enzymes**

Elles sont présentes en faible quantité dans le grain, les plus importantes sont :

- Les protéases trouvées en quantité relativement faible.
- Les amylases : sont des hydrolases capables de dégrader spécifiquement les liaisons glucidiques de l'amidon (amylose et amylopectine) (**Adrian et Poiffait, 1996**).
- La lipase : est une enzyme lipolytique concentré dans la couche à aleurone et augmente au cours de germination (**Potus et al, 1994**).

- **L'eau**

Le grain de blé est constitué de 13.5 % d'eau, cette faible teneur lui permet d'être stocké longtemps en évitant aussi le développement de micro-organismes en particulier de moisissures (**Fredot, 2005**).

I.4. Critère de qualité du blé tendre

I.4.1. La qualité commerciale et réglementaire

Elle se réfère à une bonne adéquation entre les caractéristiques d'un lot et la demande qualitative des acheteurs ; elle peut évoluer au gré des clients et des disponibilités du marché. Définie de manière administrative, elle englobe l'ensemble des éléments qualitatifs qui font que le lot est sain, loyal et marchand et elle permet d'éviter la mise sur le marché de produits inaptes à la consommation humaine ou animale (**Feillet, 2000**).

I.4.2. La qualité technologique

Celle-ci comprend deux aspects :

a) La valeur meunière

La valeur meunière d'un blé est son aptitude à donner plus ou moins de la farine répondant à des caractéristiques définies. Le rendement en farine se caractérise par le taux d'extraction. En dehors de la teneur en impuretés des lots et de l'humidité des grains, les principaux éléments de la valeur meunière (**Buré, 1979**).

La valeur meunière est tributaire de plusieurs facteurs qui peuvent être regroupés en trois groupes principaux (**Grandvionnet, 1991**).

- Les facteurs extrinsèques, liés aux conditions de culture et de récolte : teneur en eau des grains, teneur et nature des impuretés, taux de grains cassés...
- 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.
- 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.

b) La valeur boulangère

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

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

D'après **Roussel et Chiron (2002)**, la valeur boulangère comporte des notions distinctes :

- Le rendement en pâte qui correspond à la capacité d'absorption en eau de la farine pour une consistance donnée.

- La tolérance de la pâte au pétrissage, particulièrement dans le cas du pétrissage intensifié, tout en conservant ses caractéristiques plastiques.
- La machinabilité de la pâte c'est-à-dire son aptitude à être travaillée à la main ou à la machine aux différents stades de la fabrication, en conservant ses caractéristiques d'élasticité, de stabilité, d'aptitude à la déformation de la pâte et en évitant le caractère collant, préjudiciable à la production.
- Une activité de fermentation suffisante et régulière. Le développement de la pâte et du pain et son aspect extérieur.
- La qualité organoleptique de la mie du pain (couleur, odeur, texture).

I.4.3 La qualité nutritionnelle

Le pain de froment est un excellent aliment, à condition d'être sain : il contient des matières azotées qui maintiennent à la fois les organes en bon état et produisent la force et le développement du corps ainsi que des matières grasses, sucrées et amylacées (**Feillet, 2000**).

I.5. Mouture du blé tendre et technique d'obtention de la farine

I.5.1. Le principe de la mouture

La minoterie moderne repose sur un procédé bien structuré, avec des machines très spécifiques, l'ensemble géré par des automates programmables et des ordinateurs (**Bourson, 2009**). Pour bien comprendre le processus de fabrication de farine ou de transformation du grain de blé en farine, il faut comprendre le parcours que le grain de blé effectue dès son arrivée aux moulins (**Doumandji et al, 2003**).

I.5.1.1. Nettoyage du blé

Dès son arrivée au moulin, le blé est stocké dans de grands silos puis transporté par des élévateurs ou des bandes transporteuses jusqu'à des réservoirs. Ensuite, il est déversé dans les nettoyeurs séparateurs lesquels éliminent les impuretés - terre, pierres, pailles, grains vides, poussières, autres graines... Après l'avoir nettoyé, des trieurs permettent de ne conserver que les grains de blé purs (**Boukarboua et Boulkroun, 2016**).

I.5.1.2. Le conditionnement

Les grains de blé sains sont humidifiés pour assouplir les enveloppes afin d'éviter leur fragmentation et faciliter leur séparation. Il réduit aussi la dureté de l'albumen pour favoriser sa réduction en farine sans endommager les granules d'amidon et conserver la valeur boulangère des farines (**Feillet, 2000**).

Le blé dite conditionner repose de 24 à 48 heures dans des boisseaux à blé propre avant d'être moulus.

I.5.1.3. La mouture

Théoriquement on peut résumer la mouture de blé en deux phases :

- Séparer l'amande farineuse du son et du germe.
- Réduire cette amande en granules suffisamment fins. (**Godon et Willm, 1991**).

❖ Les étapes de la mouture

• Broyage

C'est l'opération de réduction de la dimension par mise en jeu d'énergie mécanique (**Bourson, 2009**), Ou le grain passe entre de gros cylindres métalliques, qui ont remplacés les meules D'autrefois. De multiples passages dans ces cylindres aux cannelures de plus en plus fines Permettent de séparer l'enveloppe et l'amande. À chaque broyage, des tamis perfectionnés ou plansichters, séparent les produits et les classent selon leur taille.

• Claquage

Il s'agit d'une réduction des semoules de froment opérée par des cylindres lisses pour broyer les particules encore plus finement (**Bourson, 2009**).

• Convertissage

Ultime opération de plusieurs passages dans une série de cylindres lisses pour obtenir des produits fins jusqu'à la farine. C'est aussi le mélange des différentes farines obtenues à chaque étape de la mouture (farine de broyage, de claquage et de convertissage) qui donne la farine panifiable utilisée par le boulanger (**Boukarboua et Boulkroun, 2016**).

• Conditionnement des produits fini

On entend par là, la masse en sac du produit de la mouture, son et farine, cette dernière est stockée dans des cellules du produit fini, puis diriger vers des cellules tampons qui précèdent la station d'ensachage ou s'effectue l'opération de mise en sac par pesage automatique et fermeture des sacs par des machines à fille ou à coudre (**Doumandji et al, 2003**).

I 5.2. Les produits issus des différents passages de la mouture :

- Farine : ce sont de très fines particules résultant de la réduction de l'amande, ce sont les principaux produits de la mouture dont la taille est de 15 à 200 μm .
- Semoule : morceaux d'amande pure ou pouvant contenir un faible pourcentage d'enveloppes, avec une taille variant de 250 à 1000 μm .

- Gruaux : ce sont de fines parties de l'amande du grain, de taille intermédiaire entre les fines semoules et la farine qui résultent du travail des cylindres lisses.
- Semoules bises : grosses particules de l'albumen auxquelles adhèrent des fragments d'enveloppe.
- Remoulages : produits intermédiaires entre les fines enveloppes du grain et de la farine. Ils se divisent en remoulages blancs et bis, ces derniers sont très proches de l'enveloppe du grain.
- Fins sons : représentés par une fine pellicule d'enveloppe de 0,99 à 0,15 mm d'épaisseur et de 0,5 à 1 mm de côté.
- Gros sons : représentés par une large pellicule d'enveloppe de 0,09 à 0,15 mm d'épaisseur et de 1 à 5 mm de côté.
- Germe : partie du grain servant à sa reproduction (**Bourson, 2009**).

Chapitre II
Farine et
panification

II.1. La farine

II 1.1. Définition

Selon le Décret exécutif n° 91-572 du 31 décembre 1991 :

La dénomination « farine » ou « farine de panification » sans autres qualificatif, désigne la farine de blé tendre *Triticum aestivum*. La farine de panification est le produit de mouture de grains de céréales aptes à la panification, et est préalablement nettoyé, sans autre modification que la soustraction partielle ou totale des germes et des enveloppes.

Généralement la farine est constituée de morceaux de cellules de l'albumen de granules d'amidon, de protéines, de parois cellulaires et fragment d'enveloppes de grain (**Bourson, 2009**).

La farine est produite par les moulins appelés aussi minoteries. Elle provient principalement de l'amande du grain de blé tendre (le blé étant aussi appelé froment) que l'on a écrasée selon un procédé de fabrication précis : la « mouture ». Deux opérations répétées sont nécessaires pour transformer l'amande en farine, en éliminant au maximum les enveloppes : l'écrasement, qui est composé du broyage, du claquage et du convertissage, et le tamisage appelé aussi blutage. (**Cabrol, 2006**).

II.1.2. Composition chimique de la farine

Les différents constituants de la farine sont illustrés dans le tableau suivant (**Godon 2002**).

Tableau 2: Composition biochimique de la farine (Godon 2002).

| Constituants | compositions |
|------------------------|-------------------|
| L'eau | 14 à 16 % |
| Matières azotées | 9 à 12% |
| Matières minérales | 0,50 à 0,60% |
| Matières grasses | 1,30 à 1,50% |
| Sucres simples | 1 à 2% |
| Amidon | 65 à 70% |
| Matières cellulosiques | Trace |
| Vitamines | du groupe B- et E |

- **L'eau**

La teneur en eau varie entre 14 à 16 %, c'est ainsi que dans les transactions commerciales et selon la campagne céréalière la teneur en eau est sanctionnée par des réactions sur prix. (**Calvel, 1980**).

- **Les glucides**

A-Les petites molécules glucidiques

Du point de vu pondéral ce sont des composés mineurs mais leurs importances technologiques sont grandes car ce sont des sucres fermentescibles et assimilables par les microorganismes : glucose, fructose, saccharose, maltose. (**J.Pylere, 1988**).

- **L'amidon**

Il représente 60 à 65% du poids du grain, c'est un polymère du glucose. Cet amidon (par proportions moyennes chez le blé d'après **Michel-Roussel (1998)** est constitué de :

- Amylose (chaines non ramifiées 23%).
- Amylo-dextrines (chaines ramifiées 77%). (**P.S.Belton, 1999**).

- **Protéines**

La teneur en protéines des farines de blé destinées à la fabrication des produits de cuisson à base de céréales varie de 7 à 15 %. 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 (**Guinet et Godon, 1994**).

Ces protéines sont classées selon (**Godon, 1991**), d'après leur solubilité en :

- Albumines solubles dans l'eau
- Globulines solubles dans les solutions salines
- Gliadines solubles dans les solutions alcooliques
- Gluténines solubles dans les solutions diluées d'acides ou dans les solvants organiques

Les albumines et les globulines, ou protéines solubles, sont constituées par un nombre important de protéines possédant, en général, des activités biologiques telles que les activités enzymatiques, mais elles ont peu d'intérêt technologique (**Godon, 1991**). Elles sont utilisées en partie par la levure comme nutriment. En combinaison avec les sucres, elles participent, avec les peptides formés au cours de la fermentation, à la réaction de Maillard qui donne une partie de sa coloration à la croûte du pain (**Guinet et Godon, 1994**).

Par contre, les gliadines et les gluténines associées forment le gluten qui se présente sous la forme d'une gomme douée de propriétés viscoélastiques, possédant une structure réticulée due aux nombreuses liaisons qui s'établissent entre les éléments protéiques. Ses propriétés viscoélastiques sont à l'origine de l'aptitude du blé à donner du pain (**Godon et Willm, 1994**).

Les gluténines semblent jouer un rôle essentiel dans la structure du gluten à cause de leurs propriétés agrégatives. Elles développent une surface sur laquelle de nombreuses liaisons non covalentes peuvent apparaître avec des gliadines ou d'autres gluténines (**Godon, 1991**).

Les molécules de gluténines s'unissent les unes aux autres principalement par des ponts disulfures et forment de longues chaînes linéaires, avec peu de ramifications, les molécules de gliadines viennent s'y associer d'une manière plus lâche, grâce à des liaisons non covalentes. Les propriétés rhéologiques de ce réseau, notamment lors du travail de la pâte par les boulangers, s'expliqueraient:

Pour l'élasticité, par la résistance des longues chaînes de gluténines, elle-même dépendante du nombre et du degré d'intensité des ponts disulfures et des liaisons entre radicaux sulfhydriles.

Pour la viscosité et l'extensibilité, par le glissement des molécules les unes sur les autres, mouvement que favorisent les gliadines peu solidement agrégées (**Dacosta, 1986**).

- **Les matières minérales**

Les matières minérales du blé sont des constituants mineurs de l'ordre de 1.6 à 2%. La répartition de la teneur en matières minérales étant différente entre les enveloppes (le son) et l'amande farineuse, cette différence permet de déterminer la pureté des farines c'est-à-dire la quantité de particules de son dans celle-ci.

Le taux de cendres d'une farine dépend à la fois du taux d'extraction et de la minéralisation des grains passés en mouture. Il s'obtient par incinération d'un échantillon dans un four électrique dont la température est réglée à 900°C (**Guinet et Godon, 1994**).

- **Les vitamines**

Les vitamines sont des substances indispensables à l'organisme, et la farine est un produit qui contient une quantité non négligeable, mais ces substances sont fragiles à la chaleur donc en partie détruite à la cuisson. (**L.Le goff, 1997**).

- **Les enzymes**

Les enzymes sont présents dans la farine et d'autres sont additionnées :

–L' α amylase :

C'est une enzyme qui coupe les chaînes glucidiques au hasard, et induit une libération des dextrines et une chute rapide de la viscosité de la pâte.

–La β amylase :

La farine est riche en β amylases, qui attaque les extrémités d'une chaîne glucidique, en détachant le maltose, provoquant l'abaissement progressif de la viscosité du milieu.

–La lyxogénase :

Est une enzyme qui oxyde les lipides, elle oxyde les acides gras insaturés libres non estérifiés qui correspondent aux acides gras essentielles (**Popineau, 1992**).

II.1.3. Les types de farines :

La vente des farines doit faire apparaître leur type. La classification des farines est fonction de leurs teneurs en cendres (tableau 3). 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.

Tableau 3: Classification des farines par type (Langraf 2002)

| Types de farine | Teneur en cendres ou matières minérales (% ramené à la matière sèche) | Taux d'extractions moyennes (% farine), mouture sur cylindres | Aspect des farines |
|-----------------|---|---|--------------------|
| 45 | < 0,50 % | 70-75 | Blanche |
| 55 | 0,50 % à 0,60 % | 75-80 | Blanche |
| 65 | 0,62 % à 0,75 % | 78-83 | Blanche |
| 80 | 0,75 % à 0,90 % | 82-86 | Bise |
| 110 | 1,00 % à 1,20 % | 87-90 | Bise |
| 150 | > 1,40 % | 90-98 | Complète |

Le chiffre du type indiquant le poids en gramme du résidu minéral contenu dans ces 100 grammes de farine. Il existe un certain nombre de type de farine bien déterminée (**Langraf, 2002**).

T45 : Farine blanche utilisée pour la pâtisserie.

T55 : Farine utilisée pour le pain de campagne.

T65 : Farine blanche sert à faire le pain de campagne, ou tout autre pour dit tradition Généralement issue de l'agriculture biologique cette dernière ne contient pas d'acide Ascorbique (vitamine C).

T80 : Farine bise au semi complète utilisée couramment dans les boulangeries biologiques sert à faire le pain semi complet.

T110 : Farine complète.

T150 : Farine intégrale est utilisée pour la fabrication du pain complet (**Langraf, 2002**).

II.1.4. La qualité des farines

La qualité d'une farine dépend de son utilisation future et il n'existe pas sur le marché une mais des qualités de farines, cette dernière par son aptitude à donner un bon produit fini, dans le cas de pain, c'est une farine qui permet d'obtenir du bon et du beau pain. (**Godon et William, 1991**).

D'après **Lockwood (1950)** les farines spéciales sont :

➤ Farine complète

La véritable farine complète contient la totalité du grain de blé mais elle fournit un pain grossier et indigeste. La farine complète est généralement extraite vers 95 % après élimination de 5 % du son grossier. Elle donne un pain de faible volume, parce que les grosses particules de son empêche une bonne rétention des gaz au cours de la panification (**Lockwood, 1950**).

➤ Farine entière

Une farine complète dont on a éliminé une certaine proportion de son devrait être appelé plus exactement farine entière mais leur couleur sont très différentes et leurs taux d'extraction varie (de 85 à 95 %) (**Lockwood, 1950**).

➤ Farine de biscuiterie

Les farines de biscuiterie sont d'ordinaire fabrique à partir de blé très tendre et peut glutineux, les variétés qui convient le mieux sont les blés anglais, les farines doit être très fines, elles doivent contenir peu de gluten et être très extensible. L'humidité doit être assez importante pour la plupart des types de biscuites (**Lockwood, 1950**).

➤ Farine de pâtisserie

Les farines de force moyenne où supérieur conviennent à la pâtisserie, les farines pour cakes à aération chimique doivent être fabriquée à partir des blés australiens, anglais et des blés de côté américain du pacifique où à l'aide des blés de force Moyennes où faible extraction a fine granulation, on préfère des farines tirées à faible extraction à fine granulation (**Lockwood, 1950**).

II.1.5. Caractéristiques d'une farine panifiable

D'après les dispositions du décret N°91-572 de 1991 relative à la farine et au pain, la farine de panification est le produit de la mouture de grains de céréales aptes à la panification et préalablement nettoyés, sans autre modification que la soustraction partielle ou totale des germes et enveloppes. Les spécifications techniques de cette farine sont les suivantes :

- La teneur en eau doit être inférieure ou égale à 15.5% . : elle constitue une condition importante pour la bonne conservation des farines et intervient dans le taux d'hydratation des pâtes et dans leurs caractéristiques rhéologiques.
- L'indice de chute entre 180 et 280 sec.
- Le rapport de configuration P/L entre 0.45 et 0.65.
- L'indice de Zeleny de 22 à 30.
- Travail de déformation W est égale à 180. (**Calvel, 1980**).
- L'acidité grasse varie avec l'état de conservation et le taux d'extraction de la farine.

L'acidité de la farine de nature récente est voisine à 0,025. Elle s'élève progressivement jusqu'à 0,050. Les qualités plastiques du gluten se modifient, les propriétés mécaniques des pâtes décroissent, ces dernières devenant courtes et grasses. (**Jacomain, 1982**).

Une farine panifiable est également caractérisée par sa valeur boulangère qui est son aptitude à donner du pain bien levé, de bel aspect, et une structure fine et régulière et la saveur sont agréables.

Cette valeur boulangère dépend de trois facteurs:

- La production gazeuse (phénomène biochimique)
- La rétention gazeuse (phénomène mécanique).
- Le pouvoir d'hydratation de la farine. (**Jacomain, 1982**).

II.2. La panification

II.2.1 Définition de la panification

La panification est l'ensemble des transformations physiques, de réactions chimiques et d'activités biologiques complexes se produisant au sein d'un mélange de farine, d'eau, de sel, de levure et parfois de quelques autres ingrédients (acide ascorbique, farine de fève, enzyme exogènes, émulsifiants...) sous l'action d'un apport contrôlé d'énergie mécanique et thermique (**Ladraa, 2012**).

Pour obtenir du pain, il faut au départ trois composants dont l'action est complémentaire et indissociable qui sont l'amidon qui fournit les sucres, le gluten qui forme le fin réseau élastique et assure la cohésion de l'ensemble et en fin la levure qui produit, comme son nom l'indique, la levée et l'allègement de la pâte (**Mosiniak, 2018**).

II.2.2 Caractérisation des produits de panification

II.2.2.1 Définition du pain de consommation courante

Les usages définissent le pain de consommation comme le produit obtenu par la cuisson d'une pâte composée de farines panifiables, de levure ou de levain, d'eau et de sel. Des additifs autorisés peuvent aussi être employés dans son élaboration. Les ingrédients qui le composent sont décrits ci-après.

Le « pain », sans autre qualificatif, est élaboré à l'aide de farines de blé panifiables, de type T 45, T 55 ou T 65. Il peut être vendu sous les formes traditionnelles : « baguette, flûte, bâtard... » Qui valent dénomination générique de vente. (**Langraf, 2002**).

II.2.2.2. Les principaux composants du pain

- **La farine**

La farine est la principale matière première dans la fabrication du pain, car elle module les caractéristiques spécifiques des produits de boulangerie (**Feillet, 2000**). Parmi les farines de céréales, celle du blé est unique dans sa capacité à former de la pâte panifiable lorsqu'elle est mélangée à de l'eau, car les pâtes de blé ont la capacité unique de conserver le gaz produit lors de la fermentation (**Hutkins, 2006**). La composition spécifique de la farine est très importante à cause de son influence majeure sur la fermentation aussi bien que sur la structure physique de la pâte et du pain final (**Hutkins, 2006**).

- **La levure**

La levure de boulangerie est un champignon microscopique unicellulaire, qui a la particularité de vivre selon deux modes de respiration de pouvoir : en présence ou en absence d'air pour produire de l'eau, du dioxyde de carbone et de l'énergie ; ou en absence d'air pour produire de l'alcool éthylique, de dioxyde de carbone et de l'énergie par fermentation (**Delphine S. & al, 2016**). Elle se nourrit de glucose (principalement) et de fructose. Cette levure métabolise les sucres cibles fermentés (glucose, fructose, saccharose et maltose) dans des conditions anaérobies, produisant du dioxyde de carbone en tant que produit de rebut, lequel agit comme agent de levage et améliore le volume de la pâte. Les savoir-faire des levuriers interviennent donc pour une grande part dans la qualité et le goût du pain (**Hutkins, 2006**). La levure soutient également le réseau de gluten et la production de composés aromatiques (**Buche, 2011**). D'autres groupes de levure peuvent être employés pour des applications boulangères très spécialisées (*Saccharomyces rosei* et *Saccharomyces rouxii* pour les pâtes très sucrées par exemple), (**Delphine S. et al, 2016**).

- **L'eau**

L'eau est nécessaire à la préparation de la pâte (environ 30 g à 40 g d'eau pour 100 g de farine) et est responsable de sa fluidité (**Hutkins, 2006**). En panification, l'eau provoque le gonflement des grains d'amidon et l'assouplissement du gluten. Elle est nécessaire à l'activité des levures (autrement dit au développement de la fermentation panaire), (**Chancelle B. N., 2015**). Elle est utilisée pour la dissolution du sel et des sucres et aide à la dispersion des cellules de levure. L'eau est nécessaire pour l'hydrolyse de l'amidon et du saccharose. Elle est importante pour la gélatinisation d'amidon lors de la cuisson. L'eau ajoutée à la farine active les enzymes, entraîne la formation de nouveaux liens entre les macromolécules dans la farine et modifie les propriétés rhéologiques de la pâte (**Cauvain et Young, 2007**).

La quantité d'eau ajoutée est liée à la teneur en humidité et aux propriétés physico-chimiques de la farine (**Cauvain et Young, 2007 ; Gil et al, 1997 ; Hutkins, 2006**). L'effet positif de l'hydratation des pâtes est l'amélioration du moelleux de la mie de pain et une meilleure aptitude à la conservation. On constate de plus, un alvéolage plus irrégulier. Mais les pâtes molles (très hydratées) sont plus difficiles à travailler (collant, fragilité et moins bonne plasticité). La qualité de l'eau peut aussi avoir une influence sur le comportement des pâtes, notamment sur l'activité fermentative et la prise de force.

- **Le sel**

Depuis la fin du XVII^e siècle, le sel est d'usage courant et fait partie intégrante de la pâte destinée à la panification (**Brabant C., 2007**). Le sel est un inhibiteur des activités enzymatiques, incorporé en début de pétrissage, il ralentit l'activité des oxydases. Le sel employé est du chlorure de sodium (NaCl), dont le taux normal d'addition est de 2 g pour 100g de farine (**Hutkins, 2006**). Par ailleurs, lorsque le sucre est inclus, et spécifiquement avec une dose élevée, la concentration du sel peut être réduite à 1 % (**Cauvain & Young, 2007**). Le sel est donc considéré comme un ingrédient avec un rôle fonctionnel dans la production des pains.

- **Améliorants**

Ils sont utilisés dans les produits issus de panification afin de corriger les défauts de certaines farines, rendre plus constantes la qualité de celles-ci ou encore faciliter certains types de panification. Ils peuvent être d'origine naturelle ou de synthèse. Toutefois, leur utilisation est réglementée en termes de dose et d'étiquetage. Ils sont classés selon leur rôle technologique : adjuvants (gluten, malt, levure désactivée, farine de fève), additifs (acide ascorbique) et auxiliaires technologiques (enzymes). (**Langraf, 2002**).

Par exemple, un améliorant peut aider la pâte à lever (activation de la fermentation), assouplir la pâte, augmenter sa force, lui donner une meilleure couleur, ou lutter contre les problèmes bactériologiques. Les améliorants les plus utilisés sont classés dans le Tableau 4. (**Langraf, 2002**).

Tableau 4: Exemples de produits de substitution utilisés en panification (Roussel et Chiron, 2002).

| Catégorie | Exemples | Rôle |
|--------------------------------------|---|---|
| Produits d'oxydation et de réduction | Acide ascorbique | Augmente l'élasticité et diminue l'extensibilité de la pâte, améliore la machinabilité et la tenue des pâtons |
| | Glucose oxydase | Augmente la consistance de la pâte et diminue le collant |
| | Levure désactivée (glutathion) | Augmente le développement du gluten et l'extensibilité de la pâte |
| | Farine de fève et de soja | Action sur les réactions de coloration de la croûte et de la mie |
| Emulsifiants | Lécithines, E322 | Diminue de la porosité de la pâte |
| | Monoglycéride saturé, E471 | Augmente la régularité alvéolaire |
| | Esters diacetyl-tartriques de monoglycérides, E47 | Augmente le volume des pains |
| Produits enzymatiques d'hydrolyse | Farine de malt | Augmente l'activité fermentaire et la vitesse des réactions de coloration |
| | Hémicellulases | Augmente le volume des pains et la coloration de la croûte |
| | Lipases | Augmente le volume des pains et la régularité alvéolaire |
| Conservateurs | Acide sorbique et sorbates | Augmente la durée de conservation |
| | Acide acétique et acétates | Effet antimicrobien et propriétés organoleptiques |
| Gluten de blé | Gliadine, glutenines | Augmente la rétention gazeuse, la fixation d'eau et diminue le rassissement du pain |

II.2.3 Procédés de panification

II.2.3.1 Terminologie

Les explications sont présentées dans l'ordre chronologique des étapes de panification.

- **Pétrissage**

C'est l'étape la plus importante du processus de fabrication de pain. Elle est considérée comme l'étape clé permettant la fabrication d'une pâte lisse, homogène, tenace et viscoélastique (**Millar, 2006**). Durant cette étape, la pâte est soumise à des forces intenses d'extension, de compressions et de cisaillement (**Feillet, 2000**). La pâte va subir à la fois une déformation rotationnelle et élongationnelle ainsi qu'une rupture (**Jongen et al, 2003 ; Fetouhi, 2014**). La bonne conduite de cette première étape conditionne en effet la qualité du produit fini. La pâte est produite lorsque tous les ingrédients de la formule, introduits dans une séquence souhaitable, sont mélangés ensemble pendant une certaine durée pour obtenir une masse. Les principaux objectifs du pétrissage peuvent être regroupés en trois catégories (**Autio et Laurikainen, 1997**)

- L'homogénéisation qui permet la distribution uniforme et le contact intime des différents ingrédients de la pâte notamment les particules de la farine et l'eau.
- Le développement mécanique d'un réseau du gluten homogène au sein duquel les granules de l'amidon sont dispersés (**Don et al, 2005 ; Mehta et al, 2009**).
- L'aération de la pâte par l'incorporation de l'air sous forme de micro nucléosphériques. La présence de ces microbulles d'air permet la diffusion du gaz carbonique produit par les levures au cours de la fermentation, favorisant ainsi la bonne structuration alvéolaire de la mie du pain (**Mehta et al, 2009, Pareyt et al, 2011**).

Lorsque la pâte est mélangée à une quantité d'eau insuffisante, les protéines de gluten deviennent stressées, peu de liaisons disulfures sont brisées pour former des radicaux éthyles et les protéines de gluten sont partiellement dépolymérisées, ce qui entraîne une plus grande solubilité et une diminution de l'extractibilité des lipides (**Demiralp et al, 2000 ; Touyarou, 2011**).

- **Pointage**

Le pointage est le fait de laisser la pâte encore en masse quelques minutes en vue d'une 1^{ère} fermentation.

Le temps de pointage peut durer de quelques minutes à une heure et demie (**Touyarou, 2011**).

Il est plus long lorsque la pâte est douce (très hydratée), en l'absence d'additif, en présence de quantités de levures réduites ou de temps de pétrissage raccourci. Le temps de pointage est donc

en relation directe avec la méthode de pétrissage choisie et sert à pallier le manque (dans le pétrissage traditionnel) ou l'excès (dans le pétrissage intensifié) de force de la pâte (**Macauley et Ramadjita, 2015**).

Les effets de la fermentation panaire ne se résument pas à un simple gonflement de la pâte. En effet, au cours du pointage, trois phénomènes importants se produisent simultanément :

- Les propriétés rhéologiques de la pâte se modifient. Les caractéristiques mécaniques de la pâte sont donc largement dépendantes de cette étape (**Masytard, 1989 ; Toffalori, 1993**).
- Quelques minutes après la fin du pétrissage, tout l'oxygène de l'air emmagasiné est consommé et le métabolisme fermentaire prend le relais (**Zhou et al, 2002**). La pâte commence à lever (à pousser).
- De nombreux composés volatils, précurseurs d'arômes responsables de la flaveur du pain, apparaissent. L'arôme caractéristique des pains fermentés au levain est dû principalement à la production d'acides lactique et acétique par les bactéries lactiques et à leur activité protéolytique (**Guinet, 1994 ; Fetouhi, 2014**).

- **Le formage**

Le formage est la division de la pâte massive en pâtons de poids égal. Il interrompt la première fermentation. Cette étape est nécessaire pour assurer un poids de pain uniforme pour la vente. Mais, l'opération mécanique, assez brutale et rapide, entraîne une perte de souplesse de la pâte voire une dégradation de la structure formée au cours des étapes précédentes. C'est pourquoi, le dévisage est presque toujours suivi d'un boulage, qui permet de reconstituer cette structure (**Luc et al, 2012**).

- **Apprêt**

C'est la deuxième période de fermentation qui débute dès que le pâton est façonné et se termine à la mise au four. Durant l'apprêt, les pains sont maintenus dans une étuve sans subir aucun traitement mécanique. On optimise la fermentation en maintenant une température constante de 24 à 25 °C, ce qui garantit une humidité ambiante élevée des pâtons. En effet, durant cette phase,

Il est nécessaire d'éviter le dessèchement en surface des pâtons (croûtage), car celui-ci gêne leur bon développement (**Macauley et Ramadjita, 2015**).

C'est la dernière phase de repos pendant laquelle les pains se développent pour atteindre un volume jugé optimal : environ trois fois leur volume initial au formage. A ce stade, les levures jouent pleinement leur rôle d'agent de levée par métabolisme des sucres libérés par l'amidon et les

amylases. La levure fonctionne alors selon le mode fermentaire et génère ainsi du gaz carbonique et de l'alcool (**Sajot, 2008**).

• Scarification

Entre la fin de l'apprêt et la cuisson, le boulanger intervient une dernière fois sur le pâton. Il pratique à sa surface des coups de lame. On dit aussi grigner, lamer ou scarifier.

Donner des coups de lames au pâton présente un double intérêt. D'une part, il permet au dioxyde de carbone de s'échapper là où le boulanger le souhaite. Si ces incisions n'étaient pas pratiquées, le pain éclaterait à la cuisson de façon anarchique. D'autre part, dans l'esprit français, un bon pain est aussi un beau pain. Il y a donc une valeur esthétique non négligeable et l'on parle d'ailleurs de la signature du boulanger (**Langraf, 2002**).

• La Cuisson

La cuisson consiste à fixer la structure de la pâte, préalablement établie au cours du pétrissage et la fermentation, par son exposition à une haute température (généralement 250 °C) (**Fetouhi, 2014 ; Touyarou, 2011**). Au cours de l'étape de la cuisson, une série de transformations physiques, chimiques et biochimiques se produisent simultanément aboutissant au pain (**Sablani et al, 2002**).

En effet, les principales transformations sont l'expansion de volume du produit, la perte d'eau par évaporation, la formation d'une structure alvéolaire plus ou moins développée, la dénaturation des protéines (diminution de solubilité due à l'agrégation des protéines par le Renforcement des interactions avec l'augmentation de la température de la cuisson). La gélatinisation de l'amidon, le brunissement non enzymatique (réaction de Maillard) responsable de la couleur et de l'odeur du produit fini et puis tout ce qui concerne la formation de la croûte (la réticulation des protéines, la fusion des cristaux de graisse, la rupture des cellules gazeuses et parfois la fragmentation des parois cellulaires) (**Fetouhi, 2014 ; Mondal et Datta., 2008, Sablani et al, 2002**).

La panification est donc l'ensemble des étapes de la fabrication du pain, ponctué par des épisodes actifs (périodes de préparation et de travail de la pâte) et des épisodes passifs (périodes pendant lesquelles la pâte "travaille seul", se repose, fermente ou cuit), (**Inoue et al, 1992**).

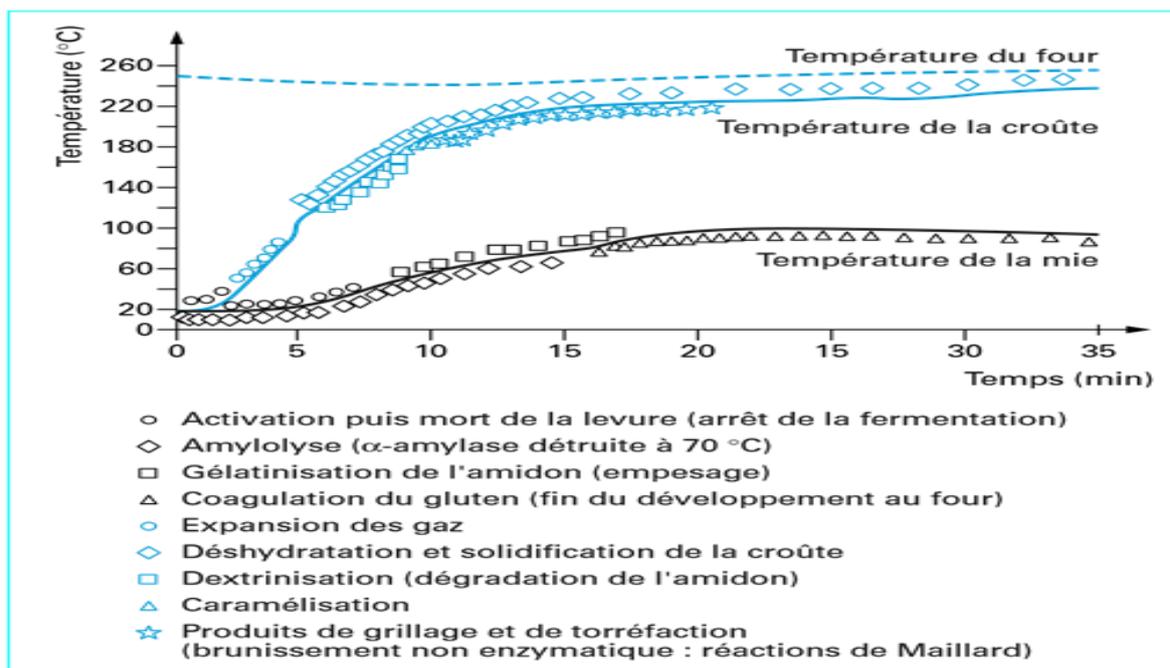


Figure 4: Transformations pendant la cuisson du pain (Langraf, 2002).

- **Ressuage**

Le ressuage correspond au refroidissement du pain. Il commence dès la sortie du four. À ce moment, la mie a une température d'environ 100 °C. Dans un premier temps, elle baisse rapidement en température, puis plus lentement. Au bout d'une heure, la température est stabilisée. Le ressuage se caractérise par un dégagement de vapeur d'eau et de dioxyde de carbone. Le pain perd alors environ 1 à 2 % de sa masse. Son volume diminue également. Des fêlures au niveau de la croûte peuvent être constatées (Langraf, 2002).

II.2.3.2. Techniques de fabrication

A. Travail en direct

C'est la méthode traditionnelle de fabrication du pain et la plus simple.

Les opérations décrites en avant s'enchaînent de la façon suivante : pétrissage – pointage – division – boulage – détente – façonnage – apprêt – cuisson.

On distingue cependant trois types de pétrissage :

- le pétrissage lent se fait entièrement en petite vitesse du pétrin (autour de 40 tr/min pour un pétrin à axe oblique). Il dure en moyenne de 10 à 14 min ;

- le pétrissage amélioré comprend une période de frassage en petite vitesse de 3 à 5 min environ puis un pétrissage en grande vitesse (autour de 80 tr/min pour un pétrin à axe oblique) de 10 à 12 min généralement.

— enfin, le pétrissage intensifié s'effectue avec un frasage de 3 à 5 min en petite vitesse et un pétrissage en grande vitesse plus long, entre 18 et 22 min en moyenne. (Langraf, 2002).

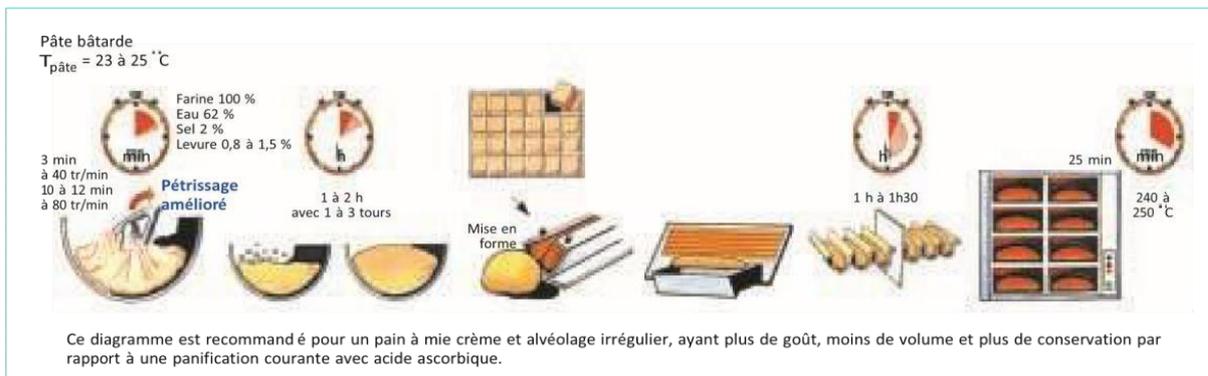


Figure 5: Diagramme de fabrication type du travail en direct avec un pétrissage amélioré (Langraf, 2002).

B. Fermentation contrôlée

La fermentation contrôlée, ou pousse contrôlée, est la technique qui permet de différer dans le temps la phase de fermentation. Le boulanger peut aussi utiliser le blocage pour décaler encore le départ de la fermentation. On distingue donc la pousse contrôlée lente et la pousse contrôlée bloquée. Cette technique est rendue possible par des matériels spécifiques, les chambres de fermentation contrôlée.

Dans le cas de la pousse contrôlée lente, le pâton façonné pousse lentement à faible température avant la cuisson. La fermentation du pâton s'opère entre 10 et 12 °C. La durée de la pousse peut être diminuée ou augmentée par variation de la dose de levure et de la température de la chambre, tout en sachant qu'elle ne peut pas excéder 18 h.

Dans le cas de la pousse contrôlée bloquée, le pâton façonné est bloqué pendant 24 à 48 h. Le blocage s'effectue à une température entre 2 et 4 °C. Dans ces conditions, la fermentation est arrêtée. La pousse ne reprendra que lorsque la température de la chambre sera plus élevée. Pour cela, il suffit de la programmer (5 h à 18 °C par exemple). La réactivité est donc moindre que dans le cas précédent.

En pousse lente, on puise dans le stock. En pousse bloquée, il convient de programmer la fermentation avant chaque cuisson. Dans les deux cas, l'opérateur final doit être capable d'enfourner au moment opportun.

Avec cette technique, on utilise une farine normale, renforcée avec de l'acide ascorbique et du gluten, pour maintenir la structure du pâton. L'emploi d'E471, qui évite la formation des croûtes

et des pustules, peut s'avérer nécessaire dans le cas d'une pousse contrôlée bloquée sur de longues périodes. (Langraf, 2002).



Figure 6: Diagramme de fabrication type de la pousse contrôlée lente (Langraf, 2002)



Figure 7: Diagramme de fabrication type de la pousse contrôlée bloquée (Langraf, 2002)

C. Précuit

La technique du précuit est très simple. Le pain est réalisé selon le diagramme de panification habituel. Par contre, la cuisson est, dans un premier temps, inachevée, mais suffisante pour

Obtenir un pain rigide, qui est conservé un jour à température ambiante ou une semaine au surgélateur. La cuisson finale qui forme et colore la croûte s'effectue juste avant la vente.

Cette technique a un avantage indéniable quand il faut répondre à une demande inhabituelle. Il suffit de sortir le pain précuit surgelé ou frais et de le passer au four, le temps de réactivité est de 30 min environ.

Pour travailler en précuit, il faut travailler avec une pâte plus ferme et il convient d'écourter l'apprêt. Il est également nécessaire de majorer les masses habituelles des pâtons de 3 %, pour compenser la déshydratation supplémentaire liée aux deux cuissons. Enfin, il vaut mieux effectuer la cuisson finale avec 10 à 20 °C de moins que d'habitude, pour limiter le dessèchement et placer de préférence les pains précuits dans des filets de cuisson profonds pour éviter leur affaissement.

La figure 11 illustre le diagramme de fabrication associé au « précuit » pour la baguette de campagne. (Langraf, 2002)



Figure 8 : Diagramme de fabrication type de baguettes de campagne précuites (Langraf, 2002)

D. Cru surgelé

Cette technique utilise la surgélation de la pâte, après qu'elle ait été pétrie, divisée et façonnée. Le pâton est alors surgelé pendant plusieurs semaines. Après décongélation, il est mis à pousser classiquement. Le cru surgelé est surtout utilisé par les terminaux de cuisson qui sont approvisionnés en pâtons crus surgelés, cette technique demande notamment une farine exigeante en terme de qualité.

Elle doit avoir une force supérieure à celle d'une farine classique et un pouvoir d'hydratation plus élevé. (Langraf, 2002)



Figure 9 : Diagramme de fabrication type de « cru façonné surgelé » (Langraf, 2002)

II.2.4. Rassisement du pain

➤ Pendant le pétrissage de la pâte et lors de la cuisson, une partie de l'amylose est extraite des granules d'amidon. Au cours du refroidissement qui suit immédiatement, cette amylose cristallise, ce qui caractérise le pain frais.

➤ Le rassisement correspond, d'une part, au transfert de l'eau de la mie (humide) vers la croûte (sèche), entraînant une perte du croustillant du produit et, d'autre part, à un échange avec l'atmosphère extérieure.

- La cristallisation de l'amylose peut être inhibée par l'addition d'agents émulsifiants tels que les monoglycérides ou les glycolipides qui complexent l'amylose et donnent un pain de texture très molle. Ces produits n'ont que peu d'effet sur le rassissement ultérieur du pain et le vieillissement correspond à un durcissement (cristallisation de l'amylopectine) qui peut être ralenti par la congélation.
- Pendant la cuisson, la température interne du pain n'excède pas 98 °C, ce qui explique que les activités α -amylasiques ne soient pas totalement inhibées. D'où l'intérêt de l'emploi des amyloses bactériennes qui réduisent la taille moléculaire
- Des fractions d'amylose et d'amylopectine et, par conséquent, la sensibilité à la cristallisation. La différence de cette technique, par rapport à l'emploi des monoglycérides, est que la dose d' α -amylase doit être calculée de manière très pointue,

Car son emploi en excès conduit au problème technologique de mies collantes. (Langraf, 2002)

II.2.5. Aspects sensoriels

Au sortir de la Seconde Guerre mondiale, les consommateurs ont plébiscité des pains développés, à la mie fine et blanche. Depuis quelques années de nombreuses méthodes, anciennes pour la plupart, ont été remises au goût du jour.

Elles aboutissent toutes à l'obtention d'un pain moins développé, à la mie moins blanche et plus alvéolée et ayant surtout plus de goût. Ces pains répondent à un souhait des consommateurs pour des produits rustiques, plus naturels et avec un caractère gustatif supérieur.

On a identifié 250 composés volatils dans l'arôme du pain. Toutefois, seules quelques substances aromatiques importantes engendrent un arôme typique, même à de très faibles concentrations.

Deux processus fondamentaux interviennent dans l'élaboration de l'arôme caractéristique du pain : la fermentation de la pâte et le processus de cuisson.

Quant au goût du pain, l'appréciation est souvent subjective. On dispose en effet de peu de mesures systématiques de la perception des qualités organoleptiques des différents pains, qui peuvent varier d'une fabrication à une autre.

Les effets sur le goût liés à la variation d'un certain nombre de paramètres, comme le degré de pétrissage, sont assez bien contrôlés. D'autres influences, comme la réduction ou la suppression des temps de pointage, le sont beaucoup moins. Et une partie de ces facteurs, comme l'emploi de levain naturel, le sont très rarement.

En l'absence d'étude exhaustive, l'expérience permet de lister les facteurs et de rappeler leur influence relative :

— la farine est le premier facteur, selon ses caractéristiques de taux de cendres et de teneur en protéines.

— le levain et la pâte fermentée peuvent avoir différents niveaux d'acidité, qui donnent dans l'ensemble des pains plus goûteux, le levain apportant très spécifiquement le goût acide.

— le type de levure et la dose utilisée ont un effet direct sur la fermentation, donc sur le goût. On observe généralement que la note aromatique n'est détectée qu'entre 3 et 6 % de levure.

— le chlore freine l'action de la levure, tandis que le calcium favorise la tenue de la pâte en aidant le gluten à mieux se conformer. Ces deux éléments se trouvent en quantités variables dans l'eau.

— la pureté du sel ne semble pas entrer significativement en ligne de compte. En revanche, son dosage et le moment de son incorporation sont importants.

Rappelons que le sel freine l'action des lipoxygénases et par conséquent, son incorporation tardive favorise l'oxydation de la pâte en dénaturant le goût.

— l'acide ascorbique a en soi peu d'influence sur le goût du pain.

— la fermentation est nécessaire à la constitution des stades primaires de l'arôme et du goût. Le temps et la température jouent un rôle important en la matière.

— le pointage, trop négligé dans les diagrammes de fabrication actuels, permet de démarrer très tôt le processus de fermentation. Il favorise l'élaboration de pains ayant du goût.

— la mécanisation du travail des pâtes a pour conséquence un endommagement du réseau glutineux et un dégazage parfois excessif des pâtons, d'où une structure de mie régulière et serrée ayant une incidence sur la texture et la mâche finale du pain.

Dans les qualités organoleptiques d'un pain, celles de la mie sont souvent mises en avant.

Les substances aromatiques, elles, se développent généralement sous l'action de la chaleur, lors de la cuisson et surtout dans la partie qui forme la croûte (caramélisation, réaction de Maillard) (**Langraf, 2002**).

Partie

Expérimentale

Chapitre I
Matériels
Et Méthode

I. Matériels et méthodes

I.1. Matières premières

Les Cinq variétés locales cultivées dans la wilaya de Guelma qui ont fait l'objet de cette présente étude soit la variété Ain abid ; Boumerzoug ; Akhamoukh ; Massine ; Tidis. Nous avons été fournies par l'ITGC (l'Institut Technique des Grandes Cultures) préservées dans des sacs de papier de 1kg, la période de production de ces variétés est l'année 2020 2021.

I.2. lieu de stage

Notre travail a été effectué au niveau de l'ITGC, parallèlement à l'OAIC consiste à étudier les caractéristiques technologiques et physico chimiques de cinq variétés de blé tendre cultivées en Algérie (Ain abid, Boumerzoug, Akhamoukh, Massine, Tidis) dans le but de faire ressortir la meilleure variété selon son aptitude à la panification.

La démarche d'étude a été la suivante :

- Déterminer les caractéristiques physicochimiques et technologiques des variétés étudiées.
- Réaliser la mouture d'essai des variétés de blé et déterminer le taux d'extraction de la farine produite.
- Déterminer les caractéristiques rhéologiques des farines (essai à l'alvéographe Chopin).
- En dernier le test direct (la panification) pour bien évaluer l'aptitude à la panification des variétés étudiées.

I.3. Méthodes d'analyses

❖ Analyses physico-chimiques des grains de blé tendre

- La teneur en eau
- Le poids de 1000 grains (PMG)
- Le poids spécifique (PS)

❖ Mouture d'essai

❖ Analyses technologique des farines

- Indice de sédimentation de Zeleny
- La teneur en protéines
- Taux de cendres
- Dosage de gluten humide
- Dosage de gluten sec
- Indice de chute
- Essai a l'alvéographe Chopin

❖ **Essai de panification**

Les échantillons de blé et des farines ont été analysés selon une méthode qui prend en compte les éléments cités dans le tableau suivant :

Tableau 5: analyses effectués sur grains et/ou farines

| Analyse | Grain | Farine | Méthode |
|-----------------------------------|-------|--------|--|
| La teneur en eau | × | × | NF.ISO 712, janvier, 2010 |
| Le poids de 1000 grains (PMG) | × | | NLISO-520, 1977 |
| le poids spécifique (PS) | × | | NI. 2019, ISO 7971-3 |
| Indice de sédimentation de Zeleny | | × | NF. ISO 5529, Novembre 2007 |
| la teneur en protéines | | × | NF. ISO 20483,2013 |
| Taux de cendres | | × | NI.ISO 2171, 2007 |
| Dosage de gluten | | × | NA.735, 1991, ISO5531 |
| Indice de chute | | × | NI. ISO 3093,2009 |
| Essai a l'alvéographe Chopin | | × | NI .ISO27971, 2015 |
| Essais de panification | | × | Afnor 2002 |

I.3.1. Détermination de la teneur en eau (NF ISO 712, janvier, 2010)**❖ Principe**

Réalisation d'un broyage éventuel d'un échantillon après conditionnement si nécessaire, séchage d'une prise d'essai à une température entre 130°C et 133°C, dans des conditions permettant d'obtenir un résultat concordant avec celui qui obtenu avec méthode de référence.

❖ Appareillage

- Balance analytique, capable de peser avec une précision de $\pm 0,001$ g.
- Broyeur
- Capsules métalliques
- Spatule vibrante
- Etuve isotherme : chauffage électrique (130°C à 133°C)
- Dessiccateur

❖ Mode opératoire

- Peser à 1mg près, $5g \pm 1$ de l'échantillon pour essai et les verser dans une capsule métallique.
- Introduire la capsule ouverte contenant la prise d'essai et les couvercles dans l'étuve pendant 2h (90 min dans le cas des farines)
- Retirer la capsule de l'étuve, la couvrir et la placer dans le dessiccateur
- Laisser refroidir les capsules durant 30 min, les peser à 1mg près

❖ Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en pourcentage en masse du produit tel que et égale à :

$$H\% = \frac{(m1 + m0 - m2) * 100}{m0}$$

Où :

H% : la teneur en eau en pourcentage

m_0 : la masse en gramme de la prise d'essai ($5g \pm 1$)

m_1 : la masse en gramme de la capsule

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

I.3.2. Détermination de la masse de 1000 grains (NI.ISO-520, 1977)

❖ Définition

Masse de 1000 grains tels quels : Masse de 1 000 grains avec teneur en eau existant au moment de la détermination.

Masse de 1000 grains sur sec : masse de 1000 grains corrigée pour tenir compte de leur en eau existant au moment de la détermination.

❖ Principe

Pesé 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

- Appareil à diviser (si nécessaire).
- Appareil approprié pour le Comptage des grains (par exemple compteur photoélectrique). À défaut d'appareil approprié, le comptage Pourra Être manuel.
- Balance, précise à 0.01 g.

❖ Mode opératoire

Détermination de la masse de 1 000 grains tels quels :

- Prélever au hasard une quantité approximativement égale à la masse de 500 grains de l'échantillon tel quel et le peser à 0,01 g près. Sélectionner les grains entiers, peser le reste à 0,01 g près et en déduire par différence la masse des grains entiers, puis compter ces derniers.
- Effectuer chaque fois deux essais sur le même échantillon.

Détermination de la masse de 1 000 grains tels quels Sur sec :

Si l'on veut obtenir la masse de 1 000 grains sur sec, déterminé, sur un échantillon séparé, la teneur en eau des grains entiers, exempts d'impuretés, selon la méthode pratique spécifier dans l'ISO/R712.cette méthode, cependant ne s'applique qu'aux céréales. Dans le cas des légumineuses, utiliser une méthode de séchage dont la température ne dépasse pas 105 ° C.

❖ Expression des résultats

Mode de calcul et formules

Les résultats sont exprimés en gramme : la masse de 1000 grains par rapport à la matière sèche.

$$\text{PMG/MS} = m * \frac{100-H\%}{100}$$

Où :

PMG/MS : la masse de mille grains entiers par rapport à la matière sèche en gramme

PMG : la masse de mille grains entiers en gramme

MS : taux de matière sèche

m : la masse des milles grains

H : la teneur en eau des grains en pourcentage

I.3.3. Détermination de la masse volumique dite la masse à l'hectolitre (NI, 2019, ISO 7971-3) PS

❖ Principe

La masse à l'hectolitre d'une céréale s'obtient par la masse d'un volume de céréale, déterminée dans des conditions contrôlées de remplissage et d'écoulement de l'échantillon la masse à hectolitre peut être affectée par : l'espace vide intercalaire tributaire de la taille et de la forme des grains la densité des grains.

