

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Saad DAHLAB -Blida-
Faculté des sciences Agrovétérinaires
Département de Sciences Agronomiques



Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'un

Master professionnelle

Domaine: Science de la Nature et de la Vie « SNV»

Filière : Sciences Alimentaires

Option : Sciences Alimentaires

L'effet coupage sur la qualité des produits céréaliers
(Cas des pâtes longues)

Présenté par :

M^{elle} DEGMOUM Imene.

Devant le jury composé de :

M ^r HADJ SADOK T.	Maitre de conférences B	USDB	Président
M ^{me} BOUTEKRABT L.	Maitre de conférences A	USDB	Promotrice
M ^{me} KACI Z.	Maitre assistante A	USDB	Examinatrice
M ^r BENDALI A.	Maitre assistant A	USDB	Examineur

Année universitaire: 2012/2013

www.oxpdf.com

Liste des figures

Tableau n° 01 : La composition chimique des pâtes alimentaires	4
Tableau n° 02 : Les vitamines hydrosolubles et liposoluble.....	5
Tableau n° 03 : Les sels minéraux	6
Tableau n° 04 : Influence de la température de séchage sur les caractéristiques des pâtes alimentaires.	8
Tableau n° 05 : Constituants de l'eau de fabrication des pâtes alimentaires	12
Tableau n° 06 : Consommation des pâtes alimentaires dans le monde	14
Tableau n° 07 : ... Evolution de la consommation de quelques céréales et dérivés	15
Tableau n° 08 : Composition des pâtes alimentaires issues du blé dur.....	17
Tableau n° 09 : Test organoleptique des échantillons	34
Tableau n° 10 : La granulométrie de la semoule	35
Tableau n° 11 : Taux d'affleurement	35
Tableau n° 12 : Taux d'humidité de la matière première	36
Tableau n° 13 : Taux d'humidité du produit fini	

.....	36
Tableau n° 14 Taux de cendres	37
Tableau n° 15 : Taux de protéines de la matière première.....	37
Tableau n° 16 : Taux de protéines des échantillons (pâtes alimentaires	38
Tableau n° 17 : Teneur en gluten sec	38
Tableau n° 18 : Teneur en gluten humide	38
Tableau n° 19 :Teneur en gluten index.	38
Tableau n°20 : Résultats de l'Alvéographe.....	39
Tableau n°21 : Test de cuisson.....	40
Tableau n°22 : Types de pâtes alimentaires et critères de différenciation	42
Tableau n°23 : Types de pâtes alimentaires et critères de différenciation	42

www.oxpdf.com

Figure n° 01 : Schéma du processus de fabrication des pâtes alimentaires	10
Figure n° 02 : Estimation de la production mondiale des pâtes alimentaires	13
Figure n° 03 : Etuve.	19
Figure n° 04 : Tamis de la granulométrie.	20
Figure n° 05 : Appareil de la granulométrie.	21
Figure n° 06 : Le four à moufle.	22
Figure n° 07 : Alvéogramme obtenu à la fin de l'expérience.	23
Figure n° 08 : Gonflement de la pâte.....	

.....	27
Figure n° 09 : Alvéographe de chopin.....	27
Figure n° 10 : différentes étapes de l'extraction du gluten (photos G Paillard)	28
Figure n° 11 : La méthode Gluten Index.....	30
Figure n° 12 : The Glutamate system.....	31
Figure n° 13 : Gluten sec	31
Figure n° 14 : Gluten humide.....	31
Figure n° 15: vis de compression.	43
Figure n° 16 : Balance.....	43
Figure n° 17 : broyeur.	44
Figure n° 18 : Indice de chute de Hagberg.	44

www.oxpof.com

www.oxpdf.com

Résumé

Les pâtes alimentaires ont toujours été un élément très important dans l'alimentation humaine. Cependant, nous constatons à l'heure actuelle, un changement dans les habitudes alimentaires du peuple algérien, ce qui nous amène à rechercher les meilleurs moyens pour répondre à cette « situation » en vue d'optimiser l'utilisation des matières premières.

Le présent travail a montré la possibilité d'améliorer la qualité nutritionnelle des pâtes alimentaires en général et, des pâtes alimentaires longues en particulier, par la réalisation d'une série de coupages entre le blé dur et le blé tendre. Les coupages effectués avaient pour but d'augmenter l'apport en protéines et le taux de gluten des pâtes alimentaires.

Le taux de gluten et la teneur en protéines sont très satisfaisants dans les produits contenant 75% et plus de semoule ($\geq 75\%$).

La réalisation de ces coupages a permis également d'obtenir un meilleur aspect des pâtes alimentaires longues.

Les mots clés : Les pâtes alimentaires, Les pâtes alimentaires longues, amélioration, blé dur, blé tendre, coupage.

Introduction

Les pâtes alimentaires ont toujours occupé une place prépondérante dans l'alimentation humaine notamment des algériens. Longtemps considérées comme des aliments énergétiques de par leur richesse en glucides, néanmoins, elles sont une source très importante de protéines (70 %) constituée essentiellement du gluten. Par conséquent, l'alimentation actuelle des algériens n'est pas insuffisante, mais déséquilibrée par le trop grand apport de pâtes alimentaires pauvres en Gluten.

Les statistiques montrent une consommation croissante et continue des pâtes alimentaires, qui a atteint 5,2 Kg par an et par personne en Algérie. Sur le plan Mondial, les estimations récentes de la production, réalisées par l'Union des Associations de Fabricants de Pâtes Alimentaires (UN.A.F.P.A) montrent une production de 13,1 millions de tonnes de pâtes alimentaires en 2011, dont 4,4 % de cette quantité est répartie en Afrique.

Pour les industries alimentaires, l'amélioration de la qualité des pâtes alimentaires

s'avère nécessaire car elle va leur permettre de rester compétitives sur le marché. Les problèmes que rencontrent les Fabricants de pâtes alimentaires sont nombreux, et entre autres :

- La faiblesse de la production nationale qui ne couvre que 30% des besoins du marché national, estimé à plus de 60 millions de quintaux et ce, malgré le soutien que l'Etat a accordé à la filière céréalière. En 1999, 195 millions de dollars. Ce montant est passé à 537 millions de dollars en 2000, représentant ainsi un taux d'accroissement de l'ordre 17,5%. Cependant, la démarche n'a pas eu un impact significatif sur la sphère de la production céréalière, ce qui a imposé l'importation comme solution pour couvrir la demande du marché algérien. Les statistiques du Conseil International des Céréales (CIC) en 2006 classent l'Algérie parmi les premiers pays importateurs du blé dur avec 5,8 millions de tonnes en 2002, 5,3 MT en 2003, 3,9 MT en 2004, 5,7 MT en 2005 et 4,4 MT en 2006. Les principaux fournisseurs sont essentiellement les Etats-Unis et l'Union Européenne, en particulier la France.
- Le faible apport en protéines des blés sur le marché, dû aux méthodes artisanales utilisées par le paysan algérien, à la pluviosité capricieuse, la chute de grêle, les inondations et l'apparition de certaines maladies. La conséquence a été un accroissement des importations et une baisse des blés locaux collectés dans l'approvisionnement du marché interne.
- Le coût et la non disponibilité de certaines variétés de blé sur le marché algérien.

Ce mémoire se base sur ces problèmes et propose une série de coupages entre le blé dur et le blé tendre, de compositions et caractéristiques différentes, pour améliorer la qualité nutritionnelle des pâtes alimentaires algériennes, sans ajout d'additifs alimentaires afin d'aider les industries à maintenir une bonne qualité alimentaire et marchande de leurs pâtes et permettre par ailleurs au consommateur algérien de manger BIO.

C'est dans cette optique, que nous avons réalisé des pâtes alimentaires longues avec différents pourcentages de coupage :

- Pâtes alimentaires fabriquées à partir de 75% semoule et 25% farine.

- Pâtes alimentaires fabriquées à partir de 25% semoule et 75% farine.
- Pâtes alimentaires fabriquées à partir de 50% semoule et 50% farine.

Les produits obtenus ont été testés du point de vue des aptitudes technologiques et de la valeur nutritive par rapport aux pâtes fabriquées avec 100% de semoule et des pâtes 100% de farine.

www.oxpdf.com

1- Historique

La légende voudrait que le vénitien Marco Polo ait rapporté au XII^{ème} siècle les premières pâtes de son périple en Extrême-Orient. Il est vrai que dans son récit « Il

Milione », il s'étonne d'avoir vu des Chinois en manger.

D'après l'historienne Françoise Sabban, un traité d'agriculture chinois du IV^{ème} siècle donne déjà les premières recettes de pâtes de blé, et non pas de nouilles de riz comme nous les voyons aujourd'hui dans les restaurants, qui auraient été consommées dès le III^{ème} siècle, alors qu'en Europe les premiers textes culinaires italiens sur le mode de fabrication des pâtes ne seraient apparus qu'à la fin du Moyen-âge.

La découverte en Italie de tombes étrusques vient remettre en question la période d'apparition des pâtes en Europe. En effet, à l'intérieur d'entre elles, divers ustensiles nécessaires à l'élaboration des pâtes ont été trouvés et certains bas reliefs de ces mausolées présentent les différentes étapes de leur fabrication. En 1150, le géographe Al Idrisi rapporte que les caravanes qui traversaient l'Empire arabe se nourrissaient de pâtes séchées.

Selon Massimo Montanari, professeur d'histoire médiévale, les pâtes sèches d'Occident venaient bien du Moyen-Orient. Et de raconter qu'au XII^{ème} siècle, il existait en Sicile à Tribia, près de Palerme, où vivaient d'importantes communautés juives et arabes, un centre de production exportant dans toute la Méditerranée, des Itrijs, pâtes longues et sèches. Gênes, puis, à partir du XV^{ème} siècle, Naples, prendront la relève. Ces trois villes portuaires seront ainsi pionnières dans l'industrie et le commerce des pâtes liés à la mer.

C'est au XVII^{ème} siècle qu'apparaissent ou, plutôt, que sont nommées les spaghettis afin de les différencier des vermicelles. A la même époque, elles font partie intégrante de tous les repas mais elles sont considérées comme un produit réservé aux nantis. En France, c'est à la Renaissance, grâce à la Reine Catherine de Médicis que la consommation de pâtes commence à se développer (AGEFAFORIA., 2008).

Les pâtes alimentaires, telles que nous les connaissons aujourd'hui, sont vraisemblablement nées en Italie. Selon la légende, c'est Marco Polo qui en ait rapporté la recette de Chine, vers l'an 1300. Mais aucun texte sérieux ne vient corroborer cette hypothèse.

Il est certain que la consommation des pâtes en Italie est bien antérieure au XIV^{ème} siècle. Un bas relief étrusque, découvert à Cerveteri, représentant une série d'ustensiles, planches, rouleaux, couteaux, identiques à ceux encore utilisés aujourd'hui par les cuisinières Italiennes. On rapporte également que les Grecs, arrivant sur le sol Italien, se seraient tellement régalés des pâtes qu'ils les auraient baptisées « Makaria » qui signifie bonheur. D'autres attribuent l'origine de ce mot au patois napolitain, tandis que certains historiens affirment qu'il s'agit là d'un jeu de mot : un prince napolitain, ayant payé à prix d'or ces pâtes trouées, se serait exclamé : « si buoni macaroni ! » (Tellement bonnes, mais chères !). En revanche, l'imagination des cuisiniers a été fertile, puisque ces pâtes vont prendre de multiples formes au fil du temps. Chaque ville, chaque région crée sa pâte, tandis que de l'ingéniosité des polonais surgissent les tortellinis.

Autrefois les pâtes étaient confectionnées pour une consommation rapide car les

pâtes fraîches étaient attaquées par les moisissures rendant leur conservation impossible. Ce sont, semble-t-il, des commerçants Arabes, grands voyageurs, qui ont eu l'idée de les faire sécher pour pouvoir les emporter dans leurs lointaines expéditions (Lois, 1998).

Les techniques rudimentaires de la fabrication des pâtes alimentaires débutent en Mésopotamie (qui constitue la majeure partie de l'Iraq actuel) pour être transmises à l'Inde, puis à la Chine 5000 ans avant J-C et au Japon 600 ans après J-C. Elles gagnent les pays méditerranéens via la Grèce et l'Italie en 1279. Les pâtes laminées et découpées proviendraient de la Chine (nouilles orientales), les pâtes extrudées de l'Italie, tandis que le couscous aurait vu le jour en Afrique du Nord. Pendant très longtemps, la fabrication des pâtes alimentaires était exclusivement faite à la main par les artisans boulangers.

Avec le tournant du XIX^{ème} siècle naissent les premiers mécanismes de fabrication industrielle dont les manufacturiers sont établis en Napolitaine (Naples) et dans la province de Gênes. Vers 1860 apparaissent les premiers appareils véritablement industriels : malaxeurs mécaniques (gramolas) et presses discontinues à piston. Puis, la presse mono vis (inventée vers 1930) permettant de forcer la pâte à travers une filière sous pression. Depuis, les appareils n'ont cessé de se perfectionner, et les constructeurs Américains, Allemands, Italiens et Suisses mettent aujourd'hui sur le marché des machines modernes à haut rendement, et une panoplie de découpoirs à estamper la pâte comportant plus de 150 formes différentes. Ainsi, les Italiens, pionniers de la fabrication industrielle des pâtes alimentaires, ont pris une part importante du marché international, d'une part par l'essor considérable qu'il ont donné à leurs entreprises de construction de machines à pâtes, et d'autre part, par l'émigration massive d'Italiens particulièrement aux Etats Unis et en France. La première usine de pâtes alimentaires aux Etats-Unis a été érigée en 1848 à New York par Antoine Zerega, et au Canada dans l'Est de Montréal, par Charles Honoré Catteli en 1867.

