



FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DES SCIENCES ALIMENTAIRE

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master en :

Spécialité : Agroalimentaire et Contrôle de Qualité

Filière : Sciences Alimentaires

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Thème

**Essai d'incorporation de la poudre de pourpier (*Portulaca oleracea L.*)
Sur les propriétés Technologiques du pain.**

Présenté par :

- **AMANI Leila**
- **BENYAMINA DOUMA Fatma Zohra**
- **KHERBACHE Meroua**

Devant le jury :

Mme REBZANI F.	MCB	USDB	Présidente
Mme BENLEMMANE S.	MCB	USDB	Examinatrice
Mme AOUES K.	MCA	USDB	Promotrice

Année Universitaire 2021-2022

Remerciement

Ce travail est le fruit de la combinaison d'efforts de plusieurs personnes. On remercie tout d'abord le tout puissant qui, par sa grâce nous a permis d'arriver au bout de nos efforts en nous donnant la santé, la force, le courage et en nous faisant entourer des merveilleuses personnes dont on tient à remercier :

*Nous tenons à exprimer notre reconnaissance à notre chère promotrice **Mme. AOUES K** qui a bien voulu diriger ce travail de recherche, qui nous a soutenus et encourager tout au long de ce parcours.*

Nous lui présentons nos vifs remerciements pour sa disponibilité et ses conseils pertinents qui ont aidé de façon très significative à l'amélioration de ce mémoire.

*Nous tenons à remercier très chaleureusement **Mr. RAMDHANE S.**, pour ses aides précieuses et sa générosité.*

*On tient également à exprimer notre profonde gratitude à **Dr. REBZANI F.**, qui a fait l'honneur de présider le jury et **Mme. BENLMMANE S.**, d'avoir accepté d'examiner ce modeste travail.*

*On est extrêmement reconnaissant à l'ensemble des responsables et du personnel de laboratoire de la Semoulerie AMOUR, en particulier ; **Hocine, Nassima, Hamza et Moundhir** pour leur confiance et les connaissances qu'ils ont su partager avec nous.*

*Nos profonds remerciements à l'ensemble des ingénieurs du laboratoire agroalimentaire de l'université de BLIDA, en particulier **HIBA**, pour ses conseils, sa patience et la confiance qu'elle nous a témoignés.*

Au personnel du laboratoire de contrôle de la qualité et de la répression des fraudes Blida, pour avoir mis leur laboratoire à notre disposition.

*Un grand merci à **OUBELLIL YASMINE** pour son aide très précieuse, ses conseils ainsi que ses connaissances qu'elle n'a pas hésiter de partager avec nous.*

*Nos respectueux remerciements à **Mr. TEFACHI Djamaï**, pour son aide très précieuse.*

*Nos sincères remerciements à **Mr. BOUTOUMI Hocine**, professeur au département chimie industrielle à l'université de Blida, pour ses aides généreuses et sa bienveillance.*

*On est profondément redevable au personnel du laboratoire de technologie alimentaire de l'ITGC, en particulier ; **Mr. Salah** pour sa générosité et ce aides et **Mr, DAHMOUN Salim** de nous avoir aider à la réalisation des tests de panification.*

*Remerciement a **Mr. Kherbache Mohamed** et **Mr. Alia Youcef** pour leur aide morale et matériel.*

A l'ensemble des responsables et du personnel de laboratoire de la Semoulerie SIM, et la semoulerie SOPI pour leurs aides précieuses.

Nos remerciements s'étendent également à tous nos enseignants durant les années des études.

Au final un grand merci à toute personne, de près ou de loin, par leur sourire, leurs paroles, leur présence et leur affection, nous ont permis de mener jusqu'au bout ce travail.

Dédicace

C'est avec grand plaisir que je dédie ce travail :

Aux êtres les plus chères à ma vie, mes parents qui m'ont doté une éducation digne, pour leur amour, leurs encouragements, leur soutien, leur affection et la confiance qu'il m'ont accordé, que dieu les protèges et leur donne une longue et joyeuse vie.

*A mes chères frères **Samír** et **Rafík**, ma belle-sœur **Cylia** qui m'ont toujours donné le courage pour avancer et pour leurs aides précieuses tout au long de mon parcours.*

A la mémoire de ma grand-mère, décédée trop tôt, qui m'a toujours motivé dans mes études. J'espère qu'elle apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part de sa petite fille qui a toujours prie pour le salut de son âme.

*A mes cousins qui m'ont doté d'aides précieuses en particulier : **Karím** et sa femme **Nadia**, et **Farid**, que dieu les protège ainsi que leurs enfants et leur offre la chance et le bonheur.*

*Mes adorables cousins **Mohamed** et **lamine**, car un cousin c'est un petit bout d'enfance qu'on ne peut jamais perdre, ils m'ont toujours soutenu et redonné le sourire.*

Aux chers parents de mes amies, pour leur encouragement, leur générosité et leurs chaleureux accueil mes profonds remerciements.

*Mes précieux amis : **Zola**, **Maroua**, **Kaouther**, **Nesrine**, **Chakib**, **Rahim**, **Karim**, **Issam** et **Mohamed**, pour leurs soutiens moraux, leurs encouragements, leur présence, leur compréhension et pour les souvenir qu'on a partagé toute ces années.*

Ce travail est l'occasion de vous témoigner mes profondes gratitudes.

Leïla

Dédicaces

C'est avec toute l'ardeur de mes sentiments et avec l'expression de ma profonde reconnaissance je dédie ce modeste travail,

A mes très chers parents

*Mon père **Mohammed** et ma mère **Hafidha***

Source de vie, d'amour et de fondation Pour leurs efforts et leurs sacrifices durant toute ma vie, leurs encouragements et soutiens Pour persévérer jusqu'à l'aboutissement de ce travail.

Mes deux chères sœurs

Hafsa** et **Rayhana

Source de joie et de bonheur dans ma vie et qui m'ont chaleureusement supporté.

*Mes deux tantes **Zoubida** et **Fatma Zohra***

Que j'aime beaucoup et qui n'ont pas cessé de me conseiller, encourager et soutenir tout le long de mes études.

*Ma cousine **Nadjet** qui a partagé avec moi tous les moments d'émotion.*

Et a toute ma famille et mes proches, source d'espoir et de motivation.

*Mes amis **Nesrine** et **Kaouther** sans oublier mes trinôme **Leila** et **Fatma Zohra***

En souvenir de nos éclats de rire et des bons Moments, en souvenir de tout ce qu'on a vécu ensemble, j'espère de tout mon cœur que notre amitié durera éternellement.

Meroua



Dédicace

A mon très cher père :

Pour m'avoir soutenu moralement et matériellement jusqu'à ce jour, pour leur amour, leur encouragement. Que ce travail soit pour vous un faible témoignage de ma profonde affection et tendresse. Que Dieu le tout puissant te préserve, t'accorde santé, bonheur, quiétude de l'esprit et te protège de tout mal.

A ma très chère mère :

Le soleil de ma vie qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse.

En ce jour mémorable, pour moi ainsi que pour toi, reçoit ce travail en signe de ma vive reconnaissance et ma profonde estime. Avec l'aide de tous puissants de pouvoir te donner longue vie santé, bonheur, joie, et prospérité afin que je puisse te combler à mon tour.

*A mon cher frère : **samir** et ma belle-sœur : **Dallel**.*

*A mes chères sœurs : **wassila, hassiba, khalida et wissam**. Qui n'ont pas cessé de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études. Que dieu les protège et leur offre la chance et le bonheur.*

*A mes chers cousins : **mohammed et Sid Ahmed**, et pour tous mes chères cousines*

*A mes adorables Trinôme : **leila et meroua** pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet et leurs chers parents.*

*Et aussi A mes amis : **Radjaa, youssra, zineb, hamza, rafik, mokram, krimo, walid**.*

Merci pour tout le monde pour leurs encouragements je vous aime.

Zola

Résumé

Un essai d'enrichissement d'une farine de blé tendre, par incorporation d'une poudre de pourpier *portulaca oleracea L*, a été réalisé. La partie aérienne de pourpier nettoyé, séché et bien broyé en fine poudre a été incorporé dans la farine de blé tendre à des différents pourcentages (3%, 5%, 10% et 15%). La composition chimique de la poudre de pourpier ainsi que les propriétés technologiques, fonctionnelles et microbiologiques, des farines de blé tendre incorporées, ont été déterminées. Des essais de panification ont été réalisés avec les farines incorporées afin de percevoir l'effet de l'incorporation, de la poudre de pourpier, sur les caractéristiques nutritionnelles, technologiques et sensorielles du pain, et de déterminer également le taux d'incorporation optimal permettant d'obtenir un pain de bonne qualité.

Les résultats des analyses physico-chimiques ont montré la richesse de la poudre de *portulaca oleracea* en nutriment : protéines (23.13%MS), lipides (2.37%MS), glucides (27.87%MS), matières minérales (38.57%MS), avec une quantité importante de polyphénols (494.07 mg DAG/g de MS), et déterminé aussi par une activité antioxydante plus au moins forte traduit par un taux d'inhibition de (68.98%).

L'incorporation, de la poudre de pourpier à la farine de blé, a amélioré sa valeur boulangère et a augmenté la ténacité de la pâte, mais, il a entraîné la diminution de certains paramètres qui définissent le comportement rhéologique de la pâte au cours de la panification comme ; le gluten, le gonflement et la force boulangère de la farine. Le pain à 3 % de poudre de pourpier a révélé une valeur boulangère (216.63) meilleure que celle du pain témoin qui est à la base d'une farine pure de blé tendre et ainsi une meilleure valeur nutritionnelle.

Mots clés : blé, farines panifiable, pourpier, propriétés technologique et fonctionnelle, valeur nutritionnelle et boulangère, pain

Abstract

A test of enrichment of a soft wheat flour, by incorporation of a powder of purslane for *tulaca oleracea* L, was carried out. The aerial part of purslane, clean, dry and grind well into a fine powder, has been incorporated into soft wheat flour in different percentages (3%, 5%, 10% and 15%). The chemical composition of purslane powder as well as the technological, functional and microbiological properties of the incorporated soft wheat flours were determined. Bread-making tests were carried out with the incorporated flours in order to perceive the effect of the incorporation of purslane powder on the nutritional, technological and sensory characteristics of the bread, and also to determine the optimal incorporation rate allowing to obtain good quality bread.

The results of the physico-chemical analyze showed the richness of the *portulaca oleracea* powder in nutrients: proteins (23.13% DM), lipids (2.37% DM), carbohydrates (27.87% DM), mineral matter (38.57% DM), with a significant amount of polyphenols (494.07 mg DAG/g of DM), and also determined by a more or less strong antioxidant activity translated by an inhibition rate of (68.98%).

The incorporation of purslane powder into wheat flour improved its baking value and increased the tenacity of the dough, but it led to the reduction of certain parameters that define the rheological behavior of the dough during baking. bread-making like; gluten, swelling and baking strength of flour. The bread with 3% purslane powder revealed a better baking value (216.63) than that of the control bread which is based on pure soft wheat flour and thus a better nutritional value.

Keywords: wheat, bread flour, purslane, technological and functional properties, nutritional and baking value, bread

ملخص

تم إجراء اختبار تخصيب دقيق قمح اللين، عن طريق دمج مسحوق الرجلة تم دمج الجزء الهوائي من الرجلة، النظيف، الجاف والمطحون جيداً كمسحوق ناعم، في دقيق القمح اللين بنسب مختلفة (3%، 5%، 10% و15%). تم تحديد التركيب الكيميائي لمسحوق الرجلة وكذلك الخصائص التكنولوجية والوظيفية والميكروبيولوجية لدقيق القمح اللين المدمج. تم إجراء اختبارات صنع الخبز باستخدام الدقيق المدمج من أجل إدراك تأثير دمج مسحوق الرجلة على الخصائص الغذائية والتكنولوجية والحسية للخبز، وكذلك لتحديد معدل الدمج الأمثل الذي يسمح بالحصول على خبز جيد الجودة.

أظهرت نتائج التحليل الفيزيائية والكيميائية ثراء مسحوق الرجلة في المغذيات: البروتينات (23.13% م.ج) ، الدهون (2.37% م.ج) ، الكربوهيدرات (27.87% م.ج) ، المواد المعدنية (38.57% م.ج) ، مع وجود نسبة عالية من البروتين. كمية كبيرة من مادة البوليفينول (494.07 مغ/100 غ م.ج)، ويتم تحديدها أيضاً بواسطة نشاط مضاد للأكسدة قوي إلى حد ما يترجم بمعدل تثبيط (68.98%).

أدى دمج مسحوق الرجلة في دقيق القمح إلى تحسين قيمة الخبز وزيادة تماسك العجين، ولكنه أدى إلى تقليل بعض المعايير التي تحدد السلوك الانسيابي للعجين أثناء الخبز، الغلوتين، الانتفاخ وقوة الخبز من الدقيق. أظهر الخبز المحتوي على 3% من مسحوق الرجلة قيمة خبز أفضل (216.63) من الخبز المصنوع من دقيق القمح الصافي وبالتالي قيمة غذائية أفضل.

الكلمات المفتاحية: الرجلة، دقيق القمح اللين، دمج، القيمة الغذائية، الخصائص التكنولوجية، الخبز.

Table des matières

Introduction	18
Partie I. Synthèse bibliographique	1
Chapitre I Des blés aux farines	2
I.1 Généralités sur le blé	3
I.1.1 Le grain de blé.....	3
I.1.2 Les types de blé.....	3
I.1.3 Composition du grain de blé	5
I.2 La mouture du blé tendre :	6
I.2.1 La réception de blé	6
I.2.2 Le Processus de la mouture	7
I.2.3 Produit de mouture	8
I.3 La farine.....	10
I.3.1 Définition.....	10
I.3.2 Composition chimique de la farine	10
I.3.3 Caractéristique technologique de la farine	14
I.3.4 Caractéristiques physico-chimiques farine.....	16
I.3.5 Type de farine :	16
Chapitre II La Panification	18
II.1 Historique de panification	17
II.2 Technologie de Panification	17
II.2.1 Les ingrédients de panification	17
II.2.2 Procédé de panification.....	19
II.3 Caractéristiques rhéologiques de la pate	23
II.3.1 Origine.....	23
II.3.2 Fonctionnement de la rhéologie.....	23
II.3.3 Propriétés rhéologiques de la pâte.....	23
II.4 La panification.....	25
II.4.1 Définition du pain.....	25
II.4.2 Consommation mondiale du pain.....	26
II.4.3 Valeur nutritionnelle du pain	26
Chapitre III <i>Portulaca Oleracea</i> .L	17
III.1 Description et caractéristiques de <i>Portulaca oleracea</i>	28
III.2 Historique	29
III.3 Habitats et origine.....	29

III.4	Nomenclature.....	30
III.5	Classification de <i>Portulaca Oleracea</i>	30
III.6	Culture et récolte de <i>portula oleracea</i>	30
III.7	Utilisation	31
III.8	Propriétés nutritionnelles.....	32
III.9	Propriétés thérapeutiques.....	34
III.9.1	Effet anti inflammatoire.....	34
III.9.2	Effet antioxydant	34
III.9.3	Activités anti diabétiques.....	34
III.9.4	Effet anti-athérosclérotique	35
III.9.5	Effet hépato-protecteur	35
III.9.6	Effet gastro-protecteur	35
III.9.7	Effet neuroprotecteur	36
III.9.8	Effet anti-cancéreux	36
III.9.9	Effet anti-microbien	36
Partie II.	Partie expérimentale	28
Chapitre I	Matériels et méthodes	29
I.1	Préparation de matériel biologique.....	37
I.2	Préparations des incorporations.....	39
I.3	Analyses physico-chimiques	40
I.3.1	Déterminations de la teneur en eau (Arrêté du 6 février 2013 et NE 1.1-27-1985) 40	
I.3.2	Déterminations du taux de cendre (NE 1. 1-29-1985, Arrête du 6 juin 2012)	41
I.3.3	Méthode de détermination de l'acidité grasse	43
I.3.4	Détermination de la teneur en protéines (méthode de Kjeldahl).....	45
I.3.5	Détermination de la teneur en matière grasse (Extraction par soxhlet).....	47
I.3.6	Détermination de la teneur en glucides totaux.....	48
I.3.7	Détermination de la teneur en polyphénols.....	48
I.3.8	Détermination de l'activité antioxydante par DPPH.....	49
I.4	Analyses technologiques	50
I.4.1	Test d'alveographe de chopin (N°06.95.07)	50
I.4.2	Les analyses de colorimétrie	53
I.4.3	Détermination de gluten sec et gluten humide (NA 736.1991, ISO 5545)	54
I.4.4	Détermination de l'indice de chute (NF V 03-703 1995)	55
I.4.5	Détermination de taux d'affleurement des farines (codex standard 178-1991)....	56

I.5	Analyses microbiologiques.....	57
I.5.1	Technique de dilutions successive.....	57
I.5.2	Recherches et dénombrement des germes aérobies à 30°c :.....	58
I.5.3	Recherches et dénombrement des coliformes thermos tolérants à 44°c.....	58
I.5.4	Recherches et dénombrement des moisissures	58
I.5.5	Recherches et dénombrement des clostridium sulfite réducteurs.....	59
I.5.6	Recherches et dénombrement des staphylocoques a coagulase +	59
I.5.7	Recherches et dénombrement des Bacillus cereus	59
I.5.8	Recherches et dénombrement des salmonella.....	59
I.6	Essai de panification	60
Chapitre II	Résultats et Discussion.....	37
II.1	Résultats des analyses physico-chimiques de pourpier	63
II.2	Résultats physico-chimiques de la farine	64
II.2.1	La teneur en eau	64
II.2.2	Taux de cendres	65
II.2.3	Teneur en acidité grasse.....	66
II.2.4	Teneur en protéines	67
II.2.5	Teneur en matière grasse (Lipides)	68
II.2.6	Teneur en glucides.....	69
II.3	Résultats des analyses technologiques des farines	70
II.3.1	Test d'alvéographe de Chopin	70
II.3.2	Colorimétrie.....	71
II.3.3	Teneur en gluten	73
II.3.4	Indice de chute	74
II.3.5	Taux d'affleurement.....	75
II.4	Résultats d'analyses physicochimiques des pains	75
II.5	Résultats d'analyses microbiologiques.....	78
II.6	Essai de panification	80
II.6.1	Appréciation et jugement au cours des étapes de panification	80
II.6.2	II.6.2. Détermination de la valeur boulangère	90
Conclusion	63
Références	93
Annexes	107

Liste des figures

Figure 1. Triticum monococcum. (Dieze et Ottmar.,2022).....	3
Figure 2. Triticum dicoccum. (Anonyme).	4
Figure 3. Triticum durum. (ARCO et Diez.,2008).....	4
Figure 4. Triticum aestivum. (Christian Hütter.,2008).....	5
Figure 5. Structure et composition du grain de blé (anonyme).	6
Figure 6. Principe de la mouture du blé tendre (Feillet.,2000).....	8
Figure 7. Farine de blé tendre (Neyara.,1990).	10
Figure 8. Composition des protéines de la farine : rapprochement entre les classifications d'Osborne (1907) et de Shewry et al (1980).	13
Figure 9. Représentation imagée de réactions d'oxydation sur les protéines	20
Figure 10. Facteurs régissant la qualité panifiable et les propriétés rhéologiques de la pâte de blé (Veraverbeke & Delcour., 2002).	25
Figure 11. Variétés de pains de différentes cultures (anonyme).	25
Figure 12. Pourpier potager (Portulaca oleracea. L) (Anne-Marie.,2012).	28
Figure 13. Portulaca oleracea L.(anonyme).	29
Figure 14. Etapes de nettoyage de la plante.	38
Figure 15. Séchage de la plante.....	38
Figure 16. Broyage de la plante.	38
Figure 17. Poudre de pourpier.....	39
Figure 18. Les différents pourcentages d'incorporations.....	40
Figure 19. Détermination de taux de cendres.....	43
Figure 20. Détermination de l'acidité grasse.	45
Figure 21. Minéralisation.	46
Figure 22. Distillation.	46
Figure 23. Extraits méthanoliques.....	49
Figure 24. Types de courbes données par l'alveographe.	50
Figure 25. Détermination pratique de certaines étapes de l'alvéographe.....	53
Figure 26. Analyses colorimétriques.....	54
Figure 27. Détermination du gluten humide et gluten sec.	55
Figure 28. Tamiseur	57
Figure 29. Digramme des étapes de panification.	62
Figure 30. Influence du taux d'incorporation sur la Teneur en eau des farines incorporées.....	65
Figure 31. Influence de taux d'incorporation sur le taux de cendres de farines incorporées.....	66
Figure 32. Influence du taux d'incorporation sur la teneur en acidité grasse.....	66
Figure 33. Influence du taux d'incorporation sur la teneur des échantillons en protéines.	67
Figure 34. Teneur en lipides des farines incorporées.	68
Figure 35. Teneur en glucides totaux des farines incorporées.	69
Figure 36. Influence de la poudre de pourpier su la couleur de la farine.	72

Figure 37. Teneur en gluten des différentes farines incorporées.....	73
Figure 38. Résultats d'indice de chute des farines incorporées.	74
Figure 39. Taux d'affleurement des farines incorporées.....	75
Figure 40. Pétrissage	80
Figure 41. La pâte après pétrissage.	81
Figure 42. Façonnage	83
Figure 43. Aspect des pâtons après fermentation.....	84
Figure 44. Aspect des pains.....	86
Figure 45. Aspect de la mie.....	88

Listes des tableaux

Tableau 1. Principaux matériels utilisés en meunerie (Feillet.,2000).	9
Tableau 2. Composition chimique de grain de blé tendre et la farine % (Feillet.,2000).	14
Tableau 3. Les types de farine (Feillet., 2000).	17
Tableau 4. Composition pour 100g de pain (Guignard., 1993).	27
Tableau 5. Valeur nutritionnelle de Pourpier par 100g Sangeetha et al., (2020).	33
Tableau 6. Pourcentages d'incorporation des échantillons.	39
Tableau 7. Analyses physico-chimiques.	40
Tableau 8. Germes recherchés selon le JORA N°39.	57
Tableau 9. Résultats d'analyse physico-chimique de la poudre de pourpier.	63
Tableau 10. Résultats de tests alvéographique des farines incorporées.	70
Tableau 11. Composition chimique des pains étudiés.	76
Tableau 12. Résultats d'analyses microbiologiques de la poudre de pourpier.	78
Tableau 13. Résultat d'analyse microbiologique des farines incorporées.	79
Tableau 14. Résultats d'analyses microbiologique des pains	79
Tableau 15. Quantité de farine et d'eau utilisée.	80
Tableau 16. Volume des pains	87
Tableau 17. Appréciation de la valeur boulangère des pains.	90

Liste D'Abréviation

a : Indice de brun.

Abs : Absence.

APOCE : l'Organisation algérienne de protection et d'orientation du consommateur et son environnement

Ara : Arabinose.

Av J-C : avant Jésus-Christ.

B : Broyeur.

b : Indice de jaune.

BHIB : Bouillon cœur cervelle.

BIPEA : Bureau Interprofessionnel d'Etudes Analytiques.

°C : Degré Celsius.

Ca : Calcium.

cm: Centimètres.

CO₂ : Dioxyde de Carbone.

DPPH : 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl.

EPA : Acide eicosapentaénoïque

FAMT : Flore Aérobie Mésophile Totale.

FAO : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.

FRAP : Pouvoir antioxydant réducteur ferrique.

G: Gonflement.

g: Gramme.

GA: Gélose an amidon.

Gal: Galactose.

GH: Gluten humide.

Glc: Glucose.

GS : Gluten sec.

HCL : Chlorure d'hydrogène.

HDL : Lipoprotéines de haute densité.

ISO : Organisation internationale de normalisation.

IU : Unité internationale.

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne.

K : Potassium.

Kcal : Kilocalorie.

Kg : Kilogramme.

L : Extensibilité.

L : La clarté.

LDL : Lipoprotéines de faible densité.

Man : Mannose.

Mg : Magnésium.

Mg : Milligramme.

min : Minutes.

mm : Millimètres.

MS : Matière sèche.

N : Normale.

NA : Norme Algérienne.

NF : Norme Française.

nm : Nanomètre.

NSP : non-starch polysaccharides

OGA : Gélose glucosée à l'oxytétracycline.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

P : Ténacité.

P : Phosphore.

PA : Pétrissage amélioré.

PAM : plante aromatique et médicinale

PCA: Plate Count Agar.

PI : pétrissage intensifié.

PVL : Pétrissage à vitesse lente.

s : Secondes.

TNBS : Acide trinitrobenzène-sulfonique

tr : Tours.

TSE : Tryptone-Sel-Eau.

TSI : Triple Sugar Iron Agar.

VRBL : gélose Lactosée Biliée au cristal Violé et au Rouge neutre.

W : Travail de déformation (Force de la pâte).

Zn : Zinc.

µg : Microgramme.

µl: Microlitre.

µm : Micromètre.

Introduction

L'alimentation humaine résulte d'un jeu d'interactions multiples, besoins physiologiques, déterminismes génétiques, systèmes économiques, techniques, symboliques, interactions et usages sociaux, apprentissage, croyances, etc... Qui prend racine dans le plus lointain passé de l'humanité. Malheureusement, les archives qui nous sont parvenues permettent rarement de saisir toute la complexité du système du fait des représentations sociales qui dictent les comportements alimentaires (**Lalhou., 1998**).

Les produits céréaliers ont toujours tenu un rôle important dans l'alimentation de l'enfant ou de l'adulte. Ils ont surtout un rôle d'apport énergétique, mais les céréales participent à la satisfaction du besoin en protéines (**Henri Dupin., 1992**).

L'une des céréales les plus utilisées est le blé (*Triticum aestivum*). Deux espèces de blé sont actuellement cultivées à savoir le blé tendre (*Triticum aestivum*) et le blé dur (*Triticum durum*). La culture du blé est plus développée en Europe et dans d'autres contrées qui sont favorables à sa culture. La farine de blé tendre est utilisée dans la panification, la pâtisserie...

L'accroissement de la teneur en protéines, vitamines oligoéléments dans les aliments céréaliers induit des conséquences néfastes sur le plan organoleptique et nutritionnel, de ce fait l'enrichissement des farines de blé est devenue une méthode de prévention contre ces carences, ainsi qu'à l'obtention d'un produit riche, sain et plus au moins naturelle.

Une icône alimentaire, du pain maison au pain industriel, celui-ci fait incontestablement partie de notre tradition culinaire, Il représente la continuité et la patience. Essentiel à la vie, le pain est l'aliment par excellence. Souvent, il désigne l'ensemble des aliments.

Depuis toujours la qualité du pain a été un enjeu essentiel, des procédés visant la satisfaction nutritionnelle et organoleptique. Des pains... aux céréales ou pseudo-céréales, aux farines diverses, aux graines, aux fruits, aux légumes, aux épices ou plantes aromatiques et médicinales, pour la production d'un pain sain et bon de qualité (**Arvy.,2012**).

Le pourpier (*Portulaca oleracea*) est un aliment nutritif utilisé pour la consommation humaine, et il a été mentionné dans des textes égyptiens du temps des Pharaons (**Mohamed et Hussein.,1994**). Le pourpier fournit une riche source végétale de avantages nutritionnels (**Sudhakar et al., 2010**). C'est l'une des sources végétales vertes les plus riches en acides gras oméga-3 et en acide linoléique (**Simopoulos et Salem., 1986**). Dans les zones où cette 'mauvaise herbe' est consommée, le nombre d'atteinte de certaines maladies tels que les cancers et des maladies cardiaques, sont réduits, peut-être dus à l'oméga 3 naturels présents dans le pourpier (**Simopoulos., 1991**). Le pourpier a été utilisé comme antiseptique, antidiurétique, vermifuge dans les ulcères buccaux et les troubles urinaires (**Dkhil et al.,2010**).

De-même, le Pourpier tant qu'à son utilisation ou à sa consommation a été citer dans le saint Coran :

Et [rappelez-vous] quand vous dîtes : « O Moïse, nous ne pouvons plus tolérer une seule nourriture. Prie donc ton Seigneur pour qu'Il nous fasse sortir de la terre ce qu'elle fait pousser, de ses légumes, ses concombres, son ail (ou blé), ses lentilles et ses oignons !» - Il vous répondit : « Voulez-vous échanger le meilleur pour le moins bon ? Descendez donc à n'importe quelle ville ; vous y trouverez certainement ce que vous demandez !». L'avilissement et la misère s'abattirent sur eux ; ils encoururent la colère d'Allah. Cela est parce qu'ils reniaient les révélations d'Allah, et qu'ils tuaient sans droit les prophètes. Cela parce qu'ils désobéissaient et transgressaient.

[Surat El Baqara, verset 61].

La présente étude repose sur un essai d'incorporation de la poudre de pourpier à la farine de blé tendre, de ce fait notre travail a pour objectif de :

- ✓ Déterminer la composition biochimique de la poudre de pourpier.
- ✓ Evaluer l'effet de l'incorporation de pourpier à différents pourcentages sur les caractéristiques nutritionnelles, technologiques et fonctionnelles des farines incorporées.
- ✓ Réaliser des essais de panification afin de percevoir l'impact de ces incorporations sur les caractéristiques du pain et déterminer le taux optimal d'incorporation permettant d'obtenir un bon pain.

La présente étude se constitue en deux parties, la première partie est une synthèse bibliographique dans laquelle sont abordés trois chapitres; dans le premier chapitre nous apportons, principalement, des généralités sur le blé et la technologie de transformation du blé tendre en farine; le deuxième chapitre renferme sur la technologie de panification et le troisième chapitre donne une vision sur la plante de pourpier utilisée dans notre étude ; tandis que La deuxième partie est une étude expérimentale qui comporte deux chapitres: le premier chapitre consacré au matériels et méthodes et le deuxième chapitre présente l'interprétations des résultats et discussion .

Partie I. Synthèse bibliographique

Chapitre I Des blés aux farine

I.1 Généralités sur le blé

Il y a environ 100.000 ans que la domestication du blé a commencé, cela a marqué un tournant dramatique dans le développement et l'évolution de la civilisation humaine, car elle a permis la transition d'une société de chasseurs-cueilleurs et de pasteurs nomades à un agraire plus sédentaire (Eckardt., 2010).

I.1.1 Le grain de blé

Définition

Le blé est la céréale universelle de l'agriculture de l'Ancien monde, et il est aujourd'hui, une céréale majeure dans plusieurs régions mondiales et un des trois importantes espèces des grains. Il appartient à la famille *Triticum* dont il existe plusieurs milliers d'espèces (McKevith., 2004).

Les grains de blé sont généralement de forme ovale, et parfois sphériques. Le grain est généralement entre 5 et 9 mm de longueur et pèse entre 35 et 50 mg. Le grain du blé contient entre 2-3% de germe ; 13 à 17 % de son et 80 à 85 % d'amande (albumen) (Belderok et al., 2000).

I.1.2 Les types de blé

Le petit épeautre ou l'engrain « *Triticum monococcum* »

Le premier type cultivé c'était *T. monococcum* un blé diploïde qui contient sept chromosomes paires (Atwell et finnie., 2016). Le petit épeautre est une petite plante (Figure 01) avec un rendement relativement faible et qui survit dans des sols pauvres. Nutritionnellement *T. monococcum* donne un pain de faible qualité et il est principalement utilisé comme bouillet et pour l'alimentation de bétail (Nevo., 2011).



Figure 1. *Triticum monococcum*. (Dieze et Ottmar.,2022).

L'amidonner « *Triticum dicoccum* »

Selon Zohary et Hopf (2000) *T. dicoccum* était le principal blé de l'agriculture de l'Ancien Monde au néolithique et au début de l'âge du bronze et il était utilisé pour l'alimentation et la

production de bière (Nevo., 2011). C'est un blé tétraploïde avec 28 chromosomes. Il a été évolué et cultivé largement au moyen orient (Atwell et finnie., 2016). (Figure 02)



Figure 2. *Triticum dicoccum*. (Anonyme).

- *T.monococcum* et *T.dicoccum* sont toujours cultivé est considéré comme un ancien grain.

Blé dur « *Triticum durum* Desf »

C'est l'espèce la plus importante parmi les blés tétraploïdes cultivés avec plus de 14 millions d'hectares (Patil et al., 2012). C'est une culture économiquement importante à cause de sa meilleure adaptation aux zones semi-arides par rapport aux autres blés cultivés. Les grains sont généralement gros, ambrés dorés, translucides et les plus rustique de tous les blés (Figure 03). Une grande partie de la production mondiale de blé dur est orienté pour la production de la semoule (Patil et al., 2012).



Figure 3. *Triticum durum*. (ARCO et Diez.,2008).

Blé tendre « *triticum aestivum* L. »

C'est l'agrégat le plus variable du blé et économiquement le plus important parmi les espèces cultivés, *T.aestivum* a la plus large adaptation de toutes les espèces céréalières il appartient à la famille des Poacées c'est un blé hexaploïdie qui contient trois paires de chacun des sept chromosomes de base (Briggle et Curtis.,1987). Le blé tendre est principalement utilisé comme farine (à grains entiers ou raffinés) pour la production d'une grande variété de pains levés et plats,

et pour la fabrication d'une grande variété d'autres produits de boulangerie (Peña 2002) (Figure 04).



Figure 4. *Triticum aestivum*. (Christian Hütter.,2008).

I.1.3 Composition du grain de blé

Selon Šramková et al (2009) l'enveloppe du grain est constituée de plusieurs couches qui protègent l'amande, le péricarpe qui est constitué de trois couches : l'épicarpe, le mésocarpe et l'endocarpe, le testa et la couche d'aleurone qui entoure l'amande (Figure 05). L'enveloppe est riche en vitamine B et en minéraux, il est constitué de 53% de fibre insoluble dans l'eau « cellulose, les pentosanes et les polymères à base de xylose et d'arabinose ». Les protéines et les glucides représentent chacun 16% de la matière sèche totale d'enveloppe. La teneur en minéraux est assez élevée (7,2%). La glutamine et les prolines sont environ la moitié, tandis que l'arginine et l'alanine sont en triples, l'asparagine, la glycine, l'histidine et la lysine sont en double de ceux de la farine de blé (Cornell., 2003).

L'endosperme représente 80% du poids sec d'amande, il contient les réserves alimentaires nécessaire pour la croissance de la plantule « jeune plante ». Il est riche en amidon. L'endosperme farineux contient 1.5% de graisse, 13% de protéines (protéines de gluten glutenin et gliadine et les protéines non gluten qui sont l'albumine et les glubeline) et une faible teneur en fibre et minéraux (Šramková et al., 2009).

Le germe qui se trouve à une extrémité du grain, il est disponible en tant qu'une source importante de vitamine E, Il est riche en protéines (25%) et en lipides (8-13%). Le niveau minéral est assez élevé (4,5%) (Šramková et al., 2009). Le germe de blé ne contient que la moitié de la glutamine et de la proline de la farine, mais les niveaux d'alanine, d'arginine, d'asparagine, de glycine, de lysine et de thréonine sont doubles (Cornell., 2003). Le germe de blé est composé de deux parties principales : l'axe embryonnaire et le scutellum ainsi que l'épiblaste (Shurpalekar et Haridas., 1977).

L'axe embryonnaire est composé d'une pousse pointant vers l'extrémité en brosse du grain et d'une racine primaire pointant vers le bas.

Le scutellum est la partie la plus proche de l'albumen et qui fournit la nourriture pendant la germination.

L'épiblaste est une structure en forme d'écaille avec peu de signification morphologique. Présente en face du scutellum de l'autre côté de l'axe embryonnaire.

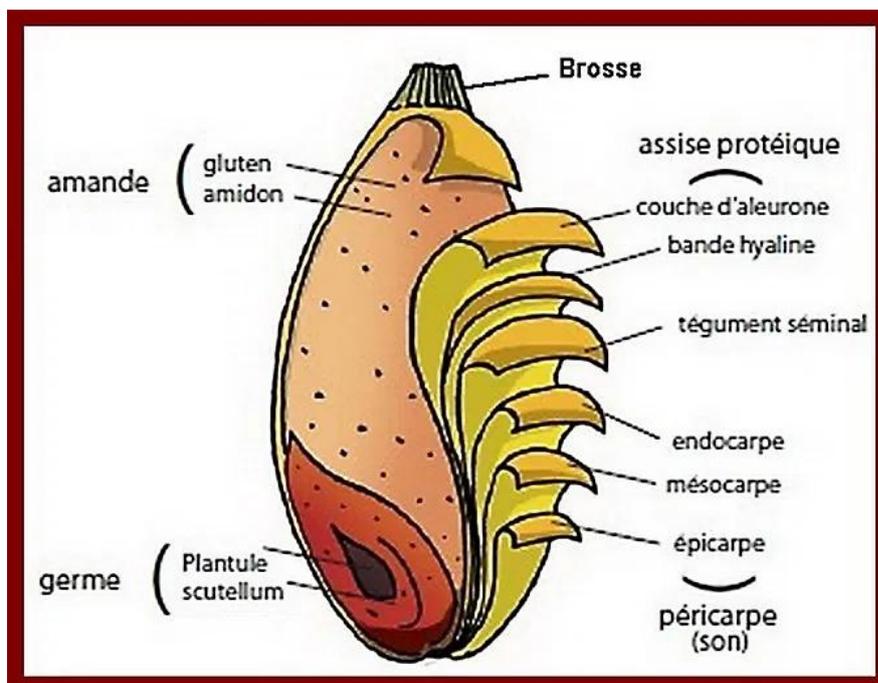


Figure 5. Structure et composition du grain de blé (anonyme).

I.2 La mouture du blé tendre :

La mouture du blé en farine est la plus ancienne industrie pratiquée en continu par l'humanité elle représente simplement les différentes opérations de la réduction des grains de blé en particules plus petites qui peuvent être transformés en produits plus savoureux et ça se fait par la séparation du germe, du son et de l'amande (Atwell et finnie.,2016).

I.2.1 La réception de blé

a. La décharge de blé

Le blé qui arrive au moulin est généralement transporté en vrac dans des camions. Ce blé va être déchargé dans une trémie de décharge avec une ouverture grillagée « pour faciliter l'élimination des gros particules étrangers » par un transfert mécanique, avant qu'il n'atteigne le bac de stockage il passera sur un équipement de nettoyage préliminaire du blé composé de tamis grossiers et d'aimants conçus pour éliminer les plus grosses impuretés du blé qui pourraient endommager

l'équipement du moulin. A la fin le blé est stocké dans des silos de stockage (**Atwell et finnie.,2016**).

b. Le nettoyage

Le nettoyage est effectué immédiatement avant le processus de mouture.il implique une séquence d'opérations chacune est réalisé par une machine spéciale dans le but d'éliminé les impuretés et les corps étranger. En utilisant un aimant pour éviter les dangers physiques. Le blé va passer ensuite dans une balance et un épierreur composé de deux tamis superposés avec un canal d'aspiration. Une inclinaison et une vibration pour séparer le blé en deux variétés selon la densité est effectué : une lourde qui vas passer dans la brosse décortiqueuse pour enlever la poussière cette brosse vas causer des microfissures pour que l'eau arrive jusqu'à l'amande ; Léger qui vas passer dans un trieur pour enlever les graines cassé et noir et passer à la brosse (**Catterall et Cauvain.,2007**).

Le nettoyage est souvent effectué en deux phases séparées par une étape de conditionnement : cette étape est déterminante pour obtenir un bon résultat de mouture. L'opération consiste à humidifier les grains en utilisant un mélangeur tempérant et la période de repos est entre 24h à 72h pour fragiliser le son ce qui provoque une rupture en grosse particule et adoucit l'albumen en facilitant la séparation entre les deux (**Atwell et finnie.,2016**).

I.2.2 Le Processus de la mouture

a. Principe de la mouture

Consiste à séparer les différentes particules de blé en réduisant l'amande en farine par les opérations de fragmentation cette farine vas être commercialisé en tant que produit de première transformation pour l'alimentation humaine. (**Figure 06**) .

b. Les étapes de la mouture de blé

Ces étapes sont exécutées pour séparer mieux l'amande de l'enveloppe et le germe par l'ensembles d'opérations de fragmentation et de séparation qui sont réalisés en deux étapes : broyages et la réduction.

Le broyage

Selon **Atwell et finnie (2016)** le broyage se fait par des appareilles à cylindres une série de broyeurs ou pauses de B1 jusqu'à B5 constitué de deux cylindres canulés tourne en sens inverse sont séparées par une petite distance dite espace. L'un des rouleaux tourne plus vite que l'autres. Ces canules ouvrent le blé et gratte progressivement les enveloppes pour enlever l'amande et donnée des différents types de semoules « fines, grosses, moyennes ». Le germe et éliminé au

cours de deux premiers broyeurs avec une grande partie de son. Après chaque pause un jeu de tamis et un aspirateur sépare le broyat par taille et densité. Les petites particules sont canalisées dans la farine et les grosses particules sont soit éliminées « cas de germe » ou envoyées à la prochaine pause.

La réduction

Elle consiste à réduire la taille de grosses particules à des fines particules de farines en utilisant des appareils identiques au broyeurs avec des cylindres lisses qui sont les convertisseurs pour les refus blanc fin plus au moins riches en farines et les claumeurs pour les remoulages bis refus plus gros. Après chaque claquage et convertissage une étape de tamisage et réalisée par des plansichters (Atwell et finnie.,2016).

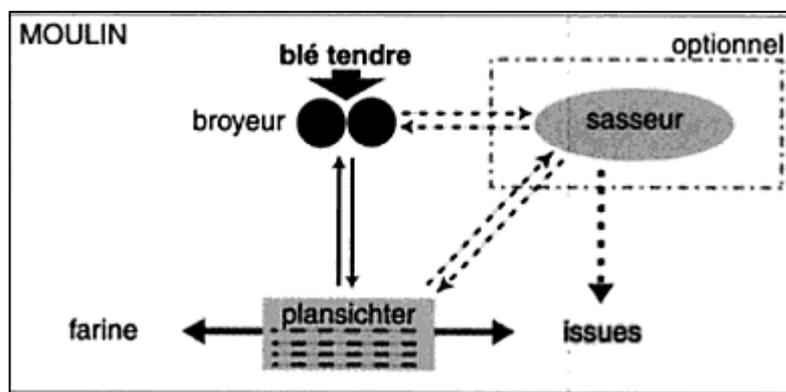


Figure 6. Principe de la mouture du blé tendre (Feillet.,2000).

Certaines industries utilisent des sasseurs alors que d'autres ne l'utilisent pas, il reste un matériel optionnel.

I.2.3 Produit de mouture

À la fin du processus, il y aura une gamme de produits différents :

-la farine blanche : toutes les farines des différentes machines sont réunies et mélangées pour produire la farine blanche normale fournie à la majorité des clients, et elle représente entre 76 et 78 % de la masse initiale de blé (Atwell et finnie., 2016).

-Le son : qui est composé essentiellement des enveloppes externes du blé tendre. On distingue le son gros formé de petites écailles larges et non altérées, et le son fin constitué d'écailles pulvérisées et des restes des téguments très fins. (Arbouche et al.,2017).

-Les remoulages : appelés parfois farine deuxième, sont constitués de fragments d'enveloppes de couleur rougeâtre et des couches d'aleurone. On peut distinguer le remoulage blanc qui représente

le refus en fin de claquage qui est riche en farine et le remoulage bis de couleur rougeâtre, formé de fragments d'enveloppes. (Arbouche et al.,2017).

-La farine basse : qui est le produit de la mouture de l'amande périphérique, à couleur plus sombre que la farine panifiable et contient des traces d'enveloppes brisées finement. Sa texture est toutefois plus grossière et est appelée aussi farine troisième. (Arbouche et al.,2017)

Tableau 1. Principaux matériels utilisés en meunerie (Feillet.,2000).

Cylinder lisse	Rouleau métallique dont la surface est sans aspérité
Cylindre cannelé	Rouleau métallique en surface du quels ont été gravées des cannelures. Celles-ci sont des sillons asymétriques régulièrement tracés en surface des cylindres, dans le sens de la longueur et dont la largeur et la profondeur peuvent être respectivement comprises entre 800-2500 et 200-600um.
Broyeur réducteur et désagrégeur	Machine constituée de deux cylindres cannelés entraînés en sens inverse et à des vitesses différentes (rapport des vitesses : 1/2,5). L'écartement entre les deux cylindres est réglable.
Claqueur et convertisseurs	Machines identiques aux broyeurs, à l'exception des cylindres qui sont lisses. Ils ne sont pas utilisés en semoulerie.
Plansichter	Machine constituée de tamis superposés et soumise à un mouvement de rotation (environ 200 tr/min) destinée à assurer une progression régulière des produits d'un tamis à l'autre.
Sasseur	Machine constituée de tamis inclinés soumise à un mouvement de va et vient et d'un système d'entrainement des produits par l'air permettant de les séparer sur la base de leur propriétés aérodynamiques (forme, taille et densité).

I.3 La farine

I.3.1 Définition

La farine de blé est le produit élaboré à partir des grains de blé ordinaire, (*Triticum aestivum L*), par procédés de mouture ou de broyage dans lesquels le son et le germe sont partiellement éliminés et le reste réduit en poudre suffisamment fine.

La farine de blé destinée à la consommation humaine et dérivée du blé ordinaire, préemballée et prête à la vente aux consommateurs ou destinée à être utilisée dans d'autres produits alimentaires (**Codex Alimentarius.,1995**).



Figure 7. Farine de blé tendre (**Neyara.,1990**).

I.3.2 Composition chimique de la farine

La composition chimique de la farine de blé a été étudiée en profondeur afin de la relier aux qualités recherchées pour ses applications finales. Il a été démontré qu'elle varie considérablement en ce qui concerne les types de protéines, de minéraux, de lipides, d'enzymes et de pigments présents (**Cornell et al., 1998**).

Propriétés	Pourcentage(%)
Humidité	14 (de farine)
Protéines	7-15 (de farine)
Classification d'Osborne	
Albumines	15 (des protéines)
Globulines	3 (des protéines)
Glutenines	16 (des protéines)
Gliadines	33 (des protéines)
Résidu	33 (des protéines)
Gluten	6-13 (de farine)
Gliadines	30-45 (du gluten)
Glutenines	55-70 (du gluten)
Amidon	63-72 (de farine)
Amylopectine	75 (d'amidon)
Amylose	25 (d'amidon)
Pentosane/hémicellulose	67 (des NSP)
Lipides	2-3 (de farine)
Polaires	75 (des lipides)
Non polaires	25 (des lipides)

A. Amidon

Amidon, la plus importante réserve de polysaccharides et le constituant le plus abondant de nombreuses plantes, y compris céréales, se produit sous forme de granules semi-cristallins. Il a des propriétés uniques, qui déterminent sa fonctionnalité dans de nombreuses applications alimentaires, en particulier la panification (**Goesaert et al.,2005**).

Ce glucide est l'élément qui se retrouve en plus grande quantité dans l'albumen, et peut atteindre 82% (valeur maximale) et une valeur moyenne de 65 à 70 % de la matière sèche de la farine de blé. IL est le résultat du mélange de deux polymères d'alpha-D-glucose, l'amylose et l'amylopectine (**Boudreau et Ménard,1992**).

Le rapport amylose/amylopectine diffère selon les amidons, mais les niveaux typiques d'amylose et d'amylopectine sont de 25 à 28 % et 72-75% (**Goesaert et al.,2005**).

B. Pentosanes

La farine contient des quantités importantes de pentosanes, dont certaines sont les pentosanes solubles dans l'eau, alors que d'autres ne le sont pas. Ces glucides ont cependant un effet notable sur le pouvoir d'hydratation de la farine et l'augmentation du volume du pain (**Cornell et al., 1998**).

C. Eau

La teneur en humidité de la farine est importante pour deux raisons. Premièrement, plus la teneur en humidité est élevée, plus la quantité de solides secs dans la farine est faible. Les spécifications de la farine limitent généralement l'humidité de la farine à 14 % ou moins. Il est dans l'intérêt du meunier de maintenir l'humidité aussi proche que possible de 14 %. Deuxièmement, la farine avec plus de 14% d'humidité n'est pas stable à température ambiante. Les organismes naturellement présents dans la farine vont commencer à croître à des taux d'humidité élevés, produisant des odeurs et des saveurs (**Simsek.,2020**).

D. Protéines

Du point de vue quantitatif, les protéines sont le deuxième élément en importance dans la farine de blé. Leur teneur varie de 8% à 16% (base sèche) selon l'espèce et le degré de maturité du grain. Dans la farine de blé, de 70 à 80 protéines différentes ont été identifiées dont les quatre classes principales sont les albumines, les globulines, les prolamines(gliadines) et les glutélines (gluténines).

On peut classer les protéines de blé selon leurs caractères de solubilité. D'une part, les albumines et les globulines (15 à 20% des protéines totales) sont solubilisées dans les solutions salines diluées et, d'autre part, les protéines du gluten (80 à 85 %des protéines totales) restent insolubles (**Boudreau et Ménard.,1992**).

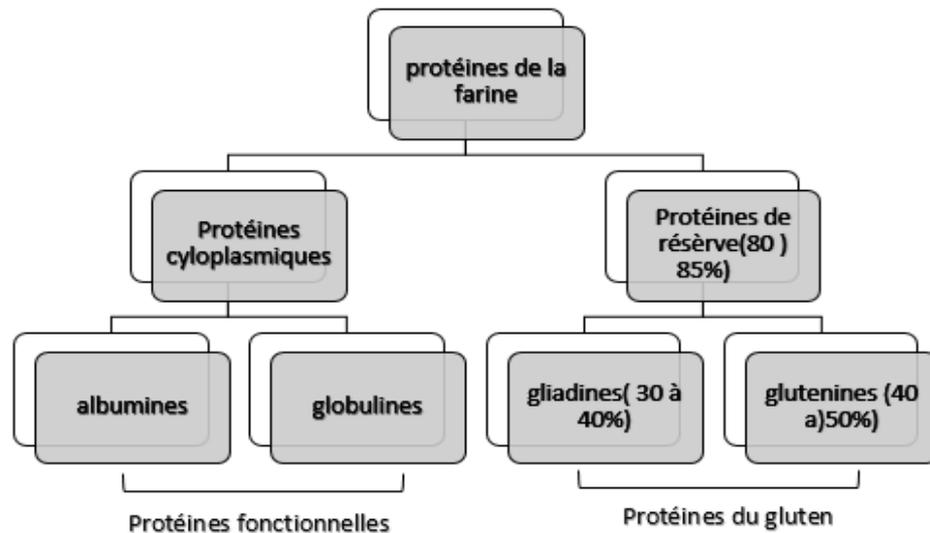


Figure 8. Composition des protéines de la farine : rapprochement entre les classifications d’Osborne (1907) et de Shewry et al (1980).

Le gluten est un matériel viscoélastique obtenu par lixiviation d’une pâte de blé tendre ou de blé dur. C’est un complexe protéique viscoélastique constitué d’un mélange hétérogène de gliadines et de glutenines comme il est indiqué dans *la figure 8*, associées par des liaisons covalentes (S-S) et non covalentes (hydrogène ioniques) et des interactions hydrophobes. Il contient des protéines (75-85 %), des lipides (5-7 %), de l’amidon (5-10 %) et de l’eau (5-8 %).

Le gluten est un des principaux éléments de la farine de blé et s’y trouve en proportion beaucoup plus grande que dans la farine d’autres céréales. C’est l’élasticité du gluten soumis à la pression du gaz carbonique formé lors de la fermentation de la pâte qui permet à la pâte de se lever (Feillet.,2000).

E. Enzymes

Les enzymes sont présentes en petite quantité dans la farine. Les plus courantes sont les protéases, les lipases, les lipoxygénases et les amylases quoique la documentation rapporte aussi la présence de phytases (une phosphatase), les peroxydases et des catalases. Il est intéressant de noter que la farine et la semoule de blé sont relativement pauvres en systèmes enzymatiques protidiques. Les protéases ne joueraient pas un rôle important au cours des opérations successives de transformation du grain en farine ou en semoule, mais probablement durant le stockage du blé à long terme (Boudreau et Ménard.,1992).

F. Lipides

Les principales matières grasses du blé, du germe et de la farine sont des acides gras, des glycérides simples, des glycolipides et des phospholipides. La farine contient entre 1,5-2% de lipides non inclus dans l'amidon, dont 0,8-1% à l'état lié (**Feillet.,2000**).

G. Les minéraux

Le taux de sels minéraux de la farine de blé est fonction du degré de minéralisation du grain, mais surtout des paramètres du conditionnement et du diagramme de mouture (taux d'extraction), mis en œuvre par le meunier (**Boudreau et Ménard.,1992**). Représentant 0.45 à 0.60 %, les teneurs en matières minérales sont peu importantes. Les matières minérales de la farine sont : le potassium, le phosphore, le magnésium et le soufre (**Cornell et al., 1998**).

H. Les vitamines

La farine de blé, particulièrement la farine entière contient une quantité appréciable de vitamine, c'est une bonne source de la vitamine B et de la vitamine E (**Cornell et al., 1998**).

Tableau 2. Composition chimique de grain de blé tendre et la farine % (**Feillet.,2000**).

Constituants	Grain entier	Farine de blé
Humidité	13,5	14
Protéines	13,3	12,9
Fibres	2,5	Tr
Amidon	67,1	71,8
Lipides	2,1	0,8
Minéraux	1,8	0,5

I.3.3 Caractéristique technologique de la farine

A. Valeur meunière

Selon **Feillet**, La valeur meunière d'un blé caractérise le rendement de sa transformation en farine de pureté déterminée (taux d'extraction) et d'une qualité définie. La valeur meunière revêt donc un aspect pondéral ou quantitatif (le rendement meunier), un aspect dynamique (le comportement en mouture) et un aspect qualitatif (la qualité de la farine extraite).

La recherche sur la génétique de la valeur meunière a pour objectifs la définition de critères et la mise au point d'outils pour la sélection du blé. Pour cela, on se propose de comprendre, définir et mesurer la valeur meunière du blé tendre, puis de préciser les critères de qualité des farines :

granulométrie et valeur d'utilisation tant pour les propriétés rhéologiques dans les industries de cuisson que pour les qualités nutritionnelle, organoleptique et diététique (micronutriments) (**Doré et Varoquaux.,2006**).

Une farine est caractérisée par :

- Son taux d'extraction, c'est-à-dire le rendement en farine pour 100 kilos de grains.
- Son taux de blutage qui représente le pourcentage d'issues obtenus à partir de 100Kg de blé.

B. Valeur boulangère

C'est l'aptitude de la farine à donner une bonne pâte pour procurer au final du pain beau et bon. Cela se traduit par une élasticité à la fois souple et tenace de la pâte, d'où le terme de force et on dit que la pâte a du corps (**Rival.,2007**).

La valeur boulangère dépend :

- Du rendement de la pâte, c'est-à-dire la quantité d'eau que peut absorber la farine pour une consistance donnée,
- La machinabilité de la pâte : c'est l'aptitude à la déformation aux différentes étapes de la panification.
- La cuisson
- L'activité fermentative.
- Développement de la pâte et du pain.
- La qualité organoleptique de la mie et du pain (**Doré et Varoquaux.,2006**).

➤ **Les outils de sélection pour la valeur boulangère**

a. L'alvéographe de Chopin

C'est un appareil qui permet de mesurer les propriétés rhéologiques d'une pâte, c'est-à-dire la ténacité, Extensibilité et l'élasticité. Il fournit de bons indices de la qualité boulangère des farines pour la fabrication des pains. Cet appareil réalise une extension tridimensionnelle d'une éprouvette de pâte (eau + sel + farine) qui, sous l'action d'une pression d'air se déforme en une bulle. L'alvéographe nous permet d'obtenir une courbe caractéristique du produit testé (**Bonneuil et Thomas.,2009**).

b. Indice de chute de Hagberg

L'indice de chute de Hagberg est la méthode la plus couramment utilisée pour déterminer l'activité amylasique de la farine. Cette méthode consistant en une mesure de la viscosité d'un mélange de farine et d'eau. L'amylographe Brabender permet de mesurer également ce pouvoir amylasique de la farine (**Sindic.,2009**).

I.3.4 Caractéristiques physico-chimiques farine

- **Teneur en protéines** : La teneur en protéines exerce une influence considérable sur les propriétés viscoélastiques des pâtes et sur la qualité du pain. La teneur en protéines totales et les proportions relatives à groupes protéiques particuliers (protéines solubles, gliadines, gluténines, gluten...) doivent être prises en considération (**feillet.,2009**).
- **Teneur en cendre** : obtenue par calcination a 900°C, le taux de cendre mesure la pureté de la farine.
- **Teneur en eau** : Le taux d'humidité de la farine est un facteur important de conservation et de stockage, selon le **codex alimentarius** elle doit être inférieur ou égal à 15.5 %.
- **La teneur en gluten** : l'appréciation de la quantité et la qualité du gluten, il a un intérêt technologique car il donne les caractéristiques viscoélastiques.

I.3.5 Type de farine :

L'existe de différents types de farines sont établis par rapport au taux de cendres de la matière sèche, avec un taux d'humidité fixe à 15,5%. Le taux les cendres est le résultat de l'incinération d'une farine, sachant que dans l'amande seule on obtient environ 0,40 %, pour le germe environ 5,5 % et de 6 à 10 % pour l'enveloppe. La faible teneur en cendres d'une farine indique sa pureté.

Ce taux de cendres emmène à établir les types de farines suivantes :

Tableau 3. Les types de farine (Feillet., 2000).

Dénomination	Taux d'extraction	Taux de cendres	Description
Type 45	70 à 76%	< 0.50 %	Farine très blanche
Type 55	75 à 78 %	De 0.50 à 0.60 %	Farine blanche
Type 65	77 à 80 %	De 0.62 à 0.75 %	Farine crème
Type 80	80 à 85 %	De 0.75 à 0.90 %	Farine bise
Type 110	85 à 90 %	De 1 à 1.20 %	Farine complète
Type 150	90 à 98 %	> 1.40 %	Farine intégrale

La farine de consommation courante est de type 55.

Chapitre II La Panification

II.1 Historique de panification

Selon **Piperno et autres (2004)** les produits de boulangerie ont une longue histoire du développement. Preuve de la découverte archéologique récente qui indique que la pratique de la boulangerie peut avoir commencé 21 000 av. J.-C. lors de la Période paléolithique (**Zhou et al.,2014**).

Le pain connu en tant que « l'essence de la vie », il a été produit depuis plus de 10000 av. J.-C. dans la révolution néolithique où les graines étaient les ingrédients principaux (**Kourkouta et al., 2017**). Les Égyptiens sont considérés comme les premiers fabricants de pain au monde en tenant compte des recherches, des preuves archéologiques indique que le pain sans levain faisait partie de la vie quotidienne dans l'Égypte ancienne. Il était réservé aux occasions rituelles ou sacrées (**Nistor et al., 2014**). Leur pain quotidien était fait à partir d'amidonnier, une ancienne variété de blé, et apparemment avec de la levure entretenue à cet effet il a été cuit dans de grands pots en argile (**Jenson., 1998**). Plusieurs tentatives ont été faites pour reproduire ce pain dans les temps modernes, en utilisant l'amidonnier moulu, la pâte à fermentation spontanée comme source de levure et les pots reproduits à partir de ceux trouvés lors de fouilles archéologiques (**Highfield, 1995 ; Roberts,1995**).

Les Grecs sont arrivés en deuxième position, en produisant une grande gamme de pains.

En Grande-Bretagne, la culture des céréales et la panification ont été apportés par les Romains. L'histoire de moyen Age parle d'énormes pains, composé d'un mélange de blé, orge, millet et le seigle, destinés à nourrir toute une famille pendant plusieurs jours (**Nistor et al., 2014**)

La production de pain de blé a été réalisée successivement par les Égyptiens, les Grecs et les Romains et elle était considérée par eux comme un signe de haut degré de civilisation (**Belderok.,2000**).

Dans l'Angleterre médiévale, le pain était un aliment de base produit à partir de différentes qualités de farine, de sorte que tout le monde était capable d'acheter du pain avec une certaine description. Le pain n'était pas seulement de la nourriture mais l'ancien morceaux servaient également d'assiettes, ce n'est qu'au XV^e siècle qu'il a commencé à être remplacé par des plaques de bois (**Nistor et al., 2014**).

II.2 Technologie de Panification

II.2.1 Les ingrédients de panification

La farine : déterminé comme l'ingrédient majeur dans la préparation du pain d'où ces propriétés dépendent fortement des propriétés du grain à partir duquel elle est produite. La farine se compose principalement d'amidon (environ 70–75%) et d'autres lipides glucidiques, fibres, ainsi

une faible teneur en vitamines, minéraux et d'enzymes, (14,5 % d'humidité (**Feillet., 2000**), 13 % de protéines, 0,55 % de cendres et pH 5,7–6.1), (**Zanoni et al., 1993**). Les protéines, les gliadines et les gluténines de la farine réagissent les unes avec les autres et en contact avec l'eau créant la grille de gluten.

L'eau : L'eau joue un rôle majeur dans l'art de la boulangerie car La quantité d'eau contrôle la texture, le goût, l'odeur, le volume, la saveur et la sensation en bouche des produits de boulangerie (**Zhou et al., 2014**). La teneur en eau et sa répartition régissent sur les propriétés texturales telles que la douceur de la mie, la croustillance de la croûte et la durée de conservation. L'eau réagit avec les ingrédients et s'évapore lors de la cuisson. Environ 50 % d'eau donne une texture fine et légère. La plupart des pains artisanaux contiennent 60% à 75% d'eau.

Les Levures : C'est des eucaryotes qui appartiennent aux Ascomycètes généralement d'une forme sphérique, ovales ou cylindriques et d'environ 8 µm de diamètre. Elles Utilisent plusieurs conditions pour leurs croissances : une température (optimum 25-30 °C) ; l'humidité et les aliment (sucre, amidon) lorsque ces conditions sont réunies la levure commence à se nourrir de l'amidon dans le mélange, en formant du sucre, de l'alcool et du dioxyde de carbone. Les bulles de CO₂ font gonfler la pâte. La pâte doit être "malaxé" à fond pour répartir les bulles uniformément, puis on le laisse remonter, généralement jusqu'à environ le double de son volume d'origine (**Ali et al., 2012**).

La levure boulangère est une préparation commerciale constitué de cellules séchées d'une ou plusieurs souches de *Saccharomyces Cerevisiae* utilisé pour lever la pâte, un agent d'aromatisation et de texture (**Ali et al., 2012**). La fermentation de la levure boulangère est fortement dirigée vers une production maximale de biomasse, aucun sous-produit tel que l'éthanol n'est souhaité et les fermentations sont donc sectionné pour obtenir cette biomasse maximale (**Van Hoek et al., 2003**). L'intensité de la fermentation dépend de la forme de la levure et la disponibilité des sucres fermentescibles dans la farine, y compris le maltose produit par l'amidon hydrolysé (**Hutkins., 2006**).

Le sel : l'un des ingrédients clés dans les recettes de pain, l'utilisation du sel dans l'Antiquité était très limitée en raison de son coût élevé par suite elle a augmenté lentement. Utilisé maintenant comme conservateur, pour la salaison de la viande, pour masquer les goûts désagréables, pour favoriser la rétention d'humidité, et pour améliorer la saveur (**Quilez et Salas-Salvado., 2012**).

Il est ajouté pour renforcer le gluten et convertir l'action de la levure pour une expansion contrôlée de la pâte.

Les améliorants : selon **Paterson et al (2009)** au cours des dernières décennies, les exigences dans la production et l'augmentation de la consommation, la demande de haute qualité ; de

commodité et de durée de conservation a conduit à l'application d'une large gamme d'additifs dans l'industrie boulangère. Ces améliorants de panification y compris les émulsifiants, les enzymes, la farine de soja, les oxydants et les réducteurs (**Kent et Evers., 1994**), sont essentielles pour améliorer la qualité de la pâte, réduire le temp de repos, augmenté la durée de conservation des produits de boulangerie, le volume, la couleur de la croûte, la blancheur de la mie, l'arôme et la saveur (**Martinez-Anaya.,1996**) une meilleure manipulation de la pâte, amélioré le taux d'hydratation et d'absorption d'eau et une meilleure rétention des gaz qui permet de réduire les besoin en levure (**Stampfli et Nersten.,1995**).

II.2.2 Procédé de panification

a. pétrissage

Le pétrissage constitue la première étape dans le digramme de fabrication des pâtes. Il se compose de deux phases effectuées à l'aide d'un pétrin.

Le frasage : cette première phase correspond au mélange des ingrédients. Le frasage est marqué par l'absorption de l'eau par le gluten et l'amidon de la farine. Les particules de gluten gonflent pour devenir collantes et s'attachent les unes aux autres. Elles forment alors un réseau semblable à un échafaudage

Le pétrissage : c'est la seconde phase, Le bras du pétrin réalise simultanément le découpage, l'étirement et le soufflage de la pâte. Le malaxage est marqué par le développement du réseau glutineux, la structuration de la pâte et l'incorporation de l'air. On constate aussi une élévation de la température. (**LE Blanc., 2009**).

D'après **Bloksma (1990)**, par l'action mécanique, le pétrissage a trois fonctions :

- **L'homogénéisation de la pâte :** par mélange avec l'eau qui conduit un milieu divisé (la farine) à un milieu macroscopiquement homogène ;
- **Le développement de la pâte :** les protéines s'associent et forment un réseau (Formation des ponts disulfures {-S-S-} par oxydation des groupements sulfhydriles des acides aminés soufrés de la farine {groupement - SH de la cystéine}) (Fig. 9), ce qui conduit à des propriétés rhéologiques permettant une bonne rétention gazeuse ;

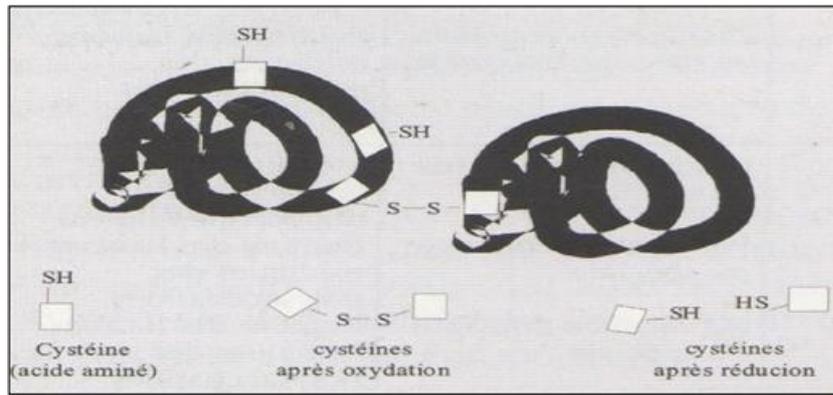


Figure 9. Représentation imagée de réactions d'oxydation sur les protéines

(Roussel et Chiron., 2002).

L'incorporation de l'air qui forme les noyaux des cellules gazeuses par brassage de la pâte.

b. Fermentation (Pointage)

C'est la première fermentation. Elle se situe entre la fin du pétrissage et l'opération de façonnage, elle se déroule à une température de 25°C. En pratique, la fermentation commence dès que la levure est au contact de la farine et de l'eau et se poursuit jusqu'à les premières minutes de cuisson (Bourgeois et Larpent., 1992).

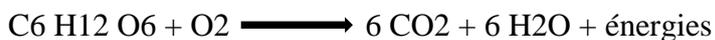
La fermentation apporte à la pâte le dioxyde de carbone et des arômes. Retenu par le réseau glutineux, le dioxyde de carbone lui permet de prendre du volume, c'est la pousse.

La plus grande partie de la fermentation se déroule au cœur de la pâte, dans un milieu privé d'air. La fermentation de la pâte est de type alcoolique, avec production d'énergie.

En l'absence d'air, la fermentation anaérobie se produit suivant la réaction



En présence d'air, la respiration se produit suivant la réaction



Donc La fermentation assure deux fonctions principales : la levée de la pâte sous l'effet de la formation du gaz carbonique et la synthèse d'acides organiques et des substances volatiles, qui vont participer à l'élaboration du goût et de l'arôme du pain ; elle contribue également à l'achèvement du développement du réseau protéique qui s'est formé au cours du pétrissage (Feillet., 2000).

C'est le glucose, substrat de la fermentation, qui est transformé en éthanol et en gaz carbonique par la levure.

Ce substrat est en majeure partie produit par attaque enzymatique des granules d'amidon endommagés. La production de CO₂ commence lentement puis s'accélère, cette formation graduelle de gaz est souhaitable du moment qu'une augmentation plus rapide de volume de la pâte provoquerait la rupture (**Alais et Linden., 1994**).

La fermentation s'effectue en trois étapes principales : le pointage en masse, l'apprêt et s'achève en début de cuisson. Elle doit être parfaitement contrôlée par le boulanger. Un manque ou un excès de fermentation a des conséquences sur la qualité du pain (**Roussel et Chiron., 2002**)

c. dévisage

C'est une opération qui consiste à découper la pâte en pâtons appropriés grâce à une diviseuse peseuse dotée d'un dispositif de réglage qui permet d'avoir des pâtons de poids identiques (**Calvel.,1994**).

Cette opération mécanique assez brutale, entraîne une perte de souplesse de la pâte, voir même une dégradation de la structure formée au cours du pétrissage c'est pourquoi, le d'un (boulage) qui permet de reconstituer cette structure (**Guinet et Godon.,1994**)

d. façonnage

La Détente : Elle suit la division et précède le façonnage, elle permet à la pâte de se relaxer et facilite le façonnage.

Le façonnage est une opération d'allongement du pâton pour arriver à la forme souhaitée, il peut être manuel ou mécanique (**Landgraf., 2002**) (**Roussel et bartollucci.,1997**). Il permet de corriger certains défauts provenant de perturbation technologique révélées au cours des opérations précédentes tel que : l'excès ou le manque de force. Il rend également la pâte plus malléable en créant stabilité et élasticité et en diminuant la perte de gaz (**Calvel.,1994**).

e. apprêt (2eme fermentation)

C'est **la dernière étape de la fermentation** avant la mise au four. Elle donne le volume final du pain. Au cours de l'apprêt, une partie de l'amidon est transformée en sucres simples. Ceux-ci sont alors décomposés en alcool et en dioxyde de carbone par les enzymes de la levure. Pour la réussite de l'apprêt, il est important que la pâte soit bien structurée, avec suffisamment de force. Ainsi, le réseau glutineux retiendra correctement le dioxyde de carbone.

L'apprêt doit se dérouler dans de bonnes conditions de température et d'hygrométrie. Il est plus facile de maîtriser ces deux facteurs en réalisant l'apprêt dans des enceintes climatisées appelées chambres de pousse contrôlée (**Landgraf., 2002**).

La durée de l'apprêt est également conditionnée par **la méthode de travail choisie** :

- En pétrissage à vitesse lente (**PVL**), la durée de l'apprêt est de 1 h 30 à 2 heures.
- En pétrissage amélioré (**PA**), la durée de l'apprêt est d'environ 2 heures.
- En pétrissage intensifié (**PI**), la durée de l'apprêt est d'une heure environ (**LE Blanc.,2009**).

e. incision superficielle des pâtons

A partir d'une lame des coupures sur la partie supérieure des pâtons est réalisé ce qui forme des incisions. Elles ont pour but d'éviter les déchirures peu esthétiques de la croûte sous la très forte poussée du CO₂ et sous l'action de la chaleur lors de la cuisson. Elle est effectuée aussi pour obtenir des belles arêtes appelées grignes dorées et croustillantes qui sont un élément important du « bon pain » (**Fredot., 2005**).

g. La cuisson

La cuisson se fait à une température de 250°C, durant 20 à 30 minutes, dans un four dont l'atmosphère est saturée de vapeur d'eau <buée>. Durant cette étape les transformations sont les suivantes :

Avant 60°C, le volume du pâton fermenté augmente dans le four par action combinée de plusieurs phénomènes :

- Le gaz carbonique se dilate
- Une partie de l'eau et de l'alcool se vaporise à l'intérieur de la pâte
- La production de CO₂ (Augmentation de l'activité de levure).
- Les levures meurent vers 60°C

A partir de 70°C, les protéines du gluten sont dénaturées et coagulent. Cela fixe la structure spongieuse de la mie (**Alais et Linden., 1994**).

Vers 90-100°C, il y a formation de la croûte par dessiccation. Il n'y a pas de possibilité de transfert d'eau vers l'extérieur donc tout au long la mie reste hydratée (**Bourdeau et Gregoire.,1992**).

Lorsque la température de la croûte atteint 170 à 250°C, la réaction de Maillard et la caramélisation ont lieu, ce qui donne la coloration de la croûte accompagnée de la formation de composés odorants (**Alais et Linden.,1994**).

Au cours de la cuisson, l'amidon se modifie vers 70°C. sa structure granulaire (semi cristalline) passe à l'état amorphe, il devient plus hydrophile. La beta amylase est inactive vers 75°C son activité disparaît vers 85°C (**Bourdeau et Gregoire., 1992**).

II.3 Caractéristiques rhéologiques de la pâte

La rhéologie est l'étude de la façon dont les matériaux liquides, solides ou semi-solides se déforment ou s'écoulent lorsqu'une force ou une contrainte leur est appliquée.

L'étude de la rhéologie implique la mesure des contraintes et des déformations, tandis que la contrainte est soit :

- Traction (extension)
- Compression
- Torsion
- Force de cisaillement (**Steffe.,1996**).

II.3.1 Origine

La rhéologie était le nom donné à la discipline d'une société, en 1929, qui était engagée dans l'étude de la façon dont les matériaux se déforment en réponse aux forces. Son objectif est de fournir des paramètres quantitatifs qui définissent comment un matériau se déformera en fonction de la force, du temps et de l'orientation spatiale. (**Janmey et Schliwa.,2008**)

II.3.2 Fonctionnement de la rhéologie

En boulangerie et en sciences céréalières, la rhéologie présente un intérêt particulier. La pâte est un matériau viscoélastique qui se comporte à la fois comme un liquide et un solide. Il présente un comportement visqueux (de type fluide) et élastique (de type solide) lorsqu'une force lui est appliquée. Les protéines formant le gluten et les polysaccharides, une fois hydratés et soigneusement mélangés, sont responsables de cette nature viscoélastique. (**Singh et Heldman.,2009**)

II.3.3 Propriétés rhéologiques de la pâte

Également appelées propriétés de manipulation

- **Élasticité** : le degré auquel un morceau de pâte tentera de retrouver sa forme d'origine après qu'une force de déformation a été supprimée. La pâte doit avoir un minimum d'élasticité pour éviter les déformations causées par le "retour élastique" après le laminage et le moulage.
- **Extensibilité** : capacité de la pâte à s'étirer ou à se déformer. Les forces de déformation comprennent les pressions de laminage et de moulage ainsi que la pression du gaz provenant de la fermentation de la levure. La pâte doit avoir suffisamment d'extensibilité (et une élasticité minimale) pour donner une expansion significative de la pâte pendant la levée et la cuisson.

- **Résistance à la déformation** : ce concept équivaut à « la douceur de la pâte ». La pâte doit avoir le moins de résistance possible à la déformation. Cela se traduit par une facilité de changement de forme pendant la mise en feuille et le moulage pour éviter d'endommager les cellules à gaz quelque peu instables incorporées pendant le mélange.
- **Viscosité** : résistance des produits liquides, tels que les pâtes, aux mouvements ou aux forces de cisaillement. (Singh et Heldman.,2009)

Parmi les farines de céréales, seule la farine de blé qui est capable de former une pâte cohésive avec des propriétés viscoélastiques et la capacité de retenir le gaz, lorsqu'elle est mélangée avec de l'eau, ce qui est essentiel pour la production de produits de boulangerie avec une texture légère. Le facteur responsable de la formation de la pâte est les protéines du gluten et leurs développements au cours du pétrissage, fermentation et les actions de manipulation ont une influence sur les propriétés rhéologiques de la pâte.

Les caractéristiques rhéologiques telles que l'élasticité, la viscosité et l'extensibilité est importante pour l'industrie de la minoterie et de la boulangerie dans la prédiction des paramètres de traitement de la pâte et la qualité des produits finis. Ces caractéristiques rhéologiques changent tout au long du processus de panification et sont difficile à mesurer en termes définitifs (Hruskova.,1993).

La caractérisation des propriétés rhéologiques de la pâte est efficace pour prédire le comportement de traitement et pour contrôler la qualité des produits alimentaires. Le farinographe, le mixographe, l'extensographe et l'alveographe sont les méthodes empiriques les plus courantes pour caractériser la rhéologie de la pâte. Les essais basés sur ces instruments sont utiles pour fournir des informations pratiques pour les industries boulangères. Cependant elles ne suffisent pas à interpréter le comportement fondamental de la transformation de la pâte et de la qualité boulangère. (Song et Zheng.,2007) (*Figure 10*).

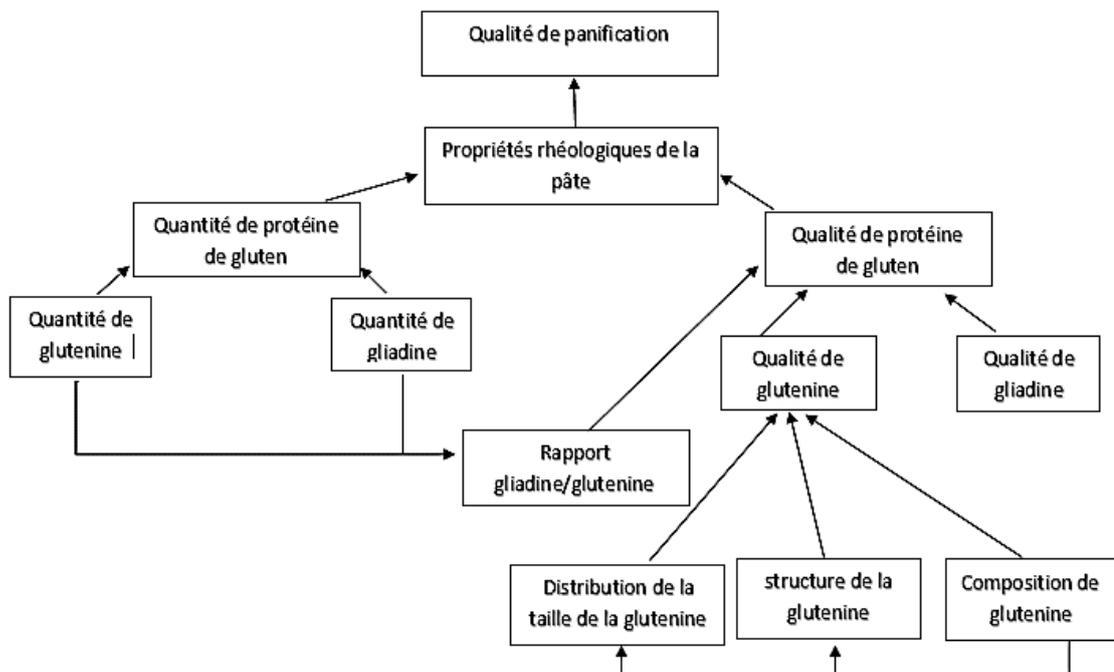


Figure 10. Facteurs régissant la qualité panifiable et les propriétés rhéologiques de la pâte de blé (Veraverbeke & Delcour., 2002).

II.4 La panification

II.4.1 Définition du pain

Le pain est un aliment complet fabriqué à partir de céréales moulues et de liquide, généralement avec un agent qui permet au pain de se lever avant cuisson. Cet agent est appelé levain o levure (Rochelle.,2001).



Figure 11. Variétés de pains de différentes cultures (anonyme).

II.4.2 Consommation mondiale du pain

Dans tous les pays industrialisés, les habitudes alimentaires ont beaucoup changé durant les 40 ou 50 dernières années, qu'au cours des siècles précédents. De nouveaux aliments ont été introduits dans la ration, d'autres ont pratiquement disparu de la composition des repas. Ces profondes modifications comportent des aspects positifs et des aspects négatifs. Elles accompagnent les transformations de la société que ce soient des évolutions technologiques, économiques, culturels, sociologiques, et même politiques. (Curtet.,1998)

Selon l'APOCE (l'Organisation algérienne de protection et d'orientation du consommateur et son environnement), l'Algérie est le deuxième pays dans le monde en matière de consommation du pain, Selon un graphique publié sur la page Facebook de l'APOCE, « l'Algérien consomme près de 110 kg de pain par an. De ce fait, il occupe la deuxième place après le Turc qui consomme 120 kg de pain par an, alors que le Français consomme 58 kg par an ». Des rapports économiques récemment publiés ont révélé que la consommation moyenne de pain par habitant en Algérie était estimée à 110 kilogrammes par an, se classant au deuxième rang mondial après la Turquie, qui se classait au premier rang avec 120 kilogrammes par an comme le plus grand pays consommateur de pain au monde. Cela explique le taux élevé d'importation de céréales, en particulier de blé, en Algérie.

II.4.3 Valeur nutritionnelle du pain

Le pain est avant tout un aliment énergétique. L'apport calorique du pain augmente légèrement quand le taux d'extraction s'abaisse, ce qui veut dire que le pain complet est moins énergétique que le pain blanc. Le pain est composé de 55 % de glucides, constitués essentiellement d'amidon. Le pain fournit également une quantité non négligeable de protéines. Mais leur valeur biologique est médiocre car il manque de certains acides aminés indispensables. Mais il est complémentaire des autres sources d'apport protéiques.

La faible teneur en lipides du pain lui confère un intérêt nutritionnel exceptionnel dans notre type d'alimentation actuel. Il en apporte moins de 1 g pour 100 g de pain.

L'apport en éléments minéraux varie beaucoup avec le taux d'extraction de la farine : à 85 % la farine contient seulement la moitié des matières minérales du blé, et à 75 % elle n'en contient qu'un quart. Cela s'explique par le fait que ces éléments sont surtout présents dans les couches périphériques du grain de blé. La teneur en sels minéraux du blé varie également en fonction de la nature du sol, du climat et même de la lignée génétique du grain. Le pain est pauvre en calcium, mais riche en phosphore. L'intérêt minéral du pain est donc moindre que ce que les études quantitatives permettaient d'espérer.

Les vitamines contenues dans le blé sont essentiellement des vitamines du groupe B (thiamine, riboflavine, niacine). Ce sont des co-enzymes qui interviennent dans le métabolisme des hydrates de carbone. Leur teneur dans le pain varie beaucoup selon le taux d'extraction des farines. Une ration de 300 g de pain fabriqué à partir de farine ayant un taux d'extraction de 75 à 78 %, couvre 14 % des besoins moyens en vitamine B 1, 7 % en vitamine B 2 et 13 % en vitamine PP (Curtet.,1998).

Tableau 4. Composition pour 100g de pain (Guignard., 1993).

Constituants	Pain blanc
Valeur calorique	225 Kcal 1067KJ
Eau	35g
Protéines	7g
Lipides	0,8g
Glucides	55g
Cellulose	0,3g
Vitamines	
B1	0,06mg
B2	0,06mg
PP	0,50mg
C	0
E	0,20m
Minéraux	
Na	500mg
K	100mg
Ca	20mg
Mg	30mg
Fe	1mg
P	90mg
S	100mg
Cu	0,12mg

Chapitre III Portulaca

Oleracea.L

III.1 Description et caractéristiques de *Portulaca oleracea*

Les caractéristiques distinctives du *Portulaca oleracea* sont ses presque tiges prostrées, rougeâtres et charnues ; la sève aqueuse ; succulent les feuilles, qui sont largement arrondies au sommet ; petites fleurs à pétales jaunes et capsules sphériques à plusieurs graines qui s'ouvrent vers le milieu (**Figure 13**).

C'est une herbe annuelle, succulente, avec une racine pivotante épaisse et de nombreuses racines secondaires fibreuses ; les tiges prostrées peuvent produire un tapis jusqu'à 60 cm de diamètre. Les tiges charnues mesurent de 10 à 30 cm de long et sont glabres, épaisses, Rond, lisse, succulent et ramifié de tous les côtés de la racine centrale. Les feuilles sont alternes, obovées ou spatulées, avec des pointes arrondies, glabres, épaisses et succulentes, Jusqu'à 2,8 cm de long, souvent regroupés à l'extrémité des branches (**Mitich.,1997**).



Figure 12. Pourpier potager (*Portulaca oleracea. L*) (**Anne-Marie.,2012**).

Les tiges et les feuilles ont souvent une teinte rougeâtre. Les fleurs jaune pâle, larges de 3 à 10 mm, ont soit quatre à six pétales largement arrondis, sont solitaires, sessiles, axillaires et disposés dans les aisselles des feuilles, plusieurs dans les grappes de feuilles aux extrémités de laes succursales ; elles ouvrent uniquement les matins ensoleillés

Le fruit est une capsule en forme d'urne, unicellulaire, à plusieurs graines, de 4 à 8 mm de long, avec beaucoup de graines brun-noir et brillant. La capsule s'ouvre transversalement, le sommet tombant comme un couvercle ; à maturité, la manipulation de la plante libère des centaines de graines (**Mitich.,1997**).



Figure 13. *Portulaca oleracea* L.(anonyme).

III.2 Historique

Le pourpier a été observé au Canada par Saunders (1863), Macoun (1883) et Traill (1885). Sa propagation a été attribuée en partie aux Amérindiens dont les jardins de maïs et citrouilles. Le Pourpier a été supposé avoir été importé par les immigrants post colombiens. Cependant, le pollen et les graines de cette espèce trouvées dans les sédiments de Crawford Lake (Ontario) auraient été déposés dès 1350 après J.-C. Ses graines étaient aussi trouvées dans le sud de la Louisiane, Illinois et Kentucky datant d'entre 1000 av. 750 A.D (Miyanishi et Cavers.,1980).

III.3 Habitats et origine

Le pourpier est originaire d'Amérique du Sud ou en Afrique du Nord (Miyanishi et Cavers.,1980).

Le pourpier est distribué dans le monde entier ; *Portulaca oleracea* est une plante herbacée annuelle, C'est une espèce annuelle estivale qui est abondant dans le monde entier, envahissant les potagers, les zones dénudées, les pelouses peu entretenues, les plantations ornementales et les zones agricoles. Il bien adapté aux conditions chaudes et humides des sites agricoles et ornementaux irrigués de la Californie. Il a été cultivé en Inde et au Moyen-Orient et elle est populaire en Europe depuis le Moyen Âge. Le pourpier commun germe de février à mars dans le sud zones désertiques à la fin du printemps dans les zones plus fraîches lorsque la température du sol atteint environ 60 °C (Okafor et al.,2014).

Selon Ridley (1930), le *P. oleracea* est natif des déserts ou des frontières désertiques de l'Afrique du Nord, et Hagerup (1932) a cité le Sahara comme son centre d'origine (Matthews et al., 1993).

Pour une récolte précoce, il est préférable de semer la graine sous protection au début du printemps et peut ensuite être planté à la fin du printemps. Les semis en plein air en place ont lieu

de la fin du printemps à la fin de l'été, les semis successifs étant effectués tous les deux à trois semaines si un approvisionnement constant en feuilles est nécessaire (Okafor.,2014).

III.4 Nomenclature

Le nom *Portulaca* est censé être dérivé du latin « **porto** » signifiant « **porter** » et « **lac** » signifiant lait, puisque la plante contient un jus laiteux ; *oleracea* du latin, signifiant « relatif aux jardins de cuisine », en référence à son utilisation comme un légume. L'utilisation de cette plante comme légume, épice et médicament est connue depuis l'époque des anciens Égyptiens et était populaire en Angleterre au Moyen Âge (Okafor et al.,2014).

- **Nom botanique** : *Portulaca oleracea* L.
- **Nom commun** : pourpier, pourpier potager, (Ferron and Cayouette 1971).
- **Nom arabe** : Redjila, brabra, blabicha et bou el kazite (Belouede., 2009).

III.5 Classification de *Portulaca Oleracea*

Royaume : plantae

Sous-royaume : tracheobionta

Superdivision : spermatophytes

Division : magnoliophytes

Classe : magnoliopsida

Sous-classe : caryophyllidae

Ordre : caryophyllales

Famille : portulacacées

Genre : *portulacae* L.

Espèce : *Portulacae oleracea* L. (Cronquist.,1981)

III.6 Culture et récolte de *portula oleracea*

Le pourpier pousse idéalement sous des climats chauds, ensoleillés et caillouteux. Il est particulièrement consommé dans les pays du pourtour méditerranéen. Le pourpier se plante et se repote au printemps. Les germes sont très près ou à la surface du sol en grand nombre après une irrigation ou une pluie. La plupart des minuscules semis meurent, mais les survivants poussent rapidement et peut produire des fleurs en quelques semaines. Les tiges charnues du pourpier commun peuvent rester humides et viables pendant plusieurs jours après la culture et binage et reracinèrent pour former de « nouvelles » plantes lorsque les jardins ou les champs sont irrigués. En raison de sa capacité à produire un grand nombre de graines, le pourpier commun peut coloniser

rapidement tout site chaud et humide. Il nécessite un sol bien drainé riche en lumière humide dans une position ensoleillée (**Grieve., 1930 ; Huxley.,1992**) Les plantes ne produiront pas de feuilles de bonne qualité lors de la croissance dans des conditions sèches (**Grieve.,1930**). Les plantes mettent environ six à huit semaines pour produire une récolte à partir de graines et peuvent ensuite être récoltées sur une coupe et revenir principe, fournissant des feuilles comestibles pendant la majeure partie de l'été (**Grieve.,1930**).

III.7 Utilisation

Le pourpier (*Portulaca oleracea L.*) est une plante déjà citée par Dioscoride (20-79 av. J.-C.) dans son ouvrage sur la matière médicale. Il lui attribue des vertus rafraîchissantes. Son emploi était indiqué dans toutes les formes et l'inflammation de l'estomac par exemple, et même dans l'excitation sexuelle.

L'eau distillée du pourpier était également utilisée pour les fièvres chaudes et calmer l'impétuosité du sang et des esprits. » (**Geoffroy.,1750**).

Le pourpier est un légume nutritif utilisé pour la consommation humaine, il a été mentionné dans les textes égyptiens aussi du temps des Pharaons (**Mohamed et Hussein., 1994**).

P. oleracea se mange cru en salade et cuit comme sauce dans les soupes fournit une riche source végétale d'avantages nutritionnels (**Sudhakar et al., 2010**)

C'est l'un des sources végétales vertes les plus riches en acides gras oméga-3 et a- acide linoléique (**Simopoulos et Salem., 1986**). Dans les zones là où cette mauvaise herbe est mangée, il y a une faible incidence au cancer et aux maladies cardiaques. **Simopoulos** en 1991 a expliqué que ce phénomène est peut-être dû acides gras oméga-3 présent dans le pourpier. Le pourpier a été utilisé comme antiseptique, anti-diurétique, vermifuge, dans les ulcères buccaux et les troubles urinaires.

Des recherches récentes montrent qu'il présente un large éventail de effets biologiques, y compris relaxant des muscles squelettiques (**Parry et al., 1993**), analgésique et des effets anti-inflammatoires (**Chan et al., 2000**), antifongique, comme antidiabétique (**Gong et al., 2009**) et cicatrisant (**Rashed et al., 2003**). De plus, le pourpier peut avoir un effet protecteur contre le stress oxydatif causée par une carence en vitamine A (**Arruda et al., 2004**).

Le pourpier contient des molécules actives pour le traitement de certaines maladies infectieuses parasitaires telles que la leishmaniose et la trypanosomiase (**Costa et al., 2007**).

En Amérique du Nord, le pourpier est généralement considéré comme une mauvaise herbe, mais il est consommé comme légume dans de nombreux pays du monde (**Proctor.,2013**). Il est connu

pour être riche en antioxydants et est une bonne source d'acides gras essentiels et les carotènes, qui se sont avérés bénéfiques pour la santé humaine (Proctor.,2013). En plus d'être utilisé dans le traitement du psoriasis, il est également utilisé comme purgatif, (Uddin et al., 2014).

III.8 Propriétés nutritionnelles

Portulaca oleracea L. (nom commun pourpier), est utilisée depuis des siècles en Chine à des fins nutritives et médicinales (Aberoumand., 2009). C'est l'un des aliments les plus nutritives riche en antioxydants, en acides gras essentiels et en carotènes, qui sont bénéfiques pour la santé humaine (Proctor.,2013).

Le pourpier contient la vitamine A qui est une substance antioxydante naturelle qui joue un rôle dans la protection contre le cancer du poumon et de la cavité buccale. Ainsi que la vitamine C et B et des vitamine complexe (la riboflavine, la niacine et la pyridoxine) (Uddin et al., 2014). Le pourpier contient une grande quantité de protéine, cendre, fibre s (Aberoumand, 2009 ; Almasoud et Salem, 2014 ; Uddin et al., 2014 ; Chugh et al., 2019). Il fournit aussi des différents minéraux comme le potassium (494 mg/100 g), le magnésium (68 mg/100 g), le calcium (65 mg/100 g), le phosphore (44 mg/100 g), et le fer (1.99 mg/100 g).

Le pourpier est également identifié comme une excellente source de vitamine E et d'acides gras essentiel « oméga 3 » appartiennent au groupe des acides gras polyinsaturés essentiels pour la croissance humaine, le développement, la prévention de nombreuses maladies cardiovasculaires, et le maintien d'un système immunitaire sain (uddin et al .,2014), et surtout d'acide α -linoléique qui est considéré comme un agent bénéfique contre les troubles cardiaques (Gharneh et al.,2015) et α -tocophérol, β -carotène et glutathion (Simopoulos et al.,1992). Simopoulos a déclaré que le pourpier contient 0,01 mg/g d'acide eicosapentaénoïque (EPA) (Okafor et al.,2014).

Selon Cai-xia Dong et al.,2010 le pourpier est un végétale riche en glucides principalement composé de glucose (Glc) (40,1%), de mannose (Man) (38,8 %) et arabinose (Ara) (13,7 %) avec de petites quantités de galactose (Gal) (5,3 %).

Ainsi une grande richesse en composés bioactifs tels que les flavonoïdes parmi lesquels le kaempferol, l'apigénine, la luteoline, la myricétine, la quercétine, les Portulacanes A, B, C (Djellouli et al., 2019) qui joue un rôle majeur dans le succès des traitements médicinales depuis le temps anciens jusqu'à aujourd'hui (Uddin et al., 2014). Cette plante contient également les d'alcaloïde parmi lesquels la dopamine ; la noradrenaline les oleraceines A, B, C, D et E, les oleracines I et II, l'adenosine, la thymine et l'uracile (Djellouli et al.,2019) et deux types de pigments bêtaïne rouge bêtacyanines visibles dans la coloration des tiges et le betaxanthin jaune dans les fleurs. Ces deux pigments présentent des propriétés antimutagènes (Uddin et al., 2014).

Tableau 5. Valeur nutritionnelle de Pourpier par 100g **Sangeetha et al., (2020).**

Principe	Valeur nutritionnelle	Apport nutritionnel recommandé
Energie	16 Kcal	1.5%
Glucides	3.40 g	3%
Protéines	1.30 g	2%
Lipides totale	0.10 g	0.5%
Cholestérol	0 mg	0%
Vitamine		
Vitamine B9 « folates »	12 µg	3%
Vitamine B3 « niacine »	0.480 mg	3%
Acide pantothénique	0.036 mg	1%
Vitamine B6 « pyridoxine »	0.073 mg	5.5%
Vitamine B2 « riboflavine »	0.112 mg	8.5%
Vitamine B1 « thiamine »	0.047 mg	4%
Vitamine A	1320 IU	44%
Vitamine C	21 mg	35%
Électrolytes		
Sodium	45 mg	3%
Potassium	494 mg	10.5%
Minéraux		
Calcium	65 mg	6.5%
Cuivre	0.113 mg	12.5%
Fer	1.99 mg	25%
Magnésium	68 mg	17%
Manganèse	0.303 mg	13%
Phosphore	44 mg	6%
Sélénium	0.90 µg	2%
Zinc	0.17 mg	1.5%

III.9 Propriétés thérapeutiques

Selon l'OMS (l'organisation mondiale de santé) *Portulaca oleracea* est considéré comme un aliment qui possède une richesse naturelle de nombreuses activités biologique : hépato protecteur, anti inflammatoire, antioxydant, anticancéreux, cicatrisant, bronchodilatateur, neuroprotecteur, hypocholestérolémiant, anti athérosclerotique (Masoodi et al., 2011).

P. oleracea est utilisé comme un traitement contre les parasites, purificateur de sang et pour rafraîchir le système digestif. Les feuilles et les sommités sont employées en tant qu'antihémorragique en revanche Les graines torréfiées sont considérées comme diurétiques et antidysentériques et aussi appliqué pour les brûlures et les échaudures (Masoodi et al.,2011).

III.9.1 Effet anti inflammatoire

L'inflammation est une réponse immunitaire à une défense compliquée de mécanisme, qui est déclenché par un corps étranger soit invasion ou lésion tissulaire (Meng et al.,2016).

Selon Dr. Benazir Khanam et al., (2019) l'étude de l'extrait éthanolique des parties aériennes (feuilles et tige séchées) du pourpier ont montré des activités anti-inflammatoires et antalgiques importantes après l'administration intrapéritonéale et topique. Huang & Dong., (2011) ont évalué l'effet protecteur de Pourpier contre la blessure aigüe causée au rat, par l'administration de l'acide trinitrobenzène-sulfonique (TNBS), une régression de la réaction inflammatoire a été révélé et cette dernière a été précédemment décrite par Lee et al., (2012).

III.9.2 Effet antioxydant

La propriété antioxydante de *Portulaca oleracea* est attribuée à ses constituants, tels que les gallotanins, les acides gras oméga-3, l'acide ascorbique, les α -tocophérols, kaempférol, quercétine et apigénine (Zhou et al.,2015).

P. oleracea a été étudiée pour sa capacité à réduire le stress oxydatif induit par la carence en vitamine A (Masoodi et al.,2011).

Uddin et al., (2012) avaient rapporté l'activité antioxydante de la *portulaca oleracea* sur les différents stades de croissance en utilisant le 1,1-diphényl-2-picrylhydrazyl (DPPH), le dosage du pouvoir antioxydant réducteur ferrique (FRAP) et la teneur en acide ascorbique. Ainsi une augmentation dans la concentration de Ca, Mg, K, Fe et Zn avec la maturité de plante.

III.9.3 Activités anti diabétiques

L'activité anti-diabétique de *P. oleracea L.* a été augmenté en Chine grâce à son effet hypoglycémiant notable et son potentiel en thérapie adjuvant (Patel., 2015). Le polysaccharide de *P. oleracea L.* (POP) est pratiqué dans le traitement des souris ayant le diabète de type 2 entraînant

une diminution de la concentration de glycémie à jeun, total cholestérol et triglycérides (**Nadkarni et Nadkarni., 1999**).

Lee et al. (2012) ont étudié l'effet protectif de l'extrait aqueux de *P. oleracea L.* sur les complications vasculaires du diabète Chez les souris. Un traitement quotidien pendant 10 semaines avec l'extrait, a marqué des abaissements de la glycémie, des triglycérides plasmatiques, du taux plasmatique de cholestérol (LDL) et la pression artérielle systolique. De plus, il a augmenté le taux plasmatique de Taux de cholestérol HDL et d'insuline.

III.9.4 Effet anti-athérosclérotique

L'athérosclérose reste l'une des principales causes de décès dans le monde (**Patel, 2015**).

Barakat et Mahmoud., (2011) ont évalué l'efficacité thérapeutique d'un mélange de *P. oleracea* et les graines de citrouille, ainsi que **Rasha et al., (2011)** ont approuvé l'action des omega-3 et omega-6 contenues dans la plante sur l'hyperlipidémie, la fonction rénale et immunomodulateurs chez les rats ayant un régime alimentaire riche en cholestérol.

Les effets de l'administration orale d'extrait alcoolique de *P. oleracea* sur les profils lipidiques sanguins de rats ont été estimés par **Changizi-Ashtiyani et al. (2013)**. Les résultats ont montré que l'alimentation pendant 21 jours a entraîné une baisse des concentrations de cholestérol et de triglycérides. L'abondance des Antioxydants et des ω -3 dans la plante et inhibition de la synthèse du cholestérol a été accrédité pour la modulation biologique (**Patel, 2015**).

III.9.5 Effet hépato-protecteur

Les problèmes hépatiques sont responsables d'un nombre important de transplantations hépatiques et de décès à l'échelle mondiale. **Anusha et al** ont étudié l'activité hépato protectrice de l'extrait aqueux des parties aériennes de *Portulaca oleracea* en association avec le lycopène contre l'hépatotoxicité induite par le tétrachlorure de carbone CCl₄ qui provoque des lésions chez les rats. Ce qui inverse significativement l'augmentation des enzymes sérique et des taux de bilirubine totale, en confirmant l'activité hépato protectrice de cette plante (**Zhou et al.,2015**).

Ali et al. (2011) ont examiné les effets prophylactiques et curatifs d'administration orale d'extrait hydro-éthanolique de *P. oleracea* sur la fibrose hépatique induite par la ligature des voies biliaires chez le rat en comparaison avec la silymarine comme agent hépato protecteur de référence.

III.9.6 Effet gastro-protecteur

Les extraits aqueux et éthanoliques de *P. oleracea* ont été étudiés pour leur capacité à inhiber les lésions gastriques induites par le HCl ou l'éthanol absolu et leurs effets sur la sécrétion d'acide

gastrique Les deux extraits ont montré une réduction de dose-dépendante de la sévérité des ulcères (**karimi et al**).

Zhao et al. (2013) ont étudié les effets des extraits de *P. oleracea* sur les performances de croissance et les populations microbiennes dans le cæcum des poulets de chair. Le nombre *E. coli* avait diminué, alors que la population de *Lactobacillus* et de *Bifidobacterium* avait augmenté.

III.9.7 Effet neuroprotecteur

Wang et al ont étudié les effets neuroprotecteurs hypoxiques des extraits de *P. oleracea* chez les souris cultivées dans un environnement pauvre en oxygène. Analyse histologique a indiqué que les extraits ont diminué les dommages inflammatoires du cerveau de la souris.

Moneim et al ont démontré que l'administration de jus aqueux de pourpier a augmenté de manière significative les différentes monoamines et l'activité de l'acétylcholinestérase chez le rat en raison de sa teneur en mélatonine, oméga-3, composés phénoliques et flavonoïdes et autres composé actifs, en suggérant le rôle potentiel du pourpier pour les neurotransmetteurs qui a est une partie intégrante de nombreuses maladies neurodégénératives (**Sangeetha et al.,2020**).

III.9.8 Effet anti-cancéreux

Chen et al. (2010) ont isolé un polysaccharide soluble dans l'eau de *P. oleracea* et les ont soumis à une modification par la méthode de l'acide chlorosulfonique. Les dérivés sulfatés inhibent significativement la croissance des cellules cancéreuses in vitro.

III.9.9 Effet anti-microbien

Ramesh & Hamumantapa avaient signalé l'activité phytochimique et antimicrobienne dans les parties aériennes du chloroforme et des extraits éthanoliques de *Portulaca oleracea* par la méthode de diffusion sur gélose contre cinq bactéries (*staphylococcus aureus*, *bacillus cereus*, *Klebisilla pneumonie*, *aspergillus niger* et *nerospora crassa*) et trois champignons. L'extrait brut éthanolique a montré un effet maximal sur des organismes tels que *staphylococcus aureus*, *klebisilla pneumonie* et *neurospora crassa*, alors que l'extrait de chloroforme a montré un effet modéré sur à *Klebisilla pneumonie*, *aspergillus niger* et *nerospora crassa*. (**Uddin et al., 2014**)

Bae JH., (2004) a également évalué l'effet antimicrobien des extraits de *Portulaca oleracea* sur les agents pathogènes. Il a découvert que l'extrait d'acétate d'éthyle de *Portulaca oleracea* présente une forte activité

Partie II. Partie expérimentale

Chapitre I Matériels et méthodes

Notre travail consiste à étudier l'impact de l'incorporation de la poudre de pourpier, à une farine panifiable, sur les caractéristiques nutritionnelles, technologiques et fonctionnelles de la farine et du pain.

La réalisation de ce travail a duré 6 mois, depuis le mois de janvier jusqu'au mois de juin. Il a fait appel à plusieurs organismes :

- Semoulerie AMOUR de Mouzaïa. BLIDA.
- Semoulerie SIM de Mouzaïa. BLIDA.
- Institut Technique des Grandes Cultures « ITGC » El-Harrach. ALGER.
- Laboratoire des PFE du département agro-alimentaire de l'université de BLIDA.
- Laboratoire de recherche du département de chimie industrielle de l'université de BLIDA.
- Laboratoire de contrôle de la qualité et de la répression des fraudes. BLIDA.
- Laboratoire d'hygiène. BLIDA.
- SARL SOPI.BLIDA.

I.1 Préparation de matériel biologique

A.Farine panifiable

Selon le **décret exécutif N° 91-572** la farine panifiable est le produit de la mouture de graines de céréales apte à la panification et préalablement nettoyée, sans autres modification que la soustraction partielle ou totale des germes et enveloppes ; la teneur en eau doit être $\leq 15.5\%$, indice de chute entre 180 et 280, le P/L entre 0.45 et 0.65, l'indice de zélény de 22 à 30.

Nous avons utilisé La farine panifiable de blé tendre prélevé à partir de la chaîne de fabrication et fournie gratuitement par la semoulerie **AMOUR** de Mouzaia Blida.

B. Matériel végétale

Portulaca oleracea l. a été récoltée deux fois, la première récolte en mois de décembre 2021 et la deuxième récolte a été réalisé au mois de février 2022 dans la région d'EL-OUED. La plante a soumis plusieurs opérations de nettoyage, séchage et broyage pour avoir une utilisation ultérieure dans ce travail.

a. Nettoyage

Les feuilles et les tiges récoltées, sont triés et lavées délicatement avec de l'eau de robinet pour éliminer toute traces d'impuretés ; de poussières ; de sable et de particules étrangères, puis laisser égoutter.



Figure 14. Etapes de nettoyage de la plante.

b. Séchage

Après le nettoyage la plante a subi un séchage naturel de 15 jour à l'aire libre et à l'abri de soleil et un séchage artificiel dans une étuve a une température de 40°C pendant une semaine.



Figure 15. Séchage de la plante.

c. Broyage

Les feuilles et les tiges séchées ont été concasser par un mortier ensuite broyer à l'aide d'un broyeur a café. La poudre obtenue a été tamisé à fin d'obtenir une poudre fine.



Figure 16. Broyage de la plante.

d. Conservation

La poudre obtenue à partir du broyage et tamisage a été conservée dans un bocal en verre fermé hermétiquement et stockée dans l'obscurité pour éviter toute réaction indésirable et humidité.



Figure 17. Poudre de pourpier.

I.2 Préparations des incorporations

Les mélanges de la farine et de la poudre ont été préparés selon le tableau suivant :

Tableau 6. Pourcentages d'incorporation des échantillons.

Taux d'incorporation %	Poudre de pourpier (g)	Farine panifiable (g)
0%	0	500
3%	15	485
5%	25	475
10%	50	450
15%	75	425



Figure 18. Les différents pourcentages d'incorporations.

I.3 Analyses physico-chimiques

Afin d'identifier et de confirmer les caractéristiques et les compositions de nos matériaux, nous avons pu réaliser les analyses physico-chimiques identifier dans le tableau suivant :

Tableau 7. Analyses physico-chimiques.

Analyses	Humidité	Cendre	Protéines Lipides	Polyphénols Et Antioxydant	Acidité grasse
Pourpier	+	+	+	+	+
Farines	+	+	+	-	+
Pains	+	+	+	+	+

I.3.1 Déterminations de la teneur en eau (Arrêté du 6 février 2013 et NE 1.1-27-1985)

La teneur en eau est la perte de masse, exprimée en pourcentage ; subie par le produit dans les conditions décrites

Principe

Séchage du produit à une température comprise entre 130 et 133°C dans une étuve, à pression atmosphérique normale jusqu'à la stabilisation de produit.

Mode opératoire

-Peser rapidement, à 1 mg près, une quantité de substance d'environ 5g dans la capsule tarée, couvercle compris à 1 mg près.

-Introduire la capsule découverte contenant la prise d'essai et son couvercle dans l'étuve et les y laisser séjourner jusqu'à la stabilité de produit, temps compté à partir du moment où la température de l'étuve est à nouveau comprise entre 130°C et 133°C.

-Retirer rapidement la capsule de l'étuve, la couvrir et la placer dans le dessiccateur en général entre 30 et 45 min. lorsque la capsule est refroidie à la température de laboratoire, peser à 1 mg près.

- Effectuer deux déterminations sur le même échantillon pour laboratoire.

Expression des résultats

La teneur en eau exprimée en pourcentage en masse du produit telle qu'elle est donnée par la formule ci-après :

$$H\% = \frac{m1 - m2}{m1 - m0} \times 100$$

Où :

H : teneur en eau, en pourcentage en masse ;

m0 : est la masse, en gramme, de la capsule et son couvercle ;

m1 : est la masse, en gramme, de la capsule, du couvercle et de la prise d'essai avant séchage ;

m2 : est la masse, en gramme, de la capsule, du couvercle et de la prise d'essai après séchage ;

Répétabilité

Prendre comme résultat la moyenne arithmétique des valeurs obtenues des deux déterminations si les conditions de répétabilité le permettent.

I.3.2 Déterminations du taux de cendre (NE 1. 1-29-1985, Arrête du 6 juin 2012)

Les Cendre sont des résidus incombustibles obtenu après incinération de produit

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 vitrifié après incinération à 900°C.

Mode opératoire

-Préparé les nacelles avant chaque utilisation, ils doivent être nettoyées par immersion complète pendant au moins 1 h dans une solution aqueuse d'acide chlorhydrique puis rincée à l'eau courante

et ensuite à l'eau distillée. Après rinçage les placer dans une étuve durant le temps nécessaire au séchage (par exemple 90 min à 130°C). Immédiatement avant emploi, sortir les capsules de l'étuve et les laisser refroidir dans un dessiccateur puis les peser à 0.1 mg près.

Préparation de la prise d'essai

A partir de l'échantillon pour essai soigneusement homogénéisé peser rapidement à 0.1mg près une prise d'essai comprise entre 4.9g et 5.1g. Dans le cas des produits à faible densité, la prise d'essai peut être comprise entre (2±0.1) g et (3±0.1) g. Dans la capsule à incinération préparée et tarée répartir le produit, sans le tasser, en une couche uniforme.

Pré Incinération

Placer la capsule et son contenu à l'entrée du four porté à la température d'incinération. A 550°C il est nécessaire d'ajouter de l'éthanol pour les enflammer ; il est permis d'introduire les nacelles dans le four froid et de laisser le four monter en température.

Incinération

Attendre que le produit ait fini de brûler puis introduire la capsule à l'intérieur du four, fermer la porte du four. Poursuivre l'incinération jusqu'à combustion complète du produit y compris des particules charbonneuse (4 h minimum à 550°C)

Une fois l'incinération terminée, retirer la capsule du four, et la mettre à refroidir dans le dessiccateur (ne pas maintenir superposer les capsules). Dès que la capsule a atteint la température ambiante (soit 60min à 90 min minimum). Peser à 1 mg près et rapidement en raison du caractère hygroscopique des cendres.

Expression des résultats :

Le taux de cendre, en fraction massique par rapport à la matière sèche exprimé en pourcentage, est donné par l'équation :

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

Où :

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

m₁: est la masse, en gramme, de la capsule d'incinération

m₂: est la masse, en gramme, de la capsule d'incinération et du résidu d'incinération

H% : est la teneur en eau, en pourcentage par masse, de l'échantillon

Répétabilité

Prendre comme résultat la moyenne arithmétique des deux déterminations, La différence absolue entre deux résultats d'essai Individuels indépendants, obtenus à l'aide de la même méthode sur un matériau identique soumis à l'essai dans le même laboratoire par le même opérateur utilisant le même Appareillage et dans un court intervalle de temps, ne dépassera pas plus de 5 % des cas. Prendre comme résultat la moyenne des deux déterminations



Figure 19. Détermination de taux de cendres.

I.3.3 Méthode de détermination de l'acidité grasse

Selon l'Arrête du 6 juin 2012, L'acidité grasse est l'expression conventionnelle des acides, essentiellement des acides gras libres, extraits dans les conditions qui suivront. Elle est exprimée en grammes d'acide sulfurique pour 100g de matière sèche.

Principe

Mise en solution des acides dans l'Ethanol 95 % (v/v) la température du laboratoire, centrifugation et titrage d'une partie aliquote de la solution surnageante par l'hydroxyde de sodium.

Mode opératoire

- Effectuer immédiatement la détermination de la teneur en eau selon la méthode précédente.
- Peser a 0,01g près environ 5g de l'échantillon pour essai, après l'avoir bien homogénéisé.

Extraction

- Introduire la prise d'essai dans le tube de centrifugeuse.
- y ajouter à la pipette 30 ml d'Éthanol et fermer le tube hermétiquement.
- Agiter pendant une heure à l'aide de l'agitateur rotatif mécanique en opérant à une température de $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

- Centrifuger ensuite à deux reprises et successivement pendant 2 min. Ces deux centrifugations sont plus efficaces qu'une seule de plus longue durée car elles permettent d'Éliminer les particules restant en suspension.

Titration

- Prélever à la pipette 20 ml du liquide surnageant parfaitement limpide et les verser dans une fiole conique.

- Ajouter 5 gouttes de phénolphaléine.

- Titrer à l'aide de la micro-burette avec la solution d'hydroxyde de sodium 0,05 N, jusqu'au virage au rose pâle persistant quelques secondes.

Essai à blanc

- Titrer l'acidité apportée par l'alcool, en opérant sur 20ml d'éthanol suivant les conditions de titrage.

Expression des résultats

Acidité grasse, exprimée en gramme d'acide sulfurique pour 100g de matière sèche :

$$\frac{7.35 \times (v1 - v2) \times T}{m \times H}$$

Où :

V1 : est le volume, en millilitres, de la solution d'hydroxyde de sodium utilisée pour la détermination ;

V0 : est le volume, en millilitres, de la solution d'hydroxyde de sodium utilisée pour l'essai à blanc ;

m : est la masse, en grammes, de la prise d'essai ;

T : est le titre exact de la solution d'hydroxyde de sodium utilisée ;

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

Répetabilité

Prendre comme résultat la moyenne arithmétique des deux déterminations si les conditions de répétabilité sont remplies. La différence entre les résultats des deux déterminations effectuées simultanément ou rapidement l'une après l'autre par le même analyste ne doit pas dépasser 0,002 g d'acide sulfurique pour 100 g de matière sèche.

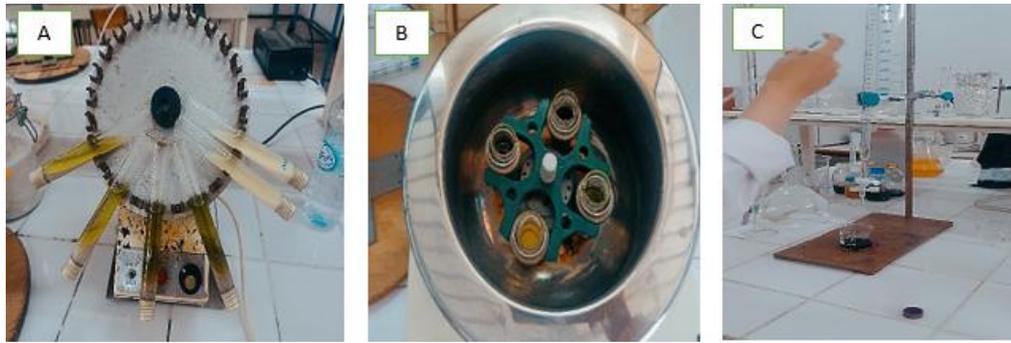


Figure 20. Détermination de l'acidité grasse.

A :Agitateur rotatif ; **B :** Mise dans la centrifugeuse ; **C :**Titrage

I.3.4 Détermination de la teneur en protéines (méthode de Kjeldahl)

Selon leur composition exacte en acides aminées, les protéines alimentaires contiennent de 15 à 18 % d'azote (moyenne de 16 %). Certains constituants dans les aliments contiennent également de l'azote, celui-ci est dosé avec l'azote protéique mais comme les aliments n'en contiennent que de faibles quantités de ces constituants, l'erreur est négligeable donc la teneur en azote est alors proportionnelle à la teneur en protéines.

Principe

L'échantillon est minéralisé dans de l'acide sulfurique contenant des catalyseurs de digestion (sels de métaux) et du sulfate de potassium (élévateur du point d'ébullition). Le sulfate d'ammonium formé libère de l'ammoniaque après ajout de soude. L'ammoniaque est distillée à la vapeur d'eau et capturé dans une solution d'acide borique pour être ensuite dosé par titrage à l'acide chlorhydrique.

Mode opératoire

➤ Minéralisation

- Peser, à 1 mg près, de 0.1 à 4 g de l'échantillon homogénéisé selon la teneur présumée en protéines, l'introduire dans un matras Kjeldahl et ajouter 3 g du mélange de catalyseur.
- Verser ensuite 20 ml d'acide sulfurique, ajouter quelques billes en verre et mélanger.
- Chauffer lentement puis porter à ébullition jusqu'à ce que le mélange soit clair et d'une couleur bleu pâle. Chauffer encore pendant 15 min puis laisser refroidir à température ambiante.
- Diluer, avec précaution, à l'eau distillée (40 ml), transférer le tout dans une fiole de 100 ml. Après refroidissement, compléter jusqu'à trait de jauge (100 ml).



Figure 21. Minéralisation.

➤ **Distillation**

- Alcaliniser 10 ml de la solution de minéralisation avec la solution de la soude puis distiller à la vapeur d'eau.
- Le tube de sortie de la distillation doit plonger dans 20 ml environ du mélange acide borique-indicateur.



Figure 22. Distillation.

➤ **Titrage**

- Le distillat est entièrement titré à l'acide chlorhydrique jusqu'à l'obtention de la couleur initiale de l'indicateur (rouge dans le cas de rouge de méthyle).

Détermination du blanc

- Effectuer les mêmes étapes précédentes mais sans ajout d'un échantillon.

Expression des résultats

La teneur en protéines, exprimée en pourcent, est calculée à l'aide de la formule suivante :

$$\frac{(V1 - V2) \times 1.4008 \times F}{M}$$

V0 : volume, en millilitres, de HCl 0.1N nécessaire pour le dosage du blanc ;

V1 : volume, en millilitres, de HCl 0.1N nécessaire pour le dosage de l'échantillon ;

M : masse, en grammes, de la prise d'essai.

F : facteur de conversion dépend de la nature de l'aliment, il est souvent 6.25.

Le facteur 1.4008 correspond à la quantité d'azote titrée par 1 ml de HCl 0.1 N et il est exprimé en mg/ml.

I.3.5 Détermination de la teneur en matière grasse (Extraction par soxhlet)

Principe

L'aliment solide est pesé et placé dans une cartouche en cellulose. L'échantillon est extrait en continu par un solvant approprié à ébullition (n-hexane ou éther de pétrole) qui dissout graduellement la matière grasse. Le solvant contenant la matière grasse retourne dans le ballon par déversements successifs causés par un effet de siphon dans le coude latéral. Comme seul le solvant peut s'évaporer de nouveau, la matière grasse s'accumule dans le ballon jusqu'à ce que l'extraction soit complète. Une fois l'extraction terminée, le solvant est évaporé, généralement sur un évaporateur rotatif, et la matière grasse est pesée.

Mode opératoire

- Effectuer la détermination de la teneur en eau selon la méthode décrite précédemment.
- Peser, avec précision, environ 10 g d'échantillon. Placer immédiatement la prise d'essai dans la cartouche de l'appareil d'extraction soxhlet et la recouvrir par du coton de verre.
- Le ballon devant recueillir la matière grasse est préalablement séché et pesé puis posé sur le chauffe-ballon. Procéder au montage du soxhlet.
- Ajouter une quantité de l'hexane correspondante à de deux siphonages.
- L'extraction s'est déroulée pendant 6 heures.
- Une fois l'extraction terminée, placer le ballon contenant la matière grasse et l'hexane dans un ROTAVAPOR pour récupérer la majeure partie du solvant.
- Eliminer les dernières traces du solvant en mettant le ballon contenant la matière grasse dans une étuve réglée à $103 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 1 h puis le laisser refroidir dans le dessiccateur et le peser.

Expression des résultats

La teneur en matière grasse, exprimée en pourcentage en masse de la matière sèche (prise d'essai séchée), est donnée par la formule suivante :

$$\frac{(m2 - m1)}{m0} \times 100$$

I.3.6 Détermination de la teneur en glucides totaux

La teneur en glucides totaux « G » en g pour 100g de produit sec est calculée par déduction suivant la formule :

$$G (\%) = 100 - (H \% + C \% + P \% + L \%)$$

Où :

H : teneur en eau en (%)

C : teneur en cendres en (% MS)

P : teneur en protéines (% MS)

L : teneur en lipides (% MS)

I.3.7 Détermination de la teneur en polyphénols

Principe

Le dosage des polyphénols a été effectué en utilisant le réactif de folin-Ciocalteu qui consiste en une solution jaune acide contenant un complexe polymérique d'ions (hétéro-polyacides). En milieu alcalin, le réactif de Folin-Ciocalteu, oxyde les phénols en ions phénolates et réduit partiellement ses hétéro-polyacides, d'où la formation d'un complexe bleu qui permet de doser les phénols dans le visible à une longueur d'onde de 760 nm. (**Daels-rakotoarison, 1999**).

Extraction des polyphénols

Les échantillons sont soumis à une macération pendant 12h à température ambiante et à l'obscurité dans un mélange de méthanol. Le mélange a été enfin filtré sur du papier filtre sans cendre. L'extrait ainsi obtenu est conservé à l'abri de la lumière pour être utilisé dans les différentes analyses (**Zarroug-Wederni et al.,2015**).



Figure 23. Extraits méthanoliques.

Dosage des polyphénols

- Les polyphénols ont été déterminés spectrophotométriquement par la méthode de Folin-Ciocalteu (Heilerova et al., 2003).
- 0,2 ml de l'extrait méthanolique dilué (250 µg/ml) ont été additionnés avec 1,5 ml du réactif de Folin-Ciocalteu (1/10).
- Le mélange est laissé reposer 5 minutes à l'obscurité.
- Par la suite, 1,5 ml de la solution Na₂CO₃ (7,5%) a été ajouté à l'ensemble.
- Après 90 minutes d'incubation à 25°C, l'absorbance a été mesurée à 750 nm contre un blanc sans extrait.
- La quantification des polyphénols a été faite en fonction d'une courbe d'étalonnage linéaire réalisée par un extrait étalon, l'acide gallique, à différentes concentrations dans les mêmes conditions que l'échantillon. Les résultats sont exprimés en milligramme équivalent acide gallique par gramme d'extrait brute (mg EAG/gEB).

I.3.8 Détermination de l'activité antioxydante par DPPH

Principe

Le DPPH est un radical libre stable violet en solution. Il présente une absorbance caractéristique dans un intervalle compris entre 512 et 517 nm. Sa couleur disparaît rapidement lorsque le DPPH est réduit en diphényle picryl-hydrazine (jaune) par un composé à propriété antiradicalaire, entraînant ainsi une décoloration (Figure 20). L'intensité de la couleur est inversement proportionnelle à la capacité des antioxydants présents dans le milieu à donner des protons (Sanchez-Moreno, 2002).

Mode opératoire

Pour réaliser l'analyse, 2,9 ml de la solution méthanolique de DPPH (0,025 g/l) est ajouté à

100 µl de la solution de chaque extrait à différentes concentrations (25, 50, 100 et 200 µg/ml). Le mélange est vigoureusement agité, puis les tubes sont incubés à température ambiante et à l'obscurité pendant 30 minutes. La longueur d'onde d'absorption maximale a été préalablement déterminée. Toutes les lectures sont effectuées à 515 nm.

Les échantillons, les antioxydants de référence (l'acide ascorbique et l'acide gallique) et le témoin sont préparés dans les mêmes conditions opératoires. L'inhibition du radical libre de DPPH en pourcentage (I %) a été calculée de la manière suivante :

$$I(\%) = \frac{(A \text{ blanc} - A \text{ échantillon})}{A \text{ blanc}} \times 100$$

A blanc : Absorbance de blanc.

A échantillon : Absorbance de l'échantillon.

I.4 Analyses technologiques

I.4.1 Test d'alvéographe de chopin (N°06.95.07)

Principe

Le test alvéographique consiste à produire une éprouvette de pâte qui, sous l'action d'une pression d'air, se déforme en une bulle.

Ce mode d'extension reproduit la déformation de la pâte sous l'influence de la poussée du gaz carbonique lors de la fermentation.

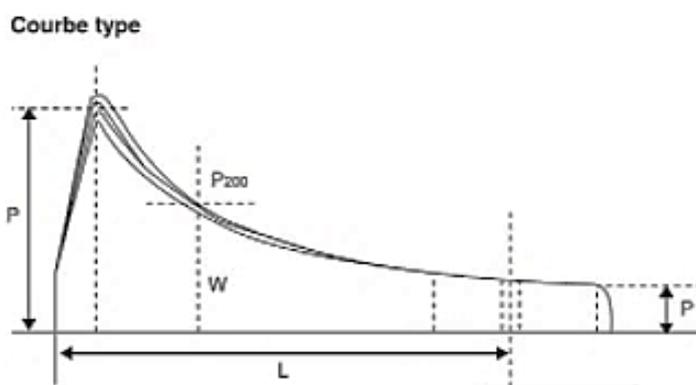


Figure 24. Types de courbes données par l'alveographe.

(Christophe Bonneuil, Frédéric Thomas.,2009).

Cette courbe permet de déterminer la ténacité, l'extensibilité, l'élasticité et La force boulangère des farines.

L'Alveographe mesure les caractéristiques rhéologiques essentielles de la pâte :

- P : ténacité de la pâte (aptitude à résister à la déformation)
- L : extensibilité de la pâte (volume maximum d'air que peut contenir la bulle)
- P/L : rapport de configuration de la courbe
- I.e. : indice d'élasticité, $le = P200/P$ (P200 : pression à 4 cm du début de la courbe)
- W : force boulangère de la pâte (surface de la courbe)

Mode opératoire

L'appareil doit être utilisé dans une pièce dont la température est comprise entre 18° C et 22° C et dont l'humidité relative est voisine de 70%

Vérifier avant chaque essai que les températures respectives du pétrin et d'alvéographe sont de 24.0°C±0.2°C et 25.0°± C 0.2°C. Dans le cas où la burette à robinet n'est pas disponible, déterminer à l'aide du tableau de l'annexe, la quantité de solution de chlorure de sodium à utiliser pour préparer la pâte Etalonner L'appareil :

1. Appuyer sur le bouton 60/92
2. Poser l'étalonneur et bien serrer la vis
3. Ouvrir la valve de pression au maximum
4. Lancer l'air à l'aide de la touche 60/92
5. Régler la pression haute sur 92 à l'aide des flèches puis appuyer sur ok
6. Régler la pression basse sur 60 à l'aide de la valve
 - Préparation de l'échantillon pour essai : Déterminer la teneur en eau de la farine selon la méthode pratique décrite dans la norme NA730/1990

Pétrissage

1. Mettre dans le pétrin 250 g de farine
2. Démarrer le pétrissage et à l'instant verser par le trou du couvercle, la quantité déterminée en fonction de l'humidité, la solution de chlorure de sodium en 20, environ.

3. Après 1 minute de pétrissage, arrêter le moteur, incorporé avec une spatule, la farine et la pâte qui adhèrent au couvercle ou dans les angles, de manière à respecter l'hydratation de la pâte. Effectuer cette opération en 1 minute et remettre le couvercle.

4. A la fin de la deuxième minute, remettre le moteur en marche, laisse le pétrissage se poursuivre durant 6 minutes.

5. A la fin de la huitième minute, arrêter le pétrissage et procéder à l'extraction de la pâte.

Préparation de cinq pâtons

1. Huiler le matérielle avec quelle que gouttes d'huile de paraffine.

2. Inverser le sens de rotation du brasseur et extraire la pâte.

3. Eliminer les deux premiers centimètres de la pâte.

4. Lorsque la bande de pate extraite atteint le niveau des encoches de la plaque, découper la pâte d'une lame à l'endroit du guide.

5. Faire glisser le morceau de pâte sur la plaque de verre du système de laminage, préalablement huilée.

6. Répéter quatre fois l'opération pour obtenir au total cinq pâtons. Arrêter le moteur du pétrin.

7. Laminer les cinq pâtons à l'aide du rouleau d'acier préalablement huilé, que l'on fait glisser sur les rails douze fois de suite

8- Découper le pâton avec l'emporte-pièce rond.

Repos des pâtons

1- Transporter l'emporte-pièce contenant l'éprouvette de pate en inclinant celui-ci au-dessus de la plaque de repos destinée à le recevoir.

2- Placer immédiatement chaque plaque dans l'enceint isotherme (25°C) de l'alvéographe, procéder dans l'ordre d'extraction, la première éprouvette étant placé dans le logement supérieur.

3. Laisser les l'éprouvettes de pâte 20 min dans l'enceint isotherme (25oC) de l'alvéographe.

Gonflement des pâtons

1. Huiler la platine fixe et la face interne du tampon.

2. Déposer l'éprouvette dans le centre.

3. Serrer la platine : 3 tours en 20 secondes, après retirer le tampon pour libérer l'éprouvette.

4. Ouvrir le robinet pour obtenir le gonflement de l'éprouvette.
5. Recommencer l'opération sur les quatre éprouvettes restantes. On obtient cinq courbes ayant la même origine.

Expression des résultats

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

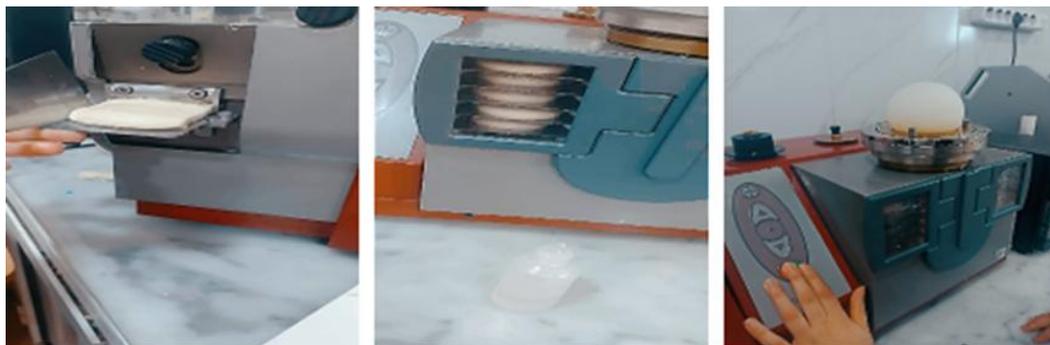


Figure 25. Détermination pratique de certaines étapes de l'alvéographe
(Semoulerie Amour).

I.4.2 Les analyses de colorimétrie

Colorimètre est un appareil permettant de mesurer l'absorbance, ou le pourcentage de transmittance, d'une solution pour un petit nombre de longueurs d'onde prédéterminées.

Principe

La couleur est évaluée par infrarouge au moyen d'un colorimètre. La couleur est évaluée par fonction de sa clarté ou luminance « L », de la chromaticité rouge-vert « a » et de la chromaticité jaune-bleu « b ».

Mode opératoire

- Procéder à une calibration de l'appareil à l'aide de la plaque blanche.
- Remplir le verre avec le produit à analyser.
- Insérer le capuchon de protection
- Placer la tête de mesure à la verticale au-dessus de l'échantillon
- Appuyer sur le bouton de mesure
- Dès que le voyant prêt est allumé la mesure est déterminée et les données s'affichent



Figure 26. Analyses colorimétriques

Détermination colorimétrique (NI ISO 16624 :2020)

À partir d'un échantillon homogène d'au moins 100 g, prélever une prise d'essai, remplir soigneusement la coupelle à échantillons granulaires et mesurer. Chaque détermination doit être effectuée deux fois. La coupelle doit être entièrement vidée et nettoyée entre deux déterminations. L'échantillon doit être mélangé à chaque fois.

Expression des résultats

L'espace colorimétrique CIELAB (1976) est le plus utilisé pour déterminer la couleur des objets. L* désigne la luminosité et va de 0 (noir) à 100 (blanc); a* et b* sont les indices de chromaticité, respectivement; a*: rouge/vert (a > 0 rouge; a < 0 vert); b*: jaune/bleu (a > 0 jaune; a < 0 bleu).

I.4.3 Détermination de gluten sec et gluten humide (NA 736.1991, ISO 5545)

Principe

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

Mode opératoire

Préparation de la pâte

- Peser 10 g d'échantillon à 0.01g près et les introduire dans le mortier
- Verse 5.5 ml de solution de chlorure de sodium en agitant la farine avec la spatule, former une boule avec la pâte.

Extraction

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

- Malaxer le pâton en le plaçant dans la paume de la main tout en versant dessus goutte à goutte la solution de chlorure de sodium, poursuivre cette opération jusqu'à ce que l'eau du lavage ne soit plus trouble.

Expression des résultats

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

$$\text{GH (\%)} = \frac{m_1}{10} \times 100$$

m_1 : masse, en grammes, du gluten humide

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

$$\text{GS (\%)} = \frac{m_2}{10} \times 100$$

m_2 : masse, en gramme, du gluten sec

Coefficient d'hydratation exprimé en pourcentage :

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

GH: gluten humid

GS: gluten sec



Figure 27. Détermination du gluten humide et gluten sec.

I.4.4 Détermination de l'indice de chute (NF V 03-703 1995)

Cet indice évalue la consistance d'un gel d'amidon formé à partir de farine et d'eau, en mesurant le temps mis par un pénétromètre pour traverser ce gel sur une longueur donnée. Ce temps, exprimé en secondes, est compté à partir de l'immersion du tube viscosimétrique dans le bain d'eau bouillante.

Principe

Détermination de l'activité alpha-amylasique en utilisant l'amidon présent dans l'échantillon comme substrat. Cette Détermination est basée sur la capacité de gélatinisation rapide d'une suspension de farine ou de mouture intégrale dans un bain d'eau bouillante, et sur la mesure de la liquéfaction de l'empois d'amidon par l'alpha-amylase présente dans l'échantillon. La liquéfaction affecte la résistance à l'agitateur viscosimétrique et, par suite, le temps qu'il met à chuter d'une distance définie.

Mode opératoire

-Déterminer la masse de la prise d'essai à prélever en tenant compte de la teneur en eau. Peser cette prise d'essai à 0,05 g près.

- Remplir le bain-marie d'eau jusqu'au niveau du trop-plein. Ouvrir le robinet du système de refroidissement et porter l'eau à ébullition, maintenir l'eau à ébullition pendant toute la durée de l'essai.

- Introduire la prise d'essai dans le tube viscosimétrique propre et sec.

- Ajouter $25 \pm 0,2$ ml d'eau distillée d'une température de $22 \pm 2^\circ\text{C}$ à l'aide d'une pipette.

-- Boucher le tube viscosimétrique avec le bouchon et l'agiter vigoureusement afin d'obtenir une suspension homogène.

- Enlever le bouchon et introduire l'agitateur dans le tube en raclant rapidement la suspension qui adhère aux parois.

- Introduire le tube dans le bain-marie bouillant par l'orifice du couvercle.

- Mettre en place la tête de l'agitation de l'appareil.

- L'appareil effectue ensuite automatiquement les diverses étapes de l'analyse.

L'essai est considéré comme terminé lorsque l'agitateur viscosimétrique est arrivé au fond de la suspension gélatinisée.

Expression des résultats

Lire le temps affiché par le compte-secondes de l'appareil, qui constitue l'indice de chute.

I.4.5 Détermination de taux d'affleurement des farines (codex standard 178-1991)

Appareillage :

- Tamiseur rota choc
- Tamis avec ouverture de mailles : 200 μm . Fond de tamis (Extraction).
- Balance analytique pelle

Mode opératoire

- Bien homogénéiser l'échantillon avant la prise d'essai.
- Peser 100g de produit.

- Préparer les tamis en les classant selon les produits
- Démarrer le tamiseur 10 mn
- Peser le refus de chaque tamis et constater l'extraction du dernier tamis.



Figure 28. Tamiseur

I.5 Analyses microbiologiques

Selon le journal officiel de la république algérienne N°39 correspondants au 2 juillet 2017 les germes recherchés selon chaque échantillon étudié sont affichés dans le tableau suivant :

Tableau 8. Germes recherchés selon le JORA N°39.

Germes	Le germe aérobie à 30°c	Les coliformes thermos tolérants à 44°c	Les moisissures	Les clostridiums sulfito-réducteurs	Les Staphylocoque a coagulase +	Les Bacillus cereus	Les salmonella
Pourpier	+	+	+	+	-	-	+
Farines	-	+	+	+	+	+	-
Pains	+	+	+	-	+	-	+

I.5.1 Technique de dilutions successive

Tout d'abord, effectuer aseptiquement une prise d'essai de l'aliment à savoir 25 gr dans 225 ml de TSE, un millilitre de la suspension mère est prélevé avec une pipette graduée, et transféré dans un tube contenant 9 ml de diluant TSE afin de réaliser une dilution au 1/100 pour les produits solides. L'opération est renouvelée en changeant de pipette et en versant de nouveau 1 ml dans un nouveau tube de TSE, et ainsi de suite, jusqu'à ce que la concentration des bactéries devienne relativement faible. Les tubes sont homogénéisés entre chaque dilution et afin d'avoir une égalité statique entre les tubes.

I.5.2 Recherches et dénombrement des germes aérobies à 30°C :

Il s'agit de la flore mésophile aérobie : tous les microorganismes peuvent se développer, sauf ceux qui sont exigeants et sont anaérobies strictes.

Dans des boîtes de pétri annotées on prend une pipette et à partir de la dernière dilution, on prélève 1 ml de dilution qui sera réparti en goutte au fond de la boîte correspondante. L'opération est renouvelée pour la seconde boîte. On remonte jusqu'à la dilution supérieure sans changer de pipette, jusqu'à la première dilution. Les gouttes sont ensuite recouvertes d'une couche de gélose PCA (Plat Count Agar) en surfusion, et le tout est homogénéisé avec des mouvements circulaires. On s'arrange pour que la gélose ne soit pas trop chaude de façon à ne pas tuer les bactéries. Une fois gélifiée on met à incuber à 30°C pendant 72h. On effectue des lectures chaque 24h.

I.5.3 Recherches et dénombrement des coliformes thermos tolérants à 44°C

Les coliformes thermotolérants ou coliformes fécaux sont un sous-groupe des coliformes totaux capables de fermenter le lactose à une température de 44°C. leur dénombrement se fait dans une gélose VRBL (gélose Lactosée Biliée au cristal Violé et au Rouge neutre). Déposer 1ml de dilution selon le journal officiel dans une boîte de pétri annotées Couler 12 ml de milieu refroidi à 44-47°C. Homogénéiser parfaitement et laisser solidifier sur une surface froide. Couler à nouveau 4 ml de milieu ou de gélose blanche, de façon à former une deuxième couche et laisser solidifier. Incuber à 44°C de 18 à 24 heures. Toutes les colonies rouges de diamètre égal ou supérieur à 0,5 mm, après incubation de 24 heures à 44 °c sont considérées comme Coliformes Thermotolérants ou Fécaux.

Pour *Escherichia coli* qui appartient au groupe des Coliformes thermotolérants la Technique de recherche se fait par Identifier au moins 3 colonies caractéristiques des Coliformes thermotolérants sur chaque boîte retenue. Aspirer la colonie à l'aide d'une pipette pasteur munie d'une poire. Repiquer séparément chaque colonie et l'ensemencer dans le milieu urée indole. Incuber ce milieu 18-24h à 37°C. la recherche de l'indole se fait dans ces derniers tubes après apport de réactif de Kovacs.

I.5.4 Recherches et dénombrement des moisissures

Les moisissures sont des micro-organismes filamenteux aérobies acidophiles et mésophiles qui sont disséminés par l'émission de spores. Leur dénombrement se fait par un comptage des colonies filamenteuse et a aspect cotonneux obtenue après ensemencement par râteau dans une gélose Sabouraud au chloramphénicol ou OGA. la lecture se fait après incubation à 25°C pendant 5 jour.

I.5.5 Recherches et dénombrement des clostridium sulfite réducteurs

Les tubes contenant les dilutions seront soumis à un chauffage à 80°C pendant 8 à 10 minutes, puis à un refroidissement immédiat sous l'eau de robinet, dans le but d'éliminer les formes végétatives et de garder uniquement les formes sporulées. A partir de ces dilutions, porter aseptiquement 1 ml de chaque dilution en double dans deux tubes à vis stériles de 16 mm de diamètre, puis ajouter environ 15 ml de gélose Viande Foie prête à l'emploi, dans chaque tube. Laisser alors les tubes, solidifier sur paillasse pendant 30 minutes. Ces tubes seront ainsi incubés à 37°C pendant 16 à 24 ou au plus tard 48 heures.

I.5.6 Recherches et dénombrement des staphylocoques a coagulase +

Il s'agit de microorganismes de forme sphérique, qui se divisent dans plusieurs plans et forment des paquets, des amas plus ou moins réguliers ou tétrades. Ils sont immobiles ou mobiles, non sporulés et à Gram positif. Leur recherche se fait en versant 1ml de chaque dilution dans un bouillon Giolitti Cantoni avec ajout d'additif tellurite de potassium avec une incubation de 24 à 48 heures. L'ensemencement des tubes positif se fait dans un milieu sélectif Chapman après incubation à 37°C pendant 24h un test de catalase par l'eau oxygéné. La moitié de chaque colonie ayant la catalase positive est repiquée dans un bouillon cœur cervelle (BHIB). Les tubes sont incubés 18h à 37°C Mélanger 0.1 ml du bouillon BHIB avec 0,3 ml avec du plasma dans un tube stérile et incuber les tubes à 37°C pendant 24h.

I.5.7 Recherches et dénombrement des Bacillus cereus

Leur recherche est réalisée dans une gélose GA (gélose a amidon). L'ensemencement se fait par un strié centrale à partir d'une suspension bactérienne après incubation de 24 heures à 37°C. recouvrir de Lugol la gélose après culture

I.5.8 Recherches et dénombrement des salmonella

La recherche des salmonella est réalisée en 4 étapes essentiel :

- Un pré enrichissement dans l'Eau Peptone Tamponnée 18 heures a 37°C
- Enrichissement dans un Bouillon SFB S/C (sélénite acide de sodium) pendant 24h à 37°C
- Isolement sur gélose hecktoen pendant 24 heures à 37°C
- Repiquer 2 colonies typiques ou suspectes par type de gélose sur le milieu gélosé TSI (Triple Sugar Iron Agar). Ces colonies doivent être bien isolées et de taille suffisante. Dans le cas contraire procéder à une purification sur gélose nutritive.

I.6 Essai de panification

La présente norme décrit un essai de panification, applicable aux farines de blé tendre préparées en vue de la panification de type français, afin de vérifier leur aptitude à cette utilisation et de prévoir les qualités des pains obtenus.

➤ Principe

Obtention d'une pâte par pétrissage intensifié de farine, d'eau, de levure et de sel sans autres ingrédients, suivi d'un pointage de 45 minutes, d'un façonnage manuel, puis d'un long apprêt sur couche. Incision des pâtons par plusieurs coups de lame, puis mise au four et cuisson à 260°C pendant 25 minutes. Réalisation d'un essai témoin simultanément, avec une farine témoin, qui sert de référence pour la détermination des temps d'apprêt et de base de comparaison pour l'appréciation des caractéristiques des pâtes et des pains d'essais.

➤ Ingrédients

Farine : Farine courante (témoin) et farines incorporées (3, 5, 10 et 15%). Après avoir déterminé la teneur en eau de la farine, calculer, à l'aide du tableau donné en annexe, la masse de la farine nécessaire à l'essai.

Eau : Eau potable. Elle sera portée à une température telle qu'en fin du pétrissage, la pâte obtenue soit à une température de 25°C±1°C. La quantité d'eau nécessaire à l'essai doit permettre la formation d'une pâte bâtarde. Elle est appréciée, manuellement, par l'opérateur au cours du pétrissage ou à l'aide d'un appareil permettant de déterminer l'hydratation, tel que le farinographe Brabender.

Levure : Levure sèche active (1.8%).

Sel : Sel ordinaire (chlorure de sodium) (1.8%).

➤ Mode opératoire

Les principales étapes de l'essai de panification sont résumées dans la (*figure 29*)

➤ Jugement des caractéristiques qualitatives des pâtes et des pains

Le jugement sur la pâte est effectué à la fin de chacune des étapes de l'essai de panification, ainsi que le jugement des caractéristiques du pain, du volume, de l'aspect extérieur du pain et de la mie est effectué une heure après la sortie du four. Nous avons utilisé la grille de notation de la méthode BIPEA (bureau interprofessionnel d'études analytiques), **norme V 03-716 (AFNOR, 1991)** préconisée par **Roussel et Chiron (2002) (annexe)**.

Les notes 1, 4, 7 et 10 sont attribuées si la caractéristique jugée parait présenter un défaut par excès, l'appréciation sera notée dans la partie excès (+), et si par contre elle parait présenter un défaut par insuffisance, l'appréciation sera notée dans la partie insuffisance (-). La note 10 étant le caractère normal de référence (**Oubellil et al.,2015**).

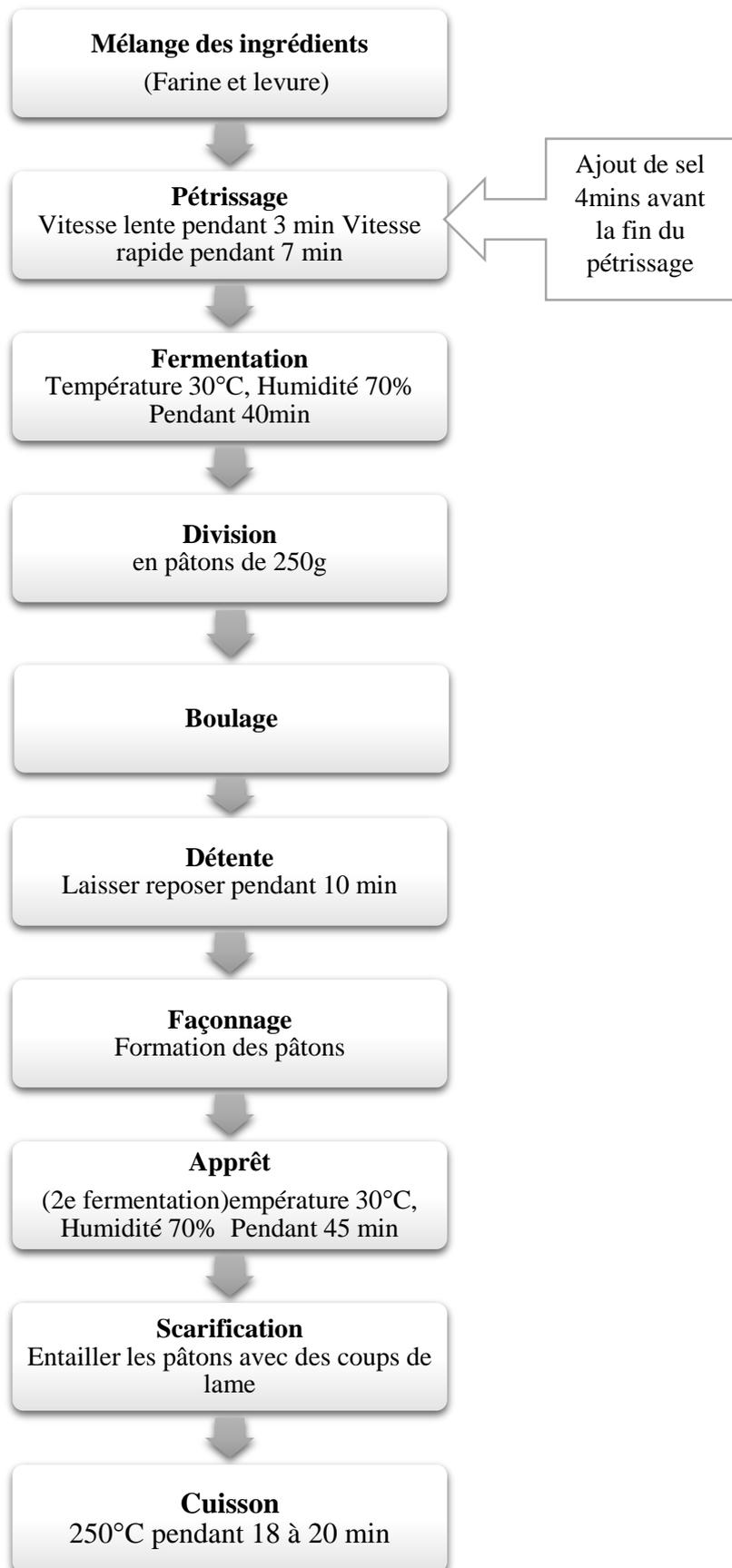


Figure 29. Digramme des étapes de panification.

Chapitre II Résultats et Discussion

II.1 Résultats des analyses physico-chimiques de pourpier

Les résultats des paramètres physico-chimiques de la poudre de pourpier sont illustrés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 9. Résultats d'analyse physico-chimique de la poudre de pourpier.

Paramètres	Unité	Poudres de pourpier
Teneur en eau	%	8.06
Acidité grasse	g d'acide sulfurique pour 100g de MS	0.99
Protéines	% MS	23.13
Lipides	% MS	2.37
Glucides	% MS	27,87
Cendres	% MS	38.57
Polyphénols	Mg d'acide gallique par g de MS	494.07
Antioxydant	%	68.98

La faible teneur en eau du pourpier (8.06%) est expliquée dans le tableau 9 par le séchage appliqué sur la plante. Et pour utiliser une plante à l'état sec selon l'OMS (2003), la teneur en eau doit être réduite au minimum afin de limiter les dégâts dus aux moisissures et autres agents microbiens.

Le résultat obtenu avec le taux de cendre élevé de 38.57% MS indique la richesse de la poudre de pourpier en matière minérale. Cette valeur est supérieure à la valeur trouvée par **Aberoumand (2008)** qui est de 22.66% MS, et celle trouvée par **Delvarianzadeh (2020)**, **Masmoudi (2017)** et **Benkebali (2016)** qui sont de (18.12%MS, 30.01%MS et 26.21%MS) dans leurs études sur les pains enrichis par *Portulaca Oleracea L.*

D'après les données du tableau 9 il ressort que la poudre de pourpier contient une forte teneur en protéine (23.13%MS). Cette valeur est proche à celles trouvées par **Almasoud et Salem (2014)** et **Hussien et Salem (2016)** qui sont de 24%MS et 23.75%MS. Mais elle est supérieure par rapport aux valeurs trouvées par **Ezekwe et al (2011)** et **Delvarianzadeh (2020)** qui sont de (22.9%MS et 16.39%MS).

La teneur en lipide de la poudre de pourpier est de 2.37%MS. Cette valeur est inférieure aux résultats de **Almasoud et Salem (2014)** (5.25%MS) et **Hussien et Salem (2016)** (4.70%MS) et **Delvarianzadeh (2020)** (4.79%MS). La richesse de la poudre de pourpier en acide gras explique le

taux d'acidité grasse enregistré et qui est de 0.99g H₂ SO₄ /100g MS, est supérieur à celle trouvé par **Hassan et al (2014)** qui est de 0.68g H₂ SO₄ /100g MS.

Les glucides sont également présents en quantité importante dans la poudre du pourpier avec une teneur de 27.87%MS. cette valeur reste inférieure par rapport aux valeurs indiquées par **Almasoud et Salem (2014)** et **Hussien et Salem (2016)** qui sont de (40.08%MS et 38.69%MS).

La poudre de pourpier présente une grande quantité des polyphénols totaux qui est de 491.07 Mg d'acide gallique par g de MS, valeur supérieure à celle trouvé par **Hassan et al (2014)** qui est de 354.23 Mg d'acide gallique par g de MS, et par **Masmoudi (2017)** (142.76 Mg d'acide gallique par g de MS).

Les résultats indiqués dans le tableau ci-dessus montre une richesse de la poudre de pourpier en activité antioxydante qui se traduit par un taux d'inhibition de 68.98% évalué par un test de DPPH. Cette activité antioxydante est proche à la valeur trouvée par **El Kashef et al (2018)** (78.25%) mais inférieure à celle trouvée par **Almasoud et Salem (2014)** (87.23%) et par **Odhav et al (2007)** (96%) et **Masmoudi (2017)** (82.48%).

II.2 Résultats physico-chimiques de la farine

II.2.1 La teneur en eau

La teneur en eau est un paramètre très important pour la durée de conservation des farines.

Un taux élevé en teneur en eau peut provoquer la croissance des microorganismes en particulier certaines espèces de champignons, une perte de nutriment et une diminution de la qualité sensorielle, plus l'humidité de la farine est faible plus la stabilité augmente (**Akhtar et al.,2014**).

La teneur en eau des farines doit être inférieure ou égale à 15.5% (**décret exécutif N° 91-572 ; FAO/OMS (2007)**). Et selon **Feillet (2000)** elle ne doit pas dépasser 14%. L'échantillon de la farine de blé tendre utilisé dans notre étude a enregistré une teneur en eau de 14.22%, conformément à la réglementation algérienne.

Les résultats obtenus démontrent que la teneur en eau des farines incorporées varie entre 12.66% et 13.36%, cette teneur diminue au fur et à mesure quand le taux d'incorporation augmente et atteint une teneur minimale de 12.66% pour un taux d'incorporation de 15%. Cette diminution peut être traduite par la faible teneur en eau du pourpier qui est de 8.06% et la forte capacité de la poudre de pourpier a absorbé l'eau.

Les résultats de la teneur en eau des farines sont représentés dans *la figure 30*.

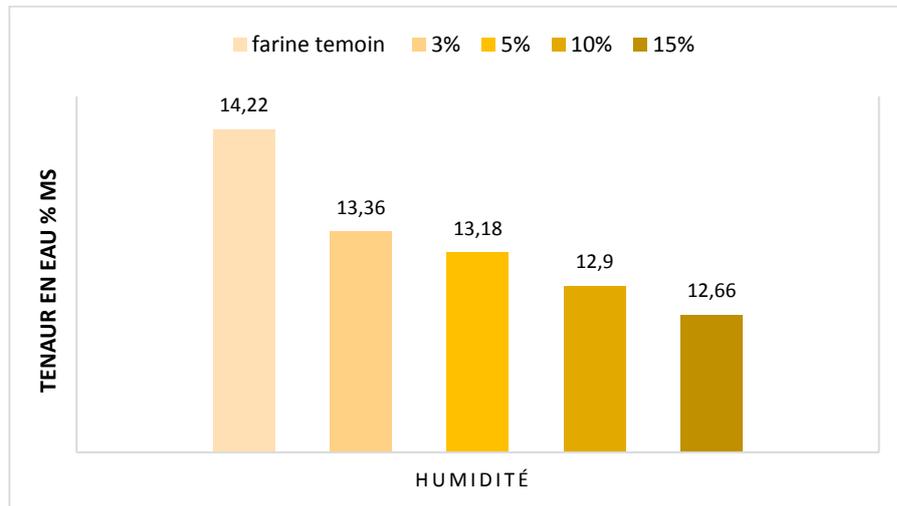


Figure 30. Influence du taux d'incorporation sur la Teneur en eau des farines incorporées.

II.2.2 Taux de cendres

Le taux de cendres est l'un des principaux indicateurs de qualité nutritionnelle et organoleptique de la farine de blé (Czaja et al.,2020). La valeur obtenue de la farine de blé utilisé pour notre étude à donner un taux de cendres de 0.87% MS, valeur supérieure à l'intervalle décrite par Feillet (2000) qui est entre 0.50% MS et 0.60% MS.

L'ajout des différents pourcentages de pourpier à la farine tendre a marqué une augmentation des teneurs en cendres des incorporations de (1.91% MS jusqu'à 6.72% MS) pour un taux de 3% à 15%, ces valeurs sont supérieures à celle trouvée par Masmoudi (2017) (1.63-3.65) et benkebali (2016) (1.11-2.03). Cette augmentation est due à la richesse de la poudre de pourpier en matière minérale obtenue dans le tableau 9 (38.52% MS).

Les résultats de taux de cendres des farines incorporer sont représentés dans la figure 31

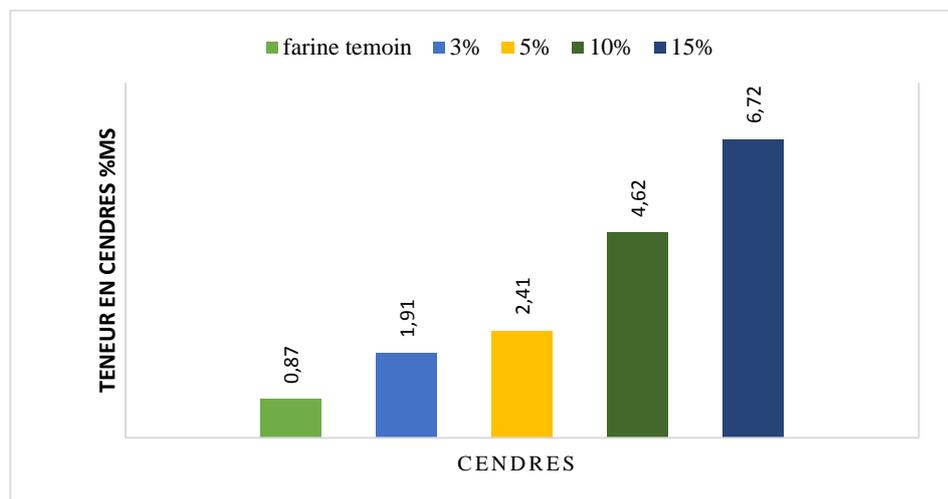


Figure 31. Influence de taux d'incorporation sur le taux de cendres de farines incorporées.

II.2.3 Teneur en acidité grasse

L'acidité grasse est un facteur important pour la qualité boulangère de la farine. Un temps de stockage plus long peut affecter les propriétés de la farine qui vont être changées par l'effet des acides gras insaturés, générés en raison de l'activité lipolytique (**Raza et al., 2010**).

La mesure de l'acidité grasse donne les résultats affichés dans **la figure 32** :

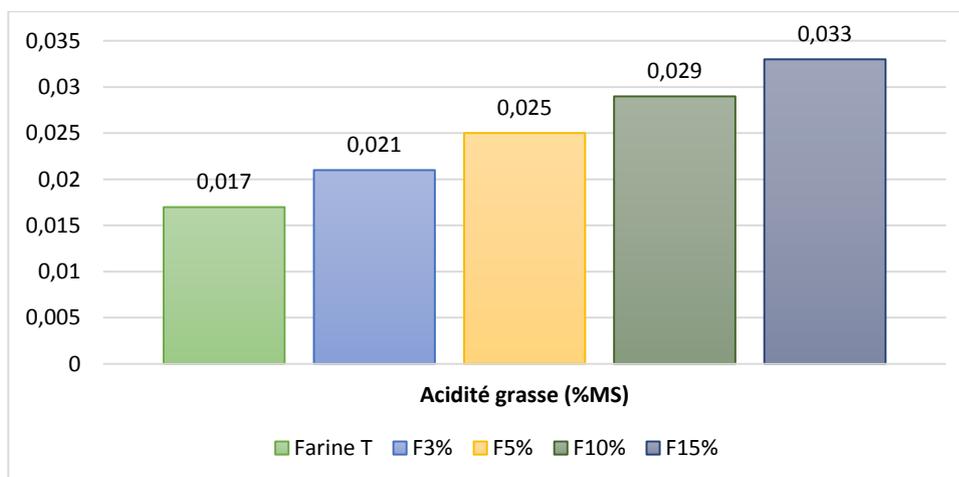


Figure 32. Influence du taux d'incorporation sur la teneur en acidité grasse.

La valeur de l'acidité titrable de la farine témoin étudiée est de 0.017g H₂ SO₄ /100g MS. Cette valeur conforme à la norme établie par le **codex Alimentarius** qui indique que l'acidité grasse ne doit pas dépasser 0.07g H₂ SO₄ /100g MS. L'ajout des différentes incorporations a entraîné une augmentation dans l'acidité des farines incorporées de 0.021g H₂ SO₄ /100g MS pour un taux de 3% jusqu'à 0.033g H₂ SO₄ /100g MS pour un taux de 15%, ses valeurs restent inférieures à la limite établie par le **codex Alimentarius**. On peut estimer que cette augmentation est due à la valeur élevée de l'acidité de la poudre de la plante ajoutée à la farine.

II.2.4 Teneur en protéines

Les protéines du blé, ont trois rôles majeurs : il constituer un réseau pour la panification, il maintient la pression des gaz issus de la fermentation des levures et de contribue à la coloration des produits finis.

D'après le **Codex alimentarius**, la farine ne doit avoir une teneur en protéines inférieure à 7%MS, car la qualité en panification dépend principalement de la composition protéique qualitative et quantitative de la farine (**Doré et Varoquaux.,2006**).

La figure ci-dessous représente les résultats obtenus lors de la détermination de la teneur en protéines des farines. Nous remarquons que la farine de blé tendre utilisé dans notre étude représente une teneur en protéine de 12,94%MS. Cette valeur est semblable à celle enregistré par **Boudreau et Ménard., (1992)** et supérieure au Décret n° 63-720 du 13 juillet 1963 relatif à la composition des farines de blé et de seigle.

D'après les résultats enregistrés, la teneur en protéines des farines incorporées augmente avec l'augmentation des doses de Pourpier de (16,25% ;20,94% ;22,5% ;23,56%) respectivement pour les doses (3% ;5% ;10% ;15%), et cela est dû à la teneur assez élevée de Pourpier en protéines.

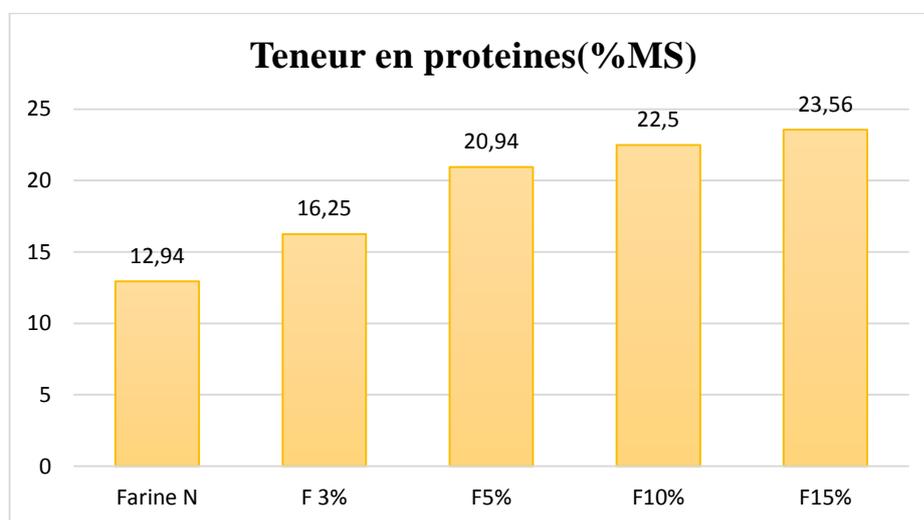


Figure 33. Influence du taux d'incorporation sur la teneur des échantillons en protéines.

D'autres résultats ont été obtenus d'une même étude, la teneur en protéines est très variable, les résultats sont les suivants :

D'autres résultats ont été obtenus d'une même étude, la teneur en protéines est très variable, les résultats sont les suivants :

- Farine témoin : 12,92% (**Belhocine**) ;11,19% (**Benkebaili,2016**) et 12,43% (**Masmoudi,2017**).
- Farine 3% : 11,33% (**Benkebaili,2016**) et 12,67% (**Masmoudi, 2017**).
- Farine 5% : 13% (**Belhocine**) ;11,48% (**Benkbaili,2016**) et 12,85% (**Masmoudi,2017**).
- Farine 10% :13,1% (**Belhocine**) ; 11,82% ; (**Benkbaili,2016**) et 13,24% (**Masmoudi,2017**).
- Farine 15% :13,85% (**Belhocine**),

La teneur en protéines de la farine témoin oscille dans un même intervalle, tandis que les incorporations ont des valeurs différentes, nous remarquons nos valeurs sont nettement supérieures à celles trouvées par les autres.

II.2.5 Teneur en matière grasse (Lipides)

Les lipides sont les composants les plus instables présents dans la farine, même s'ils sont minoritaires. Il est à noter que la farine complète en est naturellement plus riche. Les lipides endogènes de la farine apportent beaucoup à la qualité de la farine et des pains. Cependant, quand l'eau est mélangée à la farine, les lipides endogènes ont la particularité de se lier aux protéines de gluten ce qui est essentiel au bon développement du gluten (**Goesaert et al., 2005**).

La figure ci-dessous nous illustre les résultats obtenus des farines et des incorporations :

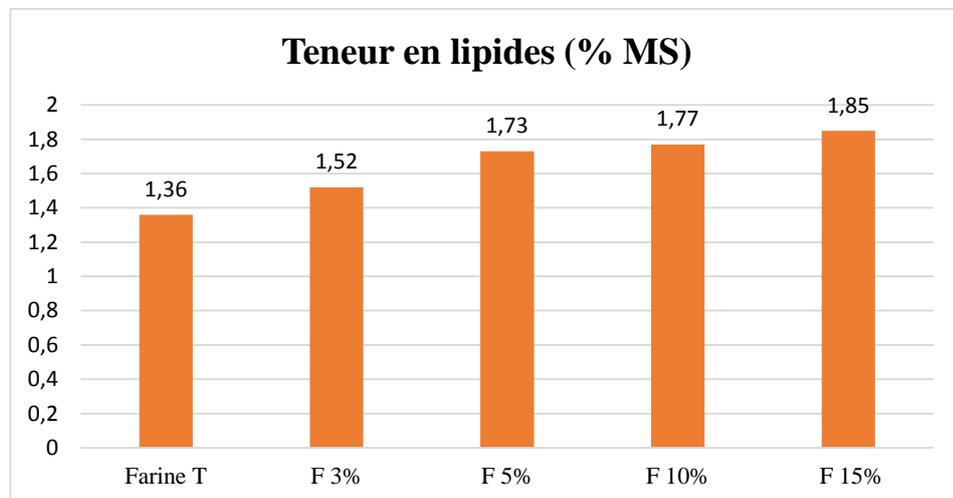


Figure 34. Teneur en lipides des farines incorporées.

Selon **Feillet (2000)**, la teneur en lipide dans les farines devrait osciller entre (1,4 à 2% MS), tandis que **Boudreau et Ménard (1992)** estiment que cette teneur peut débuter d'une valeur de 0,8%MS.

Notre farine témoin présente une teneur en lipides de l'ordre de 1.36 % MS. Les résultats des différents échantillons montrent que la teneur en matières grasses augmente avec le taux

d'incorporation et passe de 1.52 % MS à 1.85 % MS. Cette augmentation résulte de la richesse du *Porulaca oleracea,L* en matière grasse.

II.2.6 Teneur en glucides

La farine de blé comporte plusieurs glucides, citons principalement l'amidon, c'est un glucide complexe, composant majeur, non seulement en quantité mais aussi dans le rôle qu'il tient au moment de la fermentation (**Brochoire, Del Frate et Stephan., 2005**).

De point de vue technologique, les glucides jouent un triple rôle :

- Constituent une source d'alimentation hydrocarbonée nécessaire aux levures au cours de la fermentation.
- Interviennent par ses réactions avec les protéines dans la formation de la couleur, l'odeur et la saveur des produits de cuisson.
- Jouent un rôle, non négligeable, dans les caractéristiques mécaniques et la texture des produits de cuisson (**Gharib, 2007**).

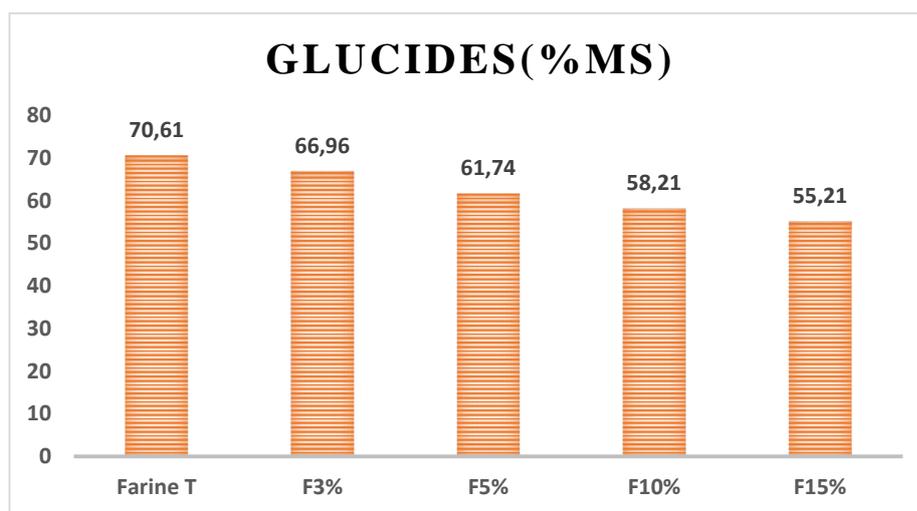


Figure 35. Teneur en glucides totaux des farines incorporées.

La figure ci-dessus nous illustre les différentes teneurs en glucides des farines. La farine témoin a une teneur en glucides de 70,61%MS, qui est supérieure à celle indiquée par **Yadav (2021)** (68,5%MS), et inférieures à celle donnée par **Atwell (2016)** qui est de (71,97%MS).