❖ Appareillage

Instrument de mesure à fonctionnement manuel. Appareil constitué d'une trémie de remplissage, d'un récipient mesureur et des accessoires nécessaires à leur utilisation.

- Niveau à bulle.
- Balance analytique, d'une précision de lecture de 0.1 g ou 0,01 g, suivant le volume du récipient

❖ Mode opératoire

Les mesurages sont réalisés sur du grain duquel les impuretés de grande taille ont été éliminées (paille, pierre, grandes quantités de balles en vrac, etc.), dans des conditions d'environnement telles qu'il n'y ait pas de différence de température entre le grain et le local d'essai.

Effectuer la détermination de la masse à l'hectolitre en double. Pour tous les appareils et pour chaque échantillon, il est souhaitable de faire les deux mesurages sur deux prises d'essai de grains différentes, lorsque la taille de l'échantillon le permet.

Instruments à fonctionnement manuel

- Vérifier que les différents éléments constituant l'instrument sont propres et en état de fonctionnement.

- S'assurer que le récipient mesureur muni du dispositif de remplissage est installé sur une base ferme et plane dont on aura vérifié l'horizontalité à l'aide d'un niveau à bulle.
- Prendre soin d'éviter tout choc durant le remplissage. Si l'appareil est secoué, annuler l'essai et le recommencer

❖ Expression des résultats

- Prendre la moyenne arithmétique des deux déterminations comme résultat si les conditions de répétabilité sont remplies.
- Exprimer le résultat à 0,1 kg/hl près.

I.3.4. Essai de mouture

La mouture est réalisée après 24-48h de temps de repos selon le taux d'humidité des blés (H%) :

Si (H%) est inférieure à 13 % :48h de conditionnement

Si (H%) est supérieure à 13 % :24h de conditionnement

Cette mouture est réalisée sur moulin Brabender, elle consiste en une série d'opération de broyage entre cylindre, trois fraction sont obtenus :

- Le son
- La farine de broyage
- Le remoulage

❖ Appareillage

- Appareil de conditionnement « Chopin »
- Boite pour conditionnement (1kg de capacité)
- Balance
- Entonnoir
- Moulin « Brabender »

❖ Expression de résultats

Calcul de la quantité d'eau ajouté pour le conditionnement des blés est réalisé selon la relation suivante :

$$Q_{\text{eau}} = \frac{16 - H_{\text{blé}}}{100 - 16} * M_{\text{blé}}$$

Q_{eau} : la quantité d'eau ajoutée pour le conditionnement en ml.

$H_{\text{blé}}$: la teneur en eau du blé en %.

$M_{\text{blé}}$: Quantité de blé mise en mouture en g.

Taux d'extraction

Le taux d'extraction est calculé selon la relation suivante

$$\text{Taux d'extraction} = \frac{M_f}{M_{blé}} * 100$$

Où :

M_F : quantité de farine obtenue.

$M_{blé}$: quantité de blé mis en œuvre en mouture.

Bilan de mouture

Le bilan de mouture est calculé selon la relation suivante :

$$BM = \frac{T_2 * 100}{T_1}$$

Où :

BM : bilan de mouture en %

T_2 : masse totale des produits de mouture en g.

T_1 : masse totale mise en mouture en g.

$$T_1 = M_b + M_e$$

$$T_2 = M_f + S + R$$

M_b : masse de blé en g.

M_e : quantité d'eau ajoutée en ml.

M_f : masse de farine extraite de moulin en g.

S : masse de son en g.

R : masse de remoulage en g.

I.3.5. Indice de sédimentation « test de Zeleny » (NF ISO 5529, Novembre 2007)**❖ Principe**

Le principe de la mesure sur l'aptitude des protéines de la farine à gonfler en milieu acide de la farine expérimentale préparée à partir de blé tendre.

Dans des conditions spécifiées de broyage et de tamisage est mise en suspension dans une solution d'acide lactique et de 2-propanol en présence d'un colorant après des temps d'agitation et de repos définis, de volume de dépôts obtenu correspond à la sédimentation de particules de farine.

❖ Réactifs

- Solution de Zeleny
- Bleu de bromophénol

❖ Appareillage

- Moulin d'essai
- Tamis a toile métallique
- Diviseur d'échantillon pour laboratoire
- Epprouvettes cylindriques à fond plat (100 ml de capacité)
- Doseur automatique
- Agitateur pour éprouvettes cylindriques (Appareil de sédimentation)
- Balance analytique
- Spatule vibrante
- Chronomètre

❖ Mode opératoire**Prise d'essai**

Peser près deux prises d'essai de 3.2 g de chaque échantillon d'essai.

Détermination

- Réaliser les essais dans des conditions normales d'éclairage a labri de la lumière solaire directe.
- Mettre la prise d'essai dans éprouvette cylindrique graduée.
- A l'aide d'un doseur automatique ajouter la prise d'essai 50 ml de solution de bleu de bromophénol, boucher l'éprouvette puis l'agiter en la maintenant en position horizontale et en le secouant longitudinalement de droite à gauche, 12 fois dans chaque direction sur une amplitude de 18 à 20 cm environ, en l'espace approximativement 5 seconds

- Placer l'éprouvette dans l'agitateur enclencher ensuite le chronomètre et mettre en marche l'agitateur. Après 5 minutes retirer l'éprouvette de l'agitateur et à l'aide du doseur automatique ajouter à son contenu 25 ml de la solution Zeleny (à base d'acide lactique).
- Placer à nouveau l'éprouvette dans l'agitateur et poursuivre l'agitation pendant 5 min de façon à donner un temps totale d'agitation de 10 min
- Retirer l'éprouvette et placer en position verticale
- Laisser reposer le contenu de l'éprouvette pendant 300 secondes plus 5 exactement, puis noter le volume de dépôt à 1 ml près

❖ Expression de résultats

- On effectue une lecture directe du test de Zeleny
- Le nombre indiquant le volume exprimé en ml de dépôt représente l'indice de sédimentation.
- Prendre comme résultat la moyenne arithmétique des deux déterminations si la limite de répétabilité est correcte.

I.3.6. Teneur en protéine totale selon la méthode de kjeldahl (NF en ISO 20483 :2013)

La teneur en protéine est déterminée selon la méthode de dosage de l'azote totale de kjeldahl.

Elle permet une évaluation de la teneur en protéine par utilisation de facteur de conversion adéquate (5.7 pour les protéines du blé). Le dosage de l'azote permet de donner une idée sur la qualité nutritionnelle et technologique des blés.

❖ Principe

Minéralisation d'une prise d'essai par l'acide sulfurique en présence d'un catalyseur, alcalinisation des produits de la réaction, distillation et récupération de l'ammoniaque libéré dans une solution d'acide borique, qui est titré par une solution d'acide sulfurique afin de déterminer la teneur en azote et de calculer la teneur en protéines brutes.

❖ Réactifs

- Acide sulfurique H_2SO_4 concentré de 95 - 97 %, $d=1.84$ à $20^\circ C$ de la masse molaire 98g/mol
- Catalyseur : (Sulfate de cuivre Pentahydraté $CUSO_4 \cdot 5H_2O=2.8\%$, oxyde de titane 2.8 % et sulfate de potassium (K_2SO_4) =94.3%)
- Eau distillée
- Acide borique H_3BO_4 à 4 %, (solution à préparer comme suit : dissoudre 4g dans 100 ml d'eau
- Acide sulfurique 0.01 N (faible concentration)
- Indicateur coloré : rouge de méthyle de 0.1% dans l'alcool à 95 %

❖ Appareillage

- Balance analytique
- Hôte aspirante,
- Matras
- Tamis de 0.8 mm d'ouverture de maille
- Broyeur mécanique
- Appareillage pour : minéralisation, distillation et le titrage

Préparation de l'échantillon pour essai

Broyer l'échantillon de sorte qu'il passe en totalité au travers de tamis de 0.8 mm d'ouverture de maille. Pour les grains il convient de broyer une masse d'au moins de 200 g. bien mélanger l'échantillon broyé.

❖ Mode opératoire**Prise d'essai**

Peser 1g d'échantillon à partir de 200 de blé broyer, puis on ajoute 7.5 g de catalyseur (Sulfate de cuivre Pentahydraté $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ =2.8%, oxyde de titane 2.8 % et sulfate de potassium (K_2SO_4) =94.3%) et les mettre dans les matras

Ce test se déroule en 03 étapes :

• Première étape**Minéralisation sulfurique**

Il convient d'effectuer l'opération suivante sous un hôte bien ventilée résistante à l'acide sulfurique

- Ajouter 25 ml d'acide sulfurique dans chaque matras préparé précédemment (1g d'échantillon + 7.5g de catalyseur).
- Mélanger soigneusement de manière à assurer un mouillage complet de la prise d'essai
- Placer les matras dans le bloc de minéralisation préchauffé à $(420 \pm 10) ^\circ\text{C}$
- Placer le système d'évacuation des vapeurs acide qui aspire sous vide avec reflux d'eau
- Laisser minéraliser pendant 2h à $(420 \pm 10) ^\circ\text{C}$
- Laisser refroidir.

- **Deuxième étape**

Distillation

- Dans un matras refroidi, ajouter avec précaution 60 ml d'eau distillée ainsi que 80ml de la soude NAOH à 35 %.
- Introduire dans un erlenmeyer 50ml d'acide borique H₃BO₄ à 4%
- Placer chaque matras dans le distillateur ainsi que l'erlenmeyer contenant l'acide borique.
- Lancer la distillation (3min)
- Récupérer le distillat

- **Troisième étape**

Titrage

- Ajouter 03 gouttes de rouge méthyl dans l'erlenmeyer
- Effectuer le titrage à l'aide de la solution d'acide sulfurique 0.05 N
- Noter le volume équivalent et calculer le taux de protéines
- La détermination du point d'équivalence peut être réalisée par colorimétrie visuelle.

- ❖ **Expression et résultats**

$$T.P(\%) = \frac{0.1 * 0.014. veq * 5.7 * 100}{100 - H} * 100$$

Où :

T.P% : taux de protéine exprimé en pourcentage

H : teneur en eau des grains exprimés en pourcentage

0.014 : volume en ml de la solution d'acide sulfurique

5.7 : facteur de conversion adéquate pour les protéines

Ve_q : est expression en gramme de la quantité d'azote équivalent à l'utilisation de 1ml d'une solution d'acide sulfurique 0.5 mol /litre

I.3.7. Dosage du taux de cendre par incinération : (NI.ISO2171 :2007)

- ❖ **Principe**

Incinération d'une prise d'essai jusqu'à combustion complète des matières organiques puis pesée du résidu obtenu. Le résidu obtenu est floconneux après incinération à 550° C et vitrifiée après incinération à 900° C.

De façon générale les produits contenant de sel (chlorure de sodium, pyrophosphate par exemple) être incinérés à (550° C ± 10) ° C.

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

Il faut effectuer au moins deux déterminations pour le même échantillon.

❖ Réactifs et Appareillage

- Ethanol
- Capsule à incinération, de capacité au moins égale à 20 ml, de forme rectangulaire ou circulaire, à fond plat et ayant une surface utile au moins égale à 12 cm². Des matériaux appropriés inaltérables dans des conditions de température de l'essai sont les suivants :
À 550 ° C — quartz.
- Four à moufle électrique, avec circulation d'air adéquate comportant un système de réglage de la température et une enceinte réfractaire non susceptible de perdre des particules à la température d'incinération et pouvant être réglé à (550° C ± 10) ° C.
- Dessiccateur Muni d'une plaque perforée en porcelaine et garni de gel de silice comme déshydratant
- Balance analytique Avec une précision de 0.01g
- Pince métallique
- Étuve pour le séchage des capsules à incinération

❖ Mode opératoire

- Préparation des capsules à incinération : sont nettoyées et placées dans une étuve durant le temps nécessaire au séchage (90 min à 130° C), immédiatement avant l'emploi on fait sortir les capsules de l'étuve et les laisser refroidir dans un dessiccateur puis les pesées à 0.1 mg.
- Préparation de la prise d'essai : homogénéiser le produit par une spatule, tarer les capsules puis peser une prise d'essai comprise entre 4.9g et 5.1g.
- Pré incinération : placer les capsules et son contenu à l'entrée du four portés à la température d'incinération 550 ° C. il est nécessaire d'ajouter de l'éthanol pour enflammer les produits.
- Incinération : attendre que le produit ait fini de brûler puis introduire la capsule à l'intérieur du four.
- Fermer le four
- Pour la combustion complète de la totalité du produit soit 4h au minimum
- Une fois l'incinération terminée retirer les capsules du four, et les mettre à refroidir dans le dessiccateur.

Dès que la capsule a atteint la température ambiante soit 60 à 90 min. pesé à 0.1 mg près et rapidement en raison du caractère hygroscopique des cendres

Effectuer chaque fois deux essais sur le même échantillon

❖ Expression des résultats

Les résidus sont exprimés en pourcentage par la formule suivante :

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

Où :

TC % : taux de cendre en pourcentage .

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

m_1 : est la masse en grammes des capsules avec la prise d'essai avant incinération.

m_2 : est la masse en grammes des capsules avec la prise d'essai après incinération.

H % : teneur en eau (%) en masse de l'échantillon.

I.3.8. Dosage du gluten

A. Indice de gluten humide (NA.735, 1991, ISO5531)

❖ Définition

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

❖ Principe

Préparation d'une pâte au moyen d'un échantillon de farine et d'une solution de chlorure de sodium. Isolement de gluten humide par lavage de cette pâte avec la solution de chlorure de sodium puis essorage et pesée des produits obtenus.

❖ Réactifs

- L'eau utilisée doit être de l'eau distillée
- Chlorure de sodium, solution à 20 g/l.

❖ Appareillage

Extraction mécanique :

- Presse métallique thermorésistant de 5 cm × 5 cm

- Centrifugeuse
- Balance précise à 0.01g près
- Réservoir d'écoulement réglable pour la solution de chlorure de sodium
- Presse à gluten (Glutomatic 2200)

❖ Mode opératoire

1. Préparation de la pâte

- Peser 10 g de farine à 0.01 g près et les introduire dans la capsule métallique.
- Verser 5.5 ml de la solution de chlorure de sodium en agitant la farine avec la spatule, former une boule avec la pâte.

2. Extraction mécanique

- Laver la pâte dans la machine (Glutomatic 2200) durant 10 mn au moyen de la solution de chlorure de Sodium. (Pour éliminer les autres constituantes protéines solubles, amidon)
- Essorage mécanique
- Utiliser uneessoreuse par centrifugation. (Centrifugeuse Perten).

❖ Expression des résultats

Le gluten humide exprimer en pourcentage en masse du produit tel quel,

Est égale à :

$$GH (\%) = \frac{m * 100}{10}$$

Où :

GH (%) : gluten humide en pourcentage

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

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

Le gluten humide exprimé en pourcentage en masse du produit rapporté à la matière sèche.

$$GH/MS (\%) = \frac{GH * 100}{100 - H}$$

Où :

GH/MS : gluten humide par rapport à la matière sèche exprimé en pourcent

GH (%) : gluten humide en pourcentage

H (%) : la teneur en eau de la farine en pourcentage

B. Indice de gluten sec (NA.736, 1991, ISO6646)

La masse obtenue précédemment est séchée à l'aide d'une Presse métallique thermorésistant (plaque chauffante) GLUTROK 2020 pendant 4 min à la température de 150 °C. Enfin repeser le produit obtenu (gluten sec)

$$Gs (\%) = \frac{m' * 100}{10}$$

Où :

Gs (%) : le gluten sec exprimé en pourcentage

m' : la masse en gramme de gluten sec

Le gluten sec est exprimé en pourcentage en masse de produit rapporté à la matière sèche.

$$GS/MS (\%) = \frac{GS * 100}{100 - H}$$

C. Capacité hydratation

C'est la capacité du gluten à retenir l'eau elle est calculée selon la formule suivante :

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

Où :

CH (%) : capacité d'hydratation en pourcentage

GH (%) : gluten humide en pourcentage

Gs (%) : le gluten sec exprimé en pourcentage

I.3.9. Détermination de l'indice de chute selon Hagberg-Perten (NI.ISO 3093,2009)

❖ Principe

L'activité α -amylasique est estimée en utilisant l'amidon présent dans l'échantillon comme substrat La détermination est basée sur la capacité de gélatinisation rapide d'une suspension

aqueuse de farine, dans un bain d'eau bouillante, et sur la mesure de la liquéfaction de l'empois d'amidon par l' α -amylase présente dans l'échantillon

La liquéfaction affecte la consistance de l'empois d'amidon et par conséquent la résistance à l'agitateur viscosimétrique et le temps qu'il met à chuter d'une distance définie.

❖ Réactifs

Eau obtenue par distillation ou par déminéralisation conforme à l'ISO 3696, qualité 3.

❖ Appareillage

Matériel courant de laboratoire et en particulier, ce qui suit :

1. Appareil de détermination de l'indice de chute, comprenant les éléments suivants :
 - Bain-marie, avec unité de chauffage intégrée, système de refroidissement et indicateur du niveau d'eau.
 - Minuterie électronique.
 - Agitateur viscosimétrique métallique, pouvant se déplacer librement dans le bouchon en ébonite
 - Sa tige doit être droite et les pales ne doivent pas présenter de déformation ou de traces d'usure.
 - Tubes viscosimétrique de précision, fabriqués à partir d'un verre spécial, ayant les dimensions suivantes :
 - Diamètre intérieur : $21,00 \text{ mm} \pm 0,02 \text{ mm}$;
 - Diamètre extérieur : $23,80 \text{ mm} \pm 0,25 \text{ mm}$
 - Hauteur intérieure : $220,0 \text{ mm} \pm 0,3 \text{ mm}$ Principe
2. Bouchons en caoutchouc, adaptable aux tubes viscosimétrique.
3. Pipette 25 ml d'eau distillée à $20\% \pm 0,2 \text{ ml}$
4. Balance analytique 0.01g près

❖ Mode opératoire

Détermination de l'indice de chute

- Peser 7 g de farine et les verser dans un tube viscosimétrique ;
- Pipeter 25 ml d'eau distillée à $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ et les verser dans le tube avec la farine
- Boucher le tube avec le bouchon en caoutchouc et agiter vigoureusement à la main, afin d'obtenir une suspension uniforme
- Enlever le bouchon et placer l'agitateur

- Plonger le tube muni de l'agitateur à l'intérieur du bain-marie à eau bouillante à travers l'ouverture du support du tube
- Déclencher le compteur automatique.

I.3.10. Détermination des propriétés alvéographiques (NI.ISO27971, 2015)

❖ Principe

Le comportement d'une pâte formée à partir d'un mélange de différents types de farines et d'eau salée est évalué pendant la déformation. Un disque de pâte est soumis à un débit d'air constant ; dans un premier temps, il résiste à la pression, puis il gonfle sous la forme d'une bulle, selon son extensibilité, et éclate. Cette évolution est mesurée et reportée sous forme de courbe appelée alvéogramme.

❖ Réactifs

- Eau distillée
- Huile végétale raffinée
- Solution de chlorure de sodium, obtenue en solubilisant (25 + 0,2) g de chlorure de sodium (NaCl) dans de l'eau, puis en complétant à 1 000 ml. Sa température doit être de (20 ± 2) °C.

❖ Appareillage

- Alvéographe (Chopin)
 - Chronomètre
 - Bac planimétrique
 - Burette à robinet
 - Système d'enregistrement des conditions d'environnement de l'essai : température de l'humidité de l'air
 - Pipette
 - Fiole jaugé
 - Balance analytique
- #### **❖ Mode opératoire**
- Préparation d'une prise d'essai de 250 g d'échantillon (farine)
 - Addition de la quantité nécessaire d'eau salée 2.5 %
 - Malaxage pendant 10 min
 - Pétrissage mécanique pendant 6 min, pendant ce temps huiler les accessoires nécessaires à l'extraction
 - Extraction, laminage et découpage de 5 pâtons
 - Repos des pâtons 10 min dans la chambre isotherme de l'alvéographe à 25 °C

– Déposer le pàton sur la partie Alvéographe et à l'écraser. Le pàton est ensuite gonflé par un flux d'air calibré pendant que le système enregistre l'évolution de la pression à l'intérieur de la bulle en fonction du temps, jusqu'à rupture du film de pàte. Cette opération est répétée sur les 5 pàtons et on prend comme résultat final la moyenne obtenue.

❖ 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 est pas tenu compte dans l'expression des résultats (annexe II).

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 et donne une bonne indication de la force boulangère. Il est exprimé en joules ou en erg/g.

P : connu sous le nom de pression, il représente la résistance à la déformation de la pàte (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 pàte, 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. Le gonflement moyen correspond à l'extensibilité de la pàte.

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 son utilisation ultérieure.

I.3.11. Essai de panification

Le test a été réalisé au niveau de la boulangerie de l'ITGC sur les cinq variétés de farine de blé tendre locale après la mouture.

La panification est un test direct qui permet de déterminer la qualité boulangère du blé, et évaluer l'aptitude d'une farine à être panifier. Toutefois, L'expérience montre que si le test est réalisé avec soin, il reste le moyen le plus fiable pour juger de la valeur boulangère des farines. (**Bushuk, 1985**).

❖ Ingrédient

– Farine : variable entre 500g à 450g pour chaque essai

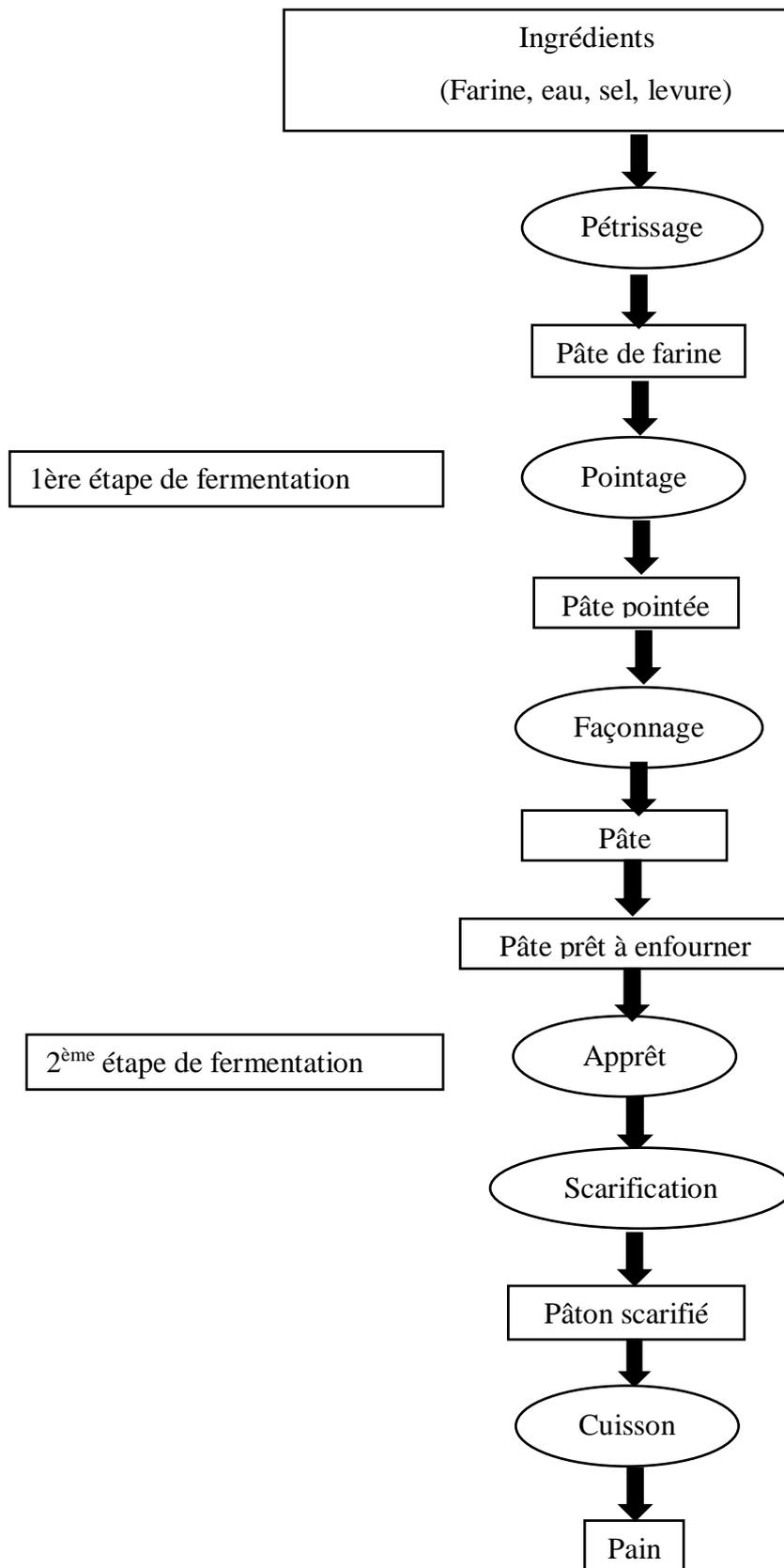
- Eau potable
- Sel (chlorure de sodium)
- Levure boulangère

Tableau 6: Pourcentage des ingrédients utilisés lors de la panification

| Variétés | Boumerzoug | Tidis | Ain abid | Massine | Akhamoukh |
|-----------------|------------|-------|----------|---------|-----------|
| Ingrédients (%) | | | | | |
| Farine (g) | 500 | 490 | 455 | 445 | 420 |
| L'eau (%) | 60 % | 60 % | 60 % | 60 % | 60 % |
| Levure (%) | 2 % | 2 % | 2 % | 2 % | 2 % |
| Sel (%) | 2 % | 2 % | 2 % | 2 % | 2 % |

❖ Appareillage

- Balance
- Bocal métallique
- Pince
- Epruvette capacité de 1L
- Pétrin, à deux vitesses (1 ère vitesse et 2eme vitesse)
- Des terroirs pour fermentation
- Four réglé à 250 °C.
- Lame
- Plateau
- Couteau
- Thermomètre

La panification selon AFNOR :**Figure 10:** Schéma simplifié d'un processus de panification selon la méthode AFNOR

❖ Mode opératoire

Détermination de la température d'hydratation

Elle se détermine à base de la température de base qui est de 60°C, qui cumule la température de l'ambiance du fournil, la température de la farine et celle de l'eau.

Température de l'eau (°C) = température de base °C - (température de fournil + température de la farine)

* Température de fournil : la température de l'air ambiant de la salle

1. le pétrissage

- Déterminer la température de l'eau et peser 600ml d'eau pour chaque kg de farine à la température déterminée.
- Peser avec précision les ingrédients suivants : farine, eau, levure/ et sel (selon la quantité de farine utilisé). Quantité de levure/sel = 10g pour chaque 500g de farine
- Verser ces ingrédients le pétrin, sauf le sel qui sera ajouté vers la fin du pétrissage pour ne pas gêner l'action de la levure.
- Mettre en marche le pétrin en première vitesse et laisser tourner pendant 5 min, on ajoute le sel et déclencher la deuxième vitesse et attendre 10 min
- Après cela on détermine la température de la pâte.

2. Le pointage

La pâte est posée en cuve et Laisser reposer pendant 45min.

C'est la première fermentation étape au cours de laquelle les arômes vont se développer. La levure commence son action, le gaz carbonique fait gonfler la pâte et la rend plus élastique. Le réseau de gluten se forme. Selon le type de pain.

3. Découpage et Pesage

La pâte est divisée en 3 pâtons. Ce sont des boules de pâtes (250g pour chaque pâton).

Une deuxième phase de repos pendant 15min, celle de la "détente". Cette étape intermédiaire va permettre au réseau de gluten de se renforcer et aux pâtons de mieux résister à la prochaine étape, celle du façonnage.

4. Façonnage

Façonner les pâtons pour leur donner la forme du pain qu'il réalise (baguette), Cela se fait à la main. et les mettre dans des plaques.

5. Apprêt

Placer les plaques dans l'étuve après huilage (pour éviter le collage des pâtons) pendant 1 heure à 30°C la pâte subit une deuxième phase de fermentation. Lors de ce temps de repos dans la cuve, la pâte triple de volume. C'est l'effet du gaz carbonique qui continue son travail.

6. Cuisson

- Retirer les pâtons de l'étuve et incision de ces derniers par plusieurs coupes de lame
- Mise au four et cuisson à 250°C pendant 15-18min.

➤ Remarques

- La capacité de la plaque est de 6 pâtons

Si : on met

- 3 pâtons pour une plaque la durée de cuisson doit être de 15-18 min
- 6 pâtons pour chaque plaque la durée de cuisson doit être de 20 min

7. Défournement

A la sortie du four, le pain est encore fragile et mou. Il est alors mis à l'air libre dans un environnement sec, pour refroidir pendant 30 min. C'est la phase de ressuage : la vapeur d'eau et le gaz s'échappent, le pain durcit, son enveloppe devient croustillante.

❖ Expressions des résultats

La qualité boulangère est appréciée à chaque étape de fabrication du pain, du pétrissage

Jusqu'à l'observation du pain cuit et de la mie. A l'aide d'une grille de présentation des résultats de la méthode afnor (Voir annexe IV).

L'appréciation de la qualité des pâtes et des pains

La qualité de la pâte peut être appréciée suivant son comportement qui se distingue dans chaque étape de processus de panification (pétrissage, boulage, fermentation...etc.) (**Aron et Broussard, 1999**).

Généralement les facteurs d'appréciation de la pâte englobent : L'aspect de la pâte (lisse, grasse, sèche, collante, volumineux), maniabilité.

Fermeté de la pâte (relâchée ou pas).

Propriétés plastiques (tenace, élastique, extensible) (**Mauze et al, 1972**).

Après la cuisson, on effectue un mesurage de volume des pains après ils sont soumis à l'analyse sensorielle, afin d'apprécier leurs qualités ; les principaux paramètres sont :

❖ Mesurage de la masse et du volume des pains

- Pour la masse des pains :

Après le ressuage, les pains obtenus. Peser A 1g près.

- Pour le volume :
 - Remplir l'éprouvette par le colza ou les grains de Millet (jusqu'au trait 2000 ml).
 - Couper la baguette en deux morceaux identiques.
 - Vider l'éprouvette.
 - Placer le 1^{er} morceau du pain dans l'éprouvette et verser le colza jusqu'au trait de 2000 ml, la quantité de colza qui reste représente le volume de 1^{er} morceau du pain V₁. Procéder de la même manière pour le 2^{ème} morceau du pain pour obtenir le V₂.

Le volume du pain est calculé au moyen de la formule suivante :

$$V = \frac{4000 - (V_1 + V_2)}{M}$$

Où :

V : volume du pain

V₁ volume du 1^{er} morceau

V₂ : volume du 2^{ème} morceau

M : masse de la baguette

❖ L'aspect extérieur

Section : ronde, normale, aplatie (dépendante de la qualité du gluten et de l'activité fermentaire).

Couleur : pâle, rouge, jaune, terne, selon la composition en sucres fermentescibles.

Finesse de la croûte : fine, épaisse, croustillante.

Coups de lames : bien jetée, peu jetés, régulier ou pas.

❖ L'aspect de la mie

Couleur : blanche, crème, jaune.

Texture : aérée, serrée, régulière ou pas, élastique.

Chapitre II
Résultats
Et discussions

II.1 Propriétés des analyses physico chimiques des variétés de blé tendre

II.1.1 Teneur en eau

La détermination de l'humidité est importante puisqu'elle conditionne d'une part la précision des divers résultats analytiques rapportés à la matière sèche et d'autre part celle de la mise en œuvre des tests technologiques tel l'essai de la panification (Calvel, 1984).

Le respect du taux d'humidité des céréales vise à garantir une qualité optimale tout au long de leur durée de conservation. Une humidité excessive du blé est sujette au développement de moisissures qui provoquent une détérioration directe du grain liée à la distraction des tissus (c'est-à-dire à des propriétés nutritionnelles altérées) et à la présence de mycotoxines (Didier, 2009).

La teneur en humidité des grains de blé locaux varie d'une variété à l'autre. Cette variabilité de l'humidité est due à l'influence de l'environnement ; le climat, en particulier la quantité de pluie pendant les derniers stades de développement des plantes, l'altitude, la composition du sol et l'influence de la période de plantation de l'année (Montissinos, 2003).

D'après les résultats mentionnés dans la figure 11 on constate que les taux d'humidité des grains des variétés étudiées varient entre 11.64 % et 11.81 %, dont la variété Akhamoukh présente la valeur la plus élevée 11.81 % ($\pm 0,014$) alors que la valeur la plus faible est représentée par la variété Boumerzoug 11,64 % ($\pm 0,035$), selon les résultats il ressort que les valeurs obtenues, sont conformes aux normes algériennes qui fixe une teneur en eau inférieure à 14.5 % (NA 1132, 2012).

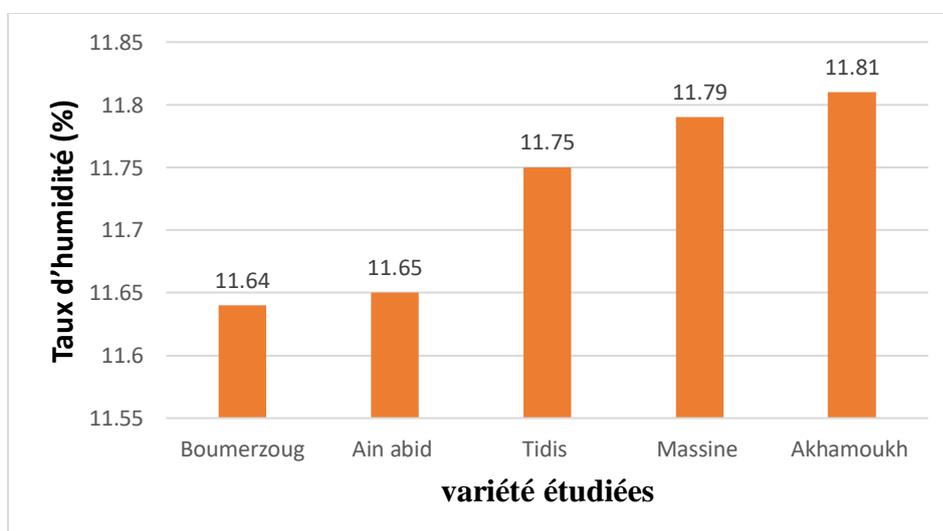


Figure 11: teneur en eau des blés

II.1.2 Poids de mille grains (PMG)

Multon (1982), a montré que le poids de mille grains, indique la grosseur des grains de blé, et donc, la quantité d'amande que le meunier pourra transformer en farine, il est peu utilisé dans les transactions commerciales.

Le poids de mille grains est un indicateur de la performance technique dans l'industrie de la première transformation. La qualité du grain est une caractéristique variétale directement liée à la granulométrie (**Ladraa, 2012**).

Godon et Wilm (1998) classent le poids de mille grains selon le tableau suivant :

Tableau 7: classement de poids de mille grains selon Godon et Willm (1998)

| Classe de poids (g) | Caractéristiques |
|---------------------|------------------|
| Entre 24 et 34 | Petits grains |
| Entre 35 et 45 | Grains moyens |
| Entre 46 et 56 | Gros grains |

Les résultats de poids de mille grains sont classés dans le tableau selon **Godon et Willm (1998)**

Tableau 7: poids de mille grains des échantillons du blé

| variétés | PMG (g) | Caractéristiques |
|------------|---------|----------------------|
| Tidis | 45.53 | Grains moyens |
| Ain abid | 45.55 | Grains moyens |
| Boumerzoug | 45.2 | Grains moyens |
| Massine | 45.88 | Grains moyens |
| Akhamoukh | 46.24 | Gros grains |

Tableau 9 indique que nos variétés présentent des valeurs de poids de mille grains presque égaux qui sont TIDIS 45.53g ($\pm 0,18$) ; AIN ABID 45.55g ($\pm 0,40$) ; BOUMERZOUG 45.2g ($\pm 0,22$) ; MASSINE 45.88g ($\pm 0,04$). Ces résultats sont conformes à la norme algérienne qui exige un poids de mille grains ≥ 35 (NA731, 2013).

Selon **Godon et Willm (1998)** toutes les variétés appartiennent à la 2ème catégorie « Grain moyens », mis appart la variété Akhamoukh représente la plus grande valeur de poids de mille grains de 46.24g ($\pm 0,07$) et appartient à la 3ème catégorie « Gros grains ». Ces résultats font apparaître que leurs rendements à la mouture sont meilleurs car ils présentent des grains de moyens à gros.

II.1.3 Poids spécifique

Le poids à l'hectolitre (PHL) se définit comme le poids des grains remplissant un volume donné, il est parfois utilisé pour prédire le comportement du blé au cours de la mouture (**Feillet, 2000**).

Selon (**Kleijer et al, 2007**) le PHL est utilisé depuis des décennies comme critère de qualité et reste employé dans de nombreux pays pour déterminer le prix.

Selon **Godon et al, (1991)** :

- Au-dessous de 70 kg/hl : blé anormal, non commercialisable.
- Au-dessous de 72 kg/hl : blé inacceptable à l'intervention.
- Entre 72 et 75 kg/hl : masse faible, blé léger, de faible valeur.
- Entre 75 et 77 kg/hl : masse moyenne, blé tendre français courant.
- Entre 77 et 79,9 kg/hl : masse élevée, blé lourd de bonne valeur meunière.
- Au-dessus de 80 kg/hl masse très élevée. Blé très lourd, vitreux, dense », qui aura un très bon rendement en mouture.

Les valeurs de poids spécifique (Ps) ou poids à l'hectolitre indiqués dans la figure 12 des cinq variétés de blé tendre étudiées Boumerzoug ; Akhamoukh ; Massine ; Tidis ; Ain abid sont respectivement 84,72 ; 83 ,95 ; 82,45 ; 82 ,4 ; 80,57 kg/hl, dont on observe que la valeur la plus élevée est celle de la variété BOUMERZOUG 84.72 (± 0.17) kg/hl, tandis que la variété Ain abid représente le poids spécifique le plus bas 80.57 ($\pm 0,96$) kg/hl. Ces résultats sont conformes à la norme algérienne qui exige un poids spécifique ≥ 75 kg/Hl (NA 1613, 1990).

A l'issu des résultats obtenus, selon **Godon et al, (1998)** ce blé appartient à la catégorie des blés très lourds, donc denses et de bon rendement.

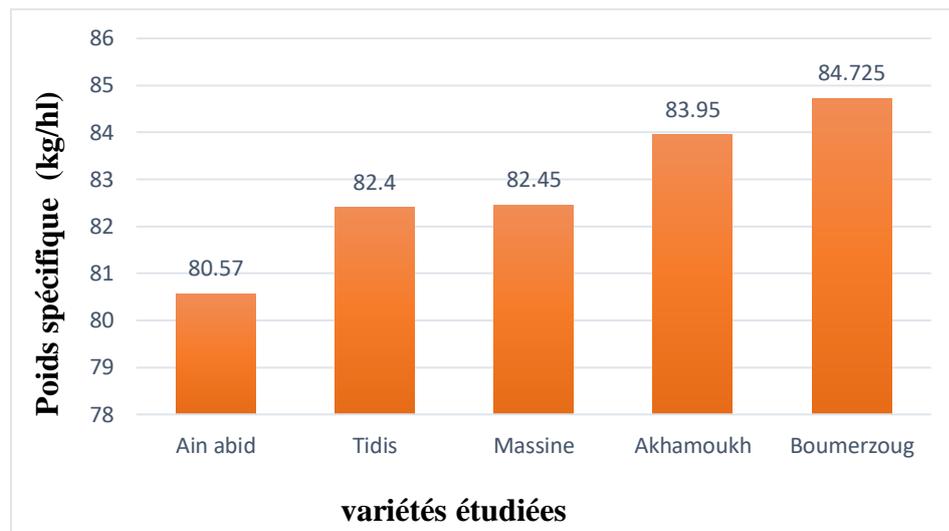


Figure 12: poids spécifique des échantillons des blés

II.2.4. Bilan de mouture

Les résultats d'essai de mouture de cinq variétés de blé tendre sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 9 : résultats des bilans de mouture des blés

| Variétés | MASSINE | AIN ABID | AKHAMOUKH | BOUMERZOUG | TIDIS |
|--|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Masse de blé (g) | 800 | 800 | 800 | 800 | 800 |
| Teneur en eau du blé (%) | 11.79 | 11.65 | 11.81 | 11.64 | 11.75 |
| Quantité d'eau ajoutée (g ou ml) | 40.09 | 41.42 | 39.90 | 41.52 | 40.47 |
| Masse totale mise en mouture | 838.9 | 841 | 839.6 | 840.9 | 839.4 |
| Masse de farine extraite au moulin (g) | 551 | 530.3 | 515.9 | 444.2 | 589.8 |
| Masse de son (g) | 228.3 | 237.8 | 228.9 | 244.1 | 226.3 |
| Masse de remoulage (g) | 34.6 | 56.1 | 65.5 | 147.1 | 22.1 |
| Masse totale des produits de mouture (g) | 813.9 | 824.2 | 810.3 | 835.4 | 838.2 |
| Teneur en eau de la farine (%) | 15.33 | 15.31 | 15.35 | 15.37 | 15.35 |
| Taux d'extraction (%) | 69 | 66 | 64 | 56 | 74 |
| Bilan de mouture (%) | 97 | 98 | 97 | 99 | 100 |

Le rendement d'extraction d'un blé donné désigne le pourcentage de farine obtenue après mouture dans une quantité de ce blé, après élimination de ses impuretés et conditionnement. La farine est essentiellement issue de l'albumen du grain et constitue environ 70 % de poids du blé. C'est pourquoi on dit que le taux d'extraction industriel standardisé est d'environ 70 % (**Calvel, 1980**).

La mouture est un processus clé qui affecte la concentration des éléments inorganiques dans les aliments dérivés du blé, tels que la partie externe du grain (en particulier), la couche d'aleurone et le germe, qui sont riches en minéraux par rapport à l'albumen amylicé. (**Cubadda et al. 2009**).

Le taux d'extraction de farine exprime donc le pourcentage de farine extraite de la mouture, qui dépend des caractéristiques du blé et du réglage du moulin (**Roussel et Loisel, 1984**).

Selon les travaux du **Varga B. et al. (2003)** et **Campbell K.G. et al. (1999)** le taux d'extraction de la farine dépend aussi de la variété.

D'après les résultats indiqués dans la figure 13 le taux d'extraction varie entre 56 % et 74 %, (Boumerzoug 56 %, Akhamoukh 64 %, Ain abid 66 % Massine 69 %) mais toutes ces valeurs sont inférieures à la norme qui exige un taux d'extraction de 70 % à 75 % (**Godon et Loisel, 1984**), excepté la valeur remarquable chez la variété TIDIS qui présente la meilleure valeur de 74% de taux d'extraction.

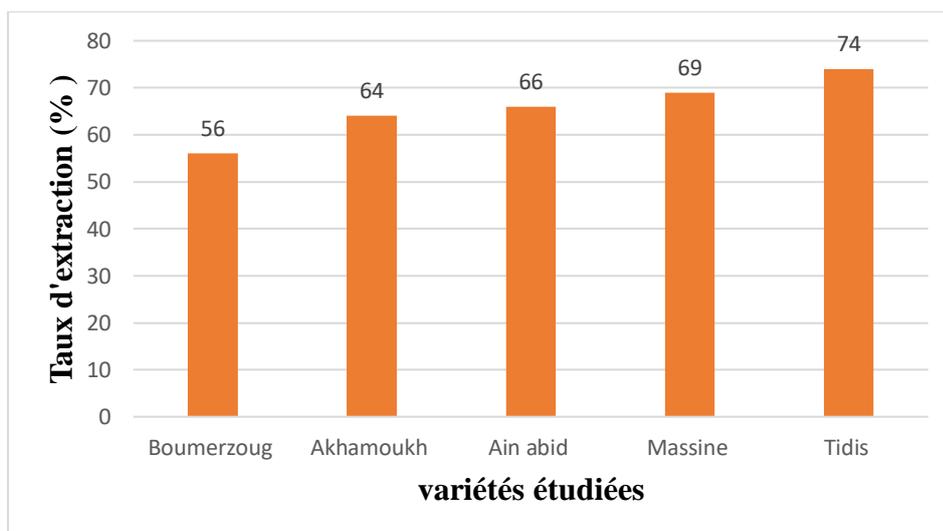


Figure 13: Taux d'extraction des variétés étudiées

De plus, ces résultats corroborent les résultats de **Cubadda (1988)**, qui a montré que la différence entre les taux d'extraction mentionnés peut s'expliquer par l'adhérence entre les téguments et l'endosperme rendant difficile la séparation de manière satisfaisante du son au cours des stades de broyages, entraînant une baisse de rendement.

Les résultats d'**Altaf A et al., (1969)** démontrent que les grains de petite taille ont un taux d'extraction faible bien que des farines de bonne qualité ont été obtenues par la mouture de grains semblables. Cependant, **Hoshino T. et al. (1994)** ont retrouvé que ce taux a été amélioré avec l'accroissement du volume des grains.

II.2 Propriétés des analyses physicochimique et technologique des farines

II.2.1 Teneur en eau des farines

Selon (**Chene ,2001**) La teneur en eau des farines est un paramètre important qui doit se situer entre 10 et 16% (généralement 13 à 15%) pour que la farine se conserve convenablement Au de là, il y a risque d'altération.

La teneur en eau de farines illustrées dans la figure 14 s'échelonne entre 15.31 % et 15.37 %, dont la variété Boumerzoug présente la valeur la plus élevée 15.37 % ($\pm 0,00$) alors que la valeur la plus faible est représentée par la variété Ain abid 15.31 % ($\pm 0,014$), selon le **Décret exécutif algérien n° 91-572 du décembre 1991**, la teneur en eau ne doit pas excéder 15.5 %. Donc ces résultats sont conformes à la norme.

Un taux qui reste dans l'intervalle cité par (**Calvel 1984**) 14 à 15% pour la farine destinée à la panification. En effet l'humidité élevée de notre farine est probablement due à la quantité d'eau ajoutée au blé avant mouture.

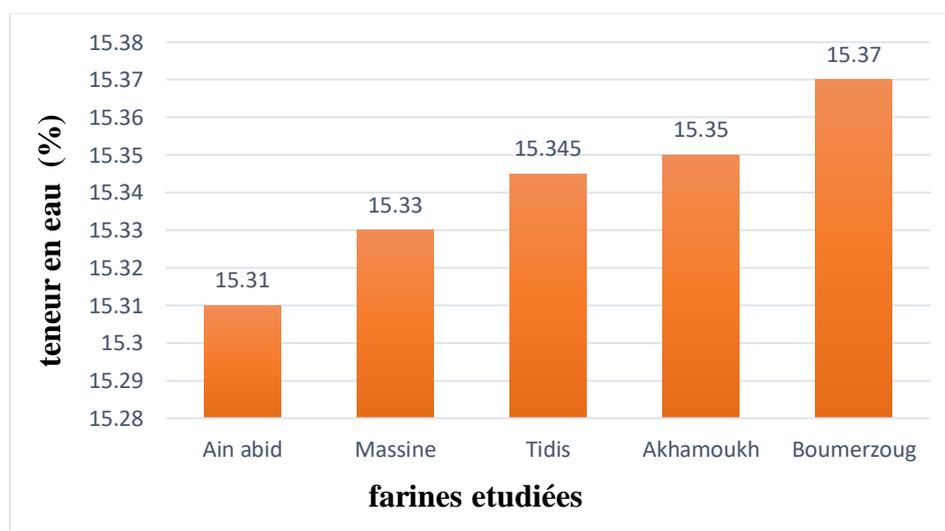


Figure 14: Teneur en eau des farines

II.2.2 Test de sédimentation Zeleny

L'indice de sédimentation de ZELENY donne un aperçu ou indice sur la qualité des protéines de la farine. Ce test est basé sur les propriétés de gonflement des protéines en milieu acide. Plus les protéines sont de bonne qualité, plus elles absorbent de l'eau, plus le volume de sédimentation est élevé (SINNAEVE, 2007).

L'indice de Zélény serait relié à la force boulangère des farines, on admet qu'il existe une relation entre cet indice et la teneur en protéines du grain de blé.

C'est aussi un bon indicateur de la qualité des protéines, son utilisation est très remarquable pour le blé tendre. (NA 1184.1994)

- Le volume de dépôt est inférieur à 18 ml : **Blé insuffisant**
- Le volume de dépôt varie entre 18 ml à 28 ml : **Blé de bonne force boulangère**
- Le volume de dépôt varie entre 28 ml à 38 ml : **Blé très bonne force boulangère**
- Le volume de dépôt est plus de 38 ml : **Blé de force ou améliorant**

D'après la figure 15, nous observons que la variété Akhamoukh présente la valeur maximale 38.5 ml (± 0.0) de test de sédimentation Zeleny ainsi que la variété Tidis présente la valeur minimal 25.5 ml ($\pm 0,707$). Selon la norme algérienne, la variété Tidis est classée comme un blé de bonne force boulangère, sa valeur de hauteur de sédiment se situe entre 18 ml et 28 ml. Par contre les autres variétés Ain abid Massine Bumerzoug Akhamoukh sont classées comme des blés de très bonne force boulangère avec hauteur de sédiment qui varient entre 28 ml à 38 ml (NA 1184.1994).

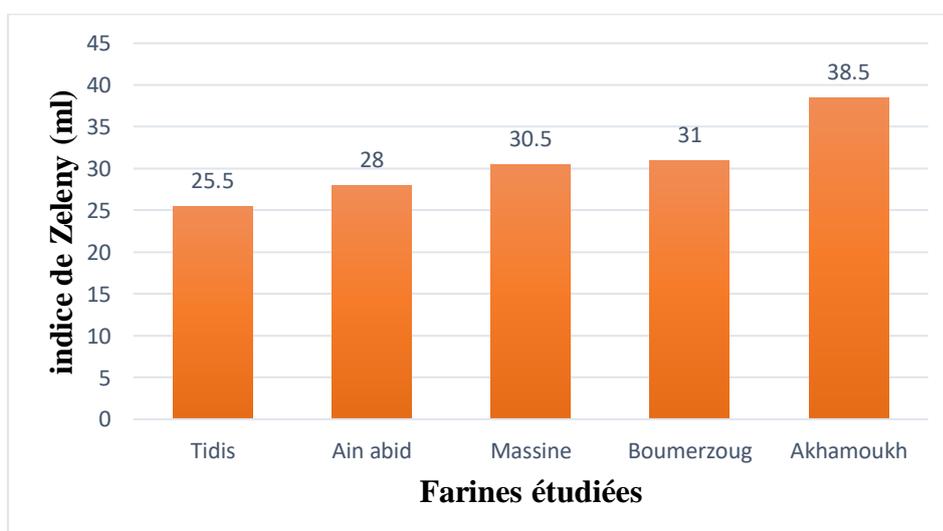


Figure 15: Indice de Zeleny des farines

II.2.3. La teneur en protéine

Il y a un double intérêt à déterminer ce contenu (**Anonyme, 1979**) :

Valeur nutritionnelle : En effet, la valeur nutritionnelle est principalement déterminée par la composition en acides aminés de la protéine du grain, notamment la teneur en lysine et la teneur en acides aminés essentiels (IAA).

Ainsi qu'un Intérêt technologique : La teneur en protéines est importante en panification. Le volume du pain et l'humidité de la farine dépendent de la qualité des protéines.

D'après **SIMIC G. et al. (2006)** les facteurs de l'environnement ont fortement influencé la teneur du grain en protéines.

Tableau 8: Classement du blé selon Williams et al, (1998)

| Caractéristiques | Teneur en protéine |
|----------------------------|--------------------|
| Faible teneur en protéines | 9 à 11.5 |
| Teneur moyen en protéines | 11.6 à 13.5 |
| Teneur élevé en protéines | 13.6 à 15 |

Selon **williams et al, (1998)** (tableau 10), les farines panifiables ont des teneurs en protéines qui se rapprochent de l'intervalle de 9 % et 15 %. D'après la figure 16 Nos variétés (en se basant sur ce classement), Boumerzoug et Akhamoukh (14.75 %, 13.75 %) présentent des teneurs élevées en protéine, Ain abid et Tidis ont des teneurs moyens en protéine (11.65 %, 12.65 %) tandis que la variété Massine présente la plus faible teneur en protéine (11.36 %).

Donc d'après la réglementation Algérienne qui exige une teneur minimale de 11,5 % en boulangerie. Toutes les variétés sont donc conformes à la norme, seulement la variété Massine présente une teneur en protéine inférieure à la norme (**NA 1158.1990**).