2- Définition

Les pâtes alimentaires sont généralement obtenues à partir de semoules de blé dur (ou farine de blé tendre) et de l'eau potable, par un pétrissage non fermenté et non salé, dont les proportions moyennes **sont de 34 parts de semoules ou farines pour 06 à 10 parts d'eau potable.**

Les pâtes alimentaires sont considérées parmi les meilleurs aliments.

La dénomination des pâtes alimentaires est donnée aux produits prêts à l'emploi culinaire, préparés par pétrissage sans fermentation de semoule de blé, additionnée d'eau potable, le tréfilage, le laminage et le séchage, leur donnant l'aspect consacré par les usages. (Pierre et *al.*, 2000).

En ce qui concerne les pâtes alimentaires et l'utilisation de la matière première (semoule, farine ou farina) pour leur fabrication, la réglementation Canadienne en matière d'aliments ne contient pas de dénomination officielle. Les pâtes alimentaires sont obtenues par des préparations simples, et il est rare que les fabricants soient appréhendés. Il arrive que des prélèvements soient effectués par des inspecteurs sur les pâtes, sans autre qualificatif, ou sur les pâtes aux œufs. Il importe que les fabricants soient informés du seul règlement prévu par la loi qui stipule : « est interdite la vente des macaroni, des spaghetti, des nouilles et toute pâte alimentaire semblable, sous la désignation de macaroni aux œufs, spaghetti aux œufs, nouilles aux œufs ou pâtes alimentaires aux œufs, respectivement, à moins que ces aliments ne contiennent pas sur la matière desséchée, au moins 4% de solide du jaune d'œuf provenant d'œufs entiers, d'œufs séchés, d'œufs congelés ou de jaune d'œufs congelés ». (Armand et *al.*, 1992)

Au Canada, on pourrait définir les pâtes alimentaires comme des préparations non salées et non fermentées, obtenues par le malaxage de semoule (particules d'albumen de blé dur) ou farina (semoules de blés autres que le blé dur selon la réglementation Américaine) ou des deux et d'eau.

Les pâtes alimentaires se présentent sous des formes très variées. Cependant, on peut les classer en deux catégories bien distinctes suivant les machines dont elles

sont issues :

- Les pâtes extrudées.
- Les pâtes laminées. (Armand et *al.*, 1992)

3- Classification des pâtes alimentaires

Les formes sur lesquelles sont présentées les pâtes alimentaires sont très variées, cependant on peut les classer en deux catégories, chacune comportant un très grand nombre de formats différents.

3-1- Les pâtes pressées ou extrudées

Les pâtes pressées sont obtenues par compression à travers une filière qui sert de moule permettant d'obtenir des formes classiques. Elles comprennent :

3-1-a- Les pâtes longues comme les spaghettis, nouilles, lasagnes.

3-2-b- Les Pâtes coupées (à la main ou à la machine)

Comme les coquillettes, coudes, petites pâtes de potage et également certaines formes dites « flottées ou mise en torsade » (Renadin, 1951).

3-2- Les pâtes laminées

Les pâtes laminées sont obtenues par laminage de la pâte entre les cylindres de laminoir qui les réduisent en feuilles larges et minces.

Elles passent ensuite dans des moules spéciaux travaillant en emporte-pièce qui leur donnent la forme désirée : papillons, paniers, marguerites, nouilles etc. (Renaudin, 1951).

4- Composition chimique des pâtes alimentaires

La matière est constituée en général de plusieurs composés chimiques et corps purs. La composition chimique fournit la quantité ou la proportion de chacun de ces composés ou corps purs.

Tableau n°1 : La composition chimique des pâtes alimentaires.

Constituants	Teneur pour 100g
Protides	13,5g
Lipides	1,7g
Glucides	71g
Fibres	4g
Eau	200mg
Vitamine B ₁	0,10mg
Vitamine B ₂	0,05mg
Acide folique	0,02mg
Vitamine B ₆	0,15mg

Vitamine E	0,10mg
Phosphore	73mg
Calcium	19mg
Sodium	166mg
Magnésium	24mg
Fer	1mg
Potassium	58mg

(Source : Frison, 1998).

4-1- Les glucides

Les glucides sont les constituants les plus importants quantitativement puisqu'ils représentent environ 85% de la matière.

Ils sont composés de sucres simples (mono, di et tri saccharides) et de sucres complexes (amidon, cellulose pentosanes). (Calvel ,1984).

4-2- Les lipides

Ce sont les corps gras. Ils ont un grand pouvoir énergétique malgré leur mauvaise réputation, ils sont indispensables. Ils jouent un rôle majeur dans le fonctionnement du cerveau, et constituent une réserve d'énergie que l'organisme utilise en cas de besoin (1g de lipides apporte 9 calories) (Frison, 1998).

4-3- Les protides

Ils ont un rôle de construction de l'organisme, ils sont indispensables à la croissance, au renouvellement des cellules et à la lutte contre les infections.

Les protéines sont également présentes dans les végétaux (céréales, légumes secs etc.). Les protéines végétales ont l'avantage d'être moins riches en graisse (1g de protéines apporte 4 calories) (Frison, 1998).

4-4- Les vitamines

Substance biochimique indispensable aux mécanismes vitaux de l'organisme et que celui-ci ne peut synthétiser.

Diverses vitamines surtout du groupe B (B1, B2, B6) sont présentes dans les grains mais à des concentrations beaucoup plus faible que dans les organes végétatifs ou les fruits. (Godon *et al.*, 1984).

Tableau n°2: Les vitamines.

Vitamines	Fonction
-----------	----------

Groupe B (B ₁ , B ₂ , B ₆ , B ₁₂). Hydrosolubles (pâtes).	Participent au bon fonctionnement du cerveau. Aident à assimiler les glucides.
PP hydrosolubles (céréales).	Peau.
Liposolubles (corps gras).	Régénération des cellules.

(Source : Louis ,1998).

4-5- Les oligo-éléments

Les oligo-éléments sont le zinc, le cuivre, le fluore, et le sélénium. Bien que présents en quantités infimes, ils jouent un rôle important, et à titre d'exemple le fluore pour le bon état de nos dents. (Frison, 1998).

4-6- Les sels minéraux

Il existe plus de trente éléments minéraux dans notre corps .Les sels minéraux sont présents en grandes quantités (Frison, 1998).

Tableau n°3: Les sels minéraux.

Les sels	Origine	Fonction
Sodium	Sel.	Saveur des aliments. Indispensable à l'hydratation des cellules.
Calcium	Produits laitiers.	Entretien des os des dents. Stimulation de la contraction musculaire.
Phosphore	Poissons et viandes. Produits laitiers et pâtes alimentaires.	Formation et solidité des os.
Fer	Viandes rouges, foie, œufs, poissons.	

Magnésium	Légumes secs, chocolat, pain complet, pâtes alimentaires.	
-----------	---	--

(Source : Louis, 1998).

4-7- L'eau et les fibres

Notre corps est constitué de 65% d'eau qui sert au transport des nutriments, à l'évacuation des déchets et au maintien du corps à une température stable.

Quant aux fibres, elles sont composées de cellulose, ne présentant pas une valeur nutritive importante, mais elles occupent un volume important et permettent un bon transit intestinal (Frison, 1998).

www.oxpdf.com

5- Procédés de la pastification

Les pâtes alimentaires sont fabriquées à partir de la semoule de blé dur et d'eau à 34%, par rapport à la matière sèche malaxée, pressée, extrudée, afin de produire des pâtes alimentaires fraîches.

5-1- Première phase : mélange.

Elle consiste à l'humectation des semoules avec une quantité d'eau variable selon la qualité des semoules et leur humidité initiale L'humidité finale des semoules doit atteindre 34 % de matière humide environ (Feillet, 1995).

La semoule est mélangée avec un minimum d'eau, et le manque d'eau est compensé par un travail énergétique qui permet aux particules de la semoule de se

souder. La température de l'eau est de l'ordre de 35°C, quant à la durée de cette opération, elle est de 7 mn environ (Feillet, 1986).

5-2- Deuxième phase: malaxage

A ce niveau se réalise le malaxage de la pâte de façon à obtenir un pâton homogène (Feillet, 1992).

Les granules de semoule s'agglomèrent en boulettes friables, le malaxage étant assuré par des pales sur un axe horizontal. Contrairement au pétrissage, le malaxage ne développe pas la pâte. D'une durée de 15 minutes, cette étape permet une hydratation progressive et constante de la semoule afin d'obtenir des boulettes de dimensions variables pouvant atteindre de 1 à 1.5 cm de diamètre. Dans les presses les plus récentes, l'eau et la semoule sont mélangées à l'aide d'un malaxeur à grande vitesse (quelques minutes seulement).

Un mouillage insuffisant des particules de semoule se traduit par l'apparition des points blancs dans les pâtes sèches. (Boudreau, 1992).

5-3- Troisième phase: mise en forme

La semoule hydratée est reprise par une vis de compression en la comprimant à travers un moule qui entraîne son extrusion. Le refroidissement avec l'eau inhibe tout accroissement de cette dernière permettant ainsi d'éviter la dégradation des constituants des semoules (Feillet, 1986).

5-4- Séchage

Le séchage est une opération qui permet d'éliminer l'eau du produit jusqu'à une humidité finale ne dépassant pas 12.5%.

L'opération de séchage comporte les étapes suivantes :

- Le pré-séchage : au cours de cette opération l'eau superficielle du produit est enlevée.
- Le séchage proprement dit : il permet d'amener la pâte à une humidité de 12.5% tout en conservant cette dernière sous sa forme individualisée (Boudreau, 1992).
- Le séchage des pâtes est l'étape la plus importante et certainement la plus délicate :
 - Il doit exalter et stabiliser les qualités de la matière première et du traitement mécanique précédent.
 - Il ne doit pas altérer la forme ni l'aspect des pâtes.
 - Il doit la rendre insensible aux influences extérieures.
 - Il doit réaliser un état d'équilibre entre les principaux constituants

(amidon, gluten), tout en gardant un certain degré d'élasticité pour permettre une certaine résistance à la rupture.

Le goût et la digestibilité sont fonction, pour une large part, de la façon dont le séchage a été conduit.

Les avantages du séchage à haute température (HT) et très haute température (THT) sont les suivants :

- Diminution de la contamination bactérienne au cours du séchage.
- Amélioration des propriétés organoleptiques du produit fini (couleur etc.).
- Diminution de la dépense énergétique.
- Accroissement de la capacité des séchoirs (Feillet, 1992).

Le séchage des pâtes alimentaires se fait immédiatement après les opérations de malaxage et d'extrusion.

Le séchage des pâtes longues se fait sur cannes.

Tableau n°4 : Influence de la température de séchage sur les caractéristiques des pâtes.

Température de séchage (°C)	Indice de jaune	Indice de brun	Pâtes cuites	
			Etat de surface	Viscoélasticité
30	23.9	32.9	3.2	5.0
70	24.6	33.0	6.0	7.7
90	25.4	32.6	5.0	7.0

(Source : Feillet,

2000).

5-5- Refroidissement

Les pâtes sont séchées à l'air chaud, donc pouvant réabsorber une certaine humidité. Pour cela, on les laisse refroidir à une température ambiante dans les couloirs protégés pendant une durée de 4mn avant leur conditionnement (Renaudin, 1951).

5-6- Empaquetage

Une fois refroidies à une température de 25°C, les pâtes sèches passent par des cellules de stockage qui peuvent-être soit munies de tapis roulants sur lesquels celles-ci circulent lentement, soit équipées de fonds vibrants qui assurent le dosage à la sortie. Les pâtes sont acheminées ensuite vers des balances électroniques ou des remplisseurs volumétriques, puis elles sont réparties en portions vers les empaqueteuses automatiques, qui effectuent avec soin, l'empaquetage dans des

feuilles de polypropylène, dans des boîtes pliantes ou sous cellophane.

L'automatisation à été développée par les constructeurs pour la mise en boîtes des formats les plus courants comme les pâtes longues. En plus du contrôle de la pesée et l'absence de matières étrangères ou de pièces métalliques, le fabricant doit maintenir une propreté exemplaire .Quant aux produits finis non classés, il est préférable de les réintroduire en fabrication (Feillet, 2000).

www.oxpdf.com

Silos/réception

Semoule SSSE

Pesage

Empattage

Réhydratation

Malaxage

/Adjonction d'eau/

80à120 Kg.

palettes : 80-100

Durée 8-10mn

TC°=35-38°C.

Pétrin-mélangeur de

Vis malaxeuse à

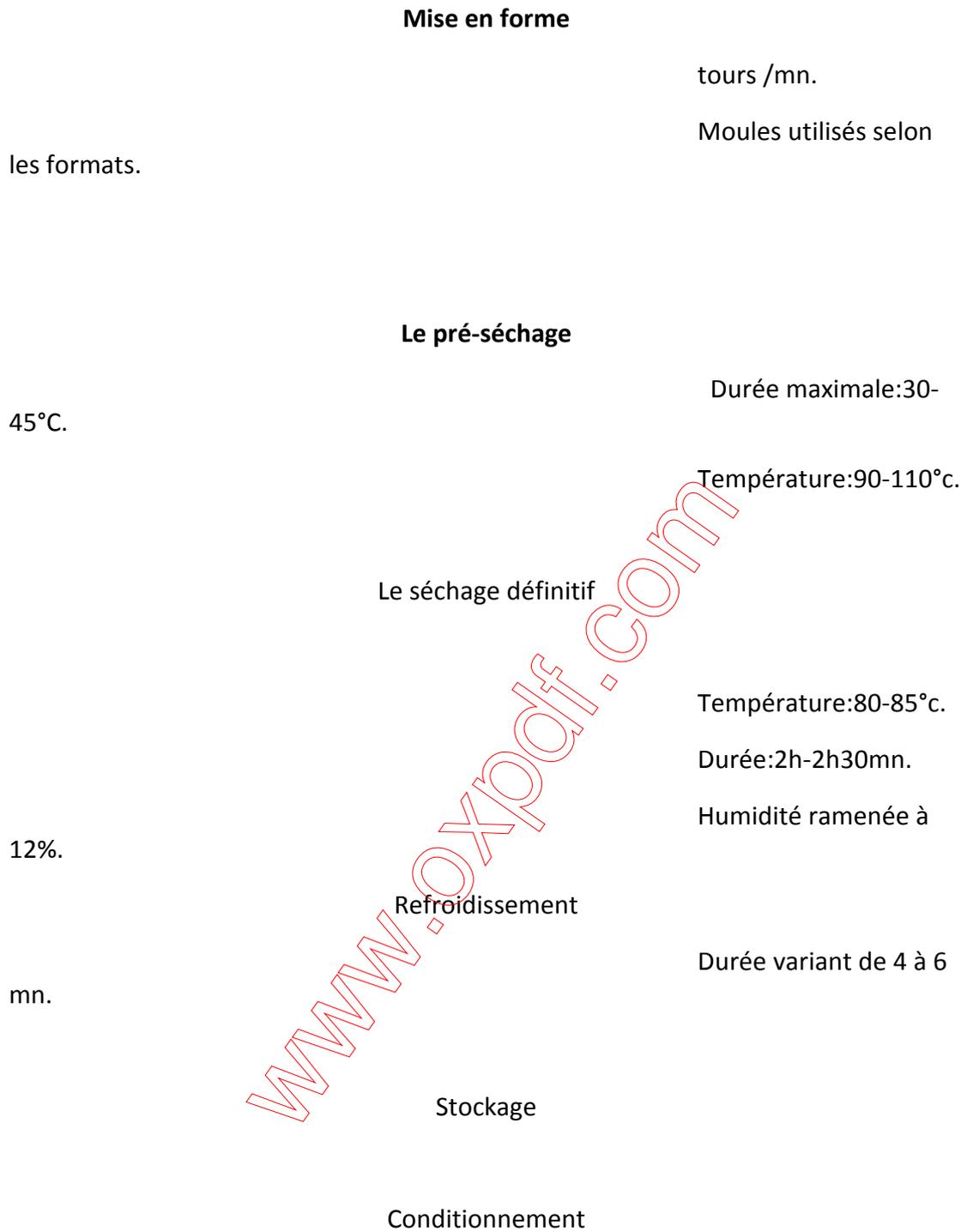


Figure n°1: Schéma du processus de fabrication des pâtes alimentaires.

(Source: Renandin, 1951).

6- Matière première

6-1- La semoule

La matière première la plus utilisée pour la fabrication des pâtes alimentaires est obtenue à partir du blé dur. Il est recommandé d'utiliser une semoule de bonne qualité, sans son et sans farine. Les particules de semoule doivent avoir une taille homogène et un taux de cendres ne dépassant pas 1% (Boudreau *et al.*, 1992).

La composition des semoules varie avec la nature du blé traité est suivant la qualité physico-chimique des semoules.

Tableau n°5 : Composition chimique et biochimique de la semoule.

Constituant biochimique	Pourcentage (%)
Eau	14.5
Amidon	75
Lipides	1 – 1.5
Protéine	11 – 13
Sucres simples	1 – 2
Matières minérales	0.8 - 1.1
Cellulose	0.20 – 4.5
Teneur en pigments caroténoïdes	4 -8

(Anonyme, 2005).

6-2- L'eau de fabrication

Dans une fabrique de pâtes alimentaires, l'eau à un double objectif :

- Elle sert à la fabrication de la pâte.
- Elle est utilisée dans les installations annexes (circuit de refroidissement des presses de production, la chaufferie, le lavage des moules et production de vide).

Il est indispensable en premier lieu que l'eau soit limpide, incolore et inodore. Elle doit être neutre et sa dureté ne dépassant pas 20°F. Les sels contenus dans cette eau interviennent de différentes façons :

- Les sels de chaux de sodium et de magnésium sous forme de carbonates ou bicarbonates, dont le caractère général est l'alcalinité, donnent lorsqu'ils sont en excès un produit friable de mauvais goût ainsi qu'une coloration foncée de la pâte.

- Les chlorures de sodium et de magnésium sont à éviter car ils peuvent provoquer des gerçures et un développement de moisissures. Ceci d'une part, d'autre part, l'excès de chlorure de magnésium risque de donner une certaine amertume.

- Les sels de fer ont tendance à obscurcir le produit.
- Les eaux chargées de matières organiques sont absolument néfastes en pastification, et leur taux ne doit pas dépasser 40 mg par litre.

En résumé, l'eau de fabrication ne doit pas laisser après évaporation, un résidu sec supérieur à 500 mg par litre, et ses composants ne doivent pas dépasser les limites suivantes.

Tableau n°6 : Constituants de l'eau de fabrication des pâtes alimentaires.

Constituants	Limite maximale
Carbonate de chaux et magnésium	180-200 mg/L
Sulfates	70-90
Silicate	25-30
Citrate- nitrate	2-10
Chlorures	5-10
Matière organique	10-40
pH optimum	6.6-6.9

(Source : Renaudin, 1951).

www.oxpdf.com

7- Importance des pâtes alimentaires

Au niveau mondial, les industries fromagères se sont imposées d'une manière stratégique dûment réfléchi. C'est pourquoi une analyse des perspectives du secteur des pâtes alimentaires à travers le monde, est indispensable pour évaluer les enjeux qui se profilent à l'avenir.

En effet, les pâtes alimentaires sont en train de s'imposer comme aliments de références dans le modèle de consommation mondial.

La production mondiale en pâtes alimentaires se chiffre actuellement à environ 13,1 millions de tonnes réparties comme suit :

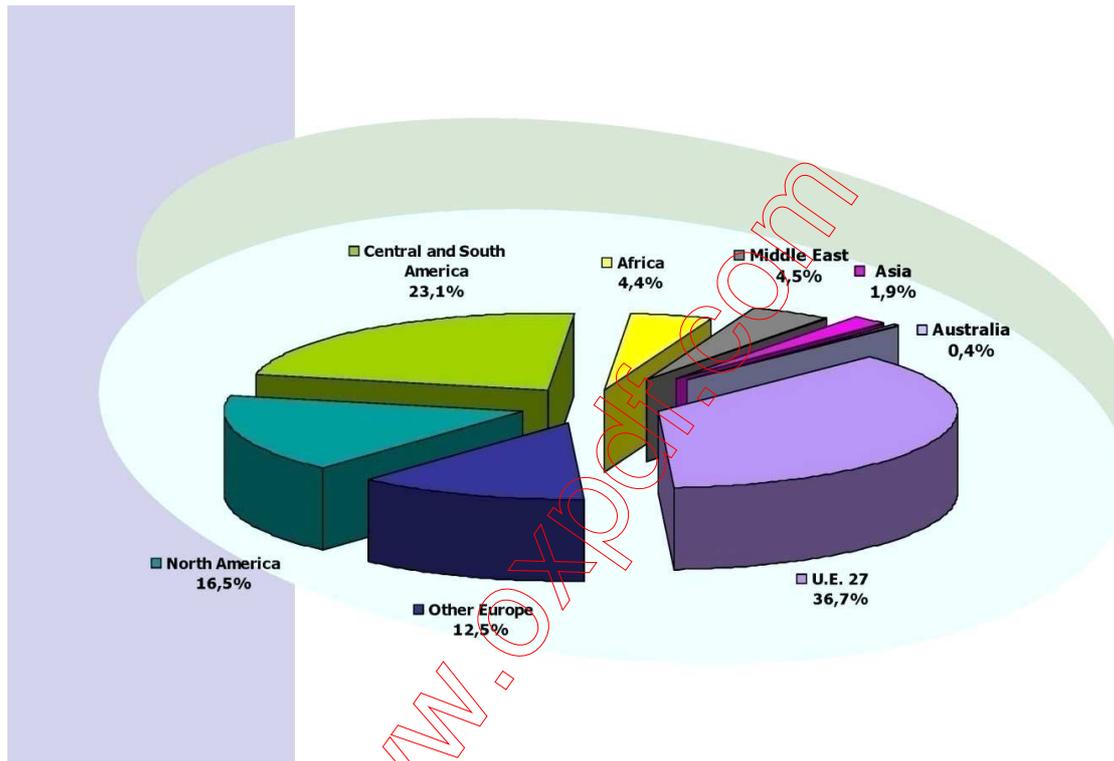


Figure n°2: Estimation de la production mondiale des pâtes alimentaires.

(Source Anonyme, 2011).

8- La consommation des pâtes alimentaires

8-1- Dans le monde

Les italiens sont les plus grands consommateurs de pâtes alimentaires dans le monde. D'autres pays consomment également des quantités importantes comme montre le tableau suivant :

Tableau n°7 : Consommation des pâtes alimentaires dans le monde
(kg/tête).

Italie	26.0	Slovaquie	5.0
Venezuela	13.0	Bolivie	4.8
Tunisie	11.9	Pays-Bas	4.4
Grèce	10.9	Lituanie	4.4
Suisse	10.4	Pologne	4.4
Suède	9.7	Lettonie	4.1
États-Unis	9.0	Rép. Dominicaine	4.0
Chili	8.8	Australie	4.0
Pérou	8.4	Israël	4.0
France	8.3	Equateur	3.9
Allemagne	8.0	Panama	3.8
Hongrie	7.9	Costa Rica	3.7
Argentine	7.4	Finlande	3.2
Australie	7.2	Colombie	3.0
Slovénie	7.0	Mexique	3.0
Iran	7.0	Roumanie	2.7
Portugal	6.6	Royaume-Uni	2.5
Canada	6.5	Guatemala	2.0
Brésil	6.4	Danemark	2.0
Turquie	6.1	Libye	2.0
Rép. Tchèque	6.0	Japon	1.7
Russie	6.0	Egypte	1.2
Belgique-Luxembourg	5.4	Irlande	1.0
Estonie	5.3		
Espagne	5.0		

(Source : Anonyme, 2011).

8-2- En Algérie

Selon la dernière enquête décennale (1988) (Anonyme 2000) sur les habitudes de consommation des algériens, il a été établi qu'en moyenne un algérien consommait un peu plus de cinq (5, 17) Kilogrammes de pâtes par an. Cette moyenne s'est vue multipliée par plus de deux entre 1967 et 1979. Ce niveau de consommation était assez proche de celui de la France (6,6 Kg) et un peu plus important que celui du Maroc (3,66 Kg), En termes de consommation hebdomadaire, 5,2 Kg par personne et par an

correspondant à 100g par personne et par semaine, soit, pour un ménage de taille moyenne, une consommation hebdomadaire de 700 grammes équivalente à un paquet et demi de pâtes (un paquet 250g). Donc, en termes de dépenses, cela représente près de 100 DA par semaine en pâtes.

Il faut remarquer que le phénomène de substitution partielle (alternance) des légumes par les pâtes s'expliquerait par le gel des prix des produits céréaliers à un niveau bas, donc à la portée de la majorité des bourses, face à des prix élevés des légumes. Il est à signaler que l'essentiel des pâtes alimentaires produites en Algérie est réalisé par le secteur public. Le reste de la production est assuré par le privé qui, faute de données détaillées, est difficile à cerner (Anonyme, 2000).

Tableau n° 8 : Evolution de la consommation de quelques céréales et dérivés (en kg).

Produits	1967		1968		1979/1980		1997/1998	
	Valeur	Proportion	Valeur	Proportion	Valeur	Proportion	Valeur	Proportion
Pain	20	14%	33,4	21%	39,7	26%	39,7	26%
Semoules, farine	131,4	63%	102,4	63%	100,7	67%	100,7	67%
Pâtes alimentaires	2,5	1%	5,5	3%	5,2	3%	5,2	3%
Blé, orge, maïs	46,7	22%	20,4	13%	4,6	3%	4,6	3%
Riz	-	-	1	1%	1,1	1%	1,1	1%
Total	209,06	100%	162,7	100%	151,4	100%	151,4	100%

(Belkaid, 2001).

9- Qualité des pâtes alimentaires

Les pâtes alimentaires doivent présenter une facilité de fabrication (malaxage, séchage etc.) qui est en relation avec la qualité et la quantité de gluten. Elles doivent également posséder une belle couleur ambrée, saveur et odeur agréables, fermes et ne collent pas après cuisson (Boudreau et al. 1992). Ce qui donne un aliment universellement apprécié et peu coûteux (Icard et al., 1997).

En plus de leurs propriétés technologiques favorables (simplicité de fabrication, excellente aptitude à la conservation, au transport et au stockage), les pâtes possèdent de bonnes qualités nutritionnelles et hygiéniques.

9-1- Qualité nutritionnelle

Sur le plan nutritionnel, les pâtes alimentaires sont considérées comme étant un aliment énergétique.

L'apport protéique est également loin d'être négligeable : 100g de pâtes alimentaires contiennent de 11,5 à 13g de protéines, mais ces dernières sont malheureusement déficientes en acides aminés essentiels, notamment en lysine. Il en est de même pour ce qui est des vitamines A et B qui font totalement défaut dans les pâtes alimentaires et les matières minérales dont la teneur est relativement basse, du fait que la plus grande part d'elles est concentré dans les parties périphériques (péricarpe, couche aleurone) et que celles-ci sont séparées des semoules durant la mouture (Feillet, 1977).