A la lumière des résultats illustrés dans la **figure 35** La teneur en glucides est inversement proportionnelle avec les taux d'incorporation. Cette diminution est expliquée par la teneur élevée de la farine en glucide (70,61%) par rapport à celle du Pourpier (27,87%).

II.3 Résultats des analyses technologiques des farines

II.3.1 Test d'alvéographe de Chopin

L'alvéographe est utilisé depuis de nombreuses années comme un outil d'évaluation de la qualité boulangère de la farine de blé. Il mesure les paramètres viscoélastiques des pâtes (**Jødal et Larsen., 2021**). Son intérêt principal est de prédire l'aptitude d'un blé ou d'une farine à être utilisée dans la fabrication de produits destinés à la cuisson (**Yefsah_Idres et al., 2019**).

Le tableau ci-dessous résume les différents paramètres obtenus :

Tableau 10. Résultats de tests alvéographiques des farines incorporées.

Farines	W (10^{-4} j)	G	P/L
Farine T	230	15,8	2,37
F3%	217	14,6	2,86
F5%	179	11,6	5,7
F10%	175	11,8	5,04
F15%	109	8,55	12,5

Indice de Gonflement « G »

L'indice de gonflement « G » mesure l'extensibilité de la pâte.

D'après nos résultats l'indice de gonflement se situe entre 15.8 et 8.3 cm³ ces valeurs sont inférieures aux valeurs décrites par le **décret exécutif n°91 572 de décembre 1991** qui exige une norme de (18 à 23) et **la réglementation tunisienne** qui indique un intervalle entre (19,5 et 21,5 cm³), et sont aussi inférieures à ceux apportés par **Berland et Roussel (2000)** (20 à 24cm³). L'augmentation dans le taux d'incorporation résulte la diminution d'indice de gonflement.

Rapport de configuration « P/L »

Ce rapport indique la forme de l'alvéogramme donc il représente l'équilibre entre l'élasticité et l'extensibilité, une valeur élevée dans le ratio « P/L » indique une pâte résistante et inextensible, tandis qu'une faible valeur en « P/L » indique une forte extensibilité de la pâte. (**Jødal et Larsen., 2021**)

D'après **la réglementation Algérienne** le rapport « P/L » des farines panifiables se situe entre (0.45 – 0.65). Alors que **la normalisation tunisienne** d'une farine boulangère représente un « P/L » entre (0,92 - 1,28) (**Zarroug et al., 2015**).

Or, notre farine témoin et nos incorporations qui se situe entre (2,37 et 12,7), ne sont pas conforme aux normes décrites. Le résultat obtenu par nos analyses est marqué par l'augmentation du taux d'incorporation.

La force boulangère « W »

Le paramètre « W » est appelé l'énergie de déformation, car il représente l'énergie nécessaire pour gonfler la bulle de pâte jusqu'à la rupture. Il permet de déterminé La force boulangère. Le paramètre « W » est généralement accepté comme un indicateur de la force du gluten, car il dépend de la quantité et qualité du gluten dans la pâte (**Jødal et Larsen., 2021**).

Les résultats obtenus montrent une diminution de la force boulangère qui passe de 230 (10^{-4} j) pour la farine témoin à 109 (10^{-4} j) pour la farine à 15 %. D'après **la réglementation algérienne** qui exige un « W » entre 130-180 (10^{-4} j) pour les farines panifiables. Tous nos farines sont conformes à la norme, a l'exception de la farine avec un taux de 15% qui représente une valeur faible de 109 (10^{-4} j) non- conformes. La farine témoin et les farines avec un taux d'incorporation de 3% ,5% et 10% sont supérieurs à la valeur décrite par **Bordes et al (2008)** qui est de $170 \cdot 10^{-4}$ j (**Banu et al.,2012**). D'après ces résultats on peut déduire que la farine du pourpier a une relation inversement proportionnelle au travail (W).

Les propriétés boulangères et fonctionnelles montrent que les pâtes incorporées perdent leur élasticité et leur extensibilité au fur et à mesure de l'augmentation du taux d'incorporation notamment au taux de **15%** où sont observées des diminutions notables de la force boulangère **W**, du gonflement **G**.

II.3.2 Colorimétrie

La couleur du produit de mouture (semoule et farine) est due aux pigments naturellement présents dans les grains de blé. Ces pigments (xanthophylles et caroténoïdes) sont responsables de la couleur visuellement aperçue dans les produits de mouture.

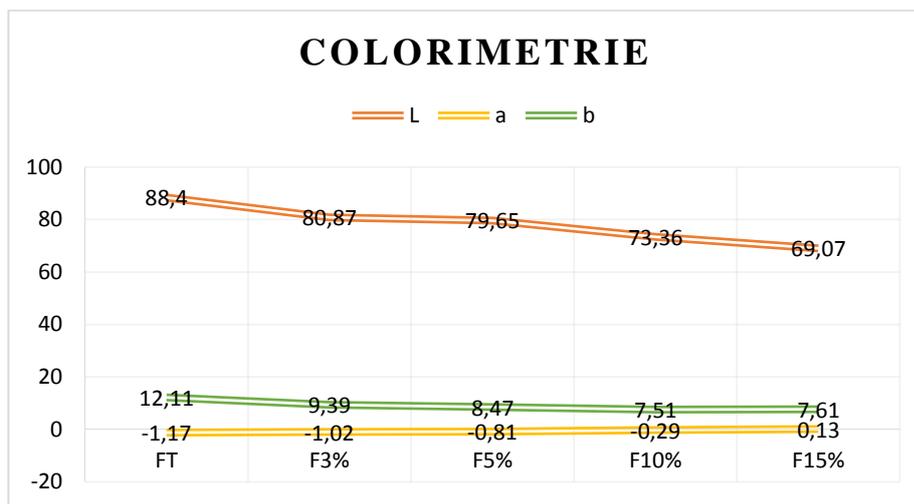


Figure 36. Influence de la poudre de pourpier su la couleur de la farine.

A la lumière des résultats obtenus, on constate que l'analyse colorimétrique a permis d'étudier trois paramètres illustrés par la figure ci-dessus.

Le paramètre « L » : évalue la clarté ou la luminosité de la farine et peut varier de 0 jusqu'à 100. L'indice de clarté de notre farine témoin est de 88,40 ce qui est normal si on se réfère à **la norme ISO 16624** évalué dans l'intervalle [83,37 à 92,47].

Nous constatons que l'indice de clarté diminue au fur et à mesure que le taux d'incorporation du Pourpier augmente, et peut aller jusqu'à une valeur de 69,07. Si le paramètre « L » tend vers Zéro il indique le noir, ce qui signifie que la poudre de pourpier diminue la clarté de la farine.

Le paramètre « a » : ou indice de brun, il évalue la couleur verte ou rouge, la valeur de « a » augmente avec la hausse des taux d'incorporation. Selon **la norme ISO 16624** les valeurs [-1,17 ; -1,02 ; -0,81 ; -0,29] des farines [FT ; F3% ; F5% et F10%] respectivement, sont conformes à l'intervalle donné qui est [-1,27 jusqu'à -0,18], ces résultats indiquent que les farines tendent vers le vert.

Cependant, l'indice de brun de la farine a 15% dépasse cette norme et elle est supérieure à Zéro, donc elle tend vers la couleur rouge.

Le paramètre « b » : l'indice de jaune, il évalue la chromaticité jaune-bleu ; les résultats obtenus montrent que l'indice de jaune diminue au fur et à mesure que les quantités de pourpier dans la farine augmentent. Les deux farines ; FT avec un b=12,11 et F3% avec un b=9,39 répondent à **la norme ISO 16624** [8,56 et 27,54], contrairement aux farines restantes elles ne sont pas conformes à cette norme, on remarque une légère augmentation du « b » dans la F15%. Ces résultats nous emmène à conclure que nos tendent vers le jaune.

II.3.3 Teneur en gluten

Le gluten est considéré comme moyen d'estimation de la qualité de la pâte (**norme Algérienne 735/1991/ISO5531**). Il est un composant principal de la fraction protéique des blés, insoluble dans les solutions salines, c'est une substance plastoélastique (**Lamara et al., 2020**).

La figure 37 présente la teneur en gluten sec et humide ainsi que la capacité d'hydratation

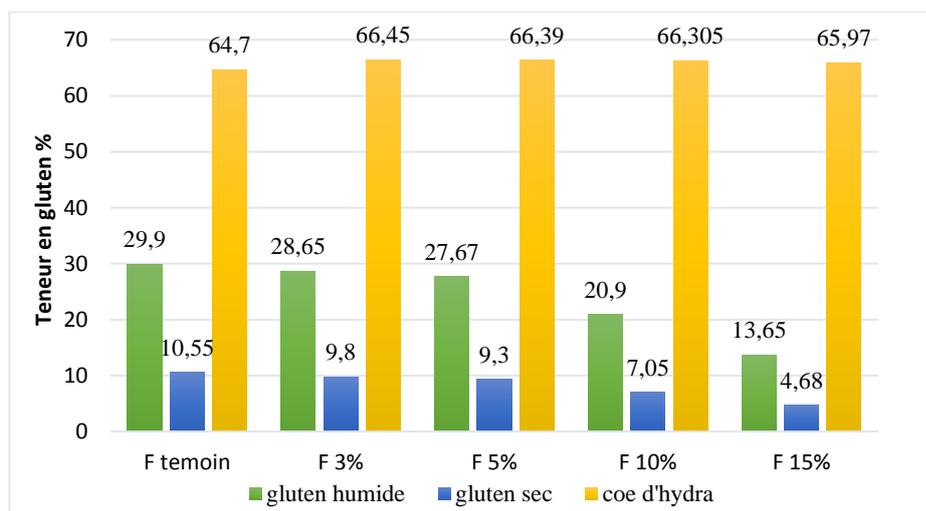


Figure 37. Teneur en gluten des différentes farines incorporées.

Les résultats de teneur en gluten humide et sec marquent une grande diminution en fonction du taux d'incorporation. On peut estimer cette diminution par l'absence du gluten dans la poudre du pourpier.

La teneur en gluten humide varie entre 29.9% pour la farine témoin jusqu'à 13.85% pour un taux de 15%. La teneur de la farine témoin et les taux d'incorporation de 3% et 5% appartient à l'intervalle des farines usuelles qui est de (27% à 30%). En revanche les farines de 10% et 15% en une teneur en gluten très faible de 20.9% à 13.85% par rapport aux autres farines.

Les teneurs en gluten sec varient de 10.55% pour la farine témoin à 4.68% pour un taux d'incorporation de 15%. Donc la farine témoin et les farines de taux de 3% et 5% appartient à l'intervalle (8% à 13%). Contrairement aux farines de 10% qui est de 7.05, et 4.68% pour le taux de 15% qui sont inférieurs au résultat de **Calvel (1980)** qui indique que la teneur en gluten sec d'une farine panifiable doit être supérieur à 8%.

La capacité d'hydratation définit la quantité d'eau retenue par la farine (**Garzon et al., 2017**). D'après nos résultats, la capacité d'hydratation oscillent entre (64.7% et 65.97%). Selon **Bridja et Ghalem (2006)** ces valeurs sont acceptables en panification.

II.3.4 Indice de chute

Ce test est connu sous le nom « teste de Hagberg ». Il mesure l'activité alpha-amylasique. L'alpha-amylase est une enzyme présente naturellement dans le blé. Son taux augmente si ce dernier commence à germer. Plus le taux de germination est avancé, plus la teneur de cette enzyme augmente. Plus l'indice de chute diminue (Sambe et al.,2017). Selon la commission canadienne de classification des blés, les variétés dont le temps de chute est compris entre (Dabo et al., 2017) :

- 120 à 150 s : présentent une très forte activité amylasique du blé germé et la farine est inutilisable en boulangerie.
- 150 à 220 s : fortes activités amylasiques, fermentation plus rapide ;
- 220 à 280 s : activités amylasiques recherchées en panification fermentation optimale.
- le temps de chute > 330 s : présentent une faible activité amylasique,

Les résultats de la mesure d'indice de chute son illustré dans *la figure 38* :

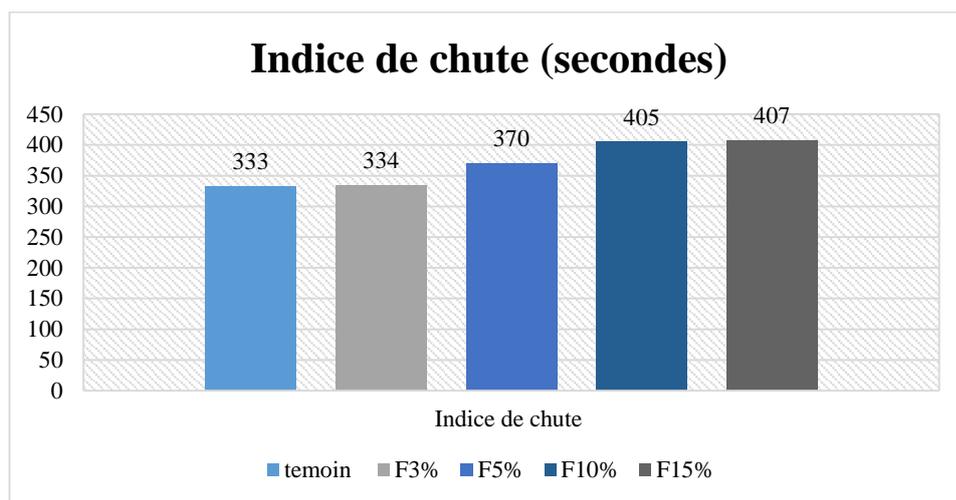


Figure 38. Résultats d'indice de chute des farines incorporées.

D'après les résultats illustrés dans la figure si dessus, on constate que tous les échantillons ont un indice de chute qui varie entre 333s et 407s ce qui nous laisse déduire que nos échantillons présentent une faible activité amylasique. Ces valeurs sont supérieures à la norme décrite par **le décret exécutif n° 91-572 relatif à la farine de panification et au pain** qui exige des valeurs entre 180s et 280s. Selon la **commission canadienne** ces valeurs nécessitent une correction par l'addition de l'amylase ou la farine de malt car une valeur élevée de l'indice de chute peut influencer la qualité boulangère (risque de mie sèche ou de diminution de volume convenable) (Dabo et al., 2017).

II.3.5 Taux d'affleurement

La granulométrie est l'étude de la distribution de la taille des particules d'une farine. C'est une caractéristique fondamentale, en relation directe avec toutes les opérations unitaires de broyage, séparation. Cette dernière influence les phénomènes physico-mécaniques liés à l'ingestion et au transit digestif des particules alimentaires (Melcion.,2000).

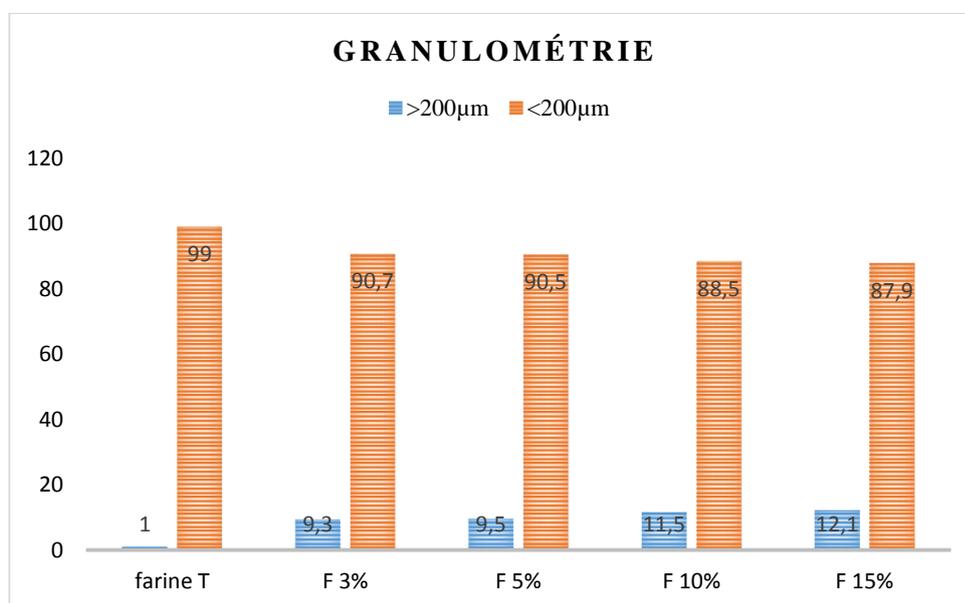


Figure 39. Taux d'affleurement des farines incorporées.

Le tamisage des farines nous a permis d'obtenir des fractions fines (<200µm), et des fractions moins fines(>200µm).

La figure 39 nous illustre que la fraction fine de la farine de blé tendre (farine témoin) représente 99% et que ce pourcentage diminue jusqu'à 87,9% au fur et à mesure que le taux d'incorporation augmente, par contre les pourcentages des fractions moins fine augmentent (de 1% jusqu'à 12,1%) avec l'augmentation des taux d'incorporation, et cela est dû aux particules plus au moins grosses du pourpier.

Selon la norme du **Codex Alimentarius**, 98% des particules de la farine doivent passer à travers les tamis à 200µm, la farine témoin répond à cette norme tandis que les incorporations ne sont pas conformes.

II.4 Résultats d'analyses physicochimiques des pains

Les résultats d'analyses physico-chimique effectués sur les différents échantillons de pain utilisées sont déterminés dans le tableau si dessous :

Tableau 11. Composition chimique des pains étudié.

Analyses	Pain N	P 3%	P 5%	P 10%	P 15%
Humidité (%)	9,18	6,03	9,56	4,98	7,71
Cendres(%MS)	2,56	5,47	5,89	8,47	9,88
Matière grasse(%MS)	0,43	0,61	0,88	1,11	1,46
Protéines (%MS)	13,05	15,13	20,19	22,25	24,63
Acidité grasse	0,012	0,015	0,02	0,023	0,027
Polyphénols	63,21	88,18	86,48	136,71	105,27
Antioxydants (%)	29,72	/	28,34	33,39	/
Glucides totaux(%MS)	74,78	72,76	63,48	63,19	56,32

Les résultats du tableau montrent la composition chimique du pain réalisé avec la farine de blé tendre et des pains incorporés par les différents pourcentages de pourpier.

La teneur en eau du pain a enregistré des valeurs hétérogènes entre les différents pains. Cet écart peut être expliqué par la quantité d'eau ajoutée lors de pétrissage ainsi qu'au séchage appliqué sur le pain.

La teneur en cendres des pains augmente au fur et à mesure que le taux d'incorporation augmente, il passe 2.56%MS dans le pain à 100% de farine de blé tendre jusqu'au 9.88%MS pour un pain incorporé à 15%. Cette augmentation est due à la richesse de la poudre de pourpier en matière minérale (38.57%MS). D'après des études réalisées par **Iglesias-puig et al (2015)** sur les pains produits avec des différents taux d'incorporation de farine de quinoa, la teneur en cendres augmente, ce qui est cohérent avec nos résultats. **Delvarianzadeh (2020)** a fait une évaluation du pain enrichi avec la poudre de *Potulaca oleracea L*, il a constaté qu'avec l'augmentation de taux d'incorporation la teneur en cendre augmente. Nos valeurs de 5%, 10% et 15% sont nettement supérieures à celle trouvée par **Delvarianzadeh (2020)**.

Le pain normal a une teneur en lipide de 0.43%MS. La substitution de la farine normale par la poudre de pourpier tend à faire croître en valeur la matière grasse des pains composites de 0,61%MS pour un pain de 3% jusqu'à 1.46%MS pour un pain de 15%. Ce résultat est expliqué par la richesse matière grasse trouvée dans la poudre de pourpier. Ces valeurs sont moyennement inférieures à celle trouvée par **Delvarianzadeh (2020)** qui a donné une valeur de 1.53%MS pour un taux de 15%. **Desta et Molla (2020)** suggèrent que la grande quantité en lipide se trouve dans la

plante. Par contre nos valeurs sont supérieures aux valeurs des pains incorporé avec 25% de la farine de quinoa étudié par **Iglesias-puig et al (2015)** (1.04%MS).

L'acidité grasse indique un accroissement en valeur des différents types de pains étudié de 0.012 à 0.027 g d'acide sulfurique pour 100g de MS. On peut expliquer ce dernier par la richesse de la poudre de pourpier en acide gras.

Au niveau des protéines une grande amélioration a été observé. Ces valeurs passent de 13.05 %MS pour un pain normal jusqu'à 24.63%MS pour un pain de 15%, ces résultats sont supérieurs à celle trouvée par **Delvarianzadeh en (2020)** (11.82%MS, 12.48%MS, et 12.91%MS) pour des taux de (5%,10% et 15%). Les teneurs en protéines des pains incorporées avec des pourcentages de 10%, 20% et 30% de haricot noir étudié par **Mariscal-Moreno et al (2021)** (14.67, 15.23 et 15.72 %MS) et les pains incorporés par la poudre de Courgette avec une incorporation de 5%,10% et 15% par **Davoudi et al (2019)** (13.69, 13.95 et 14.21%MS) ont enregistré des teneurs en protéine plus faible par rapport à ceux obtenus par notre étude. Ceci est peut-être expliqué par la richesse de notre poudre en protéines.

La quantité des polyphénols dans le pain normal présente une valeur de 63,21 Mg d'acide gallique par g de MS. les pains composites présentes une évolution dans la quantité des polyphénol totaux qui est de 88,18 Mg d'acide gallique par g de MS pour un pain de 3% jusqu'à 136,71 Mg d'acide gallique par g de MS pour un taux de 10%. Cette évolution est due à la quantité assez élevée des polyphénols trouvée dans la poudre de pourpier (494.07 Mg d'acide gallique par g de MS). Une étude sur l'incorporation des pains avec le *citrus incanus L.* faite par **Cacak-Pietrzak et al (2019)** a enregistré une faible teneur en polyphénols totaux qui se situe entre 5.6 et 10.1 Mg d'acide gallique par g de MS. Une autre étude réalisée par **Zhu et al (2016)** sur les pains chinois cuit à la vapeur incorporée avec le thé noir ont marqué une évolution dans les polyphénols totaux (24.9 Mg d'acide gallique par g de MS).

L'activité antioxydante des différents pains augmente par l'ajout des pourcentages de la poudre de pourpier qui est de (29.72%, 28.34%, 33.36%) pour un pain normal et les pains de 5% et 10%. Cette augmentation est due à la forte concentration de pourpier en activité antioxydante qui est de (68.98%). Ces résultats sont notamment supérieurs à celle trouvée par **Saharan et Jood (2017)** dans leur étude sur les pains enrichis par la poudre de *spiruline platensis* (16.61%). Par ailleurs, l'incorporation de thé noir a amélioré l'activité antioxydante du pain de blé chinois cuit à la vapeur **Zhu et al (2016)**. D'autres résultats par **Ning et al (2017)** suggèrent que l'ajout de poudre de thé vert à une concentration de 1,00 g/100 g de farine augmente efficacement l'activité antioxydante du pain.

L'ajout de poudre de feuilles de Moringa au pain a marqué l'amélioration des polyphénols totaux et l'activité antioxydante **Bourekoua et al (2017)**. L'addition de substance riches en phénols dans le pain est une technique efficace pour améliorer le potentiel antioxydant du produit (**Ruiz-Ruiz et al., 2015**)

En revanche, La substitution de la farine normale par la poudre de pourpier aux différents pourcentages a marqué une baisse dans la teneur en glucides totaux des pains composites (72,76%MS à 56,32%MS) par rapport au pain normal (74,78 %MS).

Le taux de glucide est inférieur à ce qui a été enregistré par les études de **Kouame et al (2008)** en utilisant la poudre de *citrullus lanatus* dont les résultats obtenus se situent entre (84 – 79.34%) pour des taux d'incorporation de 5 et 15%. Par contre le taux de glucide est supérieur aux études de **Bolarinwa et al (2019)** pour la poudre des grains de moringa dont les teneurs varient (55.54 – 52.24%) pour des substitutions de 05 à 15%.

Ces observations s'alignent à celles obtenues par d'autres auteurs qui ont analysés des pains composites contenant différents rapports de : farine de quinoa (**Iglesias-puig et al., 2015**) ; *Portulaca oleracea* (**Delvarianzadeh., 2020**) ; haricot noir (**Mariscal-Moreno et al., 2021**) ; poudre de *spiruline platensis* (**Saharan et Jood., 2017**) ; la poudre des grains de moringa (**Bolarinwa et al., 2019**).

II.5 Résultats d'analyses microbiologiques

L'amélioration de la qualité microbienne et de la sécurité des produits alimentaires et les ingrédients limitent le risque de maladies d'origine alimentaire et d'intoxications (**Akhtar et al., 2008**).

Les résultats de la poudre de pourpier, de la farine témoin et les farines incorporées ainsi que le pain sont présentés dans les tableaux ci-dessous :

Tableau 12. Résultats d'analyses microbiologiques de la poudre de pourpier.

Germes	FMAT	Coliformes thermos tolérants à 44°C	Moisissures	Clostridium SR	Salmonella
Pourpier	Abs	Abs	15	Abs	Abs
Normes	10 ⁵	10 ²	10 ⁴	10 ²	Abs

Tableau 13. Résultat d'analyse microbiologique des farines incorporées.

Farines	Escherichia coli	Moisissures	Clostridium SR	Staphylococcus aureus	Bacillus cereus
Témoin	Abs	23	abs	abs	abs
3%	Abs	38	abs	abs	abs
5%	Abs	30	abs	abs	abs
10%	Abs	69	abs	abs	abs
15%	Abs	61	abs	abs	abs
Norms	10 ²	10 ⁴	10 ³	10 ³	10 ⁴

Tableau 14. Résultats d'analyses microbiologique des pains

Pains	FAMT	Escherichia coli	Moisissures	Staphylococcus aureus	salmonella
Témoin	Abs	abs	abs	abs	Abs
3%	246	abs	abs	abs	Abs
5%	184	abs	abs	abs	Abs
10%	15	abs	abs	abs	Abs
15%	Abs	abs	abs	abs	Abs
Norms	10 ⁴	10	10 ³	10 ³	Abs

L'analyse microbiologique réalisée sur « le pourpier, les farines et pain » relève l'absence totale des germes pathogènes « clostridium sulfito-réducteurs, salmonella, Bacillus cereus, staphylococcus aureus et Escherichia coli ».

En revanche, une présence des moisissures dans les farines incorporées et la poudre de pourpier est signalée. Notre étude a enregistré la présence des germes aérobie mésophile totale « FAMT » dans les pains incorporés par 3%, 5% et 10%. Cette présence est en nombre inférieur au seuil limite d'acceptabilité fixé par la réglementation algérienne, ce qui a permis de déduire que nos échantillons sont conformes aux normes exigées par le journal officiel n°39. Ainsi ces résultats démontrent la salubrité et l'innocuité de nos produits

II.6 Essai de panification

II.6.1 Appréciation et jugement au cours des étapes de panification

Les descripteurs sensoriels sont nombreux et divers pour apprécier le comportement d'une pâte et la qualité d'un pain, issu de blé transformé en farine. Les différentes appréciations et les jugements du test **BIPEA** (Bureau Interprofessionnel d'Etudes Analytiques), établis sur la grille de notation, sont décrits ci-dessous selon (**Roussel et Chiron., 2010**) (annexe III).

a. Le pétrissage

La quantité de la farine utilisée et la quantité d'eau ajouté à chaque échantillon est déterminé dans le tableau 15 :

Tableau 15. Quantité de farine et d'eau utilisée.

Farines	Témoin	3%	5%	10%	15%
Quantité de farine en g	986	495	493	493	493
Quantité d'eau ajouté en ml	591.6	357	355.8	365.8	375.8

Le volume d'eau augmente proportionnellement avec l'augmentation du taux d'incorporation, on peut estimer que la poudre de pourpier présente une forte capacité d'absorption d'eau.

A la fin du pétrissage les pâtes présentes un bon comportement boulangère, stable est qui ne dépasse pas la température de 26.9°C.



Figure 40. Pétrissage



Figure 41. La pâte après pétrissage.

➤ **Aspect lissage**

L'aspect lissage est apprécié en fin de pétrissage, décrit le caractère homogène de la pâte. Il est évalué à la sortie de la pâte du pétrin lorsqu'elle est déposée en bac après une mise en forme régulière (**Roussel et Chiron., 2010**).

De ce fait la pâte à base de farine témoin et farine avec un taux d'incorporation de 3% représentent un caractère normal, noté par (10) et qui correspond à un aspect lisse. Par contre aux autres incorporations de 5% ,10% et 15%, ce paramètre est jugé insuffisant et une note de (4) est attribué ceci est expliqué par un aspect lézardé pour ces pâtes.

➤ **Collant de la pate**

Le collant de la pâte appréciée au toucher par la force ou la résistance au moment de la séparation des deux surfaces identique ou différente. La mesure se fait par la main (**Roussel et Chiron., 2010**).

On remarque une légère adhérence dans la pâte à base de farine témoin, de 3% et de 15% une note de (7) a été attribué. En revanche, les autres pâtes de 5%, 10% enregistre un caractère normal et absence d'adhérence (10).

➤ **Extensibilité**

L'extensibilité détermine aptitude d'un corps à se déformer (allongement de la pâte), elle est mesurée, entre 3 et 4 min après l'arrêt du pétrissage (**Roussel et Chiron., 2010**).

La pâte de farine témoin représente une extensibilité peu insuffisante noté par (7), et la pâte de 15% donne un caractère insuffisant. Par contre l'incorporation de 3% et 10% correspond à une extensibilité peut excessive et excessive noté par (7) et (4). Pour le cas de la pâte de 5% un allongement normal est observé.

➤ **Elasticité**

Elle permet de déduire le niveau de résistance permanent lorsqu'on maintien une déformation de la pâte, la mesure est effectuée à un étirement constant et à faible niveau de déformation ≈ 5 cm (**Roussel et Chiron., 2010**).

La pâte à base de farine témoin est caractérisé par une élasticité normale. En outre les pâtes de 3% et 5% ont une élasticité peut insuffisante, par contre les incorporations de 10% et 15% représente une élasticité insuffisante.

➤ **Relâchement**

Le relâchement détermine l'écoulement (intensité ou vitesse) de la pâte sous son propre poids dans la cuve du pétrin. L'appréciation s'effectue au maximum 4 min après l'arrêt du pétrin.

Tous nos incorporations représentent un léger relâchement considéré comme un caractère normal est noté par (10).

b. Le pointage

Le pointage représente la période de fermentation « en masse » ou « en cuve » se situant entre la fin du pétrissage et le premier pain façonné.

➤ **Détente -relâchement**

Le relâchement à la détente se mesure visuellement, juste avant le façonnage. L'augmentation du diamètre de la boule de pâte et la diminution de sa hauteur sont à prendre en compte pour déterminer ce paramètre.

Les pâtes représentent un relâchement normal noté par (10) sauf la pâte réalisée par la farine à 100% de blé tendre qui présente un relâchement peut excessif (7).

c. Façonnage



Figure 42. Façonnage

➤ Allongement

Définie par la longueur de la pâte obtenue après un façonnage mécanique. On remarque que :

- ✓ La pâte témoin présente un allongement insuffisant de (4) et un déchirement excessif cité par (7).
- ✓ Les pâtes de 3% et 5% sont caractérisées par un allongement et déchirement normal noté par (10)
- ✓ Les pâtes de 10% et de 15% présentes un allongement normal (10) avec un déchirement normal (10).

➤ Élasticité

Elle se mesure lors du transfert du pâton, sortant de la façonneuse, vers la toile en appliquant un faible étirement dans le sens de son axe (longueur). Le retour à la position initiale correspond au caractère « normal ». On observe donc :

- ✓ Une élasticité peut excessive des pâtes témoin, de 3% et de 5% noté par (7).
- ✓ Les pâtes de 10% et 15% représente une élasticité plus au moins insuffisante indiqué par (7) et (4).

➤ Collant de la pâte

L'examen visuel de l'adhérence de la pâte sur les deux rouleaux de la façonneuse permet de juger le collant. Une adhérence plus ou moins importante détermine son niveau d'intensité (Roussel et Chiron., 2010).

Les pâtes témoin, 5% et 15% présente un défaut de collant jugé par une adhérence peut excessif en (7). En retour les pâtes de 3% et de 10% ont un collant normal noté par (10) et correspond à l'absence d'adhérence.

d. L'apprêt

Figure 43. Aspect des pâtons après fermentation.



A : le développement de la pâte – **B :** le déchirement de la pâte

➤ Développement de la pâte

Le développement de la pâte est en relation avec l'activité fermentaire. La pâte témoin présente une activité fermentaire peut excessive (7), les pâtes à 3% et à 5 % ont une activité fermentaire optimale (10), alors que les pâtes à 10 % indique une activité fermentaire un peu insuffisante (7) par apport à 15 % ont une activité fermentaire insuffisante (4) est enregistrée.

➤ Déchirement

Le déchirement est une rupture de la surface lisse du pâton (présence de craquelure ou de petits trous). Le déchirement est la conséquence d'un défaut d'extensibilité de la pâte en déformation bi-axiale. L'absence de déchirement est le caractère « normal ».

D'après les observations, on a remarqué l'absence de déchirement dans les pâtes préparées a des incorporations de 3% ,5% et à 15% (10), à l'exception dans la pâte témoin et la pâte de 10% qui présentent un déchirement excessif (7)

e. Mise au four

➤ Collant de la pâte

Il s'apprécie par l'observation visuelle du degré d'adhérence du pâton sur la toile en fin d'apprêt, et sur la planchette de mise en place sur le tapis enfourneur. C'est-à-dire absence d'adhérence (10).

La pâte témoin est adhérente (4), la pâte de 5% est un peu adhérente (7), alors que les pâtes incorporées 3%, 10% et 15% présentent un caractère normal c'est-à-dire absence d'adhérence (10).

➤ Tenue de la pâte

Jugée « normale » ou « insuffisante », la tenue de la pâte s'apprécie visuellement par le degré d'affaiblissement après incision des pâtons. Les pâtes à 10 % et à 15 % ainsi que la pâte témoin présentent une tenue de pâte insuffisante (4). La pâte à 5% présente une tenue de pâte un peu insuffisante (7) alors que la pâte à 3 % à une tenue de pâte normal

f. Aspect des pains

L'appréciation des pains doit être réalisée une heure au moins et deux heures au plus tard après leur sortie du four et sur l'ensemble de nous pains.

➤ Section

La section du pain correspond au rapport hauteur sur largeur mesuré au milieu du pain. Le pain témoin et les pains à 3 % et à 5 % présentent une section « peu insuffisante » (7), ainsi l'ajout du pourpier a faible quantité (3% ,5%) a pu améliorer la section et la forme par rapport au pain témoin qui est supposé réalisé selon nos résultats avec une farine dont l'amidon endommagé. Tandis que pour le pain à 10 %et 15% ces dernier présentent une section « insuffisante » (4).

➤ Couleur

La couleur de la croûte du pain s'apprécie visuellement. Pour des teintes pâles, le défaut est noté « insuffisant » et il est noté en « excès » pour des teintes rouges. La couleur du pain témoin et pain de 3% est jugée comme « insuffisante » (7) par sa couleur pâle. Les pains incorporés présentent une teinte rouge qui devient de plus en plus foncée au fur et à mesure que le taux d'incorporation augmente. La couleur est jugée comme « un peu excessive » (7) pour le pain à 5 %, excessive pour le pain à 10% (4) et très excessive pour les pains à 15 % (1) ces résultats sont probablement dus à la présence de l'amidon endommagé dans la farine de blé tendre.



Figure 44. Aspect des pains.

A : Pain témoin – **B :** Pain 3% – **C :** Pain 5% – **D :** Pain 10% – **E :** Pain 15%.

➤ **Épaisseur**

L'épaisseur s'apprécie visuellement sur les côtés du pain après des sections transversales et médianes. L'épaisseur « normale » est d'environ 1 mm Le pain témoin et les pains à 3 % et à 5 % ont une section peu insuffisante (7), par contre celle des pains à 10 % et à 15 % est insuffisante (4).

➤ **Croustillance**

Le croustillant s'apprécie par l'intensité sonore de la croûte, qui se fendille sous l'effet de la pression des doigts en comprimant les côtés du pain. Le croustillant de pain témoin et des pains incorporés présentent un croustillant insuffisant (4).

➤ **Coups de lame**

➤ **Développement**

Le développement ou jeté des scarifications ou des coups de lame ; correspond au degré moyen de l'ouverture « levée des scarifications ou des coups de lame ». L'intensité du défaut est jugée visuellement par rapport à une gamme de photos prises.

Les cinq pains ne présentent pas un grand développement des lames, le pain témoin et le pain à 5% présentent un développement insuffisant (4), quant au pain à 3% il est peu insuffisant (7). Cependant, le développement des lames des pains à 10% et a 15% sont très insuffisant (1).

➤ **Régularité**

La régularité correspond au nombre de coups de lame développés ou jetés, indépendamment du degré de développement de ces derniers. A l'exception des pains (témoin et pain à 3%) qui

présentent une régularité notée : (insuffisante 4) et (peu insuffisante 7) respectivement. Les pains à 5%,10% et 15% présentent une régularité notée normale (10).

➤ **Déchirement**

Le déchirement des coups de lame correspond soit à des coups qui se rejoignent (brides déchirées), soit à des déchirements ou des irrégularités sur la surface de la grigne. Les pains à 3 %, 5% et le pain témoin présentent un aspect plus au moins lisse et les coups de lame sont séparés et par conséquent un déchirement normal (10). Le pain à 10 % a un aspect déchiré et irrégulier sur la surface de la grigne, son déchirement est peu excessif (7), le pain à 15% présente un aspect complètement déchiré noté d'un déchirement excessif (4).

➤ **Volume**

Le volume d'un produit de panification est considéré comme satisfaisant quand celui-ci présente un aspect gonflé, régulier, c'est-à-dire il a connu une pousse complète et homogène en tout point du produit. Le volume de pain est l'encombrement dans l'espace occupé par le pain.

La notation du volume des pains obtenus est présentée dans le tableau ci-dessous

Tableau 16. Volume des pains

	Pain témoin	Pain à 3%	Pain à 5%	Pain à 10%	Pain à 15%
Note /30	14,62	13,87	13,01	10,5	5,47

A la lumière des résultats illustrés par le tableau, nous constatons que le volume des pains diminue au fur et à mesure de l'incorporation du pourpier jusqu'à atteindre une valeur minimale de 5,47 pour le pain à 15%.

➤ **Aspect de la mie**

L'appréciation des caractéristiques de la mie se fait après la section du pain dans le sens longitudinal, afin de déterminer la qualité organoleptique (couleur, odeur, texture).



Figure 45. Aspect de la mie.

A : Pain témoin – **B :** Pain 3% – **C :** Pain 5% – **D :** Pain 10% – **E :** Pain 15%.

➤ **Couleur**

C'est une perception sensorielle liée à l'impression sur l'œil de la lumière émise par un corps. La mie crème, est considérée comme le caractère normal. La couleur est notée en « excès » lorsqu'elle tend vers le jaune et elle est considérée comme « insuffisante » lorsqu'elle tend vers le blanc ou le gris. Dans notre étude, la couleur de la mie tend vers le vert à cause de l'incorporation de la poudre de pourpier.

La mie de notre pain témoin présente une note de (7) « peu insuffisante » cela est peut-être dû à l'amidon endommagé de la farine. Cependant la mie des autres pains incorporés présente une couleur verdâtre, l'intensité de la couleur verte augmente avec le taux d'incorporation du pourpier et notés comme suit :

- Pain à 3% « peu excessif (7) » ;
- Pain à 5% « excessif (4) » ;
- Pains à 10 et 15% « très excessif (1).

➤ **Texture**

• **Souplesse**

La souplesse d'un pain c'est l'aptitude et la résistance de la mie à la déformation sous pression des doigts. La mie présente une souplesse normale (10) pour les pains à 3%, à 5% et le pain témoin. Contrairement à celle du pain à 10% qui est insuffisante (4) et pour le pain à 15% qui est très insuffisante (1).

- **L'élasticité**

L'élasticité est la propriété que possède la mie à reprendre plus ou moins rapidement sa position initiale après de faibles pressions identiques et successives, des doigts. Un retour rapide est jugé en « excès » et un retour lent est jugé « insuffisant ». La mie du pain témoin, du pain à 3% et celle du pain à 5% présente une élasticité normale (10), cependant l'élasticité du pain à 10% est notée insuffisante (4), celle du pain à 15% est insuffisante (1).

- **Collant**

Le collant s'apprécie visuellement après écrasement de la mie par le degré d'adhérence des parois des alvéoles entre-elles. La mie des pains à 5%, 10% et le pain témoin présente un caractère collant normal (10), par rapport à la mie des pains à 3 et 15% qui présente un caractère collant peu collant (7).

- **Alvéolage**

- **Régularité**

C'est l'uniformité de la dimension des alvéoles. La mie est formée de petites alvéoles qui doivent présenter une certaine uniformité. Un excès de régularité correspond à une mie trop uniforme avec beaucoup de petites alvéoles. Une insuffisance de régularité est considérée comme une alternance de grosses et de petites alvéoles.

Les mies à 5 et à 10% possèdent un alvéolage uniforme avec une régularité normale (10). Cependant la mie à 3% présente une régularité peu excessive (7), contrairement à la mie de 15% et à celle du témoin qui possèdent une régularité peu insuffisante (7).

- **Épaisseur**

C'est l'appréciation de l'épaisseur de la zone périphérique de l'alvéole. Le caractère normal noté 10, correspond à une structure fine des parois. Ce critère est lié à la résistance de la mie et donc, par conséquence, à la notion de moelleux. Les parois épaisses sont notées en « excès ». À l'exception des parois des alvéoles du pain à 3% qui ont une épaisseur peu excessive (7), les autres pains présentent une épaisseur normale (10).

- **Flaveur**

Elle représente les propriétés organoleptiques perceptible par l'organe olfactif en « flairant » certaines substances volatiles.

La saveur des farines incorporées diffère de celle du témoin, car le pourpier lui confère une odeur plus au moins caractéristique. L'intensité de cette odeur augmente avec les quantités ajoutées.

La saveur de la mie des cinq pains est notée différemment, le jugement est le suivant :

- La mie témoin a une saveur insuffisante (4), ce résultat est dû à l'amidon endommagé de la farine ;
- La mie à 3% a une saveur peu insuffisante (7), l'ajout d'une faible quantité de pourpier a pu corriger l'odeur du pain par rapport au témoin ;
- La mie à 5% a une saveur peu excessive (7) ;
- La mie à 10% a une saveur excessive (4) ;
- La mie à 15% a une saveur très excessive (1).

II.6.2 II.6.2. Détermination de la valeur boulangère

Il s'agit de la valeur d'utilisation de la farine pour la fabrication du pain. Celle-ci est appréciée par la méthodologie de type **AFNOR**. La somme des observations appréciées, excepté le rendement en pâte indiqué séparément, constitue la note de valeur boulangère exprimée sur 300 points, celle-ci est divisée en :

- note de pâte sur 100 points ;
- note de pain sur 100 points ;
- note de mie sur 100 points.

Les résultats des notations de la pâte, le pain et la mie ainsi que la valeur boulangère de chaque échantillon de farine sont illustrés dans le tableau...

Tableau 17. Appréciation de la valeur boulangère des pains.

	FT	F3%	F5%	F10%	F15%
Pâte (note /100)	44,5	88,88	71,62	65,5	51,38
Pain (note /100)	36,87	51,75	35,26	27,5	11,22
Mie(note/100)	70	76	82	47	31
Valeur boulangère (note/300)	151,37	216,63	188,88	140	93,6

D'après les résultats illustrés dans le tableau, la valeur boulangère des pains incorporés varie entre [216.63 et 93,6], on constate que les incorporations de 3 et 5% de poudre de pourpier a pu améliorer le pain témoin. Par contre les pourcentages restants entraînent une diminution de la valeur boulangère.

Conclusion

Le rôle joué par les plantes dans la médecine traditionnelle est connu depuis longtemps. L'utilisation d'une plante en toute sécurité nécessite une connaissance non seulement par ses effets bénéfiques mais aussi des complications graves engendrées par son utilisation non contrôlée.

Le présent travail, repose sur l'effet de l'incorporation de la poudre de pourpier sur les propriétés technologiques et fonctionnelles de la farine de blé tendre et du pain, en vue d'enrichir et de corriger leur qualité, nous avons tiré les conclusions suivantes :

Les analyses biochimiques, effectuées sur la poudre de pourpier, nous ont permis de révéler sa richesse en nutriments : protéines (23.13%MS), glucides (2.37%MS), lipides (27.87%MS), minéraux, polyphénols (494.07g d'acide gallique par g de MS) et son importante activité antioxydante (68.98%).

Des résultats satisfaisants des farines enrichies en pourpier montrant de meilleures valeurs nutritionnelles, ainsi la contribution d'enrichir les nutriments en déficit.

Les essais de panification ont montré que l'ajout de la poudre de pourpier a modifié, non seulement, la force de la pâte et sa consistance mais également la texture des pains (volume, collant, croustillant, croquant, alvéolage...etc). En effet, les taux d'incorporation de 10 % et 15%, présentent certains défauts, les pains issus de ces farines présentent des imperfections touchant l'aspect du pain et de la mie.

Ces essais de panification ont montré que la farine contient un amidon endommagé, l'incorporation de 3% a permis de corriger cet endommagement et a permis d'améliorer l'aspect du pain ainsi celui de la mie.

La valeur boulangère des taux d'incorporations 3% et 5% est supérieure à celle du pain témoin. Contrairement aux incorporations de 10% et 15% qui connaît une baisse de cette valeur.

Au regard de ces résultats, il serait souhaitable de poursuivre les recherches dans ce domaine et réaliser d'autres perspectives :

- Fabrication du pain enrichi par le pourpier tout en validant sa qualité nutritionnelle et technologique, complétée par des essais et des analyses plus approfondis (analyse des acides aminés, minéraux, analyses nutritionnelles après cuisson...etc).
- Elargissement du champ de production et promouvoir l'utilisation du pourpier en Algérie par son incorporation dans d'autres produits alimentaires, tels que les biscuits, les pâtes, le couscous, ...etc.

- L'implication de *portulaca oleracea* dans l'industrie agroalimentaire afin de garantir un libre accès à une nourriture plus saine et moins coûteuse et envisager la création de fermes de production dans le but de lutter contre la malnutrition dans le monde.

Références

Références bibliographiques

Diez, Ottmar (<https://media01.stockfood.com/largepreviews/MTE5OTUyNjQ=/00386944-Einkorn-wheat-Triticum-monococcum.jpg>) consulté le 2/01/2022.

Highslide JS ([https://viagallica.com/v/img/amidonnier_002_\(epi\).jpg](https://viagallica.com/v/img/amidonnier_002_(epi).jpg)) consulté le 02/01/2022.

ARCO et Diez., (2008)

(<https://previews.agesfotostock.com/previewimage/medibigoff/1deac820ee13650e084874f3b6cc9d3d/rdc-ad-218919.jpg>) consulté le 02/01/2022

Christian Hütter, (2008) (<https://www.alamyimages.fr/photo-image-ble-tendre-ou-ble-tendre-triticum-aestivum-de-l-oreille-et-grains-21677029.html>) consulté le 18/06/2022

<https://i0.wp.com/technomitron.aainb.com/wpcontent/uploads/sites/3/2018/12/B1%C3%A9-coupe-du-grain.jpg?resize=676%2C535>) 2/01/2022 (**anonyme**)

(<https://www.infoflora.ch/fr/flore/portulaca-oleracea.html>) 09/04/2022 (**anonyme**)

Neyara., (1990) consulte le 19/06/2022. (<https://saveurs-du-monde.fandom.com/fr/wiki/Farine?file=Farine.jpg>)

Anne-Marie Lesca., (2012) (<http://data.abuledu.org/wp/?LOM=3393>) 09/04/2022

(<https://www.bbc.com/afrique/monde-56468156>) 09/04/2022 (**anonyme**)

<https://www.maghrebinfo.dz/2022/08/14/les-algeriens-deuxieme-consommateurs-de-pain-dans-le-monde/#:~:text=Selon%20un%20graphique%20publi%C3%A9%20sur,consomme%2058%20kg%20par%20an%C2%BB>. Consulté le 19-09-2022

A

Akhtar, S., Anjum, F. M., Rehman, S. U., Sheikh, M. A., & Farzana, K. (2008). Effect of fortification on physico-chemical and microbiological stability of whole wheat flour. *Food chemistry*, 110(1), 113-119.

Ali, A., Shehzad, A., Khan, M. R., Shabbir, M. A., & Amjid, M. R. (2012). Yeast, its types and role in fermentation during bread making process-A. *Pakistan Journal of Food Sciences*, 22(3), 171-179.

Almasoud, A. G., & Salem, E. (2014). Nutritional Quality of Purslane and its crackers. *Middle East Journal of Applied Sciences*, 4(3), 448-454.

Arbouche, R., Arbouche, Y., Mennani, A., Arbouche, H. S., & Arbouche, F. (2017). Valorisation des issues de meunerie de quelques variétés de blé tendre endémiques à Algérie pour l'alimentation des ruminants. *J. Adv. Res. Sci. Technol*, 4, 529-545.

Armand, B., & Ménard, G. (1992). Le Blé : éléments fondamentaux et transformation. P29.48

Arvy, M. P. (2012). Des plantes et des pains : nutrition et sensorialité. Tec & Doc Lavoisier.

Atwell, W., & Finnie, S. (2016). Wheat flour. Elsevier.

B

Bae, J. H. (2004). Antimicrobial effect of *Portulaca oleracea* extracts on food-borne pathogens. *Preventive Nutrition and Food Science*, 9(4), 306-311.

Belderok, B. (2000). Developments in bread-making processes. *Plant Foods for Human Nutrition*, 55(1), 1-14.

Belderok, B., Mesdag, J., & Donner, D. A. (2000). The wheat grains. In *Bread-making quality of wheat* (pp. 15-20). Springer, Dordrecht.

Beloued, A. (2009). Plante médicinale d'Algérie, 5^{ème} Ed Masson Elsevier Masson. Alger:174

Besong, S. A., Ezekwe, M. O., & Ezekwe, E. I. (2011). Evaluating the effects of freeze-dried supplements of purslane (*Portulaca oleracea*) on blood lipids in hypercholesterolemic adults. *International Journal of Nutrition and Metabolism*, 3(4), 43-49.

Bolarinwa, I. F., Aruna, T. E., & Raji, A. O. (2019). Nutritive value and acceptability of bread fortified with moringa seed powder. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 18(2), 195-200.

Bonneuil, C., Thomas, F. (2009). Gènes, pouvoirs et profits : Recherche publique et régimes de production des savoirs de Mendel aux OGM Hors collection. P 154

Bourekoua, H., Różyło, R., Gawlik-dziki, U., Benatallah, L., Zidoune, M. N., & Dziki, D. (2018). Evaluation of physical, sensorial, and antioxidant properties of gluten-free bread enriched with *Moringa Oleifera* leaf powder. *European Food Research and Technology*, 244(2), 189-195.

Brabant, C., Fossati, D., Kleijer, G., VINCENT, V., & JACQUES, C. (2007). Influence de la variété de blé sur le goût du pain. *Revue Suisse d'Agriculture*. (Suiza), 39(3), 101-108.

Briggle, L. W., & Curtis, B. C. (1987). Wheat worldwide. *Wheat and wheat improvement*, 13, 1-32.

Brochoire G, Del Frate R et Stephan C., Janvier 2005. ANALYSES DE FARINE. Supplément tecmli4ue INBP 11°85.

C

Cacak-Pietrzak, G., Różyło, R., Dziki, D., Gawlik-Dziki, U., Sulek, A., & Biernacka, B. (2019). *Cistus incanus* L. as an innovative functional additive to wheat bread. *Foods*, 8(8), 349.

Catterall, P., & Cauvain, S. P. (2007). Flour milling. In *Technology of bread making* (pp. 333-369). Springer, Boston, MA.

Codex Alimentarius. (1995). Céréales, légumes secs, légumineuses, produits dérivés et protéines végétales (Vol. 7). food & agriculture Org. P 3-4

Codex Alimentarius (1985). standard for wheat flour. CXS 152-1985.P4

Cornell, H., & W.Hoveling, A. (1998). wheat: chemistry and utilization. CRC Press.

Cristina M. Rosell, (2011). ‘‘The Science of Doughs and Bread Quality ‘’.

Curtet, R. (1998). Pain blanc, pain complet : fabrication et intérêt diététique. Sciences pharmaceutiques.

Czaja, T., Sobota, A., & Szostak, R. (2020). Quantification of ash and moisture in wheat flour by Raman spectroscopy. *Foods*, 9(3), 280.

D

Dabo, H., Goita, O., Timbely, D., Sala Gundo, S., Coulibaly, M., Niangaly, O., ... & Traore, B. (2017). Caractérisation de la valeur boulangère et de la qualité technologique des grains des variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) adaptées aux conditions agro climatiques de la zone office du Niger (région de Ségou), Mali. *Afrique SCIENCE*, 13(2), 213-222.

Davoudi, Z., Shahedi, M., & Kadivar, M. (2019). Effect of zucchini powder incorporation on the dough rheology and physico-chemical, sensory and quality of Taftoon bread. *Journal of food science and technology (Iran)*, 16(91), 305-314.

Delvarianzadeh, M., Nouri, L., Nafchi, A. M., & Ebrahimi, H. (2020). Physicochemical, rheological, and sensory evaluation of voluminous breads enriched by purslane (*Portulaca oleracea* L.). *Italian Journal of Food Science*, 32(4).

Desta, M., Molla, A., & Yusuf, Z. (2020). Characterization of physico-chemical properties and antioxidant activity of oil from seed, leaf and stem of purslane (*Portulaca oleracea* L.). *Biotechnology Reports*, 27, e00512.

Djellouli, F. (2019). *Portulaca oleracea* L. et bienfaits thérapeutiques sur le risque cardiovasculaire. *Nutrition & Santé*, 8(1), 20-26.

Dkhil, M. A., Abdel Moniem, A. E., El-Quraishy, S., & Awadallah, R. (2010). Antioxydant effect of purslane (*Portulaca oleracea*) and its mechanism of action.

Dong, C. X., Hayashi, K., Lee, J. B., & Hayashi, T. (2010). Characterization of structures and antiviral effects of polysaccharides from *Portulaca oleracea* L. *Chemical and pharmaceutical bulletin*, 58(4), 507-510.

Doré, C., Varoquaux, F. (2006). Histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées, Collection Savoir-faire, P-152-153

Dubois, M. (1994). Le contrôle qualité. Lavoisier (Éds). La panification française. Paris, 508-522.

Dupin, H. (1992). Alimentation et nutrition humaines. Esf Editeur.

E

Eckardt, N. A. (2010). Evolution of domesticated bread wheat.

Eidi, A., Mortazavi, P., Moghadam, J. Z., & Mardani, P. M. (2015). Hepatoprotective effects of *Portulaca oleracea* extract against CCl₄-induced damage in rats. *Pharmaceutical biology*, 53(7), 1042-1051.

El Kashef, R. K., Soliman, A. S., Hassan, H. M., & Abd-Elhak, N. A. (2018). Evaluation of total phenolic content and antioxidant activity of different solvent extracts of Egyptian purslane leaves. *Current Science*, 616-623.

F

Feillet, P. (2000). Le grain de blé : Composition et utilisation, (2000),34-120

G

Gallais, A. (2015). Comprendre l'amélioration des plantes : Enjeux, méthodes, objectifs et critères de sélection, P181-182.

Garzón, R., Rosell, C. M., Malvar, R. A., & Revilla, P. (2017). Diversity among maize populations from Spain and the United States for dough rheology and gluten-free breadmaking performance. *International Journal of Food Science & Technology*, 52(4), 1000-1008.

Grieve, M. (2013). A modern herbal (Vol. 2). Courier Corporation. Ref *27. Huxley. A. The New RHS Dictionary of Gardening. 1992.

Guinet, R., & Godon, B. (1994). La panification française (pp. 521-p). Lavoisier.

H

H. Goesaert., K. Brijs., W.S. Veraverbeke., C.M. Courtin., K. Gebruers., J.A. Delcour. (2005). Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality, journal *Trends in Food Science & Technology*.

Hassan, A. (2014). Chemical and remedial effects of purslane (*portulaca oleracea*) plant. *Life Sci J*, 11, 31-42.

Hruskova.M, Bednarova.M, Novotny.F.(2001). ‘‘Wheat flour dough rheological characteristics predicted by NIRSystems 6500 ‘’. *czech,J.food sci* ,19 . P 213-2018

Hussien, H. A., & Salem, E. M. (2016). Development of gluten free snacks fortified with Purslane (*Portulaca oleracea*) powder. *Journal of Food and Nutrition Sciences*, 4(6), 136-144

I

Iglesias-puig, E., Monedero, V., & Haros, M. (2015). Bread with whole quinoa flour and bifidobacterial phytases increases dietary mineral intake and bioavailability. *LWT-Food Science and Technology*, 60(1), 71-77.

ISO 16624. (2020). Farine de blé tendre et semoule de blé dur — Détermination de la couleur par colorimétrie de réflectance diffuse.

Iuliana, B., Georgeta, S., Sorina, I. V., & Iuliana, a. (2012). Effect of the addition of wheat bran stream on dough rheology and bread quality. *The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati. Fascicle VI-Food Technology*, 36(1), 39-52.

J

J.-P. MELCION. (2000). La granulométrie de l'aliment : principe, mesure et obtention.

James F. Matthews, Donna W. Ketron, and Sandra F. Zane, (1993). The biology and taxonomy of the *portulaca oleracea* l. (*portulacaceae*) complex in north america., *Rhodora*, vol. 95, no. 882, pp. 166-183,

Janmey, Paul A., Schliwa., M. (2008). "Rheology." *Current Biology* 18.15.

Jay C. Rochelle, (2001) Bread for the Wilderness: Baking as Spiritual Craft. P1

Jenson, I. (1998). Bread and baker's yeast. In *Microbiology of fermented foods* (pp. 172-198). Springer, Boston, MA.

Jødal, A. S. S., & Larsen, K. L. (2021). Investigation of the relationships between the alveograph parameters. *Scientific reports*, 11(1), 1-10.

JORA. (1992). Décret exécutif n°91-572 du 31 décembre 1991 relatif à la farine de panification et au pain. *Journal Officiel de la République Algérienne N°02*, 08 Janvier 1992.

JORA. (2017). Arrêté interministériel du 2 Muharram 1438 correspondant au 4 octobre 2016 fixant les critères microbiologiques des denrées alimentaires. *Journal Officiel de la République Algérienne N°39*, 2 juillet 2017

K

Karimi, G., Hosseinzadeh, H., & Ettehad, N. (2004). Evaluation of the gastric antiulcerogenic effects of *Portulaca oleracea* L. extracts in mice. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 18(6), 484-487.

Khanam, B., Begu, W., & Tipo, F. (2019). Pharmacological profile, phytoconstituents, and traditional uses of Khurfa (*Portulaca oleracea* L.): Unani perspective. *J. Pharm. Innov*, 8, 367-372.

Kotb El-Sayed, M. I. (2011). Effects of *Portulaca oleracea* L. seeds in treatment of type-2 diabetes mellitus patients as adjunctive and alternative therapy. *Journal of ethnopharmacology*, 137(1), 643-651.

Kourkouta, L., Koukourikos, K., Iliadis, C., Ouzounakis, P., Monios, A., & Tsaloglidou, A. (2017). Bread and health. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 5(11), 821-826.

Kumar, P., Yadava, R. K., Gollen, B., Kumar, S., Verma, R. K., & Yadav, S. (2011). Nutritional contents and medicinal properties of wheat: a review. *Life Sciences and Medicine Research*, 22(1), 1-10.

L

Lalhou S. (1998). *Penser, manger : les représentations sociales de l'alimentation*, Paris, PUF.

Larry W. Mitich. (1997). Common Purslane (*Portulaca oleracea*), *Weed Technology*. Volume 11:394-397.

Lee, A. S., Lee, Y. J., Lee, S. M., Yoon, J. J., Kim, J. S., Kang, D. G., & Lee, H. S. (2012). *Portulaca oleracea* ameliorates diabetic vascular inflammation and endothelial dysfunction in db/db mice. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2012.

Le pain dans le Christianisme. | alimentarium. (S. d.). Alimentarium. Consulté le juin 2022, à l'adresse <https://www.alimentarium.org/fr/savoir/le-pain-dans-le-christianisme>

Lesaffre Algérie.olivier@ovm-communication.fr. (2020, 10 novembre). Définir la prise de volume du pain • LESAFFRE Algérie. Consulté le 25 juin 2022, à l'adresse <https://lesaffre-algerie.com/fr/actualites/comment-definir-la-prise-de-volume-du-pain/#:%7E:text=Le%20volume%20d'un%20pain, en%20tout%20point%20du%20produit.>

M

Madom, M. S. purslane: a perspective plant source of nutrition and antioxidant.

Malki Rachid, Malki Yasser. (2016), Détermination des caractéristiques physico-chimiques et technologiques des différents passages d'un moulin industriel ERIAD TADEMAIT, mémoire de Master académique, Université M'hamed Bouguara Boumerdes, (2015-2016). Consulté le (06/01-2022).

Mariscal-Moreno, R. M., Chuck-Hernández, C., Figueroa-Cárdenas, J. D. D., & Serna-Saldivar, S. O. (2021). Physicochemical and Nutritional Evaluation of Bread Incorporated with Ayocote Bean (*Phaseolus coccineus*) and Black Bean (*Phaseolus vulgaris*). *Processes*, 9(10), 1782.

Masoodi, M. H., Ahmad, B., Mir, S. R., Zargar, B. A., & Tabasum, N. (2011). *Portulaca oleracea* L. a review. *J Pharm Res*, 4(9), 3044-3048.

Mckevith, B. (2004). Nutritional aspects of cereals. *Nutrition Bulletin*, 29(2), 111-142.

Md, K. U., Sam, S., Awang, A., Abdul, S. J., Mohamadu, B. J., & Shamsuzzaman, S. M. (2017). Effect of water regimes on growth, total flavonoid and phenolic content of purslane (*Portulaca oleracea* L.). *Bangladesh Journal of Botany*, 46(1 Suppl.), 255-262.

Meite, A., Kouame, G. K., Séraphin, K. C., & Offoumou, M. A. (2008). Étude de la valeur nutritionnelle du pain normal et des pains composites contenant de la farine de graines délipidées de *Citrullus lanatus* (Cucurbitacées). *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*.

Méléard, B., Linca, C., Le Brun, J., Dornon, L. (2007). Exportations de blé tendre ; La couleur des farines : un critère à valoriser.

Meng, Y., Ying, Z., Xiang, Z., Hao, D., Zhang, W., Zheng, Y., ... & Ying, X. (2016). The anti-inflammation and pharmacokinetics of a novel alkaloid from *Portulaca oleracea* L. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 68(3), 397-405.

Miyaniishi, K., et B. Cavers, P. (1980). The biology of Canadian weeds. 40. *Portulaca oleracea* L. *Can. J. Plant Sci.*

Moayedallaie, S., Mirzaei, M., & Paterson, J. (2010). Bread improvers: Comparison of a range of lipases with a traditional emulsifier. *Food chemistry*, 122(3), 495-499.

Mohamed, A. D., Ahmed, E. A. M., Saleh, A. Q., & Reda, A. S. (2011). Antioxidant effect of purslane (*Portulaca oleracea*) and its mechanism of action. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(9), 1589-1593.

Mohamed, B. R. I. D. J. A., & Ghalem, B. R. Contribution à l'étude de l'influence d'intégration de la farine de pois chiche en panification.

Mondal, A., & Datta, A. K. (2008). Bread baking—A review. *Journal of Food Engineering*, 86(4), 465-474.

Mondiale de la Santé, O. (2003). Directives OMS sur les bonnes pratiques agricoles et les bonnes pratiques de récolte (BPAR) relatives aux plantes médicinales. In *Directions OMS sur les bonnes pratiques agricoles et les bonnes pratiques de récolte (BPAR) relatives aux plantes médicinales* (pp. vi-76).

Movahedian, A., Ghannadi, A., & Vashirnia, M. (2007). Hypocholesterolemic effects of purslane extract on serum lipids in rabbits fed with high cholesterol levels. *Int J Pharmacol*, 3(3), 285-9.

N

Nasir, M., Akhtar, S., & Sharif, M. K. (2004). Effect of moisture and packaging on the Shelf life of wheat flour. *Internet Journal of Food Safety* V, 4, 1-6.

NEVO, E. (2011). *Triticum*. In *Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources* (pp. 407-456). Springer, Berlin, Heidelberg.

Ning, J., Hou, G. G., Sun, J., Wan, X., & Dubat, A. (2017). Effect of green tea powder on the quality attributes and antioxidant activity of whole-wheat flour pan bread. *LWT-Food Science and Technology*, 79, 342-348.

Nistor, E., Sfetcu, E. L., & Sfetcu, I. C. (2014). 'OUR DAILY BREAD': HISTORY... AND STORIES. *Scientific Papers-Series A, Agronomy*, 57, 432-440.

O

Odhav, B., Beekrum, S., Akula, U. S., & Baijnath, H. (2007). Preliminary assessment of nutritional value of traditional leafy vegetables in KwaZulu-Natal, South Africa. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20(5), 430-435.

Okafor, I. A., Ayalokunrin, M. B., & Orachu, L. A. (2014). A review on *Portulaca oleracea* (purslane) plant-Its nature and biomedical benefits. *Int J Biomed Res*, 5(2), 75-80.

Oubellil Y., Akkouche A., Dahmoune S., (2015). Evaluation de la valeur boulangère de quelques variétés de blés tendres récoltées au cours de la campagne agricole (2014-2015). Institut technique des grandes cultures (ITGC/ siège).

P

Patel, S. (2015). *Portulaca oleracea*: An Untapped Bioactive Repository for Health Amelioration. In *Emerging Bioresources with Nutraceutical and Pharmaceutical Prospects* (pp. 43-52). Springer, Cham.

Patil, R. M., Tamhankar, S. A., Oak, M. D., Raut, A. L., Honrao, B. K., Rao, V. S., & Misra, S. C. (2013). Mapping of QTL for agronomic traits and kernel characters in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Euphytica*, 190(1), 117-129.

Peña, R. J. (2002). **Wheat for bread and other foods. Bread wheat improvement and production.** Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 483-542.

Petropoulos, S. A., Karkanis, A., Fernandes, Â., Barros, L., Ferreira, I. C., Ntatsi, G., ... & Khah, E. (2015). Chemical composition and yield of six genotypes of common purslane (*Portulaca oleracea* L.): An alternative source of omega-3 fatty acids. *Plant foods for human nutrition*, 70(4), 420-426.

Q

Quilez, J., & Salas-Salvado, J. (2012). Salt in bread in Europe: potential benefits of reduction. *Nutrition reviews*, 70(11), 666-678.

R

Raza, S., Khalil, S., Naseem, K., Gilani, M. A., Amjad, M., Masud, T., & Naqvi, S. M. S. (2010). Effect of household storage receptacles on physico chemical characteristics of wheat. *Sarhad J. Agric*, 26(2), 275-287.

Rival, A. (2005). *Le pain chez soi*, France Agricole Editions.

Roussel. P., Chiron,H., Della Valle & Ndiaye ,A.(2010) Recueil de connaissances sur les descripteurs de qualité des pâtes et des pains ou variables d'état pour la panification française ; Glossaire terminologique appliqué aux pains français.

Roussel, P., Chiron, H., & Paillard, G. (2002). *Les pains français : évolution, qualité, production.* Maé-Erti.

Ruiz-ruiz, J. C., Moguel-ordóñez, Y. B., Matus-basto, A. J., & Segura-campos, M. R. (2015). Antidiabetic and antioxidant activity of *Stevia rebaudiana* extracts (Var. Morita) and

their incorporation into a potential functional bread. *Journal of food science and technology*, 52(12), 7894-7903.

S

Saharan, V., & Jood, S. (2017). Vitamins, minerals, protein digestibility and antioxidant activity of bread enriched with *Spirulina platensis* powder. *International Journal of Agriculture Sciences*, 9(9), 3917-3919.