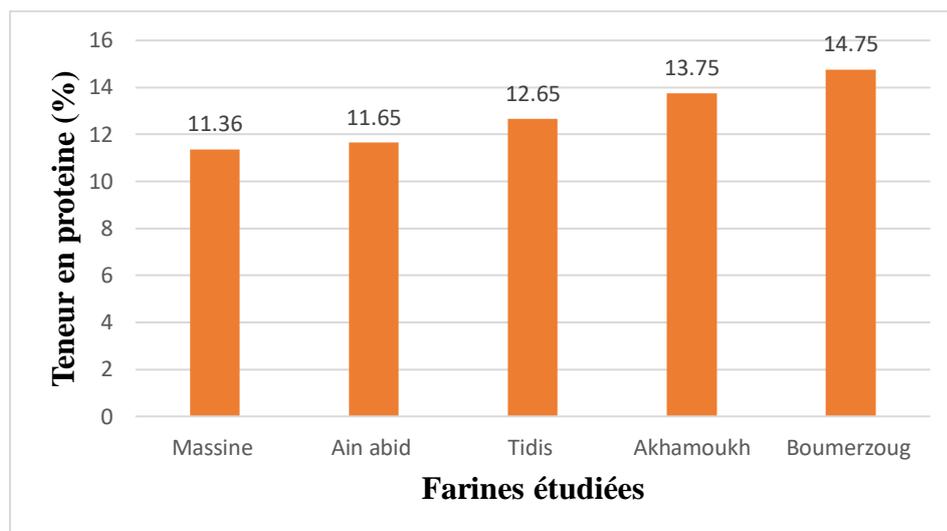


Figure 16: La teneur en protéine

II.2.4 Taux de cendre :

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

Ce test est un critère d'appréciation de la pureté des farines elle varie suivant le taux du blé mis en œuvre. Ainsi, le taux de cendre est le moyen officiel utilisé pour caractériser la pureté de la farine. Plus le taux d'extraction est élevé plus la farine est riche en matière minérale (Boutheyna, 2021). Le taux de cendres varie dans le grain, selon la variété de blé, la région de culture, les méthodes culturelles, l'origine histologique et l'année de récolte.

Selon la classification de Godon et Willm (1998) :

- La farine type 45 : le taux de cendre est ($< 0,50$ %)
- La farine type 55 : les cendres sont entre (0,50 à 0,60 %)
- La Farine type 65 : le taux de cendre est situé entre (0,61 et 0,75 %)
- La farine type 80 : le taux est de (0,75 à 0,90%)

D'après la figure 17 les résultats de taux de cendre des farines de blé tendre analysés varient entre (0,50 % et 0,57 %). La variété Boumerzoug présente la valeur maximale 0,57 % ($\pm 0,0004$), tandis que la variété Akhamoukh présente la valeur minimale 0,50 % ($\pm 0,0002$). Donc les farines se classent bien dans le type commercial 55 qui se caractérise par un intervalle de cendre de 0.50 à 0.60 % (NA 732,1990).

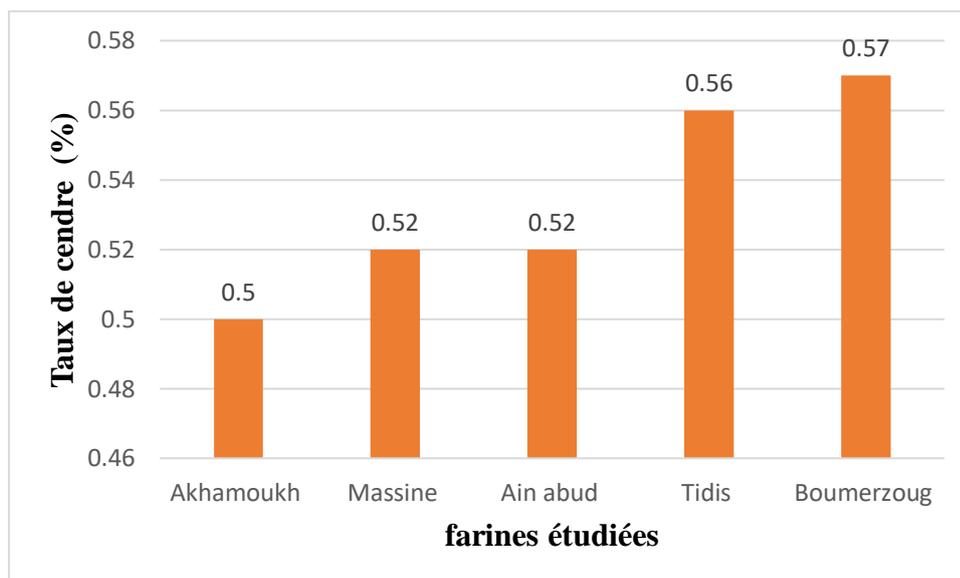


Figure 17: taux de cendre des farines étudiées

II.3. Propriétés des analyses rhéologiques des farines

II.3.1. Taux de gluten

Le gluten est un complexe protéique (complexe de la fraction protéique insoluble gliadines et gluténine en générale), la valeur boulangère d'une farine augmente avec la teneur en protéines et en gluten sec (Calvel, 1980).

Le gluten est le constituant protéique le plus important de la farine dont le rôle est essentiel dans les diverses fabrications des produits de deuxième transformation. Il constitue l'armature de la pâte et lui communique sa force (ses qualités mécaniques) (Eliasson et Larsson, 1993).

La qualité et la quantité du gluten est responsable des propriétés viscoélastiques de la pâte (extensibilité et élasticité). De ce fait, il devient la fraction insoluble des protéines qui présente la caractéristique de pouvoir former un réseau viscoélastique dont les propriétés d'extensibilité, d'élasticité et de ténacité ont une influence sur le comportement des pâtes en cours de fabrication et de la valeur du produit fini (ITCF, 2001).

La force de la pâte est liée à la teneur totale en gluténines de haut poids moléculaires (Multon, 1982), d'après Linden et Lorient (1994), les glutenines jouent un rôle dans l'élasticité de la pâte et les gliadines dans l'extensibilité.

II.3.1.1. La teneur en gluten humide

Le gluten humide de la farine de blé est une masse viscoélastique composée de gliadines gonflées dans l'eau (Ugrinovits et al, 2004). Selon Brunnel et al, (2010), les gliadines déterminent les propriétés visqueuses du réseau de gluten.

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

Un bon déroulement de la panification (phase de pétrissage) dépend en grande partie de la qualité du gluten contenu dans une farine. En effet, la qualité du gluten agit sur la fixation de l'eau, la résistance et la tenue de la pâte, la rétention gazeuse, la croûte de pain, qui sont tous des paramètres dans la panification (Roussel et Chiron, 2005).

D'après les résultats illustrés dans la figure 18, la teneur en gluten humide des farines étudiées varient entre 27.2 % ($\pm 0,098$) et 31.95 % ($\pm 0,134$) On observe que la valeur la plus élevée en gluten humide est celle de la variété Akhamoukh de 31.95 % ($\pm 0,134$) tandis que la variété Massine représente le gluten humide le plus bas 27.2 % ($\pm 0,098$).

Les résultats obtenus sont conformes à la norme algérienne qui mentionne que les farines usuelles ont des teneurs en gluten humide de l'ordre de 27% à 37% (NA 735, 1990).

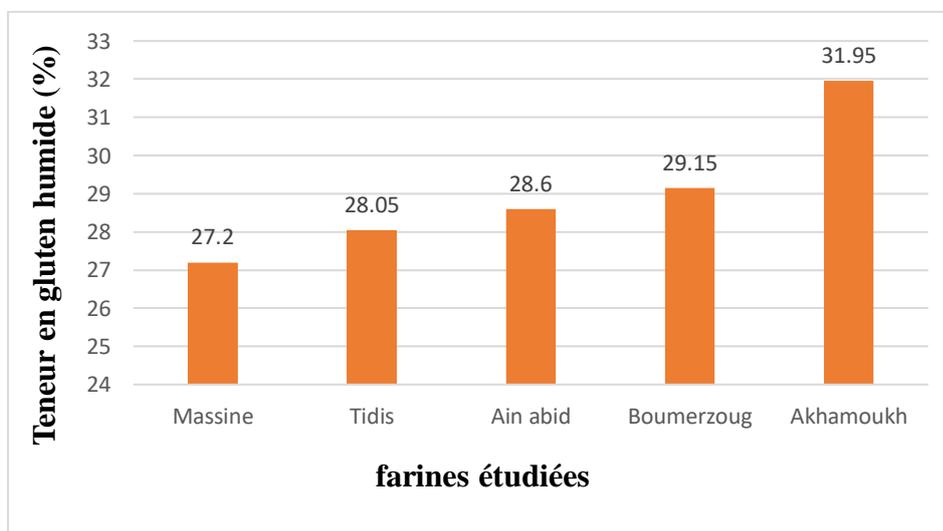


Figure 18: Teneur en gluten humide des farines

II.3.1.2. Gluten sec

Au plan technologique le gluten détermine en grande partie les caractéristiques rhéologiques de la farine d'où la nécessité d'avoir un taux de gluten sec de 8 à 10% et une capacité d'hydratation de 67 à 68% pour que la farine soit préconisée en boulangerie (**Baghous, 1998**).

Selon **Ugrinovits et al, (2004)**, le gluten sec est obtenu en soumettant le gluten humide au séchage.

D'après les résultats illustrés dans la figure 19, le taux de gluten sec des farines étudiées varie de 8.15 % ($\pm 0,063$) à 9.65 % ($\pm 0,021$). La valeur maximale est enregistrée par la variété Tidis de 9.65 % ($\pm 0,021$) tandis que la valeur minimale est enregistrée par la variété Massine de 8.15 % ($\pm 0,063$).

A la lumière de nos résultats, les teneurs en gluten sec sont conformes à la norme citée par la réglementation Algérienne exige une teneur minimale en gluten sec d'ordre de 8 % en boulangerie.

Calvel (1984), signale qu'une farine panifiable doit posséder une teneur en gluten supérieur à 8 %.

Par contre **Dubois (1996)** préconise une valeur de 8 % à 13 %.

Il est signalé que la réglementation Algérienne exige une teneur minimale en gluten sec d'ordre de 8 % en boulangerie. De ce fait, les farines analysées dans cette étude sont des farines Panifiables (**NA 736, 1992**).

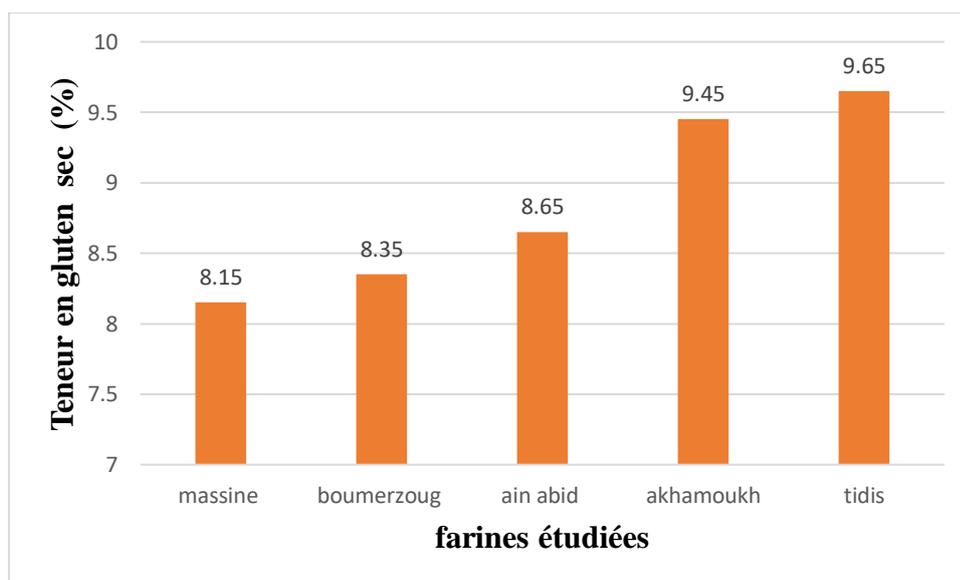


Figure 19: Teneur en gluten sec des farines

II.3.1.3. La capacité d'hydratation

La capacité d'hydratation est directement liée à la qualité de la farine. Elle correspond à la quantité d'eau à ajouter. Selon (**Multon, 1982**), il convient de noter qu'un gluten de haute qualité doit, en

moyenne, absorber une quantité suffisante d'environ 68 %. Cette capacité doit normalement être comprise entre 62 % et 65 % et peut monter jusqu'à 69 % (**Lecoq, 1965**).

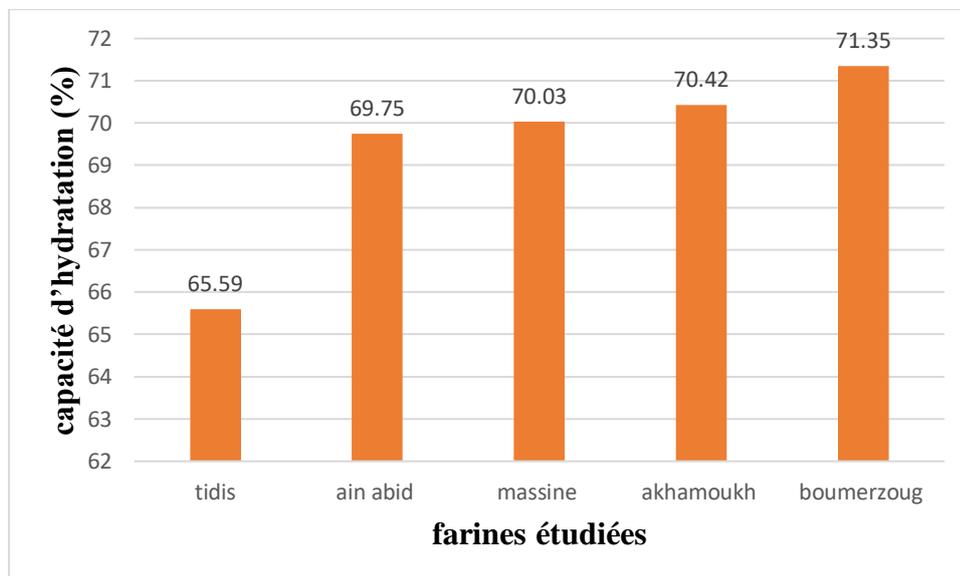


Figure 20: Capacité d'hydratation des farines

D'après nos résultats montrés dans la figure 20, la capacité d'hydratation des farines étudiées varie de 65.59 % à 71.35 %. Pour l'ensemble des farines étudiées, la capacité d'hydratation est supérieure à la norme, soit 67 % à 68 % rapporté par (**NA : journal officielle n°12 du 10/08/1998**), à l'exception la variété Tidis présente une capacité d'hydratation inférieure à la norme.

II.3.2. L'indice de chute

L'indice de chute est un indicateur de l'activité α -amylasique qui rend compte du degré d'hydrolyse de l'amidon en sucre simples fermentescibles. Selon **Godon et Loisel, (1997)**, une activité enzymatique optimale correspond à un indice de chute compris entre 150 et 280 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.

–Un indice inférieur à 150 s : indique une Activité amylasique élevée (Hyperdistasique) donc la farine ne possède pas une valeur boulangère acceptable (Beaucoup de grains germés, le pain va présenter une mie collante).

–Un indice entre 150 s et 250 s indique Activité amylasique correcte (farine équilibré).

–Un indice supérieur à 250 s, indique une faible Activité amylasique (Hypodistasique) peu de grains germés, le pain sera sec.

D'après la figure 21 les résultats obtenus montrent que les valeurs de l'indice de chute des différentes variétés étudiées varient entre 472.5 et 567.5 secondes. La variété Tidis présente la valeur la plus élevée 567.5 ($\pm 7,778$) tandis que la variété Ain abid représente la valeur la plus faible 472.5 ($\pm 16,263$). Donc supérieure à la norme Algérienne qui exige une valeur optimale comprise entre 150 et 250 secondes. Sont des farines hypodiastasiques (NA 1176, 1990).

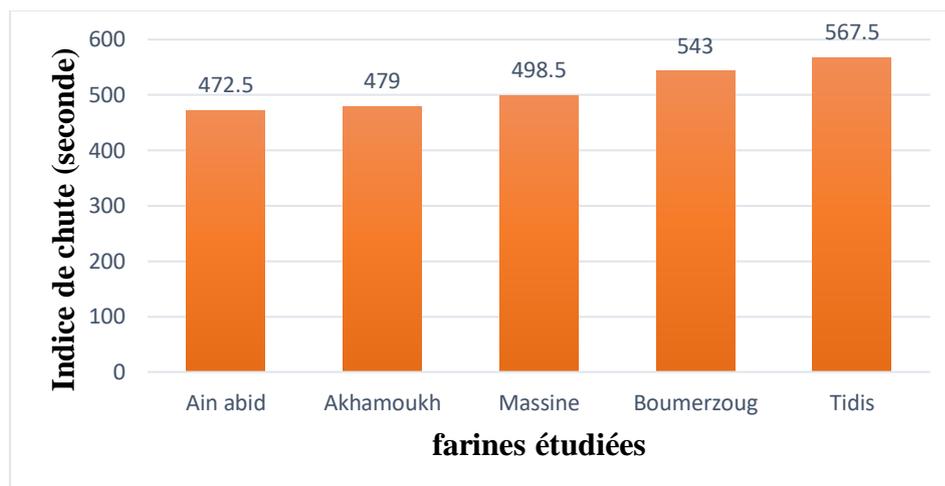


Figure 21: Indice de chute des farines

II.3.3. Test d'Alvéographe

Les tests à l'Alvéographe Chopin sont illustrés par des figures (voir annexe II), qui permettent de prédire la qualité boulangère des farines étudiées.

II.3.3.1. La force boulangère (W)

La force boulangère est la surface de l'alvéogramme. Elle renseigne sur le travail nécessaire pour déformer la bulle de la pâte jusqu'à sa rupture (Cheftel.J.C et Chafte H, 1992).

La qualité boulangère est le paramètre le plus utilisé dans les transactions commerciales. Il caractérise la force d'une farine. Calvel, (1981) a noté que si ce paramètre a de l'importance, sa signification reste limitée si l'on ne tient pas compte des autres caractéristiques alvéographiques.

D'après la norme AFNOR V03-710 le travail de déformation W est mentionné comme suivant :

- $W < 130 \cdot 10^{-4} \text{ j}$ farine non panifiable
- W compris entre 130 et $160 \cdot 10^{-4} \text{ j}$ farine panifiable ayant une bonne force boulangère
- W compris entre 160 et $250 \cdot 10^{-4} \text{ j}$ farine améliorante ou panifiable supérieure si alvéogramme est équilibré
- $W > 250 \cdot 10^{-4} \text{ j}$ farine issue de blé de force

Les résultats de travail de déformation illustrés dans la figure 22 montrent que nos farines de blé tendre locales présentent des valeurs comprises entre 267 et 377 10^{-4} j, dont la valeur la plus élevée est enregistré chez la farine Akhamoukh de 377 10^{-4} j, par contre la farine Ain abid représente la valeur la plus faible de 267 10^{-4} j. Donc les farines sont supérieures à la norme qui exige une valeur optimale comprise entre 130 et 250 10^{-4} j. Elles sont des farines issues de blé de force.

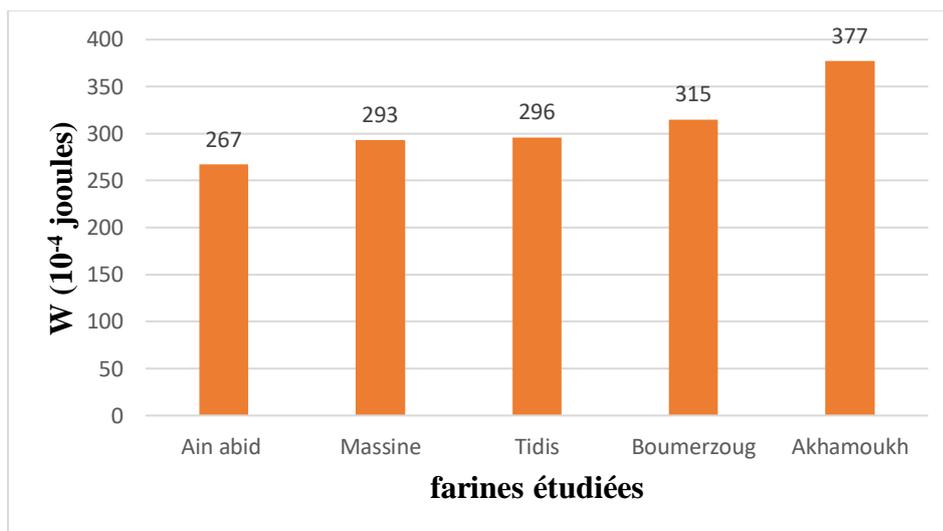


Figure 22: Le travail de déformation (W)

Selon **Godon et Loisel (1997)**, plusieurs facteurs biochimiques et génétiques sont impliqués dans l'augmentation de W. En effet, **Branlard et Loisel (1997)** ont associé l'augmentation de la force boulangère à celle de la teneur en protéines et gluten, et en particulier à celle de la quantité des gluténines de haut poids moléculaire.

II.3.3.2. Gonflement (G)

L'indice de gonflement qui représente l'extensibilité des pâtes est une expression de la capacité d'extension qui permet d'apprécier l'aptitude de réseau du gluten à retenir le gaz (**Kittissou, 1995**). C'est un critère important de la qualité des blés et des farines (**Colas, 1991**).

D'après **Martin (1998)**, l'extensibilité est liée à la capacité d'hydratation des protéines, mais les fortes teneurs en amidon endommagé et en pentosanes provoquent une compétition pour l'eau et limitent leur absorption par les protéines de réserves, résultats qui ont été confirmés par **Dexter et Edwards (2008)**.

Les valeurs de l'indice de gonflement illustrés dans la figure 23 sont comprises entre 15, 2 cm^3 et 18,4 cm^3 où la farine Boumerzoug représente la valeur la plus élevée, tandis que la farine Massine à la valeur la moins élevée, à l'intérieur de cet intervalle on trouve les valeurs des variétés Ain abid 16,2 cm^3 ; Akhamoukh 15,9 cm^3 et Tidis avec 15,4 cm^3 .

Les résultats obtenus sur la figure 23 montrent que la valeur de l'indice de gonflement des farines est inférieure à la valeur préconisée par la norme algérienne qui rapporte que l'indice de gonflement de la farine de panification doit être $>18 \text{ cm}^3$ mis à part la variété Boumerzoug qui est conforme (NA 1188, 1990).

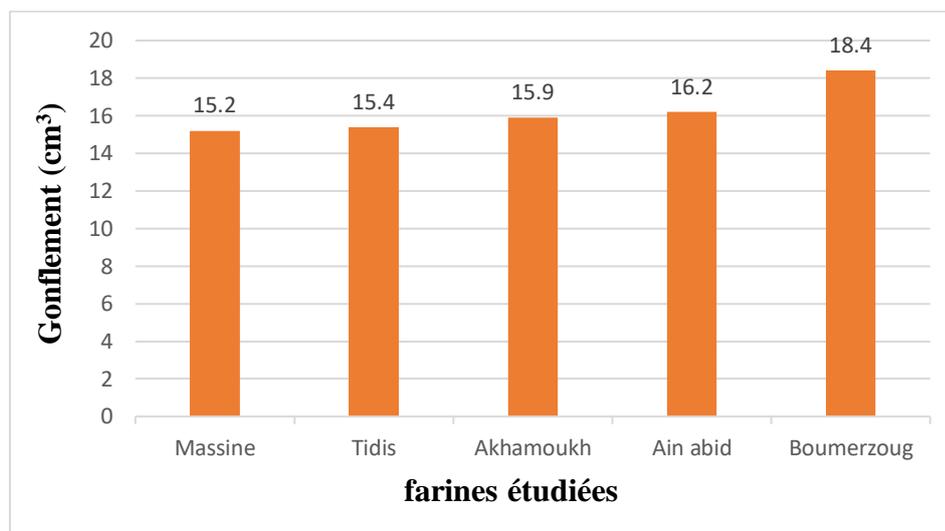


Figure 23: L'indice de gonflement (G)

II.3.3.3. Le rapport de configuration (P/L)

C'est le rapport de configuration de la courbe qui traduit l'équilibre du diagramme (Colas, 1991) Plus le rapport P/L est élevé (courbe plus haute que langue), la farine sera tenace. Par contre, si ce rapport est plus faible (courbe plus langue que haute), la farine sera extensible. Le W quant à lui, peut être identique dans ces deux cas (Del frate, 2005).

Selon Pena et al, (2005), les farines qui ont un « P/L » élevé (supérieur à 1) donneront des pâtes trop tenaces, peu tolérante au pétrissage et absorbe beaucoup d'eau, ainsi qu'un faible gonflement.

Les valeurs du rapport P/L des farines mentionnés dans la figure 24 sont 2,07, 2,47, 3, 00, 3,01, 3.55 respectivement pour Boumerzoug, Ain abid, Massine, Tidis et Akhamoukh respectivement. Ces valeurs sont hautement supérieures aux valeurs trouvées par Mauze et al, (1972) (P/L est comprise entre 0,45 et 0,55) pour qu'une farine soit panifiable et celle fixée par la boulangerie Algérienne qui exige des farines possèdent un P/L entre 0,45 et 0,65. (NA 1188, 1990).

C'est le rapport de configuration de la courbe qui traduit l'équilibre du diagramme (Colas, 1991)

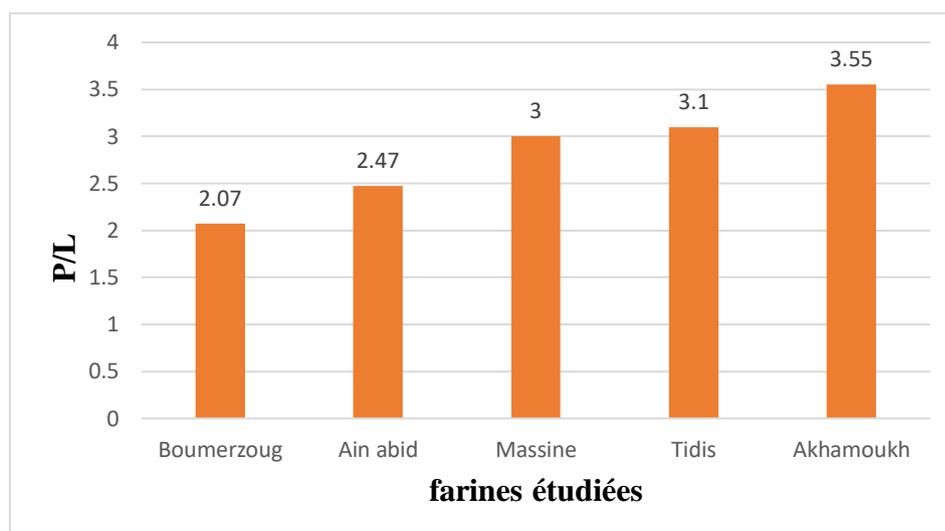


Figure 24: Le rapport de configuration P/L.

II.3.4. L'essai de panification

L'essai de panification que nous avons effectuée nous a permis d'établir les tableaux dans des grilles de notation (annexe IV).

Tableau 91: Résultats de test de panification

| Variété | Tidis | Ain abid | Akhamoukh | Boumerzoug | Massine |
|-------------------|------------|-----------------|------------|------------|------------|
| Note | | | | | |
| Note pate /100 | 77.25 | 76 | 73.12 | 64.75 | 73.62 |
| Note pain /100 | 55.75 | 77.9 | 52.97 | 78.7 | 48.75 |
| Note mie /100 | 100 | 100 | 79 | 79 | 76 |
| Valeur boulangère | 233 | 253.9 | 205.09 | 222.45 | 198.37 |
| Note totale /300 | | | | | |
| Note Appréciation | bon | Très bon | bon | bon | bon |

II.3.4.1 Appréciation des pâtes

D'après le tableau 11 les résultats du test de panification montrent que la note de la pâte varie entre 64.75/100 et 77.25/100. La note la plus faible a été remarquée chez la variété Massine alors que la variété Ain abid présente la note la plus élevée.

L'appréciation de la qualité des pâtes est souvent difficile à réaliser. En effet, **Dubois (1994)**, signale que des écarts notables de jugement séparent même des professionnels confirmés.

Les résultats montrent que la farine des variétés Tidis, Ain abid, Akhamoukh, présentent des pâtes sèches, tandis que Boumerzoug et Massine présentent des pâtes collantes.

Ceci peut être expliqué par la qualité de leurs glutens. **Calvel (1980)**, indique qu'un bon gluten doit donner des pâtes sèches, non collantes, de fortes ténacités et qui absorbent plus d'eau. De plus, **Dubois (1996)** a expliqué que le caractère collant est lié principalement aux taux d'hydratation qui dépend de la qualité et la quantité des protéines.

Nous constatons que les pâtes des variétés Tidis, Ain abid, Akhamoukh se montrent moins extensibles comparées aux pâtes obtenues à partir des variétés Boumerzoug et Massine.

Pour l'élasticité, les pâtes des différentes variétés de blé tendre sont tous élastiques mis à part Tidis et Boumerzoug qui montrent peu d'élasticité. L'élasticité de la pâte est principalement due à la capacité des protéines du gluten à former des agrégats de haut poids moléculaire. La nature, les propriétés et la quantité de ces agrégats dépendent des caractéristiques et des quantités des sous-unités gluténines de haut poids moléculaire et des sous-unités gluténines de faible poids moléculaire. Les liaisons covalentes, disulfures en particulier, y jouent un rôle essentiel (**Feillet et al, 1994**).

Nous remarquons que les variétés Tidis, Ain abid, Boumerzoug, ne relâchent pas après pétrissage, gardent l'aspect rond après pointage (1ere fermentation) avec un bon lissage. Tandis que les variétés Akhamoukh et Massine présentent peu de relâchement ainsi qu'un bon lissage que pour la variété Akhamoukh et mauvais lissage pour la variété Massine.

La viscosité de la pâte dépend davantage de la teneur en eau, de la teneur en lipides et de la quantité de liaisons réversibles (hydrogènes, hydrophobes, ioniques) liant les constituants entre eux. Celles-ci favorisent en effet des glissements moléculaires et donc la viscosité du milieu (**Feillet et al, 1994**).

Après façonnage, toutes les pâtes restent fermes à l'exception de la variété Boumerzoug qui a relâché un peu.

Ceci est l'expression visuelle de la structure gluténique ou du développement du gluten. Il est lié principalement à la conformation des protéines, mais il est influencé aussi par leur niveau d'oxydation et la vitesse d'hydratation des particules (**Roussel, 2000**).

Après la deuxième fermentation (apprêt), la forme des pâtons de toutes les variétés reste ronde et la pâte non déchirée, à l'exception de la variété Massine qui a une pâte de forme plate non poreuse, ainsi que la variété Tidis présente une pâte déchirée.

II.3.4.2. Appréciation des pains

Pour **Calvel (1994)**, un pain de qualité est le résultat de la mise en œuvre d'un processus de panification qui doit donner un produit de bel aspect, d'un beau volume, à la croûte légèrement cassée, bien dorée et croustillante, à la mie souple et élastique, bien aérée, à la teinte blanc crème, à odeur agréable et d'un goût dont la flaveur est séduisante et appétissante. De même, **Bushuk (1985)**, caractérise le bon pain par son grand volume, par sa belle forme de croûte, de texture et de couleur agréable et par une mie de bonne couleur à texture lisse, bien alvéolée non uniforme.

II.3.4.2.1. Masse et volume du pain

D'après la figure 25. Les pains issus du blé tendre local ont des masses qui varient entre 200 g et 210 g. la plus élevée présentée par les deux variétés Boumerzoug et Akhamoukh (210 g), ensuite vient la variété Tidis avec une masse de 205 g. les valeurs les plus faibles sont remarquées chez les variétés Akhamoukh et Massine avec une masse de 200 g.

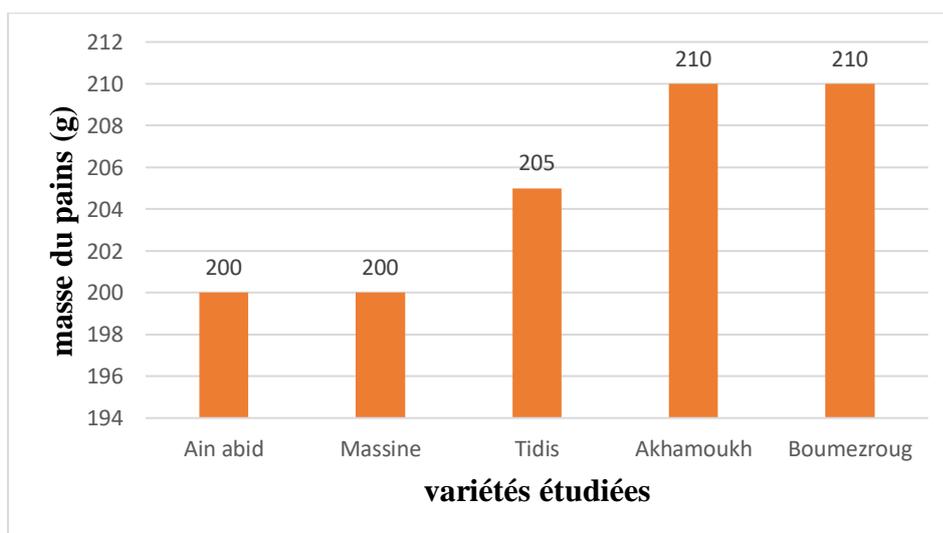


Figure 25: La masse du pain

II.3.4.2.2. Les volumes du pain

Bushuk (1985) a rapporté que le volume du pain varie avec la composition chimique (surtout protéique) quantitative et qualitative de la farine. De plus, **Singh et al. (1990)**. Rapportent que le volume des pains est directement proportionnel à la quantité et la qualité des gluténines, en particulier, les gluténines de hauts poids moléculaires dans lesquelles les réactions d'oxydations et

les ponts disulfures exercent une action importante sur les propriétés viscoélastiques des pâtes qui déterminent un meilleur gonflement des pâtes et des pains bien expansés.

Les volumes du pain sont compris entre 3.42 et 4.50 cm³ pour respectivement Akhamoukh (3.42 cm³), Tidis (3.80 cm³), Boumerzoug (3.90 cm³), Massine (4.40 cm³) et Ain abid (4.50 cm³). Selon le **décret exécutif algérien n° 91-572 du 31 décembre 1991 relatif à la farine de panification et au pain**, qui exige un intervalle compris entre 4 à 8 cm³, pour le volume des pains. Donc d'après cela les variétés Ain abid et Massine sont conforme à la norme, alors que les autres variétés sont inférieures à la norme.



Figure 26: Volume du pain (cm³)

II.3.4.2.3. Aspect extérieur du pain

D'après le tableau 11 les résultats du test de panification montrent que la note du pain varie entre 52.97/100 et 78.7/100. la note la plus faible a été remarquée chez la variété Akhamoukh alors que, la variété Boumerzoug présente la note la plus élevée.

Les pains issus des variétés de blé tendre montrent une section normale, la variété Boumerzoug contient une section ronde et Massine a une section plate. La couleur du pain est rouge pour toutes les variétés, mis à part Boumerzoug avec une couleur normale. Des coups de lames irréguliers et bien jetés mais déchirés, tandis que la variété Boumerzoug présente un coup de lame régulier et lisse. Un coup de lame bien jeté et lisse est observé chez la variété Ain abid. La croûte de toutes les variétés est molle à l'exception des variétés Tidis et Ain abid présente une croûte croustillante (Figure 27).



Figure 27: l'aspect extérieur du pain

B : Bumerzoug

AB : Ain abid

MS : Massine

AK : Akhamoukh

TDS : Tidis

II.3.4.3. Aspect de la mie

D'après le tableau 11 les résultats du test de panification montrent que la note de la mie varie entre 100/100 et 76/100. La note la plus faible a été remarquée par la variété Massine, tandis que les variétés Ain abid et Tidis présentent la meilleure note de mie.

La mie des variétés Tidis, Ain abid, Massine, est de couleur légèrement crémé et les variétés Bumerzoug et akhamoukh est de couleur blanche et elles sont toutes élastiques mis appart la variété Massine n'est pas élastique.

La mie des variétés Boumerzoug, Massine est adhérente à la croûte alors que la mie des variétés Tidis, Ain abid, Akhamoukh est un peu collante à la croûte.

Les variétés Tidis, Ain abid, Massine caractérisées par des alvéoles réguliers par contre les variétés Akhamoukh et Boumerzoug caractérisées par des alvéoles irréguliers.

Les alvéoles sont aérées pour toutes les variétés, à l'exception de la variété Tidis qui présente des alvéoles serrées.

Tous les variétés ont une mie de paroi fine seul la variété Akhamoukh possède une mie de paroi épaisse.

La flaveur est jugée bonne pour les variétés Tidis, Ain abid par contre les variétés Akhamoukh, Boumerzoug, Massine. Possèdent une odeur de mie légèrement citronnée. (Figure 28).



Figure 29: Aspect de la mie

II.3.4.4. Appréciation de la valeur boulangère

La valeur boulangère est fortement variable en fonction des variétés. Plusieurs paramètres physico-chimiques et technologiques ainsi que rhéologiques ont été identifiées pour permettre classer les meilleures valeurs boulangères du blé tendre des variétés étudiées. Enfin il y a l'évaluation de la grille de représentation des résultats d'AFNOR qui permet d'apprécier la note de cette valeur (sur 300) en cumulant les trois notes des pâtes, pains et mies ne chaque une est sur 100. Et les classer selon le tableau ENSMIC et Enquête I.T.C.F (Voir annexe III).

La valeur boulangère du pain de différentes variétés étudiées sont illustrées dans le tableau 11 qui regroupe ces valeurs. La valeur boulangère des différentes variétés de blé tendre varie entre 198.37/300 et 253.9/300. Où la variété d'Ain abid représente la valeur boulangère la plus élevée de 256.9/300(très bonne), alors que Massine a la valeur la moins élevée de 198.37/300 (bonne). A l'intérieur de cet intervalle on trouve la variété de Tidis avec une valeur de 233/300, ensuite vient

la variété de Boumerzoug présentant une valeur de 222,45/300 et la variété d'Akhamoukh avec 205.09/300 ces derniers sont de bonnes valeurs boulangères. Donc nos cinq variétés de farines présentent une bonne aptitude à la panification.

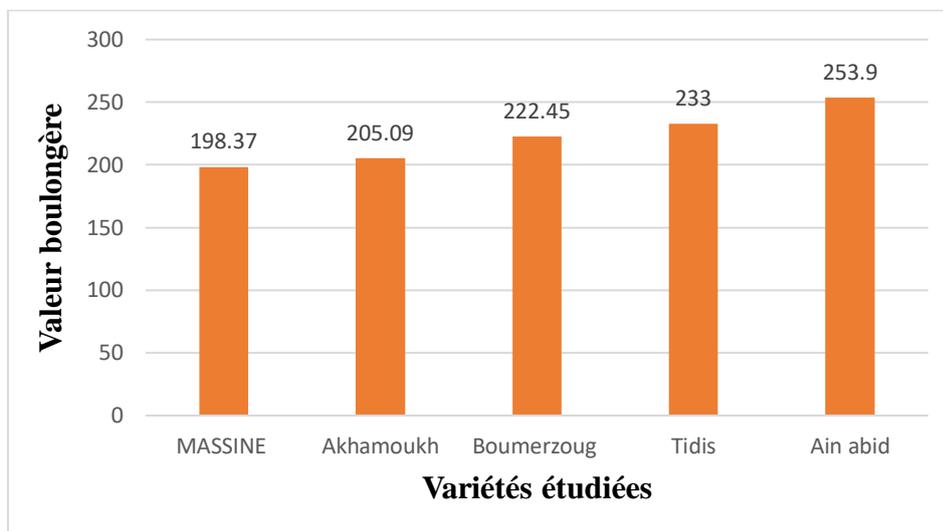


Figure 30: Valeur boulangère des variétés étudiées

Conclusion

Conclusion

Conclusion

Le travail que nous avons entrepris vise à étudier quelques caractéristiques physicochimiques et technologiques de cinq variétés de blé tendre, et à évaluer la valeur boulangère de ces blés par le test de panification.

A la lumière des résultats obtenus on conclut que :

Les résultats d'analyses physicochimiques sont conformes aux normes algériennes.

Le taux d'humidité est conforme aux normes. Ainsi que les résultats de test de mille grains enregistrés révèlent que les cinq échantillons de blé tendre appartiennent à la classe grain moyen, seule la variété Akhamoukh appartient aux classe gros grains. Pour la masse à l'hectolitre des variétés sont conformes à la norme qui est au minimum 75g/HL.

Donc d'une façon générale, on peut dire que nos blés sont des grains propres, sains, apte technologiquement et prouvent être conservés sans risque d'altération.

Les résultats d'analyses technologiques indiquent que :

On trouve que toutes les variétés présentent des taux d'extraction inférieure à la norme mis à part la variété Tidis qui est conforme à la norme qui exige des taux d'extraction entre 70 et 75%. Pour les valeurs de l'indice de Zélény montrent que les blés des variétés sont des blés de très bonne force boulangère (28-38 ml), à l'exception de Tidis qui a des blés de bonne force (18-38 ml) et donc conformes à la norme (> 18 ml), la teneur en protéines toutes les variétés sont conformes à la norme (≥ 11.50 %), à part la variété Tidis présentant une valeur inférieure à la norme. Concernant le taux de cendre, on remarque que les farines de toutes les variétés sont de type 55 et présentent des teneurs en matières minérales dans la norme (0.50 %-0.60 %).

Les teneurs en gluten humide et sec sont conformes à la norme. la capacité d'hydratation n'est pas conforme à la norme, toutes les variétés sont supérieures à l'exception de Tidis qui présente une valeur inférieure à la norme qui exige un intervalle de 67-68 %.

IC : dépasse la norme préconisée par la réglementation algérienne et montre qu'il y a une grande présence d'amidon, la farine est qualifiée d'Hypodistasique.

W : indique que nos variétés sont des blés de force (blés hard améliorants) qui peuvent être utilisés en coupage avec des variétés soft.

G et P/L : sont instables par rapport aux normes, les variétés contiennent un indice de gonflement faible ce qui explique une faible rétention des gaz lié essentiellement à la qualité des glutens.

Conclusion

Un rapport de configuration P/L trop élevée qui explique une farine trop tenace (courbe plus haute que longue).

Les résultats de l'essai de Panification montrent que les pains issus des farines de blé tendre sont des pains moyennement développés avec des coups de lame différents selon la variété qui sont irréguliers pour la majorité, une couleur rouge observée pour toutes les variétés et une couleur normale pour Boumerzoug. La croûte de toutes les variétés est molle à l'exception des variétés Tidis et Ain abid qui présentent une croûte croustillante. La mie est de couleur crème et blanche, élastique et collante à la croûte et avec des alvéoles réguliers et aérés. En général la qualité des pains de différentes variétés était bonne et aptes à la panification.

L'évaluation est basée sur des grilles de présentation des résultats normalisées selon la méthode AFNOR.

En fin pour mieux valoriser ces blés, il est recommandé de faire des analyses chromatographiques pour connaître le rapport entre les protéines du gluten (gliadines et gluténines), de faire les dosages de lipides, de l'amidon total et de l'amidon endommagé. En plus de faire des coupages entre ces farines de blé local et celle de blé faible jusqu'à l'obtention d'une farine de haute valeur boulangère que l'on peut utiliser en panification.

La baisse de taux d'extraction peut être due à l'état mécanique du grain, à l'efficacité du broyeur d'essai et au conditionnement. Lorsque la teneur en humidité du blé atteint 16% en conditionnement, l'amande farineuse se sépare facilement de l'enveloppe.

Perspectives :

On propose d'étendre cette étude pour d'autres variétés de blé tendre locale pour améliorer leur aptitude à la panification

L'ajout de la farine de malt est proposé Pour son bénéfice pour l'amélioration des qualités fermentatives des farines, compensation de l'insuffisance amylasique ainsi que la favorisation de la coloration de la croûte à la cuisson.

Références

Références Bibliographique

Références Bibliographique

A

ABECASSIS, J. (2015) ABCASSIS JOEL, INRA-UMRAITE.2015 LA FILIERE BLÉ DUR

ADRAIN, J. POIFFAIT. (1996). Composition et valeur nutritionnelle du pain. In : GUINET R.

ALGERIE ECO. (2022) <https://www.algerie-eco.com/2022/07/13/cereales>

ALTAF, A., ATKINS, I.M., ROONEY, L.W., PORTER, K.B. (1969). Crop Sci. 9 329-330. In Varga B., Svecnjak Z., Jurkovic Z., Kovacevic J. and Jukic Z. (2003). Wheat Grain and Flour Quality as Affected by Cropping Intensity. Food Technol. Biotechnol.

AMMAR, M. (2015). Organisation de la chaîne logistique dans la filière céréales en Algérie états des lieux et perspective. Thèse de Doctorat de CIHEAM Montpellier, (<http://www.consoglobe.com/>)

ANONYME. (1979). Le laboratoire de technologie des céréales de l'ITGC. In : Céréaliculture N° 10.

ARON, I. Et Broussard, C. (1999). Association de coordination technique pour l'industrie agroalimentaire. Evaluation sensorielle : guide pratique de bonne pratique.

AUTIO, K., Laurikainen, T. (1997). Relationship between flour / dough microstructure and dough handling and baking properties. Trends in Food Science and Technology.

B

BAGHOUS, F. (1998). Relation entre les sous unités gluténines et les caractéristiques technologiques intrinsèques des blés tendres cultivés en Algérie. Thèse de magistère, INA, El-Harrach, Algérie.

BELTON, P.S. (1999). On the elasticity of wheat gluten. In : le grain de blé : composition et utilisation FEILLET P. INRA. Paris.

BENCHARIF, A., Chaulet, C., Chehat, F., Kaci, M. & Sahli, Z. (1996). La filière blé en Algérie, Paris : Karthala.

BENHANIA, Z. (2013). Etude de la fabrication de la farine et contrôle de sa qualité mémoire de master, université Kasdi Merbah Ouargla, Algérie.

BERLAND S. et ROUSSEL P., (2005). Qualité technologique. Document de École Nationale Supérieure de Meunerie et des Industries Céréalières (ENSMIC), Surgères, France.

Références Bibliographique

BOUKARBOUA, A., and Boulkroun, M. (2016). Appréciation de la qualité technologique des farines commerciales par des tests indirects, Université des Frères Mentouri

BOURSON, Y. (2009). "Mouture du blé tendre et techniques d'obtention de la farine," Ed. Techniques Ingénieur.

BOUTHEYNA, LADGHAM CHIKOUCHE Mounira KHARKHACHE. (2021). L'effet de semoule sassée super fine (3SF) sur la qualité du pain. Thèse de doctorat. UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF-M'SILA

BRABANT, C., Dario F., Kleijer, G., Vincent, V. (2007). Influence de la variété sur le goût du pain. Revue Suisse d'Agriculture, 39(3),

BRANLARD, G. et Loisel, W. (1997). Test de laboratoire in Industrie des céréales. 2^{ème} édition. Technique et documentation. Lavoisier. Paris.

BRUNNEL, C. Partyt, B., Brijs, K., Delcour, J.R. (2010). " The impact of the protein network on the pasting and cooking properties of dry pasta products". Food Chemistry.

BUCHÉ, F. (2011). Influence de la formulation de pâtes de farine de blé sur leur consommation d'oxygène et leur production de dioxyde de carbone au cours du pétrissage et de la fermentation : Conséquences biochimiques et rhéologiques. Thèse. Alimentation et Nutrition. Agro Paris Tech.

BURE, J. (1979). Le pain. Recueil des usages concernant les pains en France. Edition du centre National de la Recherche Scientifique. Paris.

BUSHUK, W. (1985). Flour protein: structure and functionality in dough and bread cereal foodword.

C

CABROL, NA.McSween, H. Y., Wyatt, M. B., Gellert, R., Bell III, J. F., Morris, R. V., Herkenhoff, K. E., ... & Zipfel, J. (2006). Characterization and petrologic interpretation of olivine-rich basalts at Gusev Crater, Mars. *Journal of Geophysical Research: Planets*,

CADI, A. (2005). Caractérisation des zones céréalières potentielles à travers le nord d'Algérie.

CALVEL, R. (1981) : la boulangerie moderne, Ed ; EGROLLE. France,

CLAVEL, R. (1980). Boulangerie moderne. 9^{ème} édition. Eyrolles-Paris. Dubois M., 1994. Rendement en pâte en boulangerie et en industrie de la cuisson. Industrie des Céréales.

CALVEL, R. (1984). La boulangerie moderne, Ed Eyrolle. France.

Références Bibliographique

CALVEL, R. (1994). Maitrise du pétrissage et de la fermentation pour l'élaboration d'un pain de qualité. Industrie des céréales Avril/ Mai/ Juin.

CAMPBELL, K., G.C., BERGMAN, C.J., GUALBERTO, D.G., ANDERSON, J.A., GIROUX, M. J., HARELAND, G., FULCHER, R.G., SORRELLS, M.E. & FINNE, Y P. L. (1999). Quantitative Trait Loci Associated with Kernel Traits in a Soft X Hard Wheat Cross, Crop Sci.

CAUVAIN Stanley, P. and Young Linda, S. (2007). Technology of Breadmaking, Second Edition, Springer Science+Business Media, LLC. Céréaliculture N°44-1er Semester.

CHANCELLE Betty, N. (2015). Production et caractérisation de farine de patate douce (*Ipomoea batatas*.Lam) : optimisation de la technologie de panification. Thèse de doctorat. Université de Lorraine. Articles L 122. 4 Code de la Propriété Intellectuelle.

CHEFTEL, J-C, et Chafel, H. (1992). Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments (volume 1). Ed tec & doc. Lavoisier, paris.

CHENE, A. (2001). La farine Journal de l'ADRIANOR.

COLAS, A. (1991). Définition de la qualité des farines pour les différentes utilisations

CUBADDA, R. (1988). "Evolution of durum wheat, semolina and pasta in Europe. In : Durum Wheat : chemistry and technology". Coord. Fabriani G., et Lintas C. American Association of Cereal Chemist (AACC).

CUBADDA., Francesco., AURELLI., Federica., RAGGI., Andrea., et Carcea M. (2009). Effect of milling, pasta making and cooking on minerals in durum wheat. Journal of Cereal Science, vol. 49, no 1.

D

DACOSTA, Y. (1986), Le gluten de blé et ses applications. Technique et Documentation, Lavoisier, Paris.

DEBITON, C. (2010). Identification des critères du grain de blé (*Triticum aestivum* L.) favorables à la production de bioéthanol par l'étude d'un ensemble de cultivars et par l'analyse protéomique de lignées isogéniques waxy. Thèse Docteur d'Université, Clermont-Ferrand, France, 132p.

DELFRATE, R. (2005). Mieux connaître la farine. Les nouvelles (tle la boulangerie pâtisserie. Supplément technique INBP. Alimentation boulangère - Pâtisserie. Edition SPES. P : 7-8.

Références Bibliographique

DELPHINE S., Elisa M., Amandine D., Sandrine, M. (2016). Diversité des terroirs, des blés, des levures, des bactéries, des pratiques boulangères : quel impact sur la saveur et la qualité nutritionnelle du pain ? Communication dans un congrès, Sciences du Vivant Alimentation et Nutrition. HAL INRA.

DEMIRALP, H., Celik, S., & Köksel, H. (2000). Effects of oxidizing agents and defatting on the electrophoretic patterns of flour proteins during dough mixing. European Food Research and Technology.

DEXTER et Edwards. (2008). Problèmes d'interprétation des courbes alvéographiques liés aux farines de blé commun vitreux. Commission Canadienne des Grains. www.grainscanada.com

DIDIER, P. (2009). L'humidité maximale des céréales : un facteur important pour un stockage de qualité. Communiqué de presse. Suiss granum.

DJERMOUN, A. (2009). Etude sur La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques. Revue Nature et Technologie.

DON, C., Lichtendonk, W. J., Plijter, J. J., Vliet, T. V. and Hamer, R. J. (2005). The effect of mixing on glutenin particle properties : aggregation factors that affect gluten function in dough. Journal of Cereal Science.

DOUMANDJI, A., S, D., and B, D.-M. (2003). "Technologie de transformations des blés et problèmes Dus aux insectes au stock, Cours de technologie des céréales," OPU.

DUBOIS, M. (1996). Les farines : caractérisation des farines et des pâtes : dernier développement dans le domaine analytique. Industrie des Céréales. N° 97. Edition. Technique et documentation. Lavoisier. Paris.

DECRET exécutif algérien n° 91-572 du décembre 1991

E

ELIASSON, A.-C., and Larsson, K. (1993). Cereals in breadmaking. Marcel Dekker: New York.

F

FAOSTAT. (23 JUNE 2020) Food and Agriculture Data, <http://www.fao.org/faostat>

FEILLET, (2000). Le grain de blé, composition et utilisation, Ed : INRA, paris.

FEILLET, P. (1994). Structure et propriétés des protéines du blé dur. Séminaire Européen,

Références Bibliographique

FETOUHI, A. (2014). Panification à base de blé tendre ou de riz-fèverole (sans gluten) : essai de prédiction de la qualité technologique par dissociation chimique des interactions impliquées. Thèse, Université Constantine -1, Institut de la nutrition, de l'alimentation et des technologies agro-alimentaires (I.N.A.T.A.A.).

FREDOT, EMILIE. (2005). Connaissance des aliments, base alimentaire et nutritionnelles de la diététique. Paris.

G

GODON, B et GUINET, R. (1994). La panification française. Lavoisier Tec et Doc.

GODON, B. (1995). **Le pain.** Pour la science. Dossier hors-série de mars (science et gastronomie).

GODON, B. (1996). La panification française. Paris, Lavoisier, (Collection sciences et technique agroalimentaires).

Godon, B. et Loisel, W. (1997). Guide pratique d'analyse dans les industries des céréales. 2ème édition'. Technique et documentation. Lavoisier. Paris.

Godon, B. et Loisel. (1984). Guide pratique d'analyse dans les industries des céréales. Technique et documentation. Lavoisier. Paris.

GODON, B. et WILLM, C. (1991). Les industries de première transformation des céréales. Tec et Doc LavoisierParis.

GODON, et Willm, C. (1998). Les industries de la première transformation des céréales. Ed. Tec et Doc. Lavoisier. Paris

GRANDVIONNET, P. (1991). la valeur meunière des blés. In Godon, B. willm, C. les industries de première transformation des céréales. Lavoisier Tec et Doc, Paris.

GUINET, R. et GODON B. (1994). La panification française, Technique et Documentation, Lavoisier, Paris.

H

HOSHINO, T., ITO, S., TANIGUSHI, Y., and SATO, A., 1994. Jap. J. Crop Sci. 63: 21-25 in Varga B., Svecnjak Z., Jurkovic Z., Kovacevic J. and Jukic Z., 2003. Wheat Grain and Flour Quality as Affected by Cropping Intensity. Food Technol. Biotechnol.

HUTKINS, Robert W. (2006). Microbiology and technology of fermented foods, 1st ed, Blackwell publishing. ISBN-13 : 978-0-8138- 0018-9.

I

ICTF (2001) : Contrôle de la qualité des Céréales et des protéagineux. Guide pratique ITCF. Laboratoire de qualité des céréales.

INOUE, Y, Bushuk, W. (1992). Studies on frozendough. II. Flour quality requirements for bread production from frozen dough. Cereal Chemistry,

J

JACOMAIN, (1982). Du pain de froment, valeur boulangère.

JACQUEMIN, L., Zeitoun, R., Sablayrolles, C., Pontalier, P. Y., & Rigal, L. (2012). Evaluation of the technical and environmental performances of extraction and purification processes of arabinoxylans from wheat straw and bran. Process

JONGEN, T. R. G., Bruschke, M.V., Dekker, J. G. (2003). Analysis of dough kneaders using numerical flow simulations. Cereal Chemistry, July 2003 Volume 80 Number.

K

KARAKAS, O., Gurel, F., & Uncuoglu, A. A. (2011). Assessment of genetic diversity of wheat Genotypes by resistance gene analog markers. Genetic and Molecular Research, 1098

KITISSOU, P. (1995). Un nouveau paramètre alvéographique (indice d'élasticité). Industrie des céréales.

KLEIJER G ; LEVY I ; SCHWERZEI R ; FOSSATI D ; et BRABANT C. (2007). Relation entre le poids à l'hectolitre et plusieurs paramètres de la qualité dans le blé, revue suisse Agric.

L

LADRAA, N. (2012). Aptitude à la panification de quelques variétés de blé dur Algérien. Ecole Nationale Supérieure d'agronomie El-Harrach. Alger.

LANGRAF, F. (2002). Produits et procédés de panification. Edit. Technique de l'ingénieur, traité Agroalimentaire, Rouen.

LE GOFF, L. (1997). Connaitre ce que l'on mange. In : encyclopédie de l'alimentation biologique et de l'équilibre nutritionnel. ROGER JOLLIOS, Paris.

Références Bibliographique

LECOQ, R. (1965). Manuel d'analyses alimentaires et d'expertises usuelles. Tome 1. Edit DOIN. DEREN et CIE, Paris.

LINDEN, G., Lorient, D. (1994). Biochimie agro-industrielle : Valorisation alimentaire de la production agricole. Ind. Alim. Et Biologiques. Masson. 70-80,

LOCKWOOD, J. F. (1950) : La meunerie. N°145.

Luc, S., Valerie, M. (2012). Impact de la structure de l'aliment sur les propriétés nutritionnelles et l'acceptabilité du pain et des pâtes. Innovations Agronomiques, INRAE, (19).

M

MACAULEY, H, Ramadjita T. (2015). Les cultures céréalières : riz, maïs, millet, sorgho et blé. Rapport : Plan d'action pour la transformation de l'agriculture africaine.

MADRP (2018). Statistiques du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural et de la Pêche.

MASYLATTARD, I. (1989). Le pain : aspects biochimiques et nutritionnels. Thèse PhD Pharmacie, Lille.

MAUZE, C., Richard, M. et Scatti, G. (1972). Contrôle de la qualité des blés. Guide pratique de l'industrie technique des céréales et des fourrages. Paris.

MEHTA, K. L., Scanlon, M. G., Sapirstein, H. D., Page J. H. (2009). Ultrasonic investigation of the effect of vegetable shortening and mixing time on the mechanical properties of bread dough. Journal of Food Science.

MILLAR, S. (2006). Role of the dough mixing process in bread production. In : HELDMAN D.R. (ED.), Encyclopedia of Agricultural, Food, and Biological Engineering. Taylor et Francis Group, London.

MONTISSINOS, F. (2003). Le blé : composition, culture, économiques. Technoboulonge. Montpellier, 26-28 janvier.

MOSINIAK, M. (2018). Prat R., Roland J.C. Du blé au pain.

MULTON, J.L. (1982). Conservation et stockage des grains et graines et produits dérivés. Céréales, oléagineux, protéagineux, aliments pour animaux. Technique et documentation. Lavoisier. APRIA. Paris.

N

Références Bibliographique

Norme algérienne NA 1132-2012 (I.S.O. 712) : Détermination de la teneur en eau.

Norme algérienne NA 731-2013 : Détermination de la masse de 1 000 grains

Norme algérienne NA 1613-1990 : Détermination de la masse à l'hectolitre - méthode au pèse grains d'un litre

Norme algérienne N.A.1158-1990 (I.S.O. 1871) : Dosage de l'azote totale avec minéralisation selon la méthode Kjeldahl.

Norme algérienne N.A 1184-1990 : Détermination de l'indice de sédimentation -- Test de Zélény

Norme algérienne NA 732-1990 : Détermination des cendres à 550°C

Norme algérienne NA 735 1990 : Détermination du gluten humide

Norme algérienne NA 736 1992 : Détermination du gluten sec

Norme algérienne NA ISO 3093 NA 1176-2008 : Détermination de l'Indice de Chute selon Hagberg- Perten

Norme algérienne NA 1188-1990 : Détermination des caractéristiques rhéologiques au moyen de l'alvéographe

Norme algérienne NA : journal officielle n°12 du 10/08/1998

P

PENA, E., BERNARDO, A., SOLER, C., JOUVE N. (2005). Relationship between common wheat (*Triticum aestivum* L.) gluten proteins and dough rheological properties. *Euphytica*, vol.

POPINEAU, Y. (1992). Transformation enzymatique des protéines de blé, publié dans la biotransformation des produits céréaliers, Lavoisier.

POTUS, J. GALEY C., VIGNAU C., GARCIA R ., POIFFAIT A., et NICOLAS J ., (1994) . Les oxydoréductases en panification. *Industries des céréales*, n° 115.

PROFERT (2018). Notice technique des céréales 5 p. www.profert.dz

PYLER, E.J, (1988). The dough mixing process. *Baking science and technology*.

R

ROUSSEL, P. et CHIRON, H. (2002). Les pains français Evolution, Qualité, Production. *Mae-Erti*, Vesoul.

Références Bibliographique

ROUSSEL, P., Chiron, H. (2005). Les pains français : évolution, qualité, production. Edition MAE ERITT, Paris

ROUSSEL, P., Loisel, W. (1984). Guide pratique d'analyses dans les industries des céréales. Ed Tec et Doc., Lavoisier, Apria Paris.

ROUSSEL, PH. (2000). Approche collective de la qualité des blés et les farines de l'année 2000

S

SABLANI, S. S., Baik, O., Marcotte, M. (2002). Neural networks for predicting thermal conductivity of bakery products. *Journal of Food Engineering*.

Sajot-Deneuille D., (2008). Contribution à la mise en place de la démarche HACCP pour la fabrication de pain blanc précuit surgelé. Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - ENVT, 2008.

Shewry PR, Halford NG, Belton PS, Tatham AS (2002). The structure and properties of gluten : an elastic protein from wheat grain. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B : Biological Sciences*.

SIMIC, G., HORVAT, D., JURKOVIC, Z., DREZNER, G., NOVOSELOVIC, D., DVOJKOVIC, K. (2006). The Genotype Effect on the Ratio of Wet Gluten Content to Total Wheat Grain Protein. *Central European Agriculture Journal*.

SINGH, N.K., Donan, O.R. et Macritehic, F. (1990). Use of sonification and size exclusion IPLC in the study of wheat flour proteins. II. Relative quality of gluten and a measure of bread making quality. *Cereal Chem*.

SINNAEVE, G., Vancutsem, F., Couvreur, L., Bodson, B., Herman, J. L., Van Remoortel, V., and Falisse, A. (2007, September). Variétés : froment d'hiver. In *Livre Blanc Céréales-Gembloux-Informations avant les semis*.

STATISTA (2019). Les principaux pays producteurs de blé dans le monde 2016-2019. <https://fr.statista.com/CIC> (2019). Conseil International des Céréales. <https://www.igc.int/fr/>

T

TOUYAROU, P. (2011). Formulation, caractérisation et validation d'un pain satiétogène. Thèse de doctorat, Médecine humaine et pathologie. Université de Bourgogne.

U

UGRINOVITS, M.S., Arrigoni, E., Dossenbach, A., Haberli, G., Hanich, H., J. Schwerzenbach, J., Richemont, L., Rychener, M., Thormann, H., Stalder, U. (2004). Céréales,

Références Bibliographique

Produits de L'industrie Meunière, Prémélanges pour four, Mélanges de Farines Instantanées.
Manuel suisse des denrées alimentaires.

V

VARGA, B., SVECNJAK, Z., JURKOVIC, Z., KOVACEVIC, J, JUKIC Z., (2003). Wheat Grain and Flour Quality as Affected by Cropping Intensity. Food Technol. Biotechnol

W

WILLIAMS, P., EL HARAMEIN, FJ., NAKKOU, H, RIHAVIS. (1988). Crop quality evaluation methods and guidelines. Aleppo: International centre for agricultural research in the dry areas (ICARDA).

Z

ZHOU, Z., Robards, K., Helliwell, S., Blanchard, C. (2002). Review Composition and functional properties of rice. International Journal of Food Science and Technology.

Annexes

Annexe I

Matériels utilisés



Photo 1 : Balance

Pour le pesage d'échantillon



Photo 2: Broyeur CHOPIN

Broyeur de laboratoire pour la
préparation rapide d'échantillons fins et
homogènes



Photo 3: dessiccateur

Est un équipement servant à refroidir les
échantillons après étuvage et au même temps
gardé leurs humidités



Photo 4 : Etuve CHOPIN

Est un équipement servant à refroidir les
échantillons après étuvage et au même temps
gardé leurs humidités



Photo 5 : Compteur de grain NUMIGRAL
Appareil régler pour compter 1000 grains de blé



Photo 6 : Testeur de poids spécifique
Appareil pour mesure du volume des grains
exprimés en Kg/HL



Photo 7 : Appareil de conditionnement CHOPIN
Appareil servant a amené les blés au degré
d'humidité convenable.



Photo 8 : Appareil de sédimentation
L'appareil est utilisé pour définir la qualité panifiable de
la farine et du blé



Photo 9 : Four à moufle

Permet la détermination du taux de cendres des céréales et de leurs dérivés, par incinération à $550 \pm 10^\circ \text{C}$



Photo 10 : Minéralisateur

Minéralisateur : permet la transformation des matières organiques en substances minérales



Photo 11 : Distillateur

Appareil servant à extraire l'azote de la solution à analyser



Photo 12 : Appareil de titrage

Appareil servant à déterminer le volume de l'azote

ANNEXE



Photo 13 : Presse de gluten
GLUTOMATIC
Appareil Permet d'extraire le gluten
humide



Photo 14 : Plaque chauffante GLUTORK2020
Appareil pour quantifier le gluten sec



Photo 15 : Falling number PERTEN
Détermination de l'activité alpha-amylasique
dans les farines et les moutures intégrales de
blé tendre.



Photo 16 : Alvéographe CHOPIN
Un appareil qui permet de mesurer l'élasticité
du gluten contenu dans la farine et de
déterminer la "force boulangère" de cette farine
(son élasticité, sa résistance et sa tenue).



Photo 17 : Farine des cinq variétés destinées à la panification



Photo 18 : Pétrin HOBA

Appareil permet de mélanger les ingrédients de panification durant la première étape qui s'appelle le pétrissage



Photo 19 : four électrique

Appareil alimenté par le courant électrique, permet de créer la chaleur grâce à des résistances électriques, qui donne l'aspect

Annexe II

Les résultats d'alvéographie



CHOPIN Technologies
20 avenue Marcellin Berthelot
92390, Villeneuve-la-Garenne, FRANCE
+33 1 41 47 50 33

CHOPIN Technologies
20 avenue Marcellin Berthelot
92390, Villeneuve-la-Garenne, FRANCE
+33 1 41 47 50 33

Protocole : Alveographe HC
Nom du fichier : 2205190102[838]
Nom du test : TIDIS étudiant
Commentaires :

Date et heure du test : 19/05/2022 11:01:43
Nom du partenaire : CHOPIN Technologies
Produit : Laboratory wheat flour
S/N : 30
A : 1.3.11

Température

Eau : 22,3 °C
Pétrin : 24,1 °C
Chambre de repos : 25,2 °C
Chambre Alveo : 20,5 °C

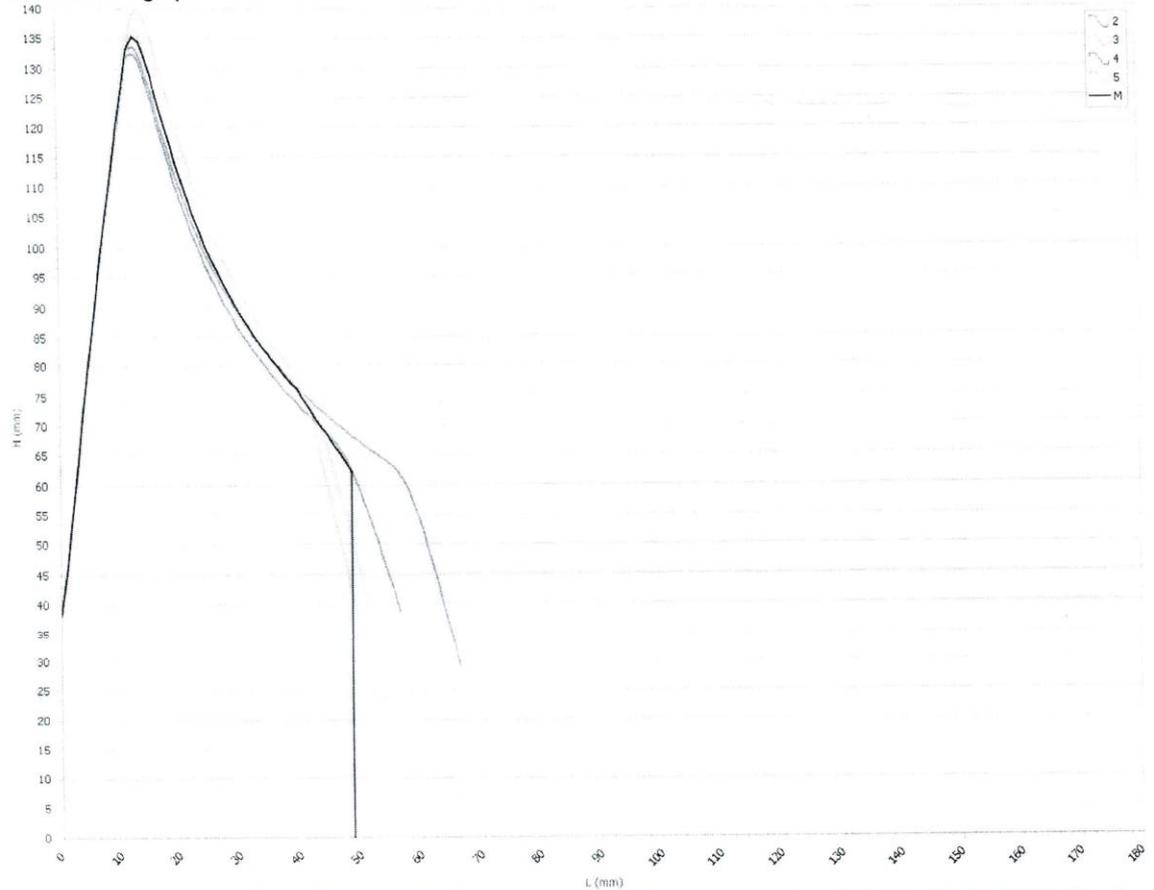
Paramètres

Hygrométrie : 57,6 %
Humidité : 15,35 %
Hydratation : 50 %
Base d'hydratation : B15% H2O
Quantité d'eau : 123,46 mL
Masse de farine : 250 g

Résultats standards

P : 149 mmH2O
L : 48 mm
G : 15,4
W : 296 10-4J
P/L : 3,1
Ie : 56,2 %

Courbe Alvéographe





CHOPIN Technologies
20 avenue Marcellin Berthelot
92390, Villeneuve-la-Garenne, FRANCE
+33 1 41 47 50 33

CHOPIN Technologies
20 avenue Marcellin Berthelot
92390, Villeneuve-la-Garenne, FRANCE
+33 1 41 47 50 33

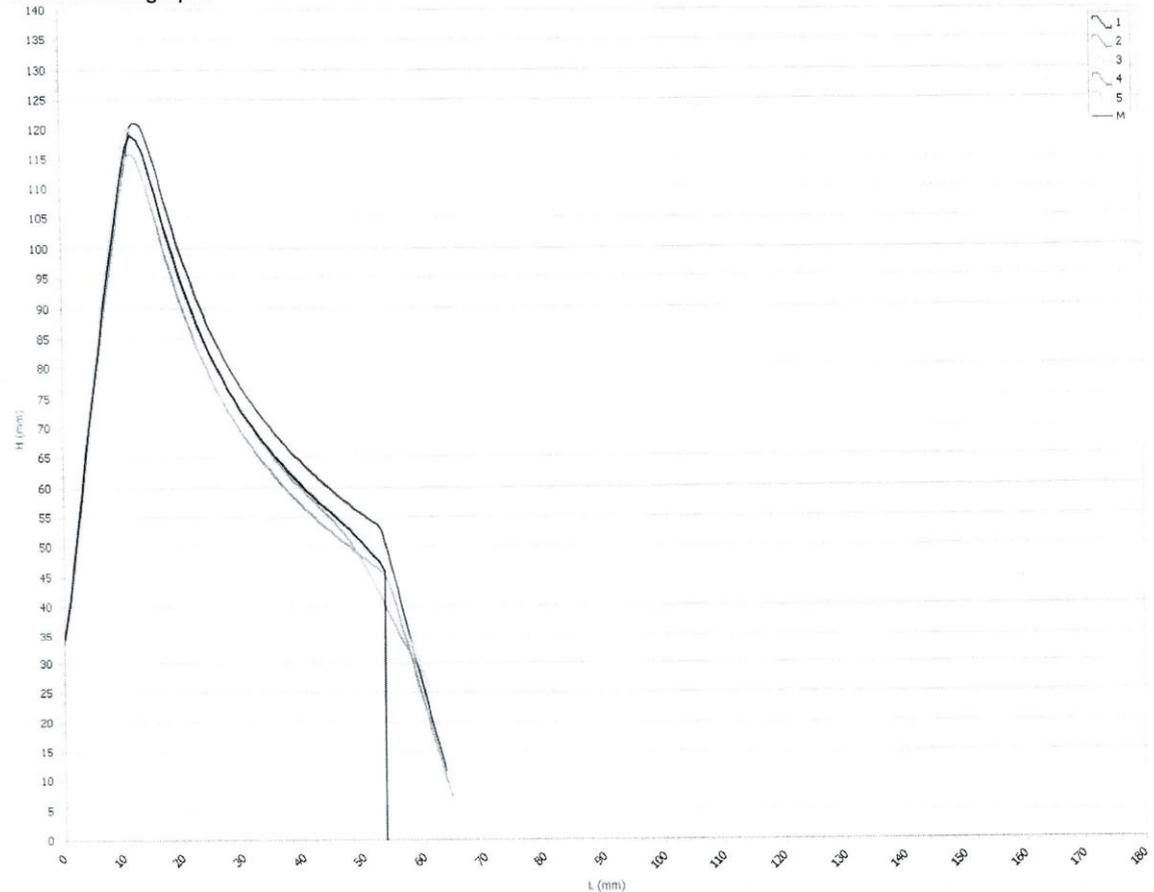
| | |
|----------------------------------|---|
| Protocole : Alveographe HC | Date et heure du test : 19/05/2022 10:35:30 |
| Nom du fichier : 2205190101[837] | Nom du partenaire : CHOPIN Technologies |
| Nom du test : AIN ABID étudiant | Produit : Laboratory wheat flour |
| Commentaires : | S/N : 30 |
| | A. : 1.3.11 |

| | |
|----------------------------|-------------------------------|
| Température | Paramètres |
| Eau : 26,4 °C | Hygrométrie : 59,6 % |
| Pétrin : 24,1 °C | Humidité : 15,31 % |
| Chambre de repos : 25,2 °C | Hydratation : 50 % |
| Chambre Alveo : 20,8 °C | Base d'hydratation : B15% H2O |
| | Quantité d'eau : 123,63 mL |
| | Masse de farine : 250 g |

Résultats standards

P : 131 mmH2O
L : 53 mm
G : 16,2
W : 267 10-4J
P/L : 2,47
Ie : 50,7 %

Courbe Alvéographe





CHOPIN Technologies
20 avenue Marcellin Berthelot
92390, Villeneuve-la-Garenne, FRANCE
+33 1 41 47 50 33

CHOPIN Technologies
20 avenue Marcellin Berthelot
92390, Villeneuve-la-Garenne, FRANCE
+33 1 41 47 50 33

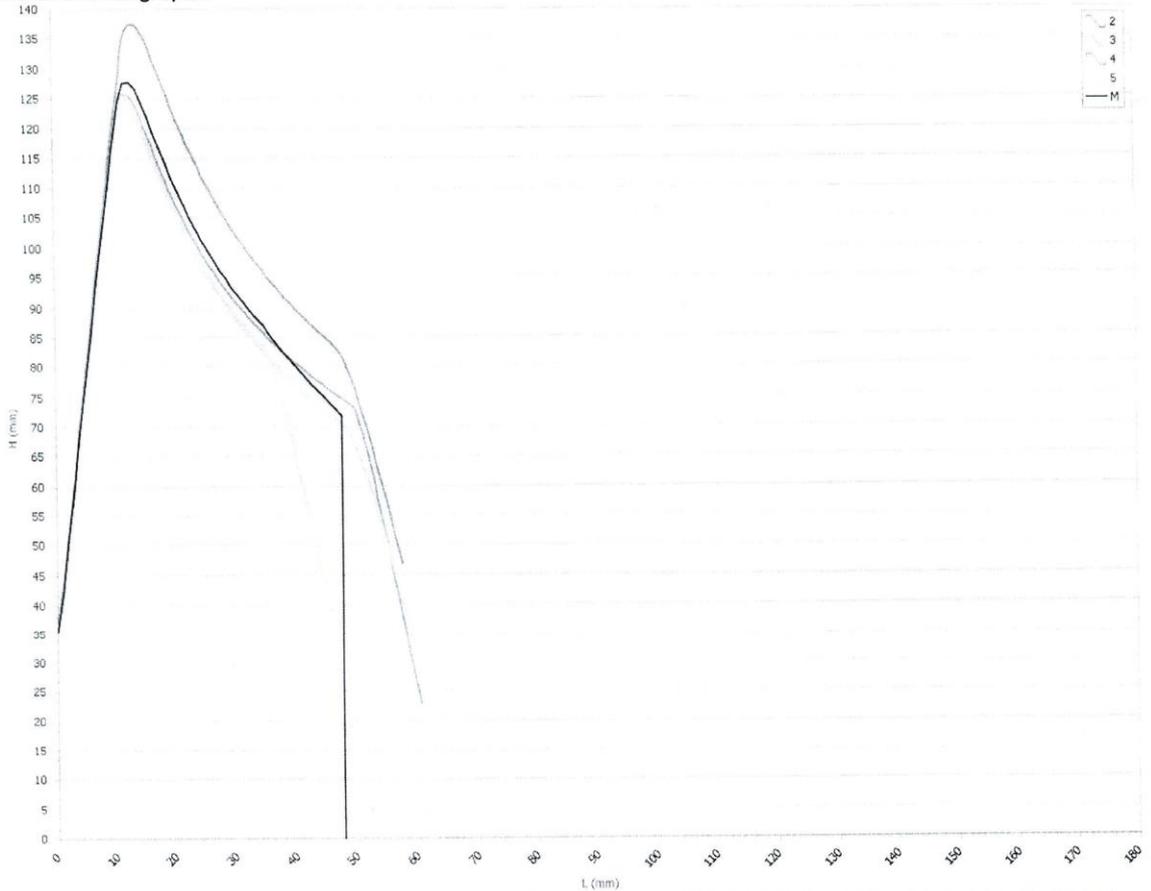
| | |
|----------------------------------|---|
| Protocole : Alveographe HC | Date et heure du test : 22/05/2022 15:08:18 |
| Nom du fichier : 2205220101[841] | Nom du partenaire : CHOPIN Technologies |
| Nom du test : MASSINE étudiant | Produit : Laboratory wheat flour |
| Commentaires : | S/N : 30 |
| | A. : 1.3.11 |

| | |
|----------------------------|-------------------------------|
| Température | Paramètres |
| Eau : 22,9 °C | Hygrométrie : 70,6 % |
| Pétrin : 23,8 °C | Humidité : 15,33 % |
| Chambre de repos : 25,4 °C | Hydratation : 50 % |
| Chambre Alveo : 20,5 °C | Base d'hydratation : B15% H2O |
| | Quantité d'eau : 123,54 mL |
| | Masse de farine : 250 g |

Résultats standards

P : 141 mmH2O
L : 47 mm
G : 15,2
W : 293 10-4J
P/L : 3
Ie : 63 %

Courbe Alvéographe





CHOPIN Technologies
20 avenue Marcellin Berthelot
92390, Villeneuve-la-Garenne, FRANCE
+33 1 41 47 50 33

CHOPIN Technologies
20 avenue Marcellin Berthelot
92390, Villeneuve-la-Garenne, FRANCE
+33 1 41 47 50 33

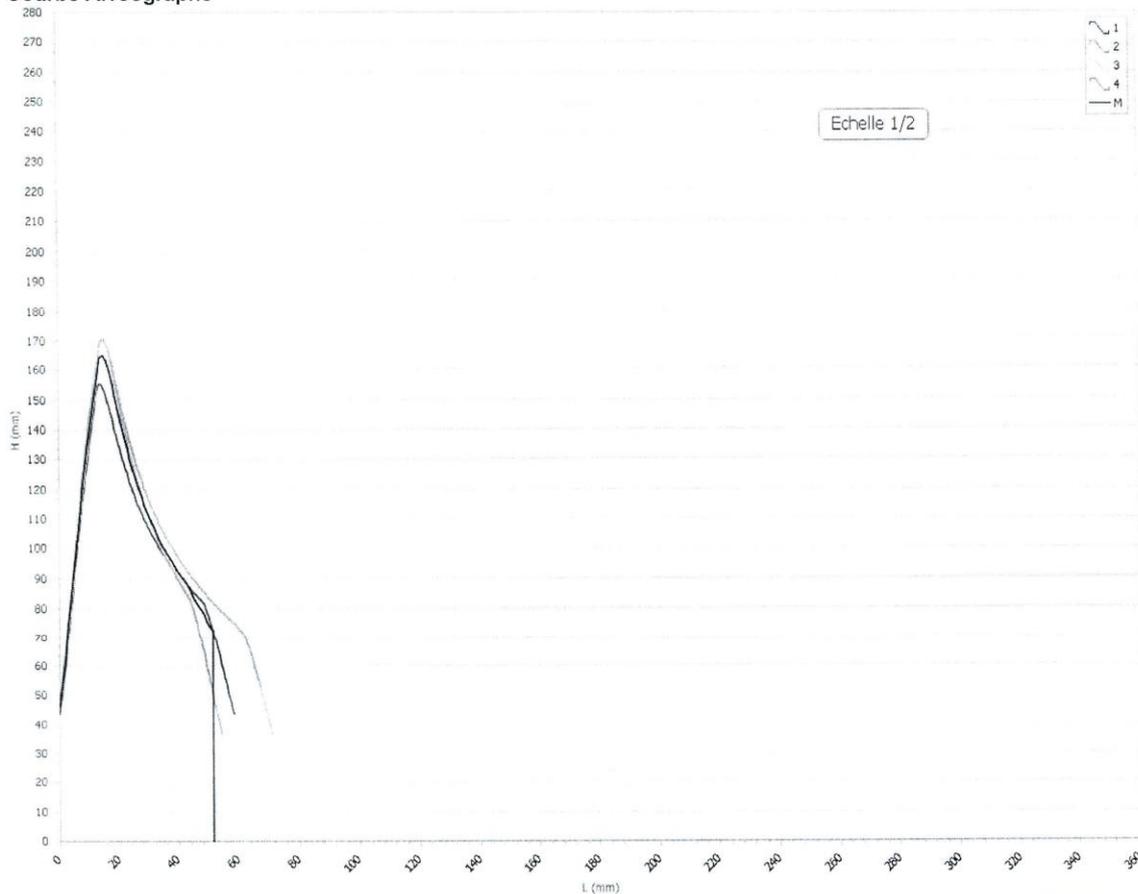
| | |
|----------------------------------|---|
| Protocole : Alveographe HC | Date et heure du test : 19/05/2022 11:28:08 |
| Nom du fichier : 2205190103[839] | Nom du partenaire : CHOPIN Technologies |
| Nom du test : AKHAMOKH étudiant | Produit : Laboratory wheat flour |
| Commentaires : | S/N : 30 |
| | A : 1.3.11 |

| | |
|----------------------------|-------------------------------|
| Température | Paramètres |
| Eau : 21,5 °C | Hygrométrie : 62,6 % |
| Pétrin : 23,9 °C | Humidité : 15,35 % |
| Chambre de repos : 25,1 °C | Hydratation : 50 % |
| Chambre Alveo : 20,4 °C | Base d'hydratation : B15% H2O |
| | Quantité d'eau : 123,46 mL |
| | Masse de farine : 250 g |

Résultats standards

P : 181 mmH2O
L : 51 mm
G : 15,9
W : 377 10-4J
P/L : 3,55
le : 56,2 %

Courbe Alvéographe





CHOPIN Technologies
20 avenue Marcellin Berthelot
92390, Villeneuve-la-Garenne, FRANCE
+33 1 41 47 50 33

CHOPIN Technologies
20 avenue Marcellin Berthelot
92390, Villeneuve-la-Garenne, FRANCE
+33 1 41 47 50 33

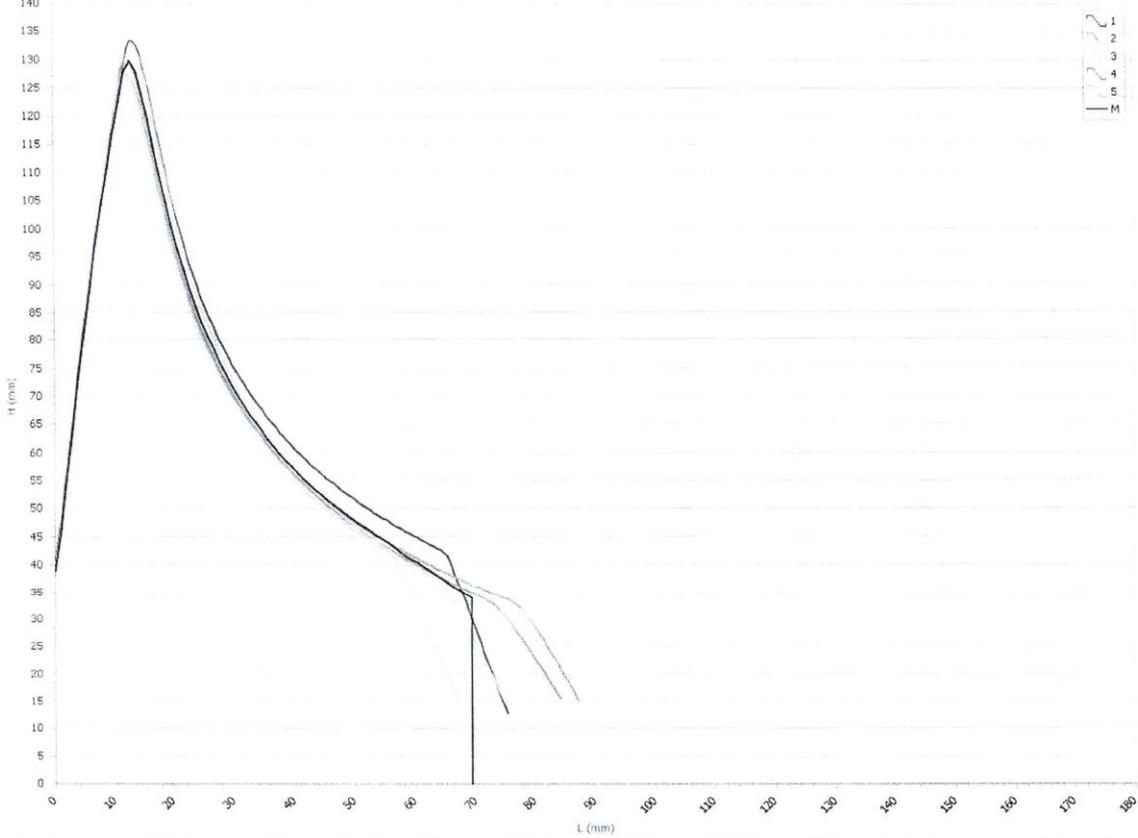
| | |
|-----------------------------------|---|
| Protocole : Alveographe HC | Date et heure du test : 19/05/2022 11:54:55 |
| Nom du fichier : 2205190104[840] | Nom du partenaire : CHOPIN Technologies |
| Nom du test : BOUMERZOUG étudiant | Produit : Laboratory wheat flour |
| Commentaires : | S/N : 30 |
| | A : 1.3.11 |

| | |
|----------------------------|-------------------------------|
| Température | Paramètres |
| Eau : 21,1 °C | Hygrométrie : 63,6 % |
| Pétrin : 23,9 °C | Humidité : 15,37 % |
| Chambre de repos : 25,2 °C | Hydratation : 50 % |
| Chambre Alveo : 20,1 °C | Base d'hydratation : B15% H2O |
| | Quantité d'eau : 123,37 mL |
| | Masse de farine : 250 g |

Résultats standards

P : 143 mmH2O
L : 69 mm
G : 18,4
W : 315 10-4J
P/L : 2,07
le : 44,3 %

Courbe Alvéographe



Annexe III

Evaluation des aspects en panification

ANNEXE

Tableau 1 : Les différents aspects évalués en panification

| Appréciation | | ENSMIC | Enquête I.T.C.F |
|--------------|---|-----------------------|-----------------|
| Très bon | Note pâte /100 Note pain/100 Note total/300 | > 80 > 80 > 240 | >236 |
| Bon | Note pâte /100 Note pain/100 Note total/300 | > 70 >70 >220 | >197 |
| assez bon | Note pâte /100 Note pain/100 Note total/300 | >60 >60 >190 | >158 |
| Passable | Note totale | — | >132 |
| Médiocre | Note pâte /100 Note pain/100 Note total/300 | >50 >50 >150 | >106 |
| Mauvais | Note pâte /100 Note pain/100 Note total/300 | >50 >50 >150 | >106 |

ANNEXE

Tableau 2 : les principaux critères d'appréciation de la pâte.

| Critère | Caractère apprécié de la pâte |
|--------------------|---|
| Consistance (1) | Caractéristiques viscoélastiques |
| Collant (2) | Adhérence de la pâte au dos de la main |
| Extensibilité(3) | Capacité d'allongement jusqu'à rupture |
| Elasticité(4) | Capacité à reprendre et vitesse de retour à la forme initiale |
| Relâchement | Tenue de la pâte |

Annexe IV
Les grilles de notation

: grille de présentation des résultats de la méthode AFNOR. "La variété Boumerzoug".

| Interprétations | insuffisanc | | | | excès | | | | principe de calcul |
|------------------------|-------------|---|---|----|-------|---|---|-----------|---|
| | 1 | 4 | 7 | 10 | 7 | 4 | 1 | des notes | |
| observations et notes: | | | | | | | | | |
| Lissage | | | | | X | | | | $\times 0,5 \ 3,5 / 5$ |
| Collant de la pâte | | | | | X | X | | | $\times 0,5 \ 2 / 5$ |
| Consistance | | | | | | | | | |
| Extensibilité | | | | | X | | | | $\times 0,5 \ 3,5 / 5$ |
| Elasticité | | | X | | | | | | $\times 0,5 \ 3,5 / 5$ |
| Relâchement | | | | | X | X | | | $\times 0,5 \ 3,5 / 5$ |
| PETRISSAGE | | | | | | | | | total=16/25 \times coef (*) = 8 / 25 |
| Pousse en cuve | | | | | | | | | |
| Détente : relâchement | | | | | X | X | | | $\times 1$ |
| POINTAGE | | | | | | | | | total=7/10 7 / 10 |
| Allongement | | | | | X | | | | $\times 0,5 \ / 5 \ 3,5$ |
| Déchirement | | | | X | | | | | $\times 0,5 \ / 5 \ 5$ |
| Elasticité | | | | | X | | | | $\times 0,5 \ / 5 \ 3,5$ |
| Collant de la pâte | | | | | | | X | | $\times 1 \ / 10 \ 1$ |
| FACONNAGE | | | | | | | | | total=13/25 \times coef (*) = 9,75 / 25 |
| Activité fermentative | | | | X | | | | | $\times 0,5 \ 5 / 5$ |
| Déchirement | | | | X | | | | | $\times 0,5 \ 5 / 5$ |
| APPRET | | | | | | | | | total=10/10 10 / 10 |
| Collant de la pâte | | | | X | | | | | $\times 1 \ 10 / 10$ |
| Tenue | | | | X | | | | | $\times 2 \ 20 / 20$ |
| MISE AU FOUR | | | | | | | | | total=30/30 \times coef (*) = 30 / 30 |
| | | | | | | | | | 64,75 total pâte / 100 |
| Volume des pains | | | | | | | | | total= / 30 14,7 / 30 |
| Section | | | X | | | | | | $\times 1 \ 7 / 10$ |
| Couleur | | | | X | | | | | $\times 2 \ 20 / 20$ |
| Epaisseur | | | X | | | | | | $\times 0,5 \ 3,5 / 5$ |
| Croustillant | | | X | | | | | | $\times 0,5 \ 3,5 / 5$ |
| Coup : Développement | | | | | X | | | | $\times 1 \ 10 / 10$ |
| de : Régularité | | | | | X | | | | $\times 1 \ 10 / 10$ |
| lame : Déchirement | | | | | X | | | | $\times 1 \ 10 / 10$ |
| ASPECT DU PAIN | | | | | | | | | total=64/70 \times coef (*) = 64 / 70 |
| | | | | | | | | | 78,7 total pain / 100 |
| Couleur | | | X | | | | | | $\times 1 \ 7 / 10$ |
| Texture : souplesse | | | | X | | | | | $\times 1 \ 10 / 10$ |
| Elasticité | | | | X | | | | | $\times 1 \ 10 / 10$ |
| Collant | | | | | X | | | | $\times 1 \ 7 / 10$ |
| Alvéolage : régularité | | | X | | | | | | $\times 1 \ 7 / 10$ |
| Epaisseur | | | | X | | | | | $\times 1 \ 10 / 10$ |
| Flaveur | | | X | | | | | | $\times 4 \ 28 / 40$ |
| ASPECT MIE | | | | | | | | | total mie / 100 79 |
| | | | | | | | | | 222,5 / 300 |
| | | | | | | | | | Valeur boulangère |

ANNEXE

: grille de présentation des résultats de la méthode AFNOR. "La variété AKHAMOUKH"

| Interprétations | insuffisanc e | | | | excès | | | | principe de calcul | |
|------------------------|------------------|--|------|---|-------|---|--|--|--------------------|-------------------------|
| observations et notes | | | | | | | | | des notes | |
| Lissage | | | X | | | | | | x 0,53,5/ 5 | |
| Collant de la pâte | | | | X | | | | | x 0,5 5 / 5 | |
| Consistance | | | | | | | | | | |
| Extensibilité | | | X | | | | | | x 0,53,5/ 5 | |
| Elasticité | | | | X | | | | | x 0,5 5 / 5 | |
| Relâchement | | | | X | | | | | x 0,5 5 / 5 | |
| PETRISSAGE | | | | | | | | | total=22/ 25 | x coef (*) = 22/ 25 |
| Pousse en cuve | | | | X | | | | | x 1 | |
| Détente : relâchement | | | | X | | | | | total=10/ 10 | 10 / 10 |
| POINTAGE | | | | | | | | | | |
| Allongement | | | X | | | | | | x 0,53,5/ 5 | |
| Déchirement | | | | | X | | | | x 0,53,5/ 5 | |
| Elasticité | | | | | X | | | | x 0,53,5/ 5 | |
| Collant de la pâte | | | | | X | | | | x 1 7 / 10 | |
| FACONNAGE | | | | | | | | | total=17,5 | x coef (*) = 17,5 / 25 |
| Activité fermentative | | | | X | | | | | x 0,5 5 / 5 | |
| Déchirement | | | | X | | | | | x 0,5 5 / 5 | |
| APPRET | | | | | | | | | total=10/ 10 | 10 / 10 |
| Collant de la pâte | | | | X | | | | | x 1 10 / 10 | |
| Tenue | | | X | | | | | | x 2 14 / 20 | |
| MISE AU FOUR | | | | | | | | | total=24/ 30 | x coef (*) = 18 / 30 |
| | | | | | | | | | 73,12 | total pâte / 100 |
| Volume des pains | | | 3,42 | | | | | | total= / 30 | 12,85 / 30 |
| Section | | | | X | | | | | x 1 10 / 10 | |
| Couleur | | | | | X | | | | x 2 14 / 20 | |
| Epaisseur | | | | X | | | | | x 0,5 5 / 5 | |
| Croustillant | | | | X | | | | | x 0,53,5/ 5 | |
| Coup : Développement | | | | X | | | | | x 1 7 / 10 | |
| de : Régularité | | | | X | | | | | x 1 7 / 10 | |
| lame : Déchirement | | | | | X | | | | x 1 7 / 10 | |
| ASPECT DU PAIN | | | | | | | | | total=53,5 | x coef (*) = 40,12 / 70 |
| | | | | | | | | | 52,97 | total pain / 100 |
| Couleur | | | | X | | | | | x 1 7 / 10 | |
| Texture : souplesse | | | | | X | | | | x 1 10 / 10 | |
| Elasticité | | | | | X | | | | x 1 10 / 10 | |
| Collant | | | | | X | | | | x 1 10 / 10 | |
| Alvéolage : régularité | | | | X | | | | | x 1 7 / 10 | |
| Epaisseur | | | | | | X | | | x 1 7 / 10 | |
| Flaveur | | | | X | | | | | x 4 28 / 40 | |
| ASPECT MIE | | | | | | | | | 79 | total mie / 100 |
| | | | | | | | | | | Valeur boulangère / 300 |

ANNEXE

: grille de présentation des résultats de la méthode AFNOR. "La variété Ain Abid"

| Interprétations | insuffisanc | | | excès | | | principe de calcul |
|------------------------|-------------|-----|---|-------|---|--|-------------------------------------|
| | e | | | | | | |
| observations et notes | | | | | | | des notes |
| Lissage | | | X | | | | x 0,5 3,5 / 5 |
| Collant de la pâte | | | | X | | | x 0,5 5 / 5 |
| Consistance | | | | | | | |
| Extensibilité | | | X | | | | x 0,5 3,5 / 5 |
| Elasticité | | | | | X | | x 0,5 3,5 / 5 |
| Relâchement | | | | | X | | x 0,5 3,5 / 5 |
| PETRISSAGE | | | | | | | total=19 / 25 x coef (*) = 19 / 25 |
| Pousse en cuve | | | | | | | x 1 |
| Détente : relâchement | | | | | X | | total= 7 / 10 |
| POINTAGE | | | | | | | 7 / 10 |
| Allongement | | | X | | | | x 0,5 5 / 5 |
| Déchirement | | | X | | | | x 0,5 5 / 5 |
| Elasticité | | | X | | | | x 0,5 5 / 5 |
| Collant de la pâte | | | | | X | | x 1 7 / 10 |
| FACONNAGE | | | | | | | total=22 / 25 x coef (*) = 22 / 25 |
| Activité fermentative | | | X | | | | x 0,5 5 / 5 |
| Déchirement | | | X | | | | x 0,5 5 / 5 |
| APPRET | | | | | | | total= 10 / 10 |
| Collant de la pâte | | | X | | | | x 1 10 / 10 |
| Tenue | | | X | | | | x 2 14 / 20 |
| MISE AU FOUR | | | | | | | total= 24 / 30 x coef (*) = 18 / 30 |
| | | | | | | | 76 total pâte / 100 |
| Volume des pains | | 4,5 | | | | | total= / 30 |
| Section | | | X | | | | x 1 10 / 10 |
| Couleur | | | | X | | | x 2 14 / 20 |
| Épaisseur | | | X | | | | x 0,5 5 / 5 |
| Croustillant | | | X | | | | x 0,5 5 / 5 |
| Coup : Développement | | | X | | | | x 1 10 / 10 |
| de : Régularité | | | X | | | | x 1 7 / 10 |
| lame : Déchirement | | | X | | | | x 1 10 / 10 |
| ASPECT DU PAIN | | | | | | | total= 61 / 70 x coef (*) = 64 / 70 |
| | | | | | | | 77,9 total pain / 100 |
| Couleur | | | X | | | | x 1 10 / 10 |
| Texture : souplesse | | | X | | | | x 1 10 / 10 |
| Elasticité | | | X | | | | x 1 10 / 10 |
| Collant | | | X | | | | x 1 10 / 10 |
| Alvéolage : régularité | | | X | | | | x 1 10 / 10 |
| Épaisseur | | | X | | | | x 1 10 / 10 |
| Flaveur | | | X | | | | x 4 40 / 40 |
| ASPECT MIE | | | | | | | 100 total mie / 100 |
| | | | | | | | Valeur boulangère 253,9 / 300 |

ANNEXE

: grille de présentation des résultats de la méthode AFNOR. "La variété Tidis".

| Interprétations | insuffisanc | | | excès | | | principe de calcul |
|------------------------|-------------|------|----|-------|---|---|---|
| | e | | | | | | |
| observations et notes | 4 | 7 | 10 | 7 | 4 | 1 | des notes |
| Lissage | | | x | | | | x 0,53,5/ 5 |
| Collant de la pâte | | | | x | | | x 0,5 5 / 5 |
| Consistance | | | | | | | |
| Extensibilité | | | x | | | | x 0,53,5/ 5 |
| Elasticité | | x | | | | | x 0,5 2/ 5 |
| Relâchement | | | | x | | | x 0,53,5/ 5 |
| PETRISSAGE | | | | | | | total= 11,5 / 25 x coef (*) = 11,5 / 25 |
| Pousse en cuve | | | | | | | x 1 |
| Détente : relâchement | | | | x | | | x 1 |
| POINTAGE | | | | | | | total= 7 / 10 7 / 10 |
| Allongement | | | x | | | | x 0,53,5/ 5 |
| Déchirement | | | | x | | | x 0,53,5/ 5 |
| Elasticité | | | | x | | | x 0,5 5 / 5 |
| Collant de la pâte | | | | x | | | x 1 7 / 10 |
| FACONNAGE | | | | | | | total= 19 / 25 x coef (*) = 14,25 / 25 |
| Activité fermentative | | | | x | | | x 0,5 5 / 5 |
| Déchirement | | | | x | | | x 0,53,5/ 5 |
| APPRET | | | | | | | total= 8,5 / 10 8,5 / 10 |
| Collant de la pâte | | | | x | | | x 1 10 / 10 |
| Tenue | | | | x | | | x 2 20 / 20 |
| MISE AU FOUR | | | | | | | total= 30 / 30 x coef (*) = 30 / 30 |
| | | | | | | | 77,25 total pâte / 100 |
| Volume des pains | | 3,80 | | | | | total= / 30 14,5 / 30 |
| Section | | | | x | | | x 1 10 / 10 |
| Couleur | | | | | x | | x 2 14 / 20 |
| Epaisseur | | | | x | | | x 0,5 5 / 5 |
| Croustillant | | | | x | | | x 0,5 5 / 5 |
| Coup : Développement | | | x | | | | x 1 70 / 10 |
| de : Régularité | | | x | | | | x 1 7 / 10 |
| lame : Déchirement | | | | | x | | x 1 7 / 10 |
| ASPECT DU PAIN | | | | | | | total 55 / 70 x coef (*) = 41,29 / 70 |
| | | | | | | | 55,75 total pain / 100 |
| Couleur | | | | x | | | x 1 10 / 10 |
| Texture : souplesse | | | | x | | | x 1 10 / 10 |
| Elasticité | | | | x | | | x 1 10 / 10 |
| Collant | | | | x | | | x 1 10 / 10 |
| Alvéolage : régularité | | | | x | | | x 1 10 / 10 |
| Epaisseur | | | | x | | | x 1 10 / 10 |
| Flaveur | | | | x | | | x 4 40 / 40 |
| ASPECT MIE | | | | | | | 100 total mie / 100 |
| | | | | | | | Valeur boulangere 93,3 / 300 |

: grille de présentation des résultats de la méthode AFNOR. "La variété Massine "

| Interprétations | insuffisanc | | | excès | | | principe de calcul |
|------------------------|-------------|---|-----|-------|---|--|---------------------------------------|
| | e | | | | | | |
| observations et notes | | | | | | | des notes |
| Lissage | | | X | | | | × 0,53,5/ 5 |
| Collant de la pâte | | | | | X | | × 0,53,5/ 5 |
| Consistance | | | | | | | |
| Extensibilité | | X | | | | | × 0,5 2 / 5 |
| Elasticité | | | | X | | | × 0,5 5 / 5 |
| Relâchement | | | | | X | | × 0,5 2 / 5 |
| PETRISSAGE | | | | | | | total=16/ 25 × coef (*) = 4 2 / 25 |
| Pousse en cuve | | | | | | | × 1 |
| Détente : relâchement | | | | X | | | total=10/ 10 |
| POINTAGE | | | | | | | 10 / 10 |
| Allongement | | | X | | | | × 0,53,5/ 5 |
| Déchirement | | | | | X | | × 0,53,5/ 5 |
| Elasticité | | | | | X | | × 0,53,5/ 5 |
| Collant de la pâte | | | | | X | | × 1 7 / 10 |
| FACONNAGE | | | | | | | total=11,25 × coef (*) = 13,12 / 25 |
| Activité fermentative | | | | | X | | × 0,53,5/ 5 |
| Déchirement | | | | X | | | × 0,5 5 / 5 |
| APPRET | | | | | | | total=8,5 / 10 |
| Collant de la pâte | | | | X | | | × 1 10 / 10 |
| Tenue | | | | X | | | × 2 20 / 20 |
| MISE AU FOUR | | | | | | | total=30 / 30 × coef (*) = 30 / 30 |
| | | | | | | | 73,62 total pâte / 100 |
| Volume des pains | | | 4,4 | | | | total= / 30 |
| Section | | | | | X | | × 1 7 / 10 |
| Couleur | | X | | | | | × 2 8 / 20 |
| Epaisseur | | | X | | | | × 0,53,5/ 5 |
| Croustillant | | | X | | | | × 0,53,5/ 5 |
| Coup : Développement | | | X | | | | × 1 7 / 10 |
| de : Régularité | | | X | | | | × 1 7 / 10 |
| lame : Déchirement | | | | | X | | × 1 7 / 10 |
| ASPECT DU PAIN | | | | | | | total=43 / 70 × coef (*) = 32,25 / 70 |
| | | | | | | | 48,75 total pain / 100 |
| Couleur | | | | X | | | × 1 10 / 10 |
| Texture : souplesse | | | X | | | | × 1 7 / 10 |
| Elasticité | | | X | | | | × 1 7 / 10 |
| Collant | | | | | X | | × 1 7 / 10 |
| Alvéolage : régularité | | | | X | | | × 1 10 / 10 |
| Epaisseur | | | | | X | | × 1 7 / 10 |
| Flaveur | | | | X | | | × 4 28 / 40 |
| ASPECT MIE | | | | | | | 76 total mie / 100 |
| | | | | | | | Valeur boulangère / 300 |

ANNEXE

Remarque : (-) : signe négatif signifie l'insuffisance de caractère, (+) : signe positif signifie l'excès de caractère, N : normal, x ... : multiple par un coefficient spécifique au caractère précisé, 10 : jugement normal du caractère, 7 : si la caractéristique est un peu excessive (insuffisance), selon le signe (+) ou (-), 4 : si la caractéristique est excessive (insuffisance), 1 : si la caractéristique est très excessive (insuffisance).