Pour ce qui est de l'apport calorique, les pâtes sont supérieures au pain, pommes de terre et à la viande. Cent grammes (100 g) de pâtes produisent 300 à 350 calories, alors que la même quantité de pommes de terre n'en produit que 100 calories, la viande de bœuf 200 calories et le pain 250 calories (Feillet, 2000).

Selon Woods et Snyder, le coefficient de digestibilité des pâtes est le suivant :

- Protéine : 86.80%.
- Matières grasses : 90%.
- Hydrates de carbone : 97.4%.
- Calories utilisées : 92.10%.

La ration journalière d'un homme doit fournir 3500 calories et comprendre les constituants suivants :

- 100 g de protéine.
- 0.70 g de calcium.
- 0.130 g de phosphore.
- 15 mg de fer.

Le tableau ci-dessous nous renseigne sur les quantités (en %) de protéine et de minéraux contenues dans quelques aliments :

Aliments	Protéine	Calcium	Magnésium	Potassium	Sodium
----------	----------	---------	-----------	-----------	--------

Macaroni	43.4	0.022	0.037	0.130	0.008
Pomme de terre	2.2	0.014	0.028	0.429	0.021
Pain	9.1	0.027	0.023	0.108	0.394
Riz	8.0	0.009	0.033	0.070	0.025
Farine	11.4	0.020	0.018	0.115	0.060
Gruau de maïs	9.2	0.018	0.084	0.213	0.039
Gruau d'avoine	16.1	0.069	0.110	0.344	0.062
Beurre	1.1	0.015	0.001	0.014	0.788
Œufs	11.9	0.067	0.011	0.140	0.143
Viande	14.7	0.012	0.024	0.338	0.084
Lait	3.3	0.120	0.012	0.143	0.051
Fromage	28.8	0.931	0.037	0.089	0.606

(Source : Feillet,

2000).

L'appréciation de la qualité nutritionnelle des pâtes alimentaires dépend de leur composition biochimique qui doit tenir compte des éléments suivants :

- Une assiette bien remplie de pâtes cuites est l'équivalent de 60 à 70g de pâtes crues.

- Au cours de la cuisson, les pâtes absorbent près de deux fois leur poids d'eau et perdent de 6 à 10% de matière sèche dans les eaux de cuisson.

- Les pâtes alimentaires sont rarement consommées nature, on y ajoute souvent des matières grasses (beurre) et parfois du fromage et de la viande hachée.

- Dans certain pays, les pâtes aux œufs sont les plus consommées. Elles peuvent contenir cinq ou six œufs par kilogramme de semoule, ce qui modifie profondément leur valeur nutritionnelle (Feillet, 2000).

Suspectées d'être très caloriques et de faire grossir, les pâtes alimentaires ont souvent été bannies de nos assiettes, pourtant pauvres en graisses et riches en glucides complexes du type amidon et en protéines végétales, elles s'intègrent parfaitement dans une alimentation équilibrée, comme on peut le constater dans le tableau suivant :

Tableau n°9 : Composition des pâtes alimentaires issues du blé dur.

Nutriments (100g/ms)	Pâtes qualité supérieure	
	Crues	Cuites
Eau (%)	12,5	69
Energie (Kcal)	360	125
Protéines (g)	11,5	4
Glucides (g)	74	26
Lipides (g)	1,5	0,5
Calcium (mg)	20	7
Fer (mg)	1,5	0,5
Thiamine (mg)	0,15	0,05
Riboflavine (mg)	0,09	0,03
Acide nicotinique (mg)	1,5	0,05
Vitamines A (U,I)	0	0

(Fredot, 2006).

9-2- Qualité hygiénique

La qualité hygiénique des pâtes alimentaires, considérée comme excellente, ne pose pas de problème particulier, bien qu'en raison de la composition des semoules et des conditions de fabrications des pâtes, le séchage notamment, les micro-organismes ne trouvent pas de lieu favorable à leur développement (Feillet, 1977).

Généralement, seules les bactéries saprophytes, dont la présence ne constitue aucun danger, se développent (Cueno et al., 1974).

En fait, et compte tenu de l'élimination des parties périphériques du grain lors de la fabrication des semoules, ce risque est très minime. Il en va de même des résidus de pesticides. Enfin, des contaminations d'origine animale (poils de rongeurs, débris d'insecte etc.) présents dans les semoules, peuvent se retrouver dans les pâtes (Salvioni, 1975).

Les bons résultats ne s'obtiennent qu'en observant, durant la fabrication, des règles strictes d'hygiène et ce, pour diminuer les risques de contamination microbiennes.

Le risque le plus important d'altération des qualités hygiéniques des pâtes alimentaires existe dans les pâtes aux œufs en raison de leur possible contamination par *salmonelles* (Feillet, 2000)

La qualité microbienne des pâtes alimentaires ne se suscite pas de difficulté. Cependant, la possibilité de contamination ne doit pas être sous-estimée. Il existe un risque non négligeable de présence de salmonelles et de staphylocoques, notamment dans les pâtes aux œufs, même si ces derniers sont ajoutés à l'état poudre. La présence de mycotoxines et de résidus de produits phytosanitaires peut

être une autre source de toxicité. Le contrôle rigoureux de la qualité du blé sur le marché et à l'entrée de la semoulerie élimine ce risque (Boudreau et Menard, 1992).

9-3- Qualité organoleptique

Les qualités organoleptiques des pâtes alimentaires concernent non seulement leur aspect à l'état cru mais aussi leur comportement durant et après la cuisson (Abecassis et *al.*, 1993).

Quatre groupes caractéristiques déterminent l'aspect des pâtes alimentaires : les gerçures, les piqûres, la texture superficielle et la coloration.

- **Les gerçures**

C'est un accident de fabrication qui se produit sous l'effet de tensions internes qui se manifestent lorsque le séchage a été mal conduit. Ces gerçures se traduisent par l'apparition des fêlures dans les pâtes sèches.

- b- **Les piqûres**

Il existe trois types de piqûres dont chacun a une origine spécifique.

- **Blanches** : sous forme de points ou de traînées, elles proviennent de mauvaises conditions de pastification (mauvaise hydratation, extrusion et malaxage mal conduits)
- **Brunes** : ce sont les particules de son non éliminées au cours de la mouture (mauvais conditionnement, taux d'extraction élevé).
- **Noires** : elles peuvent provenir du blé ergoté, mouchetés, non éliminés au cours du nettoyage.
- **La texture superficielle**

Lisse et rugueuse, la texture superficielle des pâtes alimentaires dépend de la nature des moules utilisés : les moules en téflon confèrent aux pâtes un aspect lisse et brillant, les moules en bronze favorisent le développement d'une surface rugueuse et hétérogène.

- **La coloration :**

La couleur est un facteur important de la qualité, elle est influencée par les caractéristiques agronomiques, biochimiques et technologiques des blés mis en œuvre (Laignelet et *al.*, 1921).

Une pâte alimentaire doit être de couleur claire et de couleur jaune ambrée.

On peut considérer que la coloration est la somme d'une composante jaune que l'on souhaite élevée et d'une composante brune ou gris qui doit être faible.

La coloration peut être améliorée en agissant soit au niveau de la mouture

(réduction de la contamination des semoules par des parties périphériques du grain), soit par la sélection de nouvelles variétés riche en pigments et possédant de faible activité enzymatique ou bien par l'utilisation de traitements thermiques de hautes températures appliqués au début du séchage (lorsque l'humidité de l'air est élevée) (Abicassis,1990).

9-4- Qualité culinaire

La cuisson d'une pâte alimentaire répond à un triple but :

- Gélatinisation de l'amidon pour le rendre digestible et assimilable.
- Modifier la texture des pâtes de manière à leur conférer les caractéristiques souhaitées par le consommateur.
- Amener les produits à la température désirée.

La qualité culinaire rend compte du comportement de la pâte pendant et après la cuisson.

(Icard et al ; 1997)

Son évaluation peut se faire à travers l'examen des paramètres suivants :

***Le temps minimal, optimal et maximal de cuisson**

Ils correspondent respectivement au temps à partir duquel l'amidon est gélatinisé, le temps nécessaire pour donner à la pâte la texture souhaitée et le temps au-delà les produits se dégradent dans l'eau de cuisson.

***Gonflement ou absorption d'eau pendant la cuisson**

Le gonflement déterminé par la mesure de poids des pâtes avant et après cuisson.

***La texture de produits cuits**

Elle rend compte de la fermeté et de la masticabilité des pâtes après cuisson, que l'on peut déterminer par des mesures à caractère rhéologique (fermeté, viscoélasticité etc.).

***L'état de surface ou de désintégration des produits cuits**

L'état de surface dépend du degré d'adhésion des bris entre eux (notion de collant) et l'aspect plus ou moins lisse des produits cuits (notion de délitescence).

*** Les pertes à la cuisson**

Elles sont déterminées par la quantité de matières organiques entraînées dans l'eau

de cuisson.

***Arôme et goût**

Arôme et goût peuvent dépendre en partie des conditions de séchage.

Tableau n°10 : Paramètres de la qualité organoleptique des pâtes alimentaires, origine possible des différences observées.

Paramètres de la qualité	Nature du caractère	Origine des défauts ou qualités			
		Production	Mouture	Pastification	Cuisson

www.oxpdf.com

<p>1-Aspect des pâtes</p> <ul style="list-style-type: none"> -Gerçure -Piqures blanches -Piqures brunes -Piqûres noires <p>-Aspect extérieur</p> <p>Lisse</p> <p>Coloration jaune</p>	<p>Défaut</p> <p>Défaut</p> <p>Défaut</p> <p>Défaut</p> <p>Qualité</p> <p>Qualité</p>	<p>Grains échaudés</p> <p>Grains mouchetés</p> <p>Ergot</p> <p>Riche en caroténoïdes</p> <p>Faible activité lipoxygénasique</p>	<p>Mauvaise purification des semoules</p> <p>Elimination des germes</p>	<p>Séchage mal conduit.</p> <p>Hydratation et malaxage insuffisant</p> <p>Moule téflon</p> <p>Malaxage et extrusion sous vide</p> <p>Séchage rapide</p> <p>Ajout d'œufs (jaune)</p>	
<p>Coloration brune</p>	<p>Défaut</p>	<p>Forte activité peroxydasique</p>	<p>Taux d'extraction élevé (couche d'aleurone dans les semoules)</p>	<p>Séchage à température élevé</p>	
<p>2- comportement à la cuisson</p> <p>-Coloration</p> <p>Fermeté, résistance à la désintégration, absence de collant, faible pertes a la cuisson</p>	<p>Qualité</p>	<p>Teneur en protéines élevé (grains vitreux)</p> <p>Bonne qualité de gluten</p>	<p>Incorporatio n des parties périphérique s de l'albumen dans les semoules</p>	<p>Traitement mécaniques modérés</p> <p>Séchage a haut température</p>	<p>Nature de l'eau de cuisson</p> <p>Temps de cuisson</p> <p>Nature de l'eau de cuisson</p>

(Abecassis, 1991).

L'objectif du travail

Le travail présenté dans ce mémoire intitulé « Etude comparative entre pâtes alimentaires fabriquées à base de blé tendre et de blé dur » a été réalisé durant un stage pratique effectué du 01 Février 2013 au 04 Juin 2013, au niveau du laboratoire de la Société à Responsabilité Limitée (Sarl) SOPI, sise à Guerrouaou (Wilaya de Blida). Créée en 2002, la Société emploie actuellement 7581 travailleurs.

Pays producteur de blé tendre, ne satisfaisant pratiquement que 40% environ du marché national en blé dur, l'Algérie a opté pour l'importation comme solution pour couvrir les besoins de la demande.

Partant de cela, ce mémoire propose des solutions pour y remédier à cette situation. Ces propositions s'inscrivent dans le cadre économique et nutritionnel.

- Aspect économique

A l'instar des pays de l'Amérique latine (Pérou etc.) où les pâtes alimentaires sont fabriquées à partir des récoltes dominantes (millet, seigle etc.), le recours aux procédés de coupage « blé tendre + blé dur » diminuera certainement la facture des importations du blé dur.

- Aspect nutritionnel

S'agissant de deux espèces différentes, avec ces coupages la valeur nutritionnelle est améliorée.

10- Les analyses qualitatives physico-chimiques effectuées sur le blé dur

10-1- Dosage de la teneur en eau

La teneur en eau est la perte de masse, exprimée en pourcentage, subie par le produit dans les conditions dans la présente méthode utilisé.

- **Méthode utilisée**

La détermination de la teneur en eau est effectuée à partir d'une méthode normalisée portant la référence NA 1.1.32.1990 (**Voir annexe 06**).

- Méthode utilisée

La méthode utilise est celle portant la référence NA.733.1991 (Voir annexe 07)

10-2- Dosage des protéines

La teneur en protéines est un critère important d'appréciation de la qualité aussi bien pour l'alimentaire d'un produit que pour l'alimentation humaine.

- Méthode utilisée

La détermination de la teneur en protéines est définie par la norme NA.1.1.85.1990

(Voir annexe 08).

10-3- Détermination des cendres

- Méthode utilisée

La détermination des cendres est réalisée selon la norme NA.733.1991. (Voir annexe 07)

10-4- Détermination du taux d'affleurement ou granulométrie

La granulométrie des semoules est une sorte de classement dimensionnel des particules selon leur taille en utilisant un plansichter avec les tamis mobiles dont les ouvertures des mailles sont respectivement les suivants (du haut en bas) 1120 μ m, 710 μ m, 500 μ m, 355 μ m, 250 μ m, 180 μ m, 140 μ m.

- Méthode utilisée

Détermination du taux d'affleurement est réalisée selon la norme NFV.03.71 juin 1994 (Voir annexe 09).

10-5- Détermination du gluten

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

- Méthode utilisée

La détermination du gluten est réalisée selon la norme NF.1.1.24. ISO 5531.

(Voir annexe1)

10-6- activité amyloлитique

- Méthode utilisée

La Détermination de l'activité amyloлитique par le temps de chute de hagberg NA 1176 /90 (Voir annexe).

Les résultats obtenus de la caractérisation des échantillons des pâtes alimentaires ainsi que leurs matières premières (semoule et farine), sont présentés dans l'ordre suivant :

- **Qualité organoleptique**

11-1-Qualité organoleptique des matières premières (avant cuisson)

a- Semoule

De couleur jaune claire, avec une granulométrie homogène ne présentant pas de particules de sons, ne dégageant aucune odeur désagréable et non acide.

b- Farine

Blanche avec un taux d'extraction de l'ordre de 75%, sans odeur désagréable et sans particules de sons.

11-2- Qualité organoleptique des échantillons (pâtes alimentaires)

a- Pâtes alimentaires à base de semoule (100%)

Nettes de forme, régulières, lisses, sans piqûres noires et de couleur jaune ambré. L'odeur est franche, saine, rappelant celle de la semoule, non acide, avec une saveur agréable.

b- Pâtes alimentaires 100% farine

Couleur blanche, ne contenant pas de piqûres, uniformes, avec une odeur agréable et non acide.

c- Pâtes alimentaires 75% semoule 25% farine

Puisqu'on a ajouté 25% de farine, les pâtes alimentaires 75%S 25%F présentent une

couleur plus claire (jaune citron clair) que celle des pâtes à 100% semoule (jaune ambré), un aspect lisse non rugueux, absence de taches, une odeur agréable et non acide.

d- Pâtes alimentaires 75% farine 25% semoule

Couleur semblable à celle des pâtes fabriquées à partir de farine (blanchâtre) avec un aspect lisse non rugueux, non acide et une odeur agréable.

e- Pâtes alimentaires 50% semoule 50% farine

Elles sont de couleur jaune clair, sans piqûres, une odeur agréable, non acide, rugueuse et non lisse.

11-3-Qualité organoleptique des pâtes alimentaires (après cuisson)

a- Pâtes alimentaires 100% semoule

Gardant toujours leurs formes, de couleur blanche, avec un aspect lisse et brillant sans piqûres, non acide et une odeur agréable, non collante.

b- Pâtes alimentaires 100% farine

D'un premier vu elle sans blanche avec un aspect collant, rugueux, non lisses, possédant une odeur agréable et non acide, ne présentant pas de piqûres.

c-Pâtes alimentaires 75% semoule 25% farine

De couleur blanche avec un aspect lisse, non rugueux, et brillant non collante avec une odeur non acide et un goût agréable.

d-Pâtes alimentaires 75% farine 25% semoule

De couleur blanc cassé, moins collantes que les pâtes à base de farine, non lisses, rugueuses et collantes, ne présentant ni piqûres, ni odeur et un goût agréable.

e- Pâtes alimentaires 50% semoule 50% farine

Blanches de couleur, collantes, avec un aspect lisse, non rugueuses, non acide et sans odeur désagréable.

Tableau n°11 : La granulométrie de la semoule:

ETAPES	CRITERES	1	2	3	4	5
<u>VISUELLE</u>						
Couleur	-Jaune ambré	X				
	-Jaune claire				X	
Aspect	-Blanc pâle					X
	-Autre					X
	-Lisse	X			X	
	-Rugueuse		X	X		X
	-Autre					
<u>OLFACTIVE</u>						
Odeur	-Semoule	X			X	
	-normale					X
	-pas d'odeur		X	X		
	-Autre					

<u>GUSTATIVE</u>							
Goût	-Saveur amère						
	-Saveur des pâtes	X	X	X	X	X	X
Acidité	-Non acide	X	X	X	X	X	X
	-Acide						
	-Autre						

1: Pâtes alimentaires 100% semoule.

2: Pâtes alimentaires 100% farine.

3: Pâtes alimentaires 25% semoule 75% farine.

4: Pâtes alimentaires 75% semoule 25% farine.

5: Pâtes alimentaires 50% semoule 50% farine.

12-Résultats de la caractérisation physico-chimique des échantillons

12-1-Caractérisation physique

La caractérisation physique des pâtes alimentaires sont présentées par la teneur en eau, le taux de cendres, les protéines etc.

a- La granulométrie des particules

L'analyse granulométrique permet de caractériser la répartition en taille et en pourcentage des particules qui composent une semoule, ainsi, elle peut influencer la vitesse d'hydratation de la semoule. En effet, plus une semoule est fine, plus elle est riche en amidon endommagé, ce qui entraîne une absorption élevée en eau, favorisant la formation de gros grumeaux nécessitant un recyclage (Sentor, 1983 et Matsuo, 1988).

Tableau n°12 : La granulométrie de la semoule.

Diamètres des tamis (µm)	710	630	500	450	350	250	160	<160
Poids (g)	0	0	0	1	24	46	24	5

Les tests de granulométrie effectués sont tous acceptables vu que le taux d'extraction est inférieur à 10% du total. La somme de refus des tamis de granulation comprise entre 710 μ m et 450 μ m étant supérieurs à 70%, nous pouvons déduire ainsi que les semoules extra (SE) analysées sont relativement homogènes, et répondent à la granulométrie exigée pour la pastification.(pâte longue).

Tableau n°13 : Taux d'affleurement.

Diamètres des tamis (μ m)	7	8	10	11	fond
Poids (g)	0	10.6	6	6	69

Figure :

- **La teneur en eau**

La teneur en eau dans la semoule est un paramètre important qui doit-être, selon la norme codex standard (199-1995), inférieur à 14,50% pour que cette dernière soit convenablement conservée, elle peut aussi se situer entre 12 à 13 % selon Vierling (2008) .

La teneur en eau revêt une grande importance dans l'industrie alimentaires car elle est indispensable pour donner aux aliments la texture requise et permettre les réactions biochimiques qui président à leur transformation. Les enzymes présentes naturellement dans les aliments ou ceux d'origine microbienne sont impliqués dans de

nombreuses biotransformations et ne peuvent agir que si une certaine quantité d'eau est disponible, cette exigence en eau conditionne en particulier les fermentations mais aussi la plupart des dégradations du produit de la récolte à sa consommation (Grosclaude, 1999).

En effet, plus le taux d'humidité est élevé dans le grain, plus les conditions sont favorables au développement fongique.

L'humidité engendre des fermentations et développe des moisissures responsables de modifications organoleptiques (odeur et goût du moisi) (Belyagoubi, 2006). La couche externe du grain de blé peut porter plusieurs milliers de spores de champignon et bactéries qui sont inactifs à des faibles niveaux d'humidité (Whitesides, 1995).

Pour la farine, qui n'est autre que le produit de mouture des grains de céréales, la teneur en eau doit se situer aux alentours de 15,5% pour l'obtention d'une bonne conservation (Chene, 2001) et (Reval, 2005), mais elle peut atteindre les 16% selon le journal officiel des communautés européennes (2008)

Boughazi (1990), considère que la détermination de la teneur en eau est importante puisqu'elle conditionne, d'une part la précision des divers résultats analytiques rapportés à la matière sèche, et d'autre part, la mise en œuvre des tests technologiques tels l'essai à l'alvéographe et celui de la panification.

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau ci-après :

Tableau n°14: Taux d'humidité de la matière première.

Humidité				
Matière première	Premier essai	Deuxième essai	Moyenne	Norme
Semoule	14.90%	14.91%	14.90%	<14.5%
Farine	14.00%	14.07%	14.03%	<15.5%

La teneur en eau de l'échantillon étudié de la semoule est au-dessus de la valeur limite fixée par le codex standard. Cette légère augmentation est due probablement à une faute liée à la manipulation.

Pour la farine, les résultats obtenus sont conformes à la norme. Cependant, signalons au passage que Calvel (1984) fixe cette teneur en eau entre 14 et 16%. La faible teneur en eau peut-être expliquée, soit par l'évaporation excessive de l'eau lors de la mouture, soit par une insuffisance de la durée de repos ou un mouillage non homogène.

Tableau n°15 : Taux d'humidité du produit fini.

Humidité				
	Premier essai	Deuxième essai	Moyenne	Norme
100%S	14.17%	14.35%	14.26%	< 12.5%
100%F	13.95%	13.62%	13.78%	
75%S 25%F	13.79%	13.78%	13.78%	
25%S 75%F	13.80%	14.11%	13.95%	
50%S 50%F	14.19%	13.76%	13.97%	

D'après Kent et Evers (1994), les teneurs en eau des pâtes alimentaires sèches ne doivent pas excéder les 12,5%. En-dessous de ce seuil, les pâtes peuvent-être conservées sans risque d'altération par les moisissures ou les microorganismes.

Les pâtes ayant servies à « l'expérience » ont été confectionnées manuellement, c'est pourquoi, les teneurs obtenues sont supérieures à la norme (destinée à la fabrication industrielle).

- **La teneur en cendres**

La pureté de la semoule est appréciée indirectement par le taux de cendres. Ce taux représente la quantité totale des matières minérales présentes dans un échantillon (exprimé en % par rapport à la matière sèche). Autrement dit, le taux de cendres est le moyen utilisé pour caractériser le degré de pureté et connaître la teneur en matière sèche du blé et de ses dérivés (Feillet, 2000).

Le taux de sels minéraux de la farine et de la semoule de blé est fonction du degré de la minéralisation du grain, mais surtout des paramètres du conditionnement et du diagramme de mouture (taux d'extraction), mis en oeuvre par le meunier ou le semoulier (Boudreau, 1992).

En matière de réglementation, la norme algérienne fixe un intervalle se situant entre 0,60 0,75% pour la farine, et une valeur maximale de 1% pour la semoule (JORA, 2007).

Pour Artemis (2007) la teneur en cendre varie entre 0.50 à 0.60 % c'est-à-dire un taux d'extraction de 75 %

Pour Feillet (2000), la teneur en cendres des pâtes alimentaires ne doit pas excéder 1%.

Les résultats obtenus se présentent comme suit :

Tableau n°16 : Taux de cendres.

Taux de cendres				
	1 ^{er} essai	2 ^{ème} essai	moyenne	normes
Semoule	0.96%	0.98%	0.97%	< 1%
Farine	0.63%	0.59%	0.61%	< 0.72%
25% f 75% s	1.04%	1.16%	1.1%	1%
75% f 25% s	1.16%	1.20%	1.18%	
50% f 50% s	0.96%	1.18%	1.07%	
100% farine	1.10%	0.82%	0.81%	
100% semoule	1.11%	1.17%	1.14%	

Ainsi, sur ce tableau, les taux de cendres obtenus sont globalement conformes aux normes pour les matières premières (semoule et farine) et les produits finis (pâtes alimentaires) et ce, quelque soit le taux d'incorporation de la farine.

- **La teneur en protéines**

La connaissance de la teneur en protéines associée à celle de la variété du blé donne

une bonne information sur la capacité technologique de la farine (Chene, 2001).

Tableau n°17 : Taux de protéines de la matière première.

Taux de protéines		
Matière première	Résultats de l'essai	Norme
Semoule	11.7	> 11%
Farine	11.3	
	46	

En se référant à la réglementation algérienne qui fixe la valeur minimale d'intervention à 11%, les teneurs en protéines obtenues des semoules sont conformes à la norme. Lorsque la teneur en protéines est inférieure à 11%, la qualité plastique des pâtes alimentaires peut-être influencée.

Tableau n°18 : Taux de protéines des échantillons (pâtes alimentaires).

Taux de protéines		
	Premier essai	Norme
100%S	12.4	11.5-13%
100%F	12.3	
75%S 25%F	11.9	
25%S 75%F	12	
50%S 50%F	12	

D'après Feillet (2000), les pâtes alimentaires peuvent contenir entre 11,5 et 13% de protéines.

Les teneurs en protéines des pâtes présentées dans le tableau, ont des valeurs conformes aux normes.

- **Le taux de gluten**

Une très grande partie des propriétés technologiques de la pâte peut-être associée au gluten formé principalement des gliadines et gluténines. Plusieurs auteurs ont mis l'accent sur la composition du gluten, qui est un facteur déterminant la force d'une farine.

La quantité et la qualité du gluten sont responsables des propriétés viscoélastiques de

la pâte (extensibilité et élasticité).

Egidio et *al.* (1997), précisent que les semoules ayant des teneurs entre 11 et 13% de gluten sec, une teneur de gluten humide inférieure à 100%, et un coefficient

d'hydratation entre 50 et 70%, peuvent fournir un produit fini de bonne qualité.

Tableau n° 19 : Teneur en gluten sec.

Matières premières	Teneur en gluten sec (%)	Norme
Semoule	11,94	11-13
Farine	10	8,5-10,5

Tableau n° 20 : Teneur en gluten humide.

Matières premières	Teneur en gluten humide (%)	Norme
Semoule	29,99	<100
Farine	24,80	

Tableau n° 21 : Teneur en gluten index.

Matières première	Teneur en gluten index (%)	Norme NF ISO N° 155 et N° 158
Semoule	81,36	50-80
Farine	64,17	

Selon Mariche. (2000), le gluten de force doit avoir un taux supérieur à 66% car la force de gluten est proportionnelle avec le gluten index, d'où l'indice de gluten est une mesure pour la qualité de gluten. Il est exprimé en tant que pourcentage de gluten qui ne passe pas à travers un tamis définit lors d'une opération normalisée de centrifugation, un indice de gluten élevé indique un gluten résistant et de bonne

qualité.

D'après les résultats obtenus ci-dessus, il apparaît clairement que les teneurs des trois glutens (sec, humide et gluten index) sont conformes aux normes.

- **Alvéographe de Chopin**

Le test à l'Alvéographe Chopin permet de prédire la qualité boulangère d'une farine. Il présente un intérêt apprécié par les professionnels de la seconde transformation, du fait qu'il rend compte par le biais de différents paramètres paléographiques mesurés, de l'aptitude de la farine à être travaillée en fonction de sa force pour une finalité précise (Berland et., *al*).

Tableau n°22: Résultats de l'Alvéographe.

Matière première	w
farine	220

- **Le temps de chute**

L'indice de chute est un indicateur de l'activité alpha-amylasique qui rend compte du degré de l'hydrolyse de l'amidon en sucre simple fermentescible.

Pour Godon, une activité enzymatique optimale correspond à un indice de chute compris entre 200 et 300 secondes est optimale.

Matière première	Indice de chute
farine	245

D'après la norme algérienne qui fixe la force des pâtes (w) pour la farine de blé tendre est entre 180-280 (Jora, 1992).

Selon le tableau on remarque que la force de lever de la pâte est conforme à la norme.

- **Analyses technologiques**

- **Test de cuisson**

Tableau n°23: Test de cuisson.

Caractéristiques	Pâtes 100% S	Pâtes 100%F	75%S 25% F	25%S 75% F	50%S 50%F
La durée minimale de cuisson	14 mn	9 mn	8 mn	9 mn	8 mn
Poids avant cuisson	100 g	100 g	100 g	100 g	100 g
Poids après cuisson	333.33 g	265.5 g	285 g	243.65 g	250.1 g
Le volume d'eau absorbé	340 ml	266 ml	294 ml	251 ml	240 ml
Aspect de l'eau	Peu trouble	trouble	Peu trouble	Peu trouble	trouble
Couleur de l'eau de cuisson	Jaune citron	Laiteux	Jaune citron claire	blanc	blanc

b- Evaluation de la qualité culinaire des pâtes alimentaires

La qualité culinaire est une notion difficile à appréhender, certains l'assimilent à l'aptitude des pâtes alimentaires à résister à la désintégration et à conserver un degré satisfaisant de fermeté après cuisson prolongée, d'autres y intègrent la tendance à

coller, la capacité d'absorption d'eau, la faculté de résister à la cuisson et à la sur cuisson et à donner des produits d'un bon goût et d'un bel aspect (Feillet, 1986).

c- Temps de cuisson

En se référant au tableau, on constate qu'il y a une corrélation positive entre la teneur en protéines totales et le temps de cuisson. En effet, selon Lorenz et *al.* (1972), plus la teneur en protéines n'est élevée, plus le temps que met l'eau pour traverser la trame protéique pour gélatiniser l'amidon est long.

- Le temps de cuisson des pâtes à 100% semoule est de 14mn.
- Une diminution du temps de cuisson pour les pâtes à 100% farine avec 9mn et pour les

autres échantillons.

Ces résultats indiquent que l'incorporation de la farine dans la fabrication des pâtes alimentaires diminue le temps de cuisson de ces pâtes, car la farine demande un temps de cuisson moins long par rapport à celui de la semoule de blé dur.

d- Perte de cuisson

La perte de cuisson est le paramètre le plus important dont il faut tenir compte car il détermine la tenue des pâtes, et grâce à cette analyse, on détermine les pertes de substances dans l'eau de cuisson, qui doit rester aussi limpide que possible.

D'après Abecassis. (1991), la perte à la cuisson renseigne sur le degré de désintégration des pâtes à la sur cuisson, qu'Okandza. (2000), explique par une dénaturation des protéines (rupture des liaisons des sulfures, hydrogènes, hydrophobes et ioniques sous l'action de la température) qui précède la gélatinisation de l'amidon et qui se traduit par un relâchement du réseau protéique laissant diffuser l'amylose solubilisé hors des grains.

e- Gonflement des pâtes

Le gonflement rend compte de l'aptitude de la pâte à retenir plus ou moins l'eau. Ce paramètre influe directement sur le poids des pâtes cuites.

Les résultats du tableau n° confirment ceux d'Adams (1987), selon lesquels « les pâtes dont les temps de cuisson sont élevés présentent des capacités de rétention d'eau plus faible ».

IV.4.Résultats et interprétation des analyses microbiologiques

Tableau 24 : Les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur la semoule.

Les matières analysées	Moisissures	Clostridium Sulfito-Réducteur
Semoule	8	absence
Farine	10	absence
Pâtes alimentaires	17	absence

Norme Algériennes	≤100 germe/ml	≤100 germe/ml
-------------------	---------------	---------------

Les résultats montrent l'absence totale de C.S.R dans la semoule, et indiquent la présence de quelques colonies de moisissures avec une quantité négligeable. Ces résultats impliquent que la semoule présente une qualité microbiologique acceptable et conforme aux dispositions réglementaires en vigueur.

Annexe N°1 : Détermination de l'humidité des grains (norme Algérienne 1132.1990, ISO 712).

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

La teneur en eau des grains doit atteindre 16.5% pour cela, le calcul de l'humidité sur grain est nécessaire, ensuite le volume d'eau distillée à rajouter est calculé avec la formule suivante :

$$\text{Volume d'eau distillée à rajouter} = (16.5 - H \%) \times (1.2 \times 10)$$

- **Mode opératoire**

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

- Peser 5g de grains broyés avec un broyeur Buhler et les verser dans la capsule métallique.
- Introduire la capsule ouverte contenant la prise d'essai, et le couvercle dans l'étuve pendant 2h à une température comprise entre 130 et 133°C.

- En opérant rapidement retirer la capsule de l'étuve, la couvrir et la placer dans le dessiccateur.
- Laisser refroidir la capsule durant 30min, la peser à 1mg près dans une balance analytique.

- **Expression des résultats**

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

Où :

M0 : masse en gramme de la capsule et de son couvercle vide.

M1 : masse en gramme de la capsule et de son couvercle avec la prise d'essai avant séchage.

M2 : masse en gramme de la capsule et de son couvercle avec la prise d'essai après séchage.

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

Annexe N°2 : Détermination des cendres, méthodes par incinération à 900°C (Norme Algérienne. 733. 1991.E, ISO 2171).

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

- **Principe**

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

- **Réactifs et produits**

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

- **Appareillage**

- Broyeur.
- Nacelles à incinération, en matériaux non attaquable dans les conditions de l'essai, d'au moins 20 ml de capacité.
- Four électrique, la température d'incinération est réglable à la température de $900 \pm 25^\circ \text{C}$.
- Appareil de refroidissement ne permettant pas de reprise d'humidité, par exemple dessiccateur garni d'un agent déshydratant efficace.
- Plaque unie thermorésistante (amiante).
- Balance analytique.

- **Échantillonnage**

Peser rapidement une quantité de substance d'environ 2 g dans la capsule tarée, couvercle compris à 1 mg près.

- **Mode opératoire**

Préparation des nacelles à incinération :

Chauffé durant 10 mn les nacelles dans le four réglé à $900 \pm 25^\circ \text{C}$.

- Détermination de la teneur en cendre :

Effectuer immédiatement la teneur en eau conformément à la norme ISO 712.

- **Préparation pour incinération**

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

- **Prés incinération**

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

- **Incinération**

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

- **Nombre de déterminations**

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

- **Expression des résultats**

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

Où :

- m_0 est la masse en gramme, de la prise d'essai.
- m_1 est la masse en gramme, du résidu.
- H est la teneur en eau, exprimée en pourcentage en masse, de l'échantillon pour essai.

Prendre comme résultats la moyenne arithmétique des deux déterminations.

Exprimer le résultat à 0.01 % près.

Annexe N°3 : Dosage d'azote total avec minéralisation selon la méthode Kjeldhal (Norme Algérienne.1158.1990, ISO 1871).

La teneur en protéines est calculée à partir de la teneur en azote multipliée

par le coefficient 5.7 et rapporté à la matière sèche.

La teneur en protéine, par son intérêt technologique et nutritionnel est un élément de la valeur d'utilisation du blé.

- **Principe**

Le principe consiste en la minéralisation ou la pyrolyse de la matière organique contenue dans le produit. L'azote organique est transformé en azote minérale sous forme ammoniacal sous l'action oxydative de l'acide sulfurique bouillant sur la matière organique et en présence d'un catalyseur. L'azote se trouve à l'état de sulfate d'ammonium $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, un excès de lessive de soude neutralise l'acide sulfurique et libère l'ammoniac (NH_3) qui est entraîné par la vapeur au cours de la distillation et il peut être titré en présence d'un indicateur coloré.

- **Appareillage**

- Balance De Précision A 0.01g Prés.
- Broyeur
- Burette De Précision
- Matras Kjeldahl De 500ml
- Erlenmeyers De 150 MI Et 250 MI
- Appareil de distillation.
- Dispositif De Chauffage Permettant L'inclinaison Du Matras Durant L'opération (Bloc Chauffant).
- Dispositif d'aspiration Pour les vapeurs d'acides libérés pendant l'attaque.

- **Réactifs :**

- catalyseur (100 g de sulfate de potassium (K_2SO_4) + 10 g de sulfate de cuivre (Cu SO_4) +De sélénium).

- Acide sulfurique (H_2SO_4) concentré $d = 1.84$ à 20 c°
- Hydroxyde de sodium (NaOH) à 33 %, $d=1.33$ à 20 c° (dissoudre 330 g de soude dans un litre d'eau).
- Eau distillée.
- Indicateur coloré : 0.125g de rouge de méthyle + 0.1875 g de vert de bromocrésol + 20g d'acide borique (H_3BO_3) + 250ml d'éthanol à 95 %.
- **Mode opératoire**

1. Minéralisation

Opérer sur une prise d'essai de 1g de substance (selon l'importance de l'azote dans l'échantillon) l'introduire dans un matras de 250ml tout en évitant que les particules n'adhèrent à la paroi, ajouter 2g de catalyseur et 20ml d'acide sulfurique concentré à 95%. Porter le matras sur le support d'attaque de type Buchi et poursuivre le chauffage jusqu'à décoloration du liquide ou l'obtention d'une coloration verte stable limpide pendant environ 2 heures. Laisser refroidir durant 30 min puis ajouter peu à peu ; avec précaution 100ml d'eau distillée en agitant et en refroidissant sous un courant d'eau pour dissoudre complètement les sulfates.

2. Distillation

Transvaser 20ml du contenu dans le matras de l'appareil distillateur de type Buchi, recueillir le distillat dans un bécher contenant 20ml de l'indicateur coloré. Verser lentement dans le matras de l'appareil distillateur, 20ml de lessive de soude ($d=1.33$), mettre l'appareil en position de marche, laisser l'attaque se faire jusqu' à l'obtention d'un volume de distillat de 100ml au moins, titrer en retour par l'acide sulfurique N/20 jusqu'à l'obtention de la couleur initiale de l'indicateur coloré.

- **Expression des résultats**

La teneur en matière azotée totale exprimée en pourcentage de matière sèche est donnée par la formule suivante :

$$N =$$

Où :

N : l'azote.

50 : la prise de minéralisât.

5.7 : facteur de conversion.

H : teneur en eau, exprimée en % en masse de l'échantillon pour essai.

Annexe N°4 : Détermination du taux d'affleurement (norme française NF V 03-712 juin 1994).

- **Définition**

Le taux d'affleurement est la quantité de semoule extraite ou refusée par un tamis dont la garniture à une ouverture de maille qui est choisie en fonction de la finesse et de la granulométrie désirées.

- **Principe** (classement selon la taille)

Le calibrage des particules de semoule est très important en veut obtenir une bonne hydratation car les capacités d'hydratation est en fonction de la surface de contact des particules avec l'eau et e l'homogénéité des particules de même que les particules fines absorbent plus rapidement que les grosses, donc il est nécessaire de procéder à la mesure de la composition granulométrique de semoule avant sa transformation en pate alimentaire

- **Appareillage**

- balance de précision à 0.01g prés.

- plansichister de laboratoire.

Tamis 525um, 450um, 350um, 250um, 150um

- pinceau

- **Mode opératoire**

Peser 100g de semoule à laide de la balance précise à 0.01gprés, puis à

l'aide d'un planhister de laboratoire verser l'échantillon dans la premier tamis qui doit avoir une extraction total au tamis (ouverture d maille 525um), ensuite fermer bien le couvert et lancer l'opération durant 5 mn , ensuite peser les refus de chaque tamis et constater l'extraction du tamis 150 um qui est la SSSF.

- **Répétabilité**

La différence maximale entre les deux déterminations effectuées par le même échantillon l'une après l'autre ne doit pas excéder 2% de la valeur moyenne.

Annexe N°5 : Dosage du gluten norme français NF.1.1.24. ISO 5531

- **Intérêt**

Cette analyse nous renseigne sur la quantité du gluten que renferme le produit donc sur le complexe protéique insoluble dans l'eau salée, et il est constitué essentiellement de gliadine et de gluténine, il constitué l'armature de la pate et lui communique ses propriétés rhéologiques.

- **Principe**

Préparation d'une pate au moyen d'un échantillon de semoule et d'une solution salée

(NaCl à 2%), isolement du gluten humide par lixiviation de cette pate, puis essorage du produit obtenu suivi d'un séchage de gluten humide (GH) en vue d'obtenir le gluten se (GS).

- **Appareillage**

- Balance de précision à 0.01g prés.
- Burette graduée de 10 ml.
- Glutomatic.
- Centrifugeuse.
- Plaque chauffant (appareil de séchage).

- Dessiccateur.
- Tamis de toit de cuivre.
- Spatule, mortier.

- **Mode opératoire**

- peser 10g de la semoule à 0.01g près sur chaque un des deux extracteurs mécaniques du gluten et la mouiller avec quelques gouttes de la solution de chlorure de sodium.

- laver la pate dans la machine durant 10 mn au moyen de la solution de chlorure de sodium.

- placer les deux boules dans la presse à gluten pendant 20 secondes.

- placer les boules essorées obtenues, on obtient la masse de gluten humide.

- **Expression des résultats**

- Le gluten humide s'exprime en masse du produit tel que = $m \times 10$

- M : la masse en gramme de gluten humide

- **Répétabilité**

- La différence entre les résultats de deux déterminations effectuées simultanément ou rapidement l'une après l'autre par le même appareillage, ne doit pas dépasser 0.5g de gluten humide pour 100 d'échantillon.

Détermination du gluten sec

- **Principe**

- Le principe repose sur le séchage du gluten humide durant 4 mn.

- **Mode opératoire**

- Séchage le gluten humide dans la plaque chauffante durant 4 mn, puis les poser directement dans le dessiccateur qui va absorber la vapeur dégagée pendant 15 mn et les peser, on obtient donc le gluten sec.

- **Expression des résultats**

- Le gluten sec s'exprime en masse du produit tel quel = $m_0 \times 10$

M_0 = la masse en gramme de gluten sec.

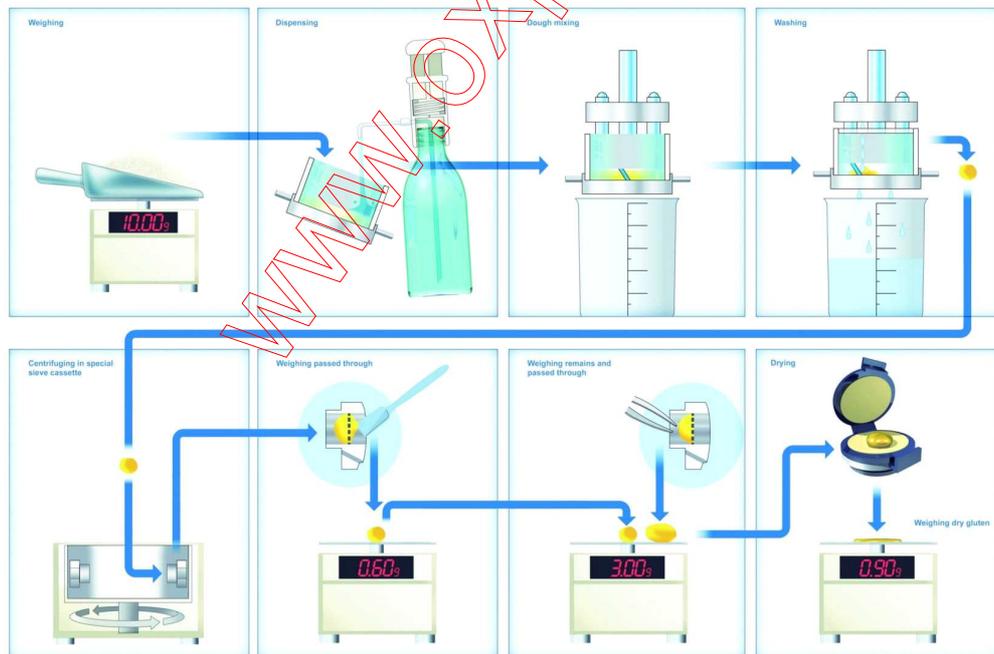
Calculs :

$$GH - GS$$

$$\text{Taux d'hydratation} = \frac{\quad}{\quad} \times 100$$

La méthode Gluten Index (Méthode Perten) :

Le Gluten Index Centrifuge 2015 est utilisé afin de faire passer le gluten humide à travers un tamis spécialement conçu à cet effet. La quantité relative du gluten tamisé indique les caractéristiques du gluten. Le séchage du gluten se poursuit dans le Glutork 2020 qui calcule la teneur en gluten sec et la capacité de fixation de l'eau du gluten humide.



a- Les étapes détaillées

Les étapes sont illustrées dans le schéma qui se trouve au bas de la page. Cliquez sur l'image pour l'agrandir.

- *La pesée :*
10.0 g \pm 0.01 g des farines sont pesés et placés dans la chambre de lavage du Glutomatic doté d'un tamis en polyester de 88 microns. Lorsque le gluten vital est mesuré, 1.5 \pm 0.01 g est pesé.
- *La distribution :*
4.8 ml d'une solution salée sont ajoutés aux échantillons de farines. Aucune solution salée n'est ajoutée aux échantillons de gluten vital.
- *Le mélange :*
Les farines et la solution salée sont mélangés pendant 20 secondes de manière à former une pâte.
- *Le lavage :*
Après la phase de mélange, le lavage débute automatiquement et se poursuit pendant 5 minutes. L'échantillon de farine de blé est transféré vers la chambre équipée d'un tamis grossier de 840 microns permettant aux particules de son d'être lavées.
- *La centrifugation :*
30 secondes précisément après la fin du lavage, le morceau entier de gluten humide est transféré vers le tamis spécial et centrifugé pendant une minute dans le Centrifuge 2015 à 6000 \pm 5 ppm.
- *La pesée :*
La fraction qui est passée à travers le tamis est gratée avec une spatule puis pesée. La fraction restée dans le tamis est recueillie et ajoutée à la balance. On obtient le poids total du gluten humide.
- *Le séchage :*
La totalité du gluten humide est séchée à 150°C minimum pendant 4 minutes dans le Glutork 2020. Après le séchage, on pèse le gluten.
- *Le calcul :*
Le Gluten Index est la quantité de gluten qui reste dans le tamis de la centrifugeuse par rapport au poids total du gluten humide.



Figure n° 9: The Glutamate system.

Annexe N°6 : Les analyses microbiologiques

• Principe de l'analyse microbiologique

La recherche des germes consiste à placer les micro-organismes au contact d'un milieu nutritif approprié, dans des conditions optimales de température et d'humidité, puis à les dénombrer.

Avant tout contrôle microbiologique, il est impératif de réunir toutes les conditions d'hygiène et d'asepsie.

Dans nos conditions expérimentales nous avons procédé au nettoyage et à la désinfection des paillasse à l'eau de javel et des outils d'analyses à l'autoclave.

- **La préparation de la solution mère :** Elle est réalisée comme suite :
 - Introduire aseptiquement 25g de produits à analyser dans un flacon préalablement taré. Contenant 225ml d'eau physiologique (T.S.E).
 - Homogénéiser.

Remarque

- Chaque fois qu'il est nécessaire il faut procéder à une homogénéisation des produits
- Cette suspension constitue alors la dilution mère (DM) qui correspond donc à la dilution 1/10 (10^{-1}).
- **La préparation de la solution mère :** Cette étape doit être effectuée avec un maximum de précision. Il est à noter que la préparation des dilutions décimales est réalisée comme suite :

Introduire aseptiquement à l'aide d'une pipette en verre graduée et stérile, 1ml de la DM dans un tube à vis contenant au préalable 9ml de la même dilution : cette dilution est alors au 1/100 (10^{-2})... ainsi de suite jusqu'à l'obtention de la dilution recherchée.

Remarque

- Les dilutions sont toujours effectuées dans des conditions aseptiques.
- Le but de cette dilution est pour faciliter la lecture en diminuant la charge microbienne dans une boîte contenant un milieu de culture.
- Entre le moment de la préparation de la suspension, ses dilutions et leur mise en culture, il ne doit pas s'écouler plus de 45minutes.
- L'eau étant liquide, il constitue la solution mère (SM).
- entre chaque dilution décimale, il est impérativement recommandé de changer les pipettes graduées.
- contrairement à cela, lors de l'ensemencement il est recommandé de commencer par la plus haute dilution à savoir 10^{-3} dans le but justement de ne pas changer de pipettes.
- **Analyses des produits finis (Semoule)**

1- Recherche et dénombrement des levures et moisissures : (NA.758/1990)

- **Principe**

Le principe repose sur l'emploi d'un milieu de culture solide « O.G.A » rendu sélectif par acidification et par addition d'un antibiotique qui est l'oxytétracycline.

- **Mode opératoire** : voir figure N°02
- **Préparation du milieu** : Fonder préalablement un flacon de gélose O.G.A, puis le refroidir à 45°C ;
 - Ajouter 15ml de la solution d'oxytétracycline ;
 - Mélanger oignement puis couler le flacon d'O.G.A ainsi préparé en boite de pétri ;
 - Laisser refroidir les boites sur pailasse puis sécher à l'étuve avant leur utilisation.
- **Ensemencement** : A partir dilutions décimales préparées, 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} porter aseptiquement 4 gouttes par dilution sur une boite de pétri contenant le milieu O.G.A (gélose glucosée à l'oxytétracycline) préalablement solidifié, puis les étaler à l'aide d'un râteau stérile en commençant par la plus haute dilution.
 - Faire de la même façon une boite témoin du milieu incubé tel quel.
- **Incubation** : L'incubation de ces boites se fait à 20 jusqu'à 25°C donc à température ambiante, couvercle en haut, pendant 5 à 8 jours.
- **Lecture** : La première lecture doit se faire à partir de la 48^{ème} h d'incubation. Elle consiste d'abord en la lecture de la boite témoin, car si elle présente des moisissures, l'analyse est à refaire.
 - Il est noté que les colonies de moisissures sont épaisses, pigmentées ou

non.

- Le comptage se fait sur les boites contenant entre 15 et 300 colonies.
- Le nombre trouvé est multiplié par l'inverse de la dilution.

www.oxpdf.com

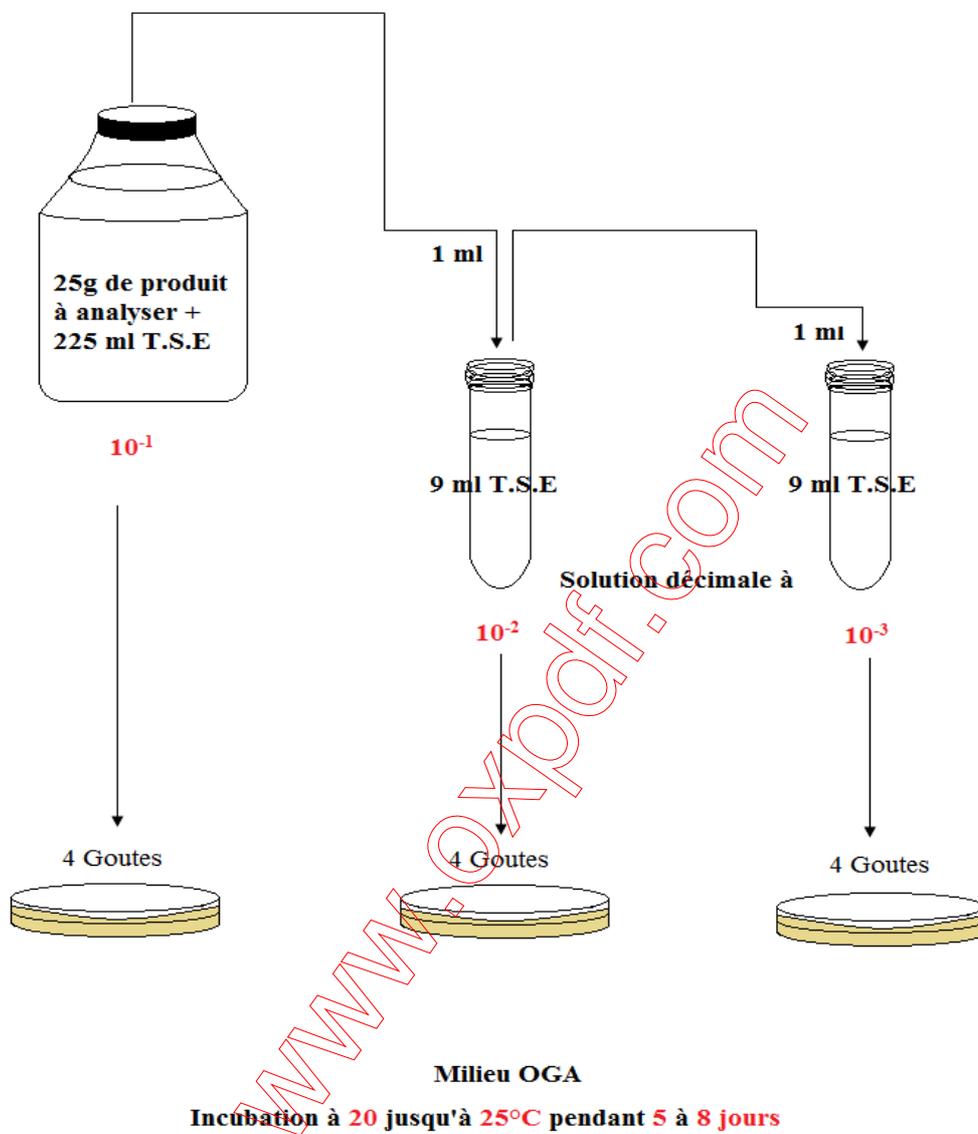


Figure N°02 : Recherche et dénombrement des moisissures

Figure n°3 : Recherche et dénombrement de moisissures.

2- Recherche et dénombrement des Clostridium Sulfite-Réducteur : (Norme AFNOR V08-019)

- **Principe :**

Le Clostridium sulfite-réducteur est mis en évidence en utilisant la gélose VF (viande de foie) à la quelle on ajoute le sulfite de sodium et l'alun de fer qui permettent la formation d'un complexe noir entre le fer et le sulfure par les Clostridium.

- **Mode opératoire :** voir figure N°03
- **Préparation du milieu :** Au moment de l'emploi faire fondre un flacon de gélose VF, le refroidir dans un bain d'eau à 45°C. Puis ajouter une ampoule d'alun de fer et une ampoule de sulfite de sodium,
- Mélanger soigneusement et aseptiquement. Cependant le milieu est ainsi prêt à l'emploi, mais il faut le maintenir dans une étuve à + 45°C jusqu'au moment de l'utilisation.
- **Ensemencement :** Les tubes contenant les dilutions 10^{-1} et 10^{-2} , seront soumis:
- d'abord à un chauffage à 80°C pendant 8 à 10 minutes ;

- puis à un refroidissement immédiat et brutal sous l'eau de robinet ;
- A partir de ces dilutions, porter aseptiquement 1 ml de chaque dilution en double, dans deux tubes à vis stérile, puis ajouter environ 15 ml de gélose viande foie prête à l'emploi, dans chaque tube ;
- Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes.
- **Incubation:**

Les tubes seront ainsi incubés à 37°C. Pendant 16, 24 ou au plus tard 48 heures.

- **Lecture :** La première lecture doit se faire immédiatement à 16 heures, car :
- d'une part, les colonies de *Clostridium* sulfite-réducteur sont envahissantes et on se trouvait en face d'un tube complètement noir ce qui rend l'interprétation impossible et l'analyse à refaire ;
- D'autre part, il faut absolument repérer toute colonie noire ayant poussé en masse et d'un diamètre supérieur à 0,5 mm ;
- Dans le cas où il n'y a pas de colonies caractéristiques, réincorporer les tubes et effectuer une deuxième lecture au bout de 24h voire 48h.

www.oxpdf.com

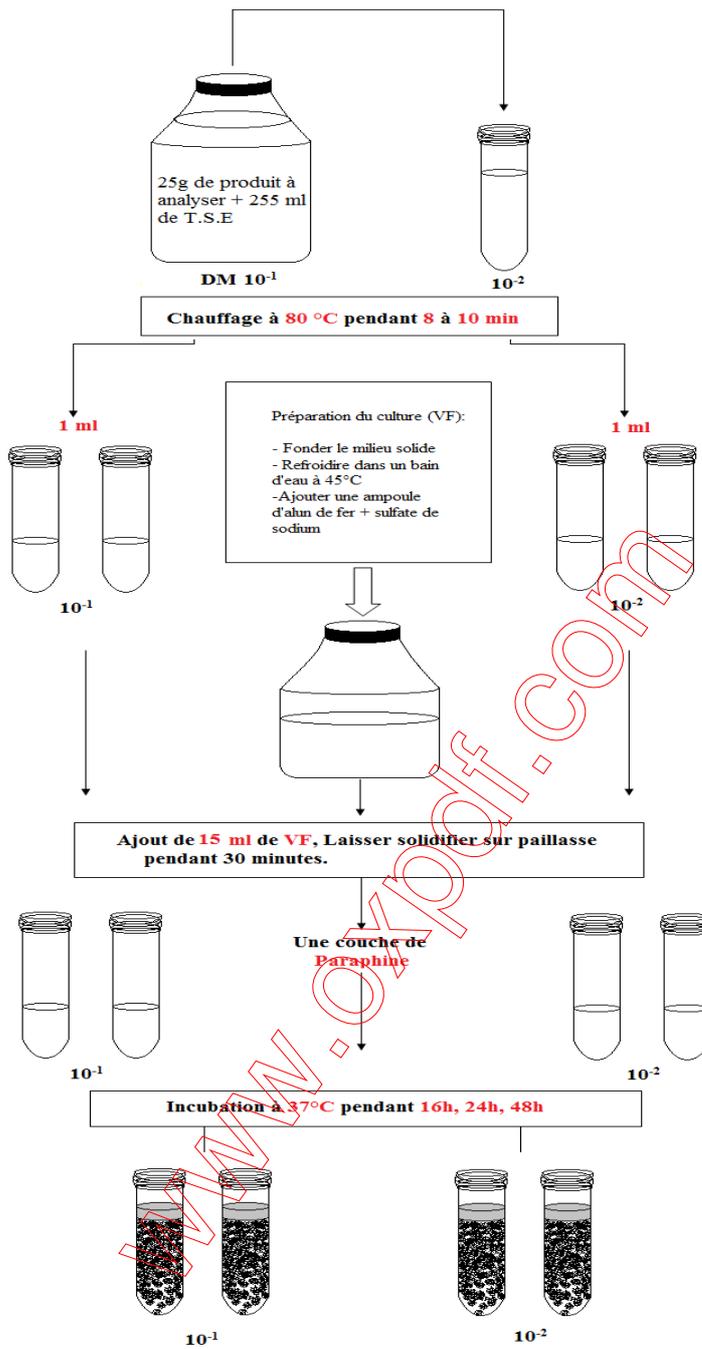


Figure N°4 : Recherche et dénombrement des spores de Clostridium sulfito-réducteur.

La perte a la cuisson:

La cuisson des pâtes alimentaires est réalisée comme suit :

-100g de pâtes dans 2L d'eau additionnée de 14g de sel porté à ébullition

Les paramètres évalués sont les suivants :

1-Le temps de cuisson :

Cette analyse consiste en la détermination du temps de minimal de cuisson (T) et en le calcul de deux mesures expérimentales respectivement au temps optimal T+6 et T+11 qui correspondent respectivement au temps optimal et maximal de cuisson.

Le temps minimal de cuisson correspond au temps nécessaire pour la gélatinisation de l'amidon. Il est déterminé en suivant la disparition de la ligne blanche continue visible au centre d'un brin de pâte en cours de cuisson, écrasé entre deux plaques de verre. On considère que la ligne blanche a disparue lorsqu'elle n'est plus visible que sous forme de pointillés.

a- La perte a la cuisson:

Elle est déterminée en pesant le résidu de matière sèche, obtenu après évaporation d'une fraction d'eau de cuisson des pâtes, de 25ml.

La perte à la cuisson est exprimée en 100gr de la matière sèche, selon la formule suivante :



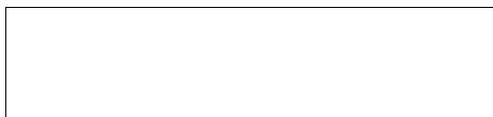
ES : poids de l'extrait sec (g).

V: volume finale de l'eau de cuisson (ml).

H: teneur en eau des pâtes crues(%).

b- Le gonflement (capacité de fixation d'eau) :

Ces paramètres se mesurent en déterminant le poids des pâtes avant et après cuisson (T+11), et il rend compte de l'aptitude de la pâte à absorber l'eau au cours de cuisson, elle est donnée par la formule suivante :



C: capacité de fixation de l'eau.

P: le poids des pâtes cuites (g).

PC: perte à la cuisson.

M: teneur en eau des pâtes crues.

Annexe n°7 : Détermination de l'activité amyloletique par le temps de chute de hagberg (NA 1176 /90).

a-Principe :

Gélatinisation rapide d'une suspension aqueuse mouture intégrale de céréale dans bain-marie d'eau bouillante et mesure de la liquéfaction par l'alpha amylase de l'empois d'amidon contenu dans l'échantillon.

b-Matériel :

Appareil complet pour la détermination du temps de chute selon hagberg compactant

- un bain-marie.
- une plaque électrique chauffante.

- un agitateur viscosémétriques métallique.
- des tubes viscosémétriques de précision en verre spécial.
- des bouchons en caoutchouc pour les tubes viscosémétriques.
- pipette de 25ml plus ou moins 0,2 ml.
- compteur automatique avec signaux ou à défaut chronomètre classique.
- Balance analytique.
-

c-Mode opératoire :

Prendre comme prise d'essai la masse pesée a 0,05g près spécifiée dans le tableau accompagnant l'appareil celui ci indique en fonction de la teneur en eau la masse exacte de la prise d'essai

Transvasez la prise d'essai dans le tube viscosimétrique et y introduire 25 ml d'eau distillée à 20 °C plus ou moins 5°C 0 l'aide de la pipette .broncher le tube et agiter manuellement 20 fois.

Enlever le bouchon et placer l'agitateur viscosimétrique dans le tube-plonger celui-ci dans l'eau bouillant du bain-marie . Déclencher le compteur automatique, après 5 secondes à partir de l'immersion du tube isométrique ,l'agitation avec mouvement ascendant et descendant commence après un total de 59 seconde, l'agitation permet la position la plus haute puis commence à traverser la suspension plus au moins liquéfiée- lorsque l'agitation atteint la position la plus basse, le compteur s'arrête et l'essai et terminé relever le temps total en secondes.

7-Alvéographe de Chopin

7-1-Protocole d'utilisation

a-Etalonnage :

1. Appuyer sur le bouton 60/92
2. Poser l'étalonneur et bien serrer la vis

3. Ouvrir la valve au maximum
4. Lancer l'air à l'aide de la touche 92/60
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

b-Expérience :

1. Appuyer sur la courbe verte
2. Sélectionner la petite note en haut à droite pour entrer les paramètres
3. Verser 250g de l'échantillon
4. Remplir la burette d'eau salée à 2,5 % selon l'humidité de la farine
5. Pour lancer le chronomètre appuyer sur la touche verte
6. Ouvrir au maximum la burette au dessus du petit trou de la cuve.

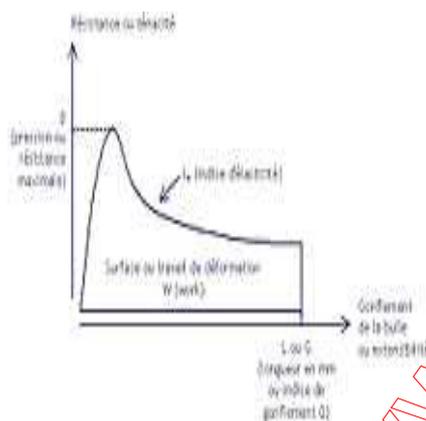


Figure n°5 : Alvéogramme obtenu à la fin de l'expérience.

7. À la fin des deux premiers temps, stopper le bras au fond de la cuve en appuyant sur la touche rouge et racler la farine
8. A 8min, appuyer sur la flèche
9. Enlever le premier centimètre de pâte qui sort
10. Quand la pâte arrive au niveau des encoches couper le pâton, l'aplatir au laminoir
11. Rehuiler la plaque entre chaque pâton
12. Faire un rond à l'aide de l'emporte pièce et le mettre à l'étuve

13. Au dernier pâton, appuyer sur la touche rouge puis sur la flèche
14. Nettoyer la cuve de pâte
15. A 28min, appuyer longtemps sur le 1 pour remettre le chronomètre à 0
16. Centrer le pâton, poser les deux couvercles, serrer la vis puis retirer les deux couvercles
17. Appuyer sur le bouton rouge/vert puis ré appuyer dessus quand la bulle se perce

Figure n° 6: Gonflement de la pâte.



Conclusion

Les blés dur qui ont été transformés en semoules, à leur tour ont servi à la

fabrication des pâtes alimentaires. Nous a permis de mener à bien notre projet.

La fabrication de ces produits impose un certain nombre de règles visant à protéger les produits de toute contamination microbienne ainsi que d'assurer leurs qualité et leurs conformités.

Au terme de notre étude, nous nous sommes intéressées à l'exploitation du facteur coupage blé, en vue d'améliorer la qualité nutritionnelle des pâtes alimentaires. Pour cette raison nous avons essayé d'effectuer une série de coupages les plus réalisables au niveau des semouleries, et on les a appliqué en vue d'obtenir des semoules de différents pourcentages de deux variétés de blé (Local et Français) à fin d'obtenir des résultats de pâtes alimentaires longues représentatifs.

Le présent travail a montré que l'amélioration des qualités nutritionnelles, organoleptiques et marchande des pâtes alimentaires en effectuant un mélange entre une variété de blé moyenne local et une variété forte importée est possible.

Les résultats que nous avons obtenus, permettent d'avancer les déductions suivantes :

- Sur le plan organoleptique : les produits ; Pa. (100% I), Pa. (80% I – 20% P), Pa (50% I – 50% P). présentent des propriétés organoleptiques satisfaisantes, facteur d'un choix relativement bon de la matière première.

Alors que les produits ; Pa. (100% P) et Pa. (60% P – 40% I). Ont présenté des propriétés organoleptiques inférieures.

- Sur le plan physico-chimique : les résultats sont conformes aux normes, ce qui traduit la conformité des produits.
- Sur le plan microbiologique : nous n'avons observé la présence d'aucun micro-organisme, cela révèle assurément une bonne salubrité des produits.

A l'issu de ce travail, nous pouvant conclure que les produits finis ;

- Pa. (100% I)
- Pa. (80% I – 20% P)
- Pa (50% I – 50% P)

- Pa. (60% P – 40% I)

Correspondent aux normes, et ils ont confirmé le but de cette recherche, donc ils ne comportent aucun risque lié à des carences en matières de sécurités et d'efficacité qui peut nuire à la santé humaine, par conséquent, ils peuvent être commercialisé sur le plan national.

Cependant, le taux de mitadinage du blé local et le taux d'impuretés déprécie la qualité technologique des semoules et des pâtes alimentaires, en entraînant une baisse du rendement semoulier et une faiblesse en apport protéique des pâtes alimentaires. Par conséquent, pour optimiser la qualité du blé local nous pensons qu'il faudrait dans un premier temps résoudre le problème des restrictions azotées et ainsi faciliter aux agriculteurs l'accès aux engrais, encore faudrait que les agriculteurs maîtrisent bien les techniques culturales, tel que la rotation des céréales avec des cultures nettoyantes, comme les légumineuses, la betterave sucrière ou le tournesol.

Nous tenons également à souligner que le mitadinage n'est pas causé exclusivement par le manque de la fertilisation azotée, on note les pluies durant la saison de la récolte, il est donc nécessaire que l'Etat Algérien s'impose d'avantage sur le plan de la recherche scientifique et agronomique en réalisant des croisements entre les variétés locales et celles introduites, à fin d'améliorer la résistance et le rendement des grains.

www.oxpdf.com