Sangeetha, S., Kiran, R. S., Abbulu, K., & Battu, S. (2020). A Review on traditional herb *Portulaca oleracea*. *World J. Pharm. Res*, 9, 578-601.

Sempore N.Judit.(2013). Evaluation de quelques paramètres physico." chimiques et es mycotoxines des farines boulangères ;" vendues dans la ville de Ouagadou

Shurpalekar, S. R., & Rao, P. H. (1977). Wheat germ. *Advances in food research*, 23, 187-304.

Simsek, S. (2020, 16 décembre). NDSU. Wheat Quality & Carbohydrate Research, Dr.Simsek. NDSU. Consulté le 1 janvier 2022, à l'adresse. <https://www.ndsu.edu/faculty/simsek/#>

Sindic,M. (2009).Valorisation de l'amidon de blé: Incidences des modalités de culture sur les propriétés techno-fonctionnelles. P 21-24

Singh, R.P., and Heldman, D.R. (2009). "Fluid Flow in Food Processing." Introduction to Food Engineering, 4th Edition, Academic Press, Elsevier Inc.

Šramkova, Z., Gregova, E., & Šturdik, E. (2009). Chemical composition and nutritional quality of wheat grain. *Acta chimica slovac*a, 2(1), 115-138.

Stampfli, L., & Nersten, B. (1995). Emulsifiers in bread making. *Food chemistry*, 52(4), 353-360.

Steffe, J.F. (1996). "Introduction to Rheology." *Rheological Methods in Food Process Engineering*, 2nd Edition, Freeman Press. P 1–93.

T

Tsanasidou, C., Kosma, I., Badeka, A., & Kontominas, M. (2021). Quality Parameters of Wheat Bread with the Addition of Untreated Cheese Whey. *Molecules*, 26(24), 751.

Tsegaye, D., Dessalegn, T., Dessalegn, Y., & Share, G. (2012). Genetic variability, correlation and path analysis in durum wheat germplasm (*Triticum durum* Desf). *Agricultural Research and Reviews*, 1(4), 107-112.

U

Uddin, M., Juraimi, A. S., Hossain, M. S., Nahar, M., UN, A., Ali, M., & Rahman, M. M. (2014). Purslane weed (*Portulaca oleracea*): a prospective plant source of nutrition, omega-3 fatty acid, and antioxidant attributes. *The Scientific World Journal*, 2014.

V

Veraverbeke, W. S., & Delcour, J. A. (2002). Wheat protein composition and properties of wheat glutenin in relation to breadmaking functionality. *Critical reviews in food science and nutrition*, 42(3), 179-208.

W

Wagner, M. J., Lucas, T., Le Ray, D., & Trystram, G. (2007). Water transport in bread during baking. *Journal of food engineering*, 78(4), 1167-1173.

Y

Yefsah-idres, A., Benrima, A., Hammouchi, K., & Bennazoug, Y. (2019). Essai De Valorisation De La Datte Mech-Degla Par Sa Substitution Au Sucre Blanc Dans La Formulation D'un Biscuit. *Revue Agrobiologia* (2019), 9(2), 1543-1559.

Yihu Song, et Qiang Zheng, (2007). Dynamic rheological properties of wheat flour dough and proteins.

Z

ZANONI, B., PERI, C., & Pierucci, S. (1993). A study of the bread-baking process. I: A phenomenological model. *Journal of food engineering*, 19, 389-389.

Zarroug-Wederni, Y., Mejri, J., Bouanzi H, EL Felah, M., Hassouna, M. (2015). Caractérisation biochimique et valorisation de la farine du gland de chêne vert en Panification. *ResearchGate* (2015),

Zhou, W., Therdthai, N., & Hui, Y. H. (2014). Introduction to baking and bakery products. *Bakery products science and technology*, 1-16.

Zhou, Y. X., Xin, H. L., Rahman, K., Wang, S. J., Peng, C., & Zhang, H. (2015). *Portulaca oleracea* L.: a review of phytochemistry and pharmacological effects. *BioMed research international*, 2015.

Zhu, F., Sakulnak, R., & Wang, s. (2016). Effect of black tea on antioxidant, textural, and sensory properties of Chinese steamed bread. *Food Chemistry*, 194, 1217-1223.

Annexes

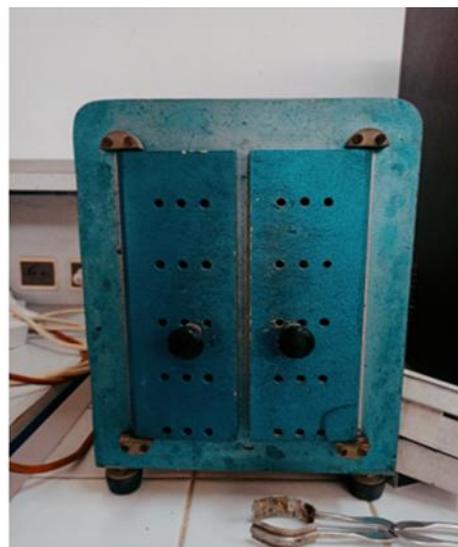
Annexe I. Appareils utilisés.



Soxlet



Centrifugeuse



Etuve isothermique



Dessiccateur



Tamiseur

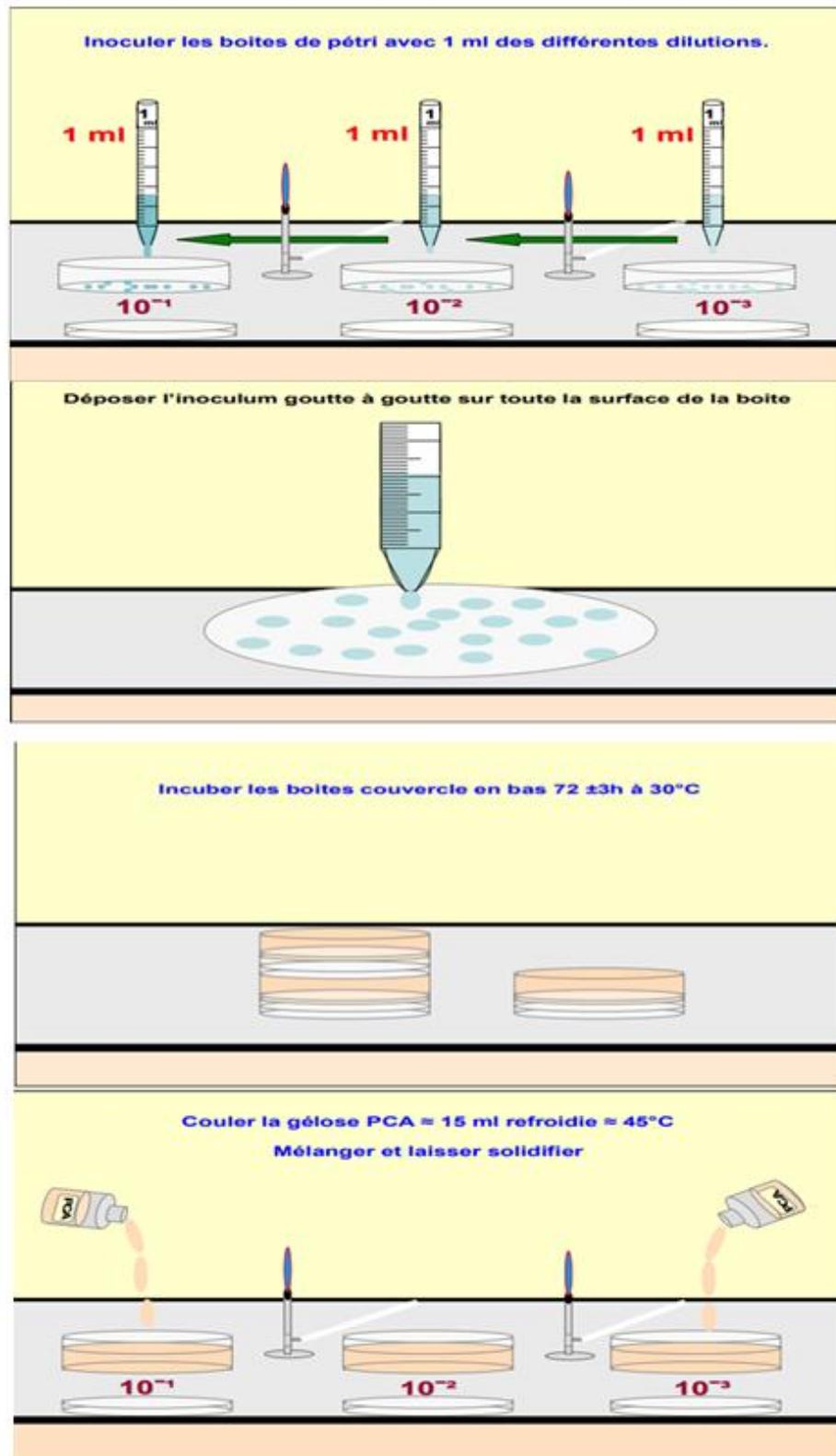


Four

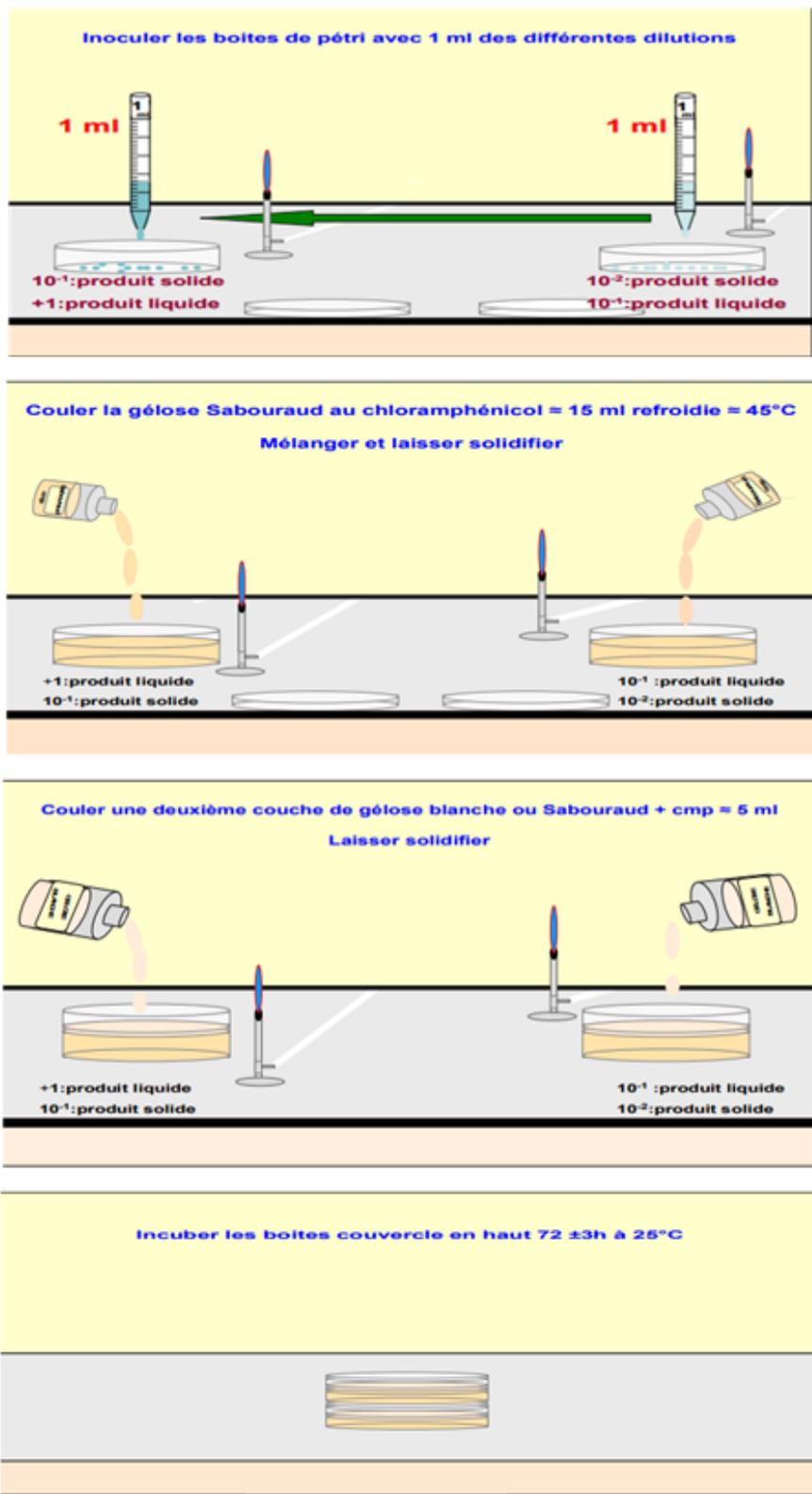


Pétrin

Annexe II. Analyses microbiologiques.

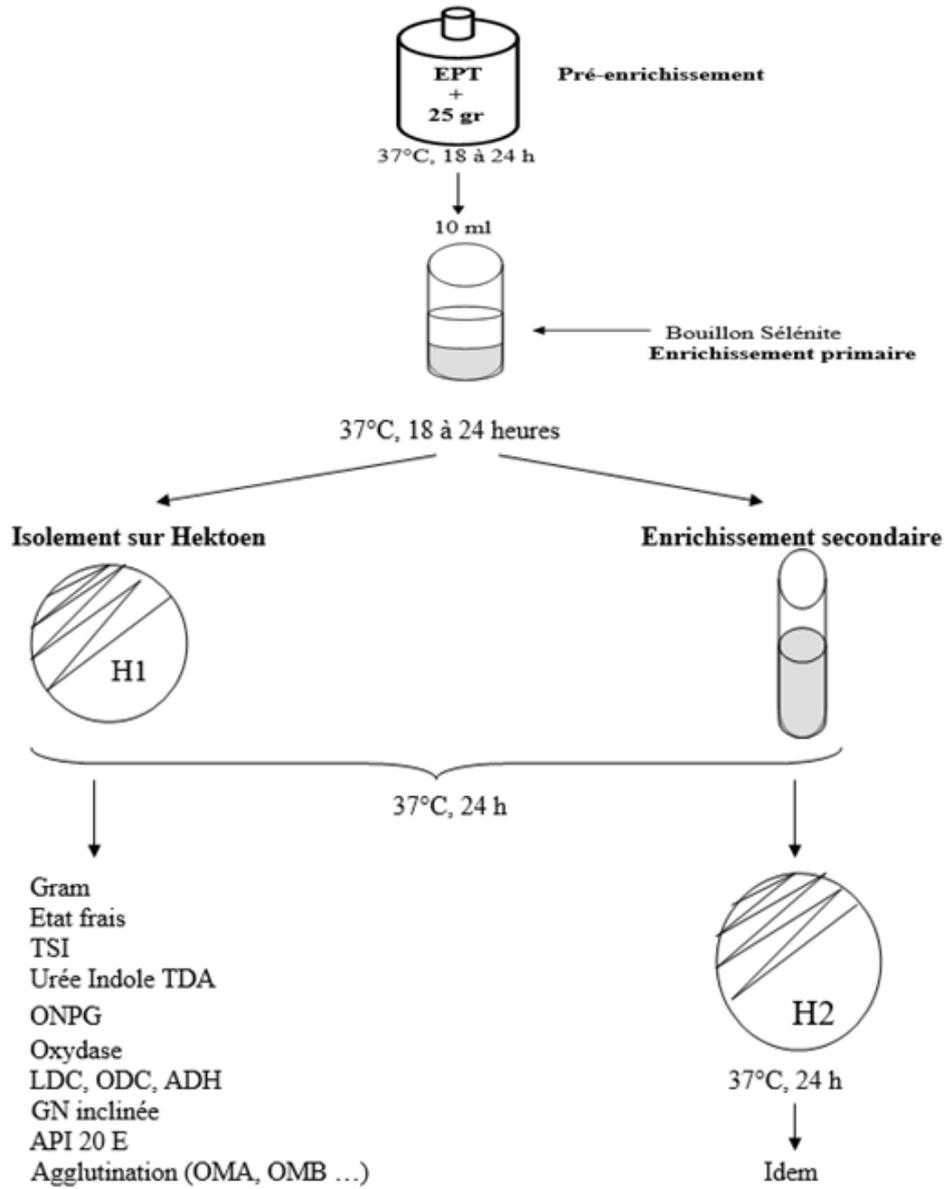


DENOMBREMENT DES MICROORGANISMES PAR COMPTAGE DES COLONIES A 30°C



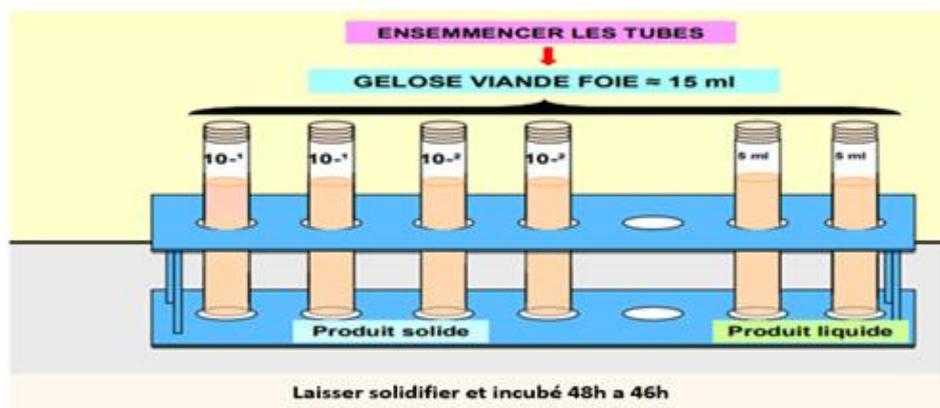
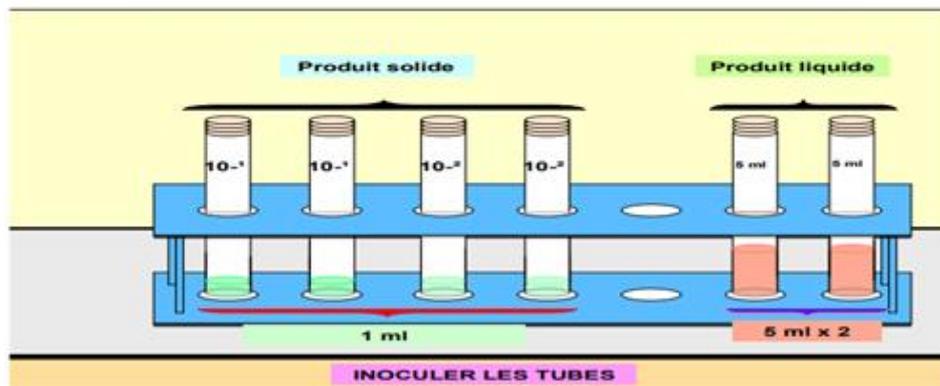
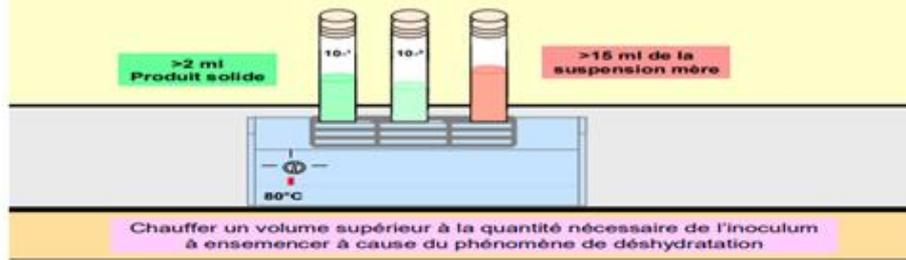
**DENOMBREMENT DES LEVURES ET MOISSURES TECHNIQUE PAR
COMPTAGE DES COLONIES A 25°C**

Recherche de Salmonella

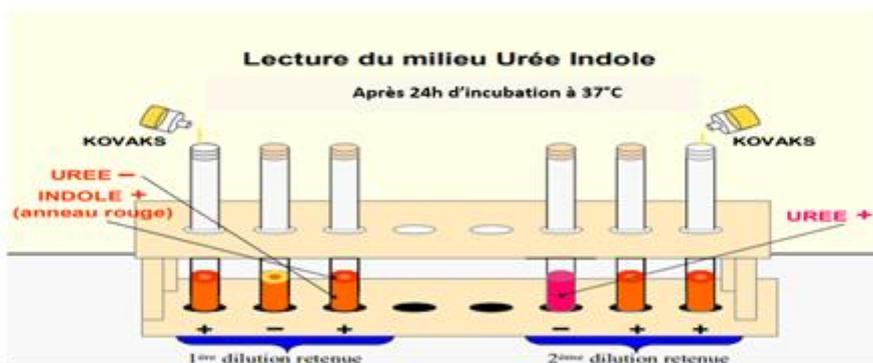
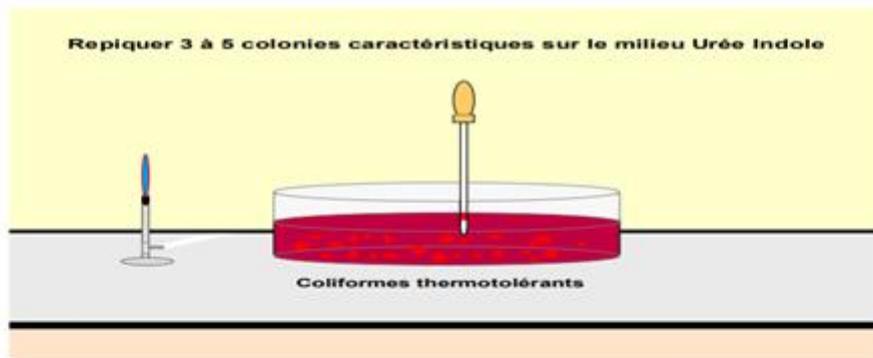
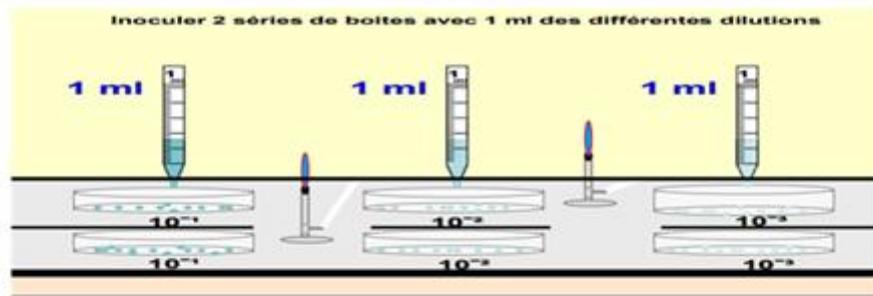


RECHERCHE DE SALMONELLA

- **Chauffer:**
 5'.....100°C
 10'.....80°C
 15'.....75°C



RECHERCHE ET DÉNOMBREMENT DES ANAÉROBES SULFITO-RÉDUCTEURS A 46°C



**RECHERCHE ET DENOMBREMENT DES COLIFORMES,
COLIFORMES THERMOTOLERANTS ET ESCHERICHIA COLI**

Annexe III. La grille de notation de la méthode BIPEA.

586g
 pte d'eau = (91,6ml)
 TB = 60c°
 TF = 26,8c°
 Tfarine = 26,3c°
 Teau = 6,3c°

Faune témoin

Grille de présentation des résultats de la méthode AFNOR.

Interprétations	insuffisanc		excès	principe de calcul
				des notes
Lissage				
Collant de la pâte		X	X	= 0,5 / 5 = 0,53,5 / 5
Consistance				
Extensibilité	X			= 0,33,5 / 5
Elasticité		X		= 0,5 / 5
Relâchement		X		= 0,5 / 5
PÉTRISSAGE		X		
				total = 22 / 25 = coef (*) = 145 / 25
Pousse en Cuve				
Déroulé : relâchement			X	= 1 / 7
POINTAGE				
				total = 7 / 10 = 7 / 10
Allongement	X			= 0,52 / 5
Déchirement			X	= 0,53,5 / 5
Elasticité			X	= 0,53,5 / 5
Collant de la pâte			X	= 1 / 10
PACONNAGE				
				total = 46 / 25 = coef (*) = 8 / 25
Activité fermentative			X	= 0,53,5 / 5
Déchirement			X	= 0,53,5 / 5
APPRET				
				total = 7 / 10 = 7 / 10
Collant de la pâte			X	= 1 / 10
Tenue	X			= 2 / 20
MISE AU FOUR				
				total = 11 / 30 = coef (*) = 6 / 30
44,5				
Volume des pains		3,9		total = / 30 = 14,62 / 30
Section		X		= 1 / 10
Couleur		X		= 2 / 20
Épaisseur		X		= 0,53,5 / 5
Croustillant	X			= 0,52 / 5
Coup : Développement	X			= 1 / 10
de : Régularité	X			= 1 / 10
lame : Déchirement			X	= 1 / 10
ASPECT DU PAIN				
				total = / 70 = coef (*) = 22,5 / 70
36,87				
Couleur		X		= 1 / 10
Texture : souplesse			X	= 1 / 10
Elasticité			X	= 1 / 10
Collant			X	= 1 / 10
Alvéolage : régularité		X		= 1 / 10
Épaisseur			X	= 1 / 10
Flaveur	X			= 4 / 40
ASPECT MIE				
				total = 70
152,37				

495g
 Pte d'eau = 297ml
 + 60ml

TB = 60°C
 TF = 27,6°C
 Farine 3%

Teau = 419°C
 Tpain = 27,4°C
 Tfarine = 27,6°C

grille de présentation des résultats de la méthode AFNOR.

Interprétations	insuffisant	excès	principe de calcul
			des notes
Lissage		X	= 0,5 / 5
Collant de la pâte		X	= 0,5 / 5
Consistance			
Extensibilité		X	= 0,5 / 5
Elasticité			= 0,5 / 5
Relâchement	X		= 0,5 / 5
PETRISSAGE	X		total = / 25 = coef (*) = 38,25
Pousse en cuve			= 1
Détente : relâchement		X	total = 10 / 10
POINTAGE			10 / 10
Allongement		X	= 0,5 / 5
Déchirement		X	= 0,5 / 5
Elasticité		X	= 0,5 / 5
Collant de la pâte		X	= 1 / 10
FACONNAGE			total = / 25 = coef (*) = 23,5
Activité fermentative		X	= 0,5 / 5
Déchirement		X	= 0,5 / 5
APPRET			total = / 10 = 10 / 10
Collant de la pâte		X	= 1 / 10
Tenue		X	= 2 / 20
MISE AU FOUR			total = / 30 = coef (*) = 30 / 30
88,88			total = / 100
Volume des pains		3,7	total = / 30 = 13,8 / 30
Section		X	= 1 / 10
Couleur		X	= 2 / 20
Epaisseur		X	= 0,5 / 5
Croustillant	X		= 0,5 / 5
Coup : Développement		X	= 1 / 10
de : Régularité		X	= 1 / 10
lame : Déchirement		X	= 1 / 10
ASPECT DU PAIN			total = / 70 = coef (*) = 37,85
14,75			total aspect = 100
Couleur		X	= 1 / 10
Texture : souplesse		X	= 1 / 10
Elasticité		X	= 1 / 10
Collant		X	= 1 / 10
Alvéolage : régularité		X	= 1 / 10
Epaisseur		X	= 1 / 10
Flaveur	X		= 2 / 40
ASPECT MIE			total mie = 70
76			total mie = 100
216,63			total = 100

493g

qtte d'eau = 295,8 ml

TB = 60°C / T_F (salle) = 27,6°C; T_{eau} = 41,9°C

T_{farine} = 27,6°C

Farine 5%

T_{pâte} = 24,6°C

grille de présentation des résultats de la méthode AFNOR.

interprétations	insuffisanc e	excès	principe de calcul
-----------------	------------------	-------	--------------------

Lissage	X		= 0,5 2 / 5
Collant de la pâte		X	= 0,5 5 / 5
Consistance			
Extensibilité		X	= 0,5 5 / 5
Elasticité	X		= 0,5 5 / 5
Relâchement		X	= 0,5 5 / 5
PETRISSAGE			total = / 25 * coef (*) = 20,5 25

Poussé en cuve			
Détente : relâchement		X	= 3
POINTAGE			total = / 10 10 10

Allongement		X	= 0,5 5 / 5
Déchirement		X	= 0,5 5 / 5
Elasticité			= 0,5 5 / 5
Collant de la pâte		X	= 1 7 / 10
FACONNAGE			total = / 25 * coef (*) = 15,25 25

Activité fermentative		X	= 0,5 5 / 5
Déchirement		X	= 0,5 5 / 5
APPRET			total = / 10 10 / 10

Collant de la pâte			X	= 1 7 / 10
Tenue	X			= 2 14 / 20
MISE AU FOUR				total = / 30 * coef (*) = 15,5 30

21,62

total pâte = 188

Volume des pains		3,7			total = / 30 13,02 30
Section		X			= 1 7 / 10
Couleur				X	= 2 8 / 20
Épaisseur		X			= 0,5 5 / 5
Croustillant		X			= 0,5 2 / 5
Coup : Développement		X			= 1 4 / 10
de : Régularité			X		= 1 10 / 10
lame : Déchirement			X	X	= 1 10 / 10
ASPECT DU PAIN					total = / 20 * coef (*) = 31,5 70

35,26

total pain = 100

Couleur				X	= 1 4 / 10
Texture : souplesse		X			= 1 10 / 10
Elasticité		X			= 1 10 / 10
Collant		X			= 1 10 / 10
Alvéolage : régularité		X			= 1 10 / 10
Épaisseur		X			= 1 10 / 10
Flaveur				X	= 2 8 / 40
ASPECT MIE					total mie = 70 70

82

total mie = 70

188,88

total boulangerie = 300

493g
 optc eau = 295,8ml
 + bowl : grille de présentation des résultats de la méthode AFNOR.

TB = 60°C T Faïence = 27,5°C
 TF = 27,6°C T eau = 49°C T pâte = 25,1°C

Farine 10%

Interprétations	Insuffisanc e	excès	principe de calcul
des notes			
Lissage	X		• 0,5 2 / 5
Collant de la pâte		X	• 0,5 5 / 5
Consistance			
Extensibilité			• 0,5 2 / 5
Elasticité	X		• 0,5 2 / 5
Relâchement		X	• 0,5 5 / 5
PETRISSAGE			total = / 25 = coef (*) = 16 / 25

Pousse en cuve			
Détente : relâchement		X	• 1
POINTAGE			total = / 10 = 10 / 10

Allongement		X	• 0,5 5 / 5
Déchirement		X	• 0,5 5 / 5
Elasticité		X	• 0,5 5 / 5
Collant de la pâte		X	• 1 10 / 10
FACONNAGE			total = / 25 = coef (*) = 23 / 25

Activité fermentative		X	• 0,5 5 / 5
Déchirement			• 0,5 5 / 5
APPRET			total = / 10 = 7 / 10

Collant de la pâte		X	• 1 10 / 10
Tenue	X		• 2 8 / 20
MISE AU FOUR			total = / 30 = coef (*) = 9 / 30

65,5			
total = / 100			
VOLUME DES PAINS			
Section		X	total = / 30 = 10,5 / 30
Couleur			• 1 4 / 10
Epaisseur			• 2 8 / 20
Croustillant		X	• 0,5 2 / 5
Coup : Développement	X		• 0,5 2 / 5
de : Régularité		X	• 1 1 / 10
lame : Déchirement			• 1 10 / 10
ASPECT DU PAIN			total = / 70 = coef (*) = 17 / 70

27,5			
total = / 70			
ASPECT MIE			
Couleur			• 1 4 / 10
Texture : souplesse	X		• 1 4 / 10
Elasticité	X		• 1 4 / 10
Collant		X	• 1 10 / 10
Alvéolage : régularité		X	• 1 10 / 10
Epaisseur		X	• 1 10 / 10
Flaveur			• 4 8 / 40
ASPECT MIE			total = / 70 = coef (*) = 47 / 70

140

total = / 300

493g
 qttc d'eau = 298ml
 + 80ml

TB = 60°C
 Tc = 27,6°C

T farine = 27,4°C
 T eau = 4,9°C

Farine 15%

T pate = 26,2

grille de présentation des résultats de la méthode AFNOR.

interprétations	insuffisance	excès	principe de calcul des notes
-----------------	--------------	-------	------------------------------

Lissage	X		× 0,5 2/5
Collant de la pâte		X	× 0,5 3/5
Consistance			
Extensibilité	X		× 0,5 2/5
Elasticité	X		× 0,5 2/5
Relâchement		X	× 0,5 2/5
PETRISSAGE			total = / 25

0,15
 × coef (*) = 10,8825

Pousse en cuve			
Détente : relâchement		X	× 1
POINTAGE			total = / 10

10 / 10

Allègement		X	× 0,5 5/5
Déchirement		X	× 0,5 5/5
Elasticité	X		× 0,5 2/5
Collant de la pâte		X	× 1 2/10
FACONNAGE			total = / 25

1
 × coef (*) = 19,25

Activité fermentative	X		× 0,5 2/5
Déchirement		X	× 0,5 5/5
APPRET			total = / 10

7 / 10

Collant de la pâte		X	× 1 10/10
Tenue	X		× 2 8/20
MISE AU FOUR			total = / 30

0,25
 × coef (*) = 4,5 / 30

11,38

total pâte = 100

Volume des pains				total = / 30
Section	X			× 1 4/10
Couleur			X	× 2 2/20
Epaisseur	X			× 0,5 2/5
Croustillant	X			× 0,5 0/5
Coup : Développement	X			× 10 8/10
de : Régularité		X		× 1 10/10
lame : Déchirement			X	× 1 4/10
ASPECT DU PAIN				total = / 70

0,25
 × coef (*) = 5,75 / 70

11,22

total pain = 100

Couleur				X	× 1 1/10
Texture : souplesse	X				× 1 1/10
Elasticité	X				× 1 1/10
Collant			X		× 1 2/10
Alvéolage : régularité		X			× 1 2/10
Epaisseur			X		× 1 10/10
Flaveur				X	× 4 4/40

31

total mie = 94/100

93,6

total boulangerie = 100