

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département de Biochimie-Microbiologie



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master en sciences biologiques

Option : **Alimentation Humaine et Qualité des Produits**

Thème

Contribution à l'étude des Caractéristiques physico-chimiques et technologiques des pâtes alimentaires issues des différents passages. Moulins Industriels du Sebaou (MIS) Tizi-Ouzou.

Présenté par :

M^{elle} : KEBBAB SABRINA

M^{elle} : OGAL DAMIA

Examiné devant le jury :

Président :	M ^r SEBBANE H.	Maître Assistant à L'UMMTO
Promoteur :	M ^r HADJ KACI A.	Maître Assistant à L'UMMTO
Co-promotrice :	M ^{me} HARKAT M.	Responsable du laboratoire
Examinatrice :	M ^{me} SENANI N.	Maître Assistante à L'UMMTO
Examinatrice :	M ^{me} SENOUSSE C.	Maître Assistante à L'UMMTO

2014-2015



Remerciement

Avant toute chose, nous remercions Dieu tout Puissant, miséricordieux et clément, pour nous avoir donné santé, patience, Volonté et courage.

*Nous tenons cordialement à exprimer notre profonde et Respectueuse reconnaissance à notre promoteur **Mr HADJ KACI A.**, maître assistant chargé de cours à l'UMMTO pour la confiance qu'il nous a accordé en acceptant de diriger ce projet de fin d'études, ainsi que pour ses précieux conseils qui nous ont permis de nous orienter vers les voies de recherche.*

*Nous adressons nos vifs remerciements à notre Co-promotrice : **M^{me} HARKAT M.**, Ainsi qu'à l'ensemble du personnel de L'unité « Mis » pour leur conseil, aide et contribution à la réussite de ce travail.*

Nous remercions infiniment les membres du jury qui nous font l'honneur de juger et critiquer notre modeste travail, à savoir ;

***Mr SEBBANE H.** Maître assistant à UMMTO;*

***M^{me} SENANI N.** Maître assistante à UMMTO ;*

***M^{me} SENOUSSE C.** Maître assistante à l'UMMTO.*

A cœur vaillant rien d'impossible
A conscience tranquille tout est accessible
Quand il y a la soif d'apprendre
Tout vient à point à qui sait attendre
Quand il y a le souci de réaliser un dessein
Tout devient facile pour arriver à nos fins
Malgré les obstacles qui s'opposent
En dépit des difficultés qui s'interposent
Les études sont avant tout
Notre unique et seul atout
Ils représentent la lumière de notre existence
L'étoile brillante de notre réjouissance
Comme un vol de gerfauts hors du charnier natal
Nous partons ivres d'un rêve héroïque et brutal
Espérant des lendemains épiques
Un avenir glorieux et magique
Souhaitant que le fruit de nos efforts fournis
Jour et nuit, nous mènera vers le bonheur fleuri



Dédicaces

Je dédie cet humble travail avec grand Amour,

Sincérité et Fierté :

A mes chers Parents, sources de tendresse,

De noblesse et d'affection.

A l'étoile qui éclaire ma vie « mon Mari »,

Pour son dévouement.

A mes sœurs (sam, ouba, kari, sirène, liby, bicha)

*pour leur bienveillance, leur conseil, leur affection et leur soutien
trésors de bonté.*

A mes Princes (rayane, aksel)

Princesses (amaël, alaa, nihel) que j'aime fort.

*A mes beaux frères, A ma belle famille en témoignage de ma
grande reconnaissance.*

A mes amis et mon binôme pour leur encouragement.

A Rachida, Malika, Nacera, Lila de l'unité MIS

Sabrina



Dédicaces

*Je dédie cet humble travail avec grand Amour,
sincérité et fierté :*

*A mes chers parents, sources de tendresse, de noblesse et
d'affection*

*Surtout à ma chère maman que j'aime du fond de mon cœur qui
m'a toujours soutenu moralement et durant tout mon cursus à
qui je souhaite un bon rétablissement en priant le bon dieu tout
puissant de la guérir inchalah*

*A ma chère sœur (tinhinéne), pour sa bienveillance, ses
conseils, son affection et son soutien trésor de bonté*

A mes cher cousins surtout arezki et Alilou que j'aime fort

A mes chère cousines surtout Amina et Malhaque j'aime très fort

A tout mes oncles et toutes mes tantes

*Sans oublier les personnes qui ont aidé de prêt ou de loin lors de
la réalisation de ce travail surtout les deux responsables du
laboratoire « Mis » Malika et rachida*

*A tout mes amis surtout silia et lydia sans oublier ma chère
binôme sabrina pour leur encouragement.*

Damia

Liste des abréviations

100- L : Indice de brun

b : Indice de jaune

CCLS : Coopérative céréalière et Légumes secs

CE : Commission Européenne

Da : Daltons

ERIAD : Entreprise régionale des industries alimentaires et Drive

GH: Gluten humide

GS: Gluten sec

HPM : Haut poids moléculaire

IC : Indice de chute

ISO : Organisation internationale de Standardisation

ITCF : Institut Technique des céréales et des Fourrages

JORA : Journal Officiel de république Algérienne

KDa : Kilos daltons

Kg. hl : Kilogrammes à l'hectolitre

L : Indice de Clareté

FPM: Faible poids moléculaire

Mis : Moulins industriels du Sebaou

NF : Normes françaises

PC : perte a la cuisson

PHL : poids a L'hectolitre

PMG : poids de Mille grain

SDS : sosedyl diosulfate de sodium

Liste des figures

Figure1 : Production céréalière mondiale, utilisation et stocks.....	3
Figure 2 : Différence entre blé dur et blé tendre	6
Figure 3 : Structure du grain de blé	7
Figure 4: Structure des constituants de l'amidon	9
Figure 5 :Viscoamylogramme et états correspondant des granules d'amidon	10
Figure 6:Classification des protéines du blé	12
Figure 7 : Structure du gluten.....	14
Figure 8 : Principe du fonctionnement d'un broyeur à cylindre	22
Figure 9 : Principe du fonctionnement d'un planshister	23
Figure 10: Principe du fonctionnement d'un sasseur	24
Figure 11 Différents produits de mouture de blé dur	25
Figure 12 : Processus de fabrication de pâtes alimentaires	29
Figure 13 : Diagramme général de la fabrication industrielle de pâtes.....	30
Figure 14 : Pâtes à indice de brun moyen	33
Figure15: Courbe représentant le taux d'affleurement des semoules en fonction des ouvertures de tamis	51
Figure 16: Les résultats de l'indice de coloration de nos échantillons de semoules.....	52
Figure 17 : Photos illustrant la différence de couleur des pâtes issues des différents passages de semoules	63
Figure 18: Photos illustrant l'état de surface des pâtes cuites.....	67

Liste des tableaux

Tableau I : Production de blé dans le monde par grandes zones et principaux pays producteurs	4
Tableau II: Principales caractéristiques physiques des grains de blé.....	6
Tableau III : Les enzymes endogène du blé	16
Tableau IV : Distribution histologique des principaux constituants de blé	17
Tableau V : Composition biochimique de la semoule	27
Tableau VI: Résultats des analyses de blé.....	46
Tableaux VII : Valeurs d'impuretés de nos échantillons de blé dur	48
Tableau VIII : résultats de la granulométrie des différents passages de semoules	50
Tableau IX : Résultats de l'indice de coloration des différents passages de semoules déduits par l'appareil MINOLTA.....	53
Tableau X : Résultats de la teneur en eau des semoules de différents passages	54
Tableaux XI : résultats du taux de cendres des différents passages de semoules fines	55
Tableaux XII : résultats de l'acidité grasse de nos passages de semoules	56
XIII : résultats de la teneur en protéines de nos passages de semoules.....	56
XIV : résultats du test de sédimentation SDS de nos passages de semoules	57
Tableau XV : résultats de l'indice de chute des différents passages de semoules	58
Tableau XVI : résultats du gluten sec et humide des différents passages de semoules	59
Tableau XVII : Résultats des piqûres des différents passages de semoules	60
Tableau XVIII : Tableau récapitulatif des analyses effectuées sur les pâtes	61

Table des matières

Introduction	1
 Partie I : synthèse des données bibliographique	
 Chapitre I : Généralités sur le blé dur	3
1.1 Production et consommation de blé dans le monde et en Algérie	3
1.2 Caractéristiques du grain de blé	5
1.3 Différence entre le blé dur et le blé tendre	5
1.4 Composition histologique du grain	7
1.5 Composition biochimique du grain	8
1.6 Valeur nutritionnelle et énergétique	17
1.7 Accidents du blé dur	18
1.8 Valeur technologique	19
 Chapitre II : Fragmentation de blé dur	20
2.1 Réception.....	20
2.2 Pré-nettoyage.....	20
2.3 Nettoyage à sec.....	20
2.4 Conditionnement	21
2.5 Nettoyage humide	21
2.6 Mouture	21
 Chapitre III : La semoule	26
3.1 Définition	26
3.3 Composition biochimique de la semoule	26
3.4 Caractéristiques des semoules	26

3.2 Classification des semoules.....	28
--------------------------------------	----

Chapitre IV : les pâtes alimentaires 29

4.1 Définition	29
----------------------	----

4.2 La technologie pastière.....	29
----------------------------------	----

4.3 Types et formes de pâtes alimentaires.....	32
--	----

4.4 Valeur nutritionnelle	32
---------------------------------	----

4.5 Problèmes liés à la qualité des pâtes alimentaires.....	33
---	----

4.6 Rhéologie des pâtes alimentaires	34
--	----

Partie II : partie expérimentale

Chapitre V : Matériel et méthodes 35

5.1 Objectif de notre travail.....	35
------------------------------------	----

5.2 Conditions expérimentales	35
-------------------------------------	----

5.3 Origine des échantillons	36
------------------------------------	----

5.4 Stockage	36
--------------------	----

5.5 Analyses du blé	36
---------------------------	----

5.5.1 Analyses physiques.....	36
-------------------------------	----

5.5.1.1 Détermination du poids à l’Hectolitre PHL.....	36
--	----

5.5.1.2 Détermination du poids de mille grains	37
--	----

5.5.1.3 Détermination du taux de Mitadinage	37
---	----

5.5.1.4 Détermination du taux d’impuretés	38
---	----

5.5.2 Analyses chimiques	38
--------------------------------	----

5.5.2.1 Détermination de la teneur en eau	38
---	----

5.5.2.2 Dosage des cendres	39
----------------------------------	----

5.5.2.3 Dosage des protéines	39
------------------------------------	----

5.6 Analyses des semoules	40
---------------------------------	----

5.6.1 Analyses physiques.....	40
5.6.1.1 Détermination du taux d'affleurement	40
5.6.1.2 Mesure des indices de coloration	40
5.6.2 Analyses chimiques	41
5.6.2.1 Détermination de la teneur en eau.....	41
5.6.2.2 Détermination du taux de cendre	41
5.6.2.3 Dosage de l'acidité grasse	41
5.6.2.4 Dosage des protéines	42
5.6.3 Analyses technologiques	42
5.6.3.1 Test de sédimentation en milieu SDS	42
5.6.3.2 Détermination de l'indice de chute	42
6.5.3.3 Dosage du gluten	43
5.7 Analyses des pâtes.....	43
5.7.1 Analyses physiques.....	43
5.7.1.1 Evaluation de l'aspect des pâtes	43
5.7.2 Analyses chimiques	44
5.7.2.1 Détermination de la teneur en eau	44
5.7.2.2 Dosage des protéines	44
5.7.3 Analyses technologiques	44
5.7.3.1 Evaluation de la qualité culinaire (test de cuisson).....	44
Chapitre VI : Résultats et discussion.....	46
6.1 Analyses du blé	46
6.1.1 Analyses physiques.....	46
6.1.1.1 Poids à l'Hectolitre PHL.....	46
6.1.1.2 Poids de mille grains.....	46
6.1.1.3 Taux de Mitadinage	47

6.1.1.4 Taux d'impuretés	47
6.1.2 Analyses chimiques	48
6.1.2.1 Teneur en eau	48
6.1.2.2 Taux de cendres	48
6.1.2.3 Taux de protéines	48
6.2 Analyses des semoules	49
6.2.1 Analyses physiques.....	49
6.2.1.1 Taux d'affleurement.....	49
6.2.1.2 Indices de coloration	52
6.2.2 Analyses chimiques	53
6.2.2.1 Teneur en eau	53
6.2.2.2 Taux de cendre	54
6.2.2.3 Acidité grasse	55
6.2.2.4 Taux protéines	56
6.2.3 Analyses technologiques	57
6.2.3.1 Test de sédimentation en milieu SDS	57
6.2.3.2 Indice de chute	57
6.2.3.3 Taux de gluten	58
6.3 Analyses des pâtes.....	61
6.3.1 Analyses physiques.....	62
6.3.1.1 Evaluation de l'aspect des pâtes	62
6.3.2 Analyses chimiques	64
6.3.2.1 Teneur en eau	64
6.3.2.2 Taux de protéines	64
6.3.3 Analyses technologiques	64
6.3.3.1 Evaluation de la qualité culinaire (test de cuisson).....	64
Conclusion.....	68

Introduction

Introduction

Les céréales occupent une place très importante comme source d'alimentation humaine et animale dans le monde (ALLAYA et RUCHETON, 2006). Elles constituent la principale denrée car elles peuvent croître dans les sols et sous les climats les plus variés. De plus, elles peuvent être entreposées pendant de longues périodes et transportées de manière économique sur de longues distances sans occuper beaucoup d'espace (BOURDREAU et MENARD, 1992).

Le grain de blé constitue un produit de base dans l'alimentation des algériens (couscous, pain...), il est considéré aussi comme une très grande ressource de protéines et d'hydrate de carbone. Il renferme également des acides aminés, des lipides et des vitamines. En outre, ses sous-produits (paille) servent d'aliments pour le bétail (GODON, 1998).

Le blé dur est en effet la céréale la plus consommée en Algérie, et se distingue du blé tendre par un ensemble de caractéristiques qui font de lui la matière la plus appropriée pour la fabrication de semoules, de pâtes alimentaires et du couscous (ZAGHOUANE et al, 2003).

Les propriétés des protéines de blé dur permettent d'obtenir un vaste choix d'aliments, par ailleurs, le gluten présent permet l'élaboration de produits de type pâteux, plus ou moins élastique, et la production de différentes sortes de pains, de biscuits ou de pâtes alimentaires (FRANCONIE et al, 2010).

L'évolution de la consommation de pâtes alimentaires en Algérie au cours de ces dernières années a été estimée par le ministère de l'agriculture à 53000 tonnes, soit 4kg/an/hab, et celle-ci est en constante augmentation du fait de la diversification de leurs formes et de leurs couleurs, de leur facilité de préparation, mais aussi est surtout du fait de leur coût très raisonnable. Cette augmentation montre en effet, l'intérêt de produire des variétés alliant à la fois de bonne qualité organoleptique et technologique (PETITOT et al, 2009).

La qualité des pâtes alimentaires est essentiellement déterminée par la qualité du blé à employer, de la norme la plus importante pour les semoules qui est le taux et la qualité du gluten. Ainsi l'aspect « aldente » et la valeur nutritionnelle puisqu'ils évitent que les amidons et les protéines se diluent dans l'eau de cuisson.

Introduction

La gestion totale de la qualité est l'un des piliers d'une bonne politique de la qualité (qui regroupe à la fois la qualité sanitaire, organoleptique et nutritionnelle) et contribue à ce que chaque produit soit fabriqué selon la norme standard agréée au niveau international.

Nous avons entrepris d'étudier la qualité des pâtes alimentaires issues de semoules provenant des différents passages de blé dur (périphérie ou du centre de grain).

Partie I

Synthèse des données

bibliographiques

Chapitre I

Généralités sur le blé dur

1.1 Production et consommation de blé dans le monde et en Algérie

D'après les dernières prévisions de la FAO (2015), la production céréalière mondiale serait de 2 540 millions de tonnes en 2015, soit 13,8 millions de tonnes de plus que prévu en juillet, mais toujours 21 millions de tonnes (soit 0,8 %) en-deçà des chiffres records enregistrés en 2014 (figure1). La production mondiale de blé en 2015 s'élève à 719 millions de tonnes, soit 10 millions de tonnes (1.2 %) de moins que le record de 2014 (Tableau I).

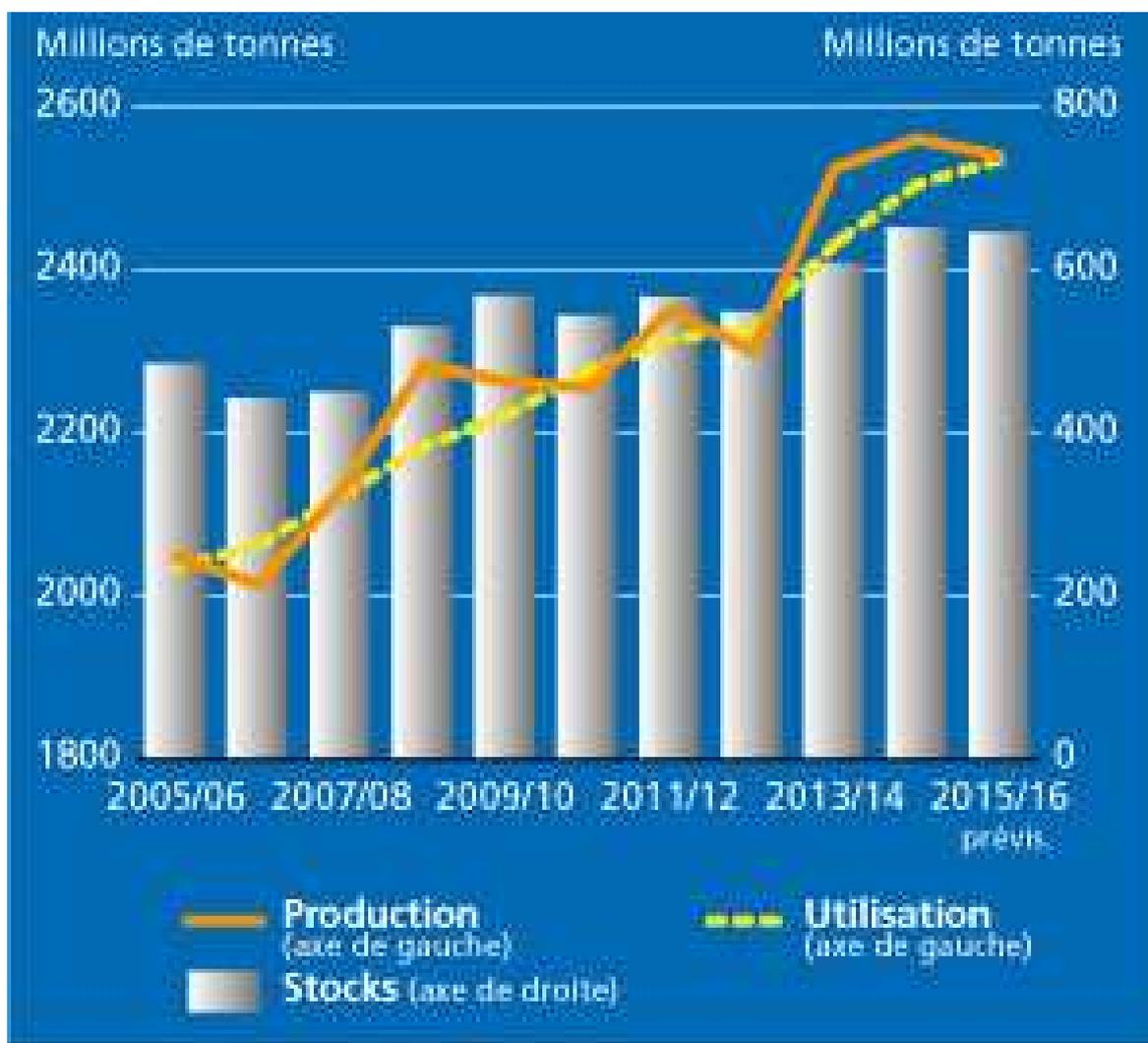


Figure 1 : Production céréalière mondiale, utilisation et stocks (FAO, Bulletin septembre 2015).

Chapitre I: Généralités sur le blé dur

Tableau I : Production de blé dans le monde par grandes zones et principaux pays producteurs (en millions de tonnes) (FAO, Bulletin septembre 2015).

	2012/2013	2013/2014	2014/2015
Europe	136,0	146,4	154,8
- dont U.E.	131,6	142,2	149,8
Ex-URSS	77,2	102,7	100,9
- dont Kazakhstan	9,8	13,9	15,0
- dont Russie	37,7	52,1	51,0
- dont Ukraine	15,8	22,3	20,0
Nord et Centre Amérique	92,2	98,9	91,7
- dont Canada	27,2	37,5	29,0
- dont Etats-Unis	61,8	58,0	57,0
Sud Amérique	17,1	19,9	26,9
- dont Argentine	8,2	10,0	14,9
- dont Brésil	4,4	5,5	6,6
Proche Orient	38,6	41,2	39,6
- dont Iran	14,0	14,5	14,3
- dont Turquie	17,5	18,0	18,0
Extrême Orient	247,5	247,6	252,3
- dont Chine	120,6	121,9	123,0
- dont Inde	94,9	93,5	96,9
Afrique	23,4	26,1	26,0
- dont Egypte	8,5	8,8	9,2
- dont Maroc	3,9	7,0	6,8
Océanie	22,9	27,3	26,8
- dont Australie	22,5	27,0	26,5
TOTAL MONDE	654,9	710,2	719,0

Pour ce qui est de la consommation alimentaire de céréales, celle-ci devrait se monter à 1 117 millions de tonnes, soit une augmentation de 1,3 % par rapport à 2014-2015, en phase avec le rythme de la croissance démographique mondiale. La quantité de blé destinée à la consommation humaine serait de 492 millions de tonnes en 2015-2016, soit une hausse de près de 1 pour cent par rapport à 2014-2015.

Les prévisions de la FAO concernant les stocks mondiaux de blé pour 2016 devraient atteindre 202 millions de tonnes, soit 4 millions de plus que ce qui avait été prévu en juillet, pour un total légèrement plus important que celui de la campagne passée. De ce fait, le rapport stocks-utilisation pour le blé au niveau mondial devrait lui aussi connaître une augmentation, passant de 27,9 % en 2014-2015 à 28,3 % en 2015-2016, son niveau le plus haut des quatre dernières années.

L'Office Algérien Interprofessionnel des Céréales (OAIC) a annoncé, que l'Algérie a produit 40 millions de quintaux de céréales durant la campagne moissons-battages 2014-2015, contre 35 millions lors de la saison précédente, soit une hausse de 14,3%. La récolte de blé dur a atteint 1.8 millions de tonnes en 2014, et a reculé de 21% en raison des précipitations insuffisantes en certains endroits du pays. sa consommation en l'an 2015 a même été estimée à 178,6 kg / an / habitant.

1.2 Caractéristiques du grain de blé

Le blé est une monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille des *Gramineae*. C'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscence, appelé caryopse ou akène, constitué d'une graine et de téguments. Les deux espèces les plus cultivées sont le blé tendre « *Triticum aestivum* » et le blé dur « *Triticum durum* » (FEILLET, 2000).

1.3 Différence entre le blé dur et le blé tendre

Du point de vue morphologique les blés se distinguent par plusieurs caractéristiques physiques (tableau II) (figure2):

Chapitre I: Généralités sur le blé dur

Tableau II: Principales caractéristiques physiques des grains de blé (JEANTET et al, 2007).

Espèce	Triticum durum	Triticum aestivum
Poids spécifique (Kg.hl ⁻¹)	75-85 (souvent > 80)	70-80
Masse de mille grains	25 à 60 g	35 à 50 g
Aspect	Allongé, sillon ouvert, enveloppes blanches, ambrées, épis barbus	Forme ronde, peu allongé, sillon fermé, enveloppes rousses, épis peu barbus
Longueur	6 à 9 mm	5 à 8 mm
Largeur	2,5 à 4,0 mm	3 à 4 mm
Épaisseur	2,2 à 3,2 mm	2,5 à 3,5 mm
Caractéristique physique de l'amande	Vitreuse, résistante à l'écrasement	Farineuse, peu résistante à l'écrasement
Rendement mouture	Semoules : 70-75 % Issues : 18-22% Gruaux D (darine) : 5-1%	Farine : 75 -80% Sons : 12-15 % Remoulages : 5-7 %

Le blé dur se caractérise par une coloration jaune ombrée, qui est le résultat d'une concentration en pigments jaunes (BOYACIOGLU et DAPPOLONIA, 1994).

Sur le plan génétique, le blé tendre est une espèce hexaploïde qui possède les trois génomes AA, BB et DD constitués chacun de sept paires de chromosomes homéologues, soit au total 42 chromosomes; le blé dur ne contient que les deux génomes AA et BB et 28 chromosomes (FEILLET, 2000).



Blé dur

blé tendre

Figure 2 : Différence entre blé dur et blé tendre (DJELTI, 2014).

1.4 Composition histologique du grain

D'après FEILLET (2000), Le grain de blé comprend trois parties essentielles. Les enveloppes ou son (13%), l'albumen (84%) et le germe 3% (figure 3).

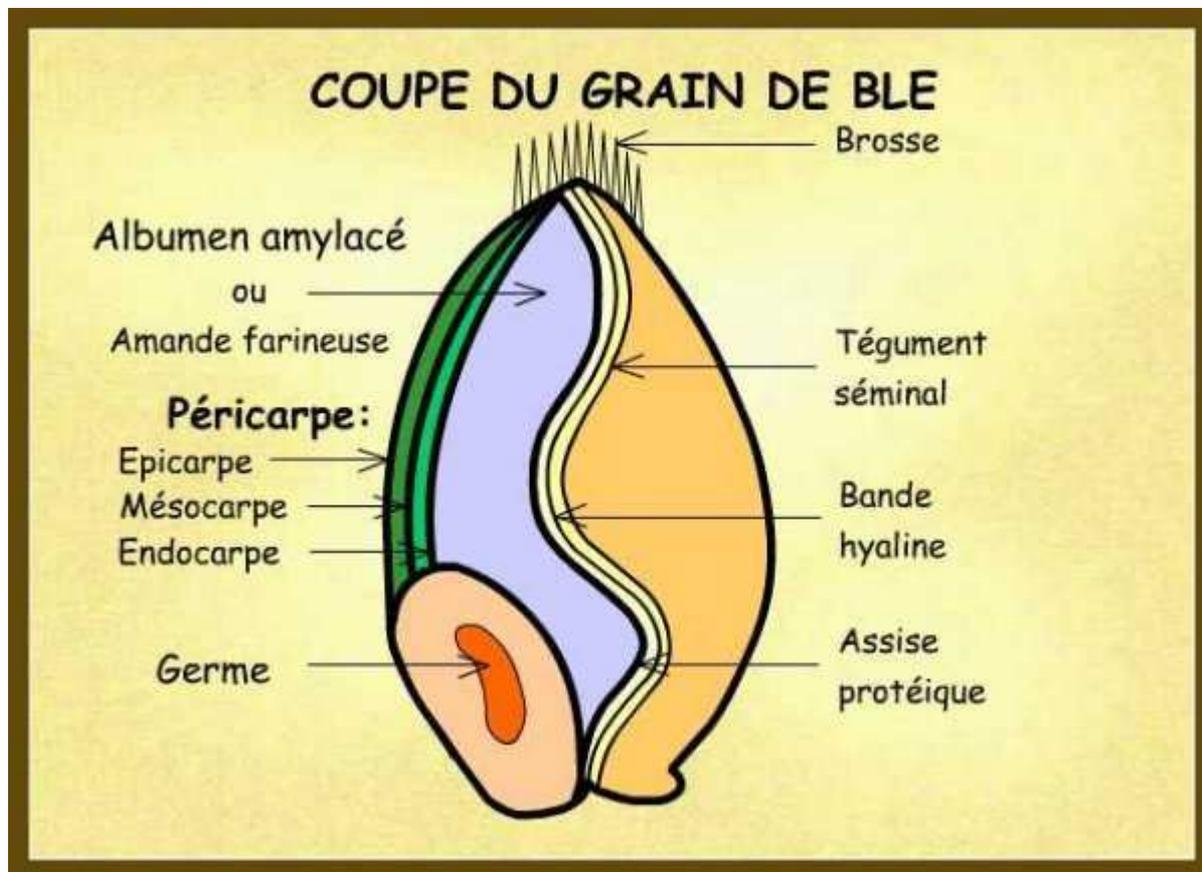


Figure 3 : Structure du grain de blé (BARRON et SURGET, 2005).

1.4.1 Les enveloppes

Elles représentent 14 à 15% du poids total du grain, formées de couches histologiques superposées de l'extérieur vers l'intérieur (le péricarpe, le tégument séminal, la bande hyaline et l'assise protéique ou couche à aleurone) (CALVEL, 1984).

Au cours de la mouture, ces enveloppes donnent le son et une petite quantité d'amande farineuse adhérente à l'assise protéique (DACOSTA, 1986), riches en minéraux, lipides, protéines et vitamines (MONTESSINOS, 2003).

1.4.2 L'albumen

Il forme en moyenne 80 à 85% du poids du grain, constitué de l'albumen amylicé (au

sein duquel subsistent des cellules remplies de granules d'amidon dispersés au milieu d'une matrice protéique et dont les parois cellululosiques sont peu visibles) et de la couche à aleurone (FEILLET, 2000). Le germe est éliminé dans les semoules et se retrouve dans les issues.

1.4.3 Le germe

Selon JEANTET et *al* (2007), le germe représente environ 3% du poids du grain de blé, composé d'un embryon et du scutellum et contient une proportion élevée de lipides, protéines, vitamines, sels minéraux et enzymes.

1.5 Composition biochimique du grain

La connaissance de la composition biochimique du blé donne une idée sur sa valeur nutritionnelle et technologique. Globalement le grain de blé est composé d'eau, d'amidon, de protéines et de pentosanes. Les autres constituants, pondéralement mineurs : les lipides, la cellulose, les sucres libres, les minéraux et les vitamines (FEILLET, 2000).

1.5.1 Eau

Le pourcentage en eau du blé varie selon la variété et le temps de récolte, il est d'environ 13,5%, ce pourcentage a deux effets différents ; il permet d'une part une aptitude de stockage à long terme et inhibe d'autre part le développement des micro-organismes notamment les moisissures (FREDOT, 2005).

1.5.2 Amidon

Principal constituant du grain de blé et de l'albumen amylicé (67-68% et 78-82% respectivement). L'amidon est de structure semi-cristalline (FEILLET, 2000), est constitué d'un mélange de deux polysaccharide : l'amylose (20 à 25%) et l'amylopectine (75 à 80%) (CHEFTEL, 1992).

1.5.2.1 Amylose

Polymère linéaire de faible masse moléculaire (100 à 1000 Da), constitué par un enchainement de 500 à 600 unités de D-glucose, reliés par des liaisons α (1-4). Il représente environ 27% de l'amidon total, ses chaines sont enroulées en hélice irrégulière, dans laquelle sont orientés les groupements hydrophobes (TARA, 2005) (figure4).

2.5.2.2 Amylopectine

Homopolymère branché de dizaines de milliers d'unités glucose (sous la forme D-glucopyranose). Elle a une structure extrêmement ramifiée comportant 5 à 6% de zones de branchements résultant de la formation de liaisons α (1-6) ; son poids moléculaire atteint 10^5 Da. Elle comporte deux types de chaînes A et B ; les chaînes de type B forment un squelette sur lequel viennent se greffer des chaînes plus courtes de types A. Dans les amidons de céréales, les chaînes de type A sont huit à dix fois plus nombreuses que celles de type B. (FEILLET, 2000) (figur4).

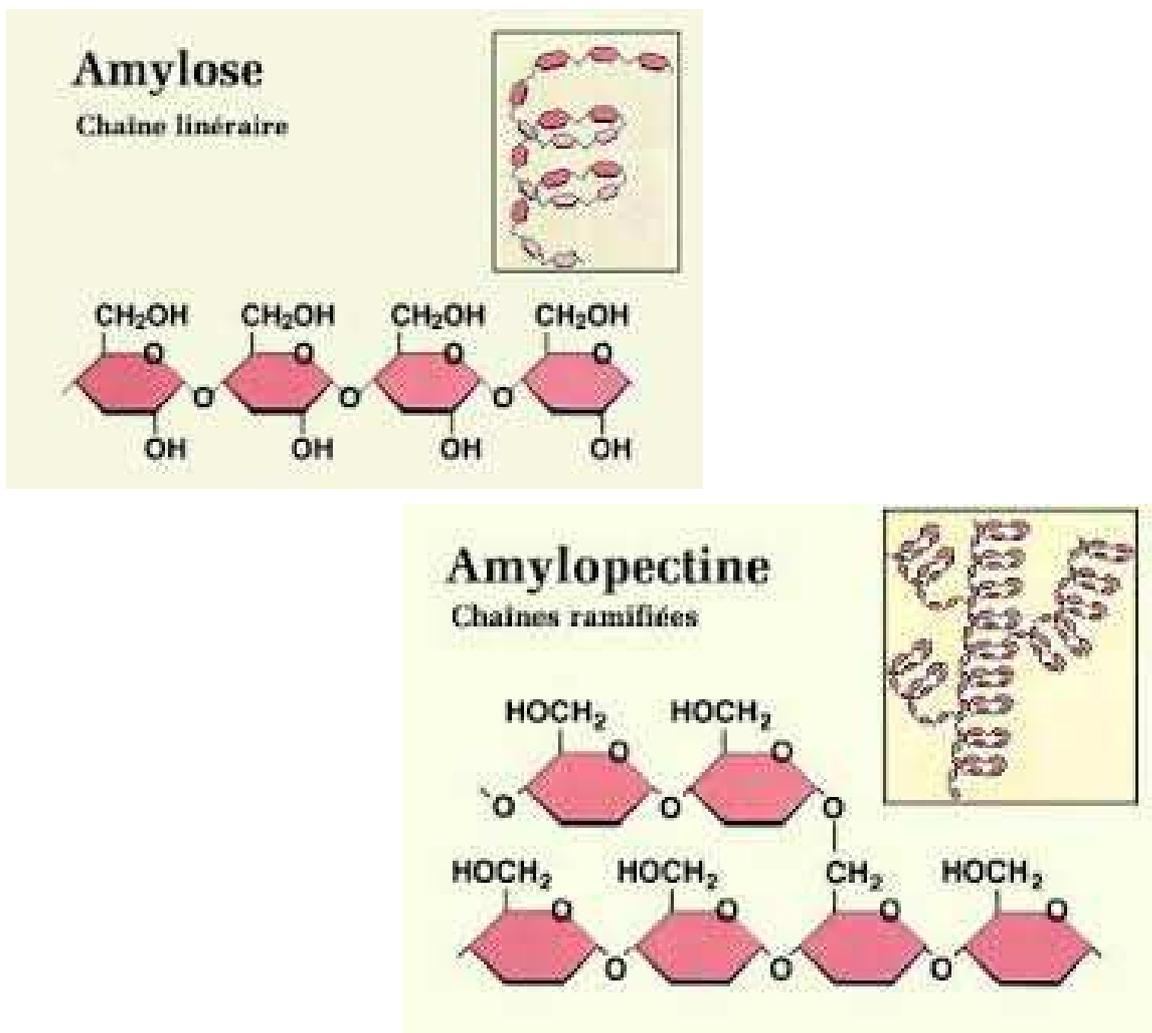


Figure 4: Structure des constituants de l'amidon (BERRADA, 2009).

2.5.2.3 Modification du comportement de l'amidon

Le comportement des granules d'amidon varie en fonction de la température. Aux températures inférieures à celles de la gélatinisation seul le phénomène de gonflement est observé tandis qu'aux températures plus élevées (température de gélatinisation) l'amidon passe successivement par trois états : gonflé, gélatinisé et solubilisé (ou empois). Au cours du refroidissement l'amidon va donner un gel (figure 5).

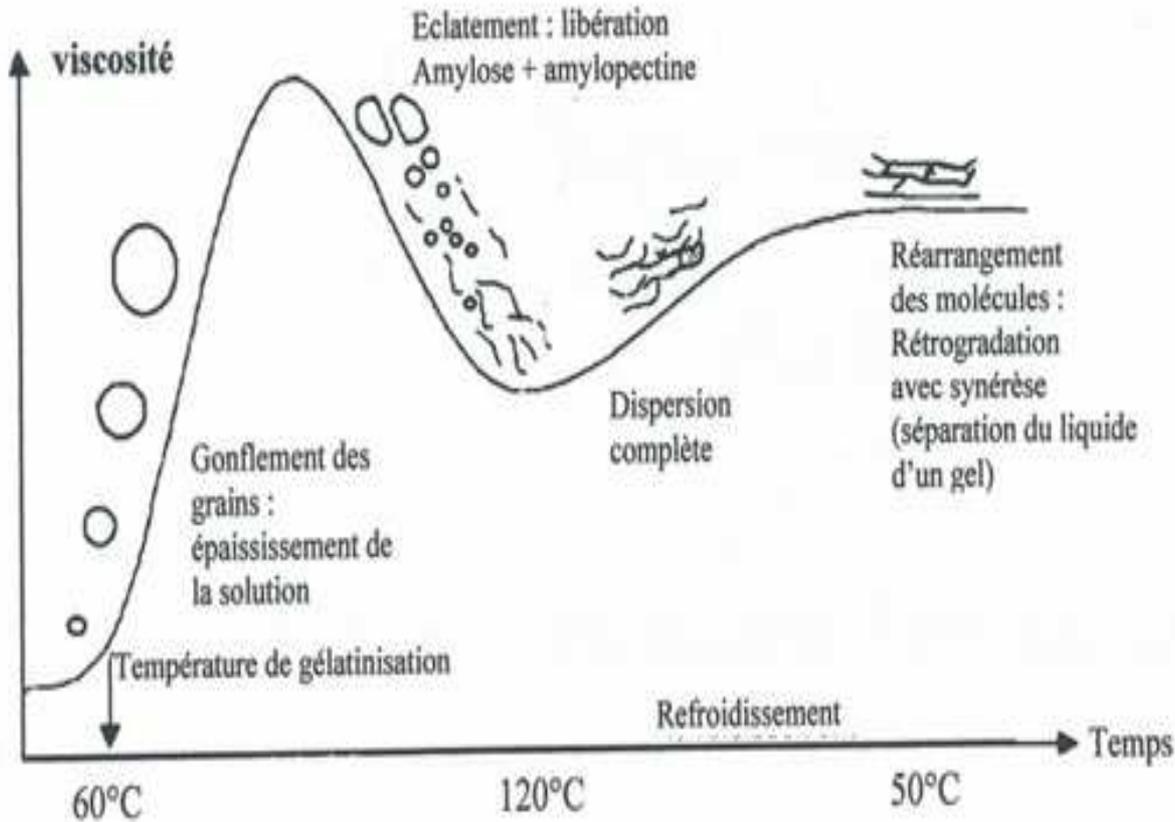


Figure 5 : Viscoamylogramme et états correspondant des granules d'amidon (DELACHARLERIE et al, 2008).

- **Gélatinisation :** La gélatinisation ou encore empesage est l'une des premières étapes communes à de nombreuses applications industrielles de l'amidon. Elle correspond au phénomène de gonflement irréversible et solubilisation observée lorsque les grains d'amidon sont en présence d'un excès d'eau et à des températures supérieures à 60°C. Elle est également définie comme la perte de la structure semi-cristalline du granule d'amidon à la suite d'un traitement hydrothermique. La gélatinisation s'accompagne d'un gonflement du granule d'amidon ainsi que de l'augmentation de la viscosité de la suspension d'amidon (ADRIAN et REBACHE, 1996).

- **Rétrogradation et gélification** : La rétrogradation désigne les réorganisations structurales (ou recristallisation) qui s'opèrent lors du refroidissement d'une dispersion d'amidon.

La gélification de l'amidon est un phénomène essentiellement initié par un abaissement de température, induisant elle-même une diminution de solubilité des polymères. Les gels ainsi obtenus sont des structures poreuses (TAKACHE, 2006).

1.5.3 Protéines

Les protéines sont à la base de la qualité technologique du blé et de leurs débouchés que ce soit de première transformation ou de deuxième transformation, ils contribuent à l'expression des caractéristiques culinaires. Le grain de blé contient entre 10 et 15% de protéines selon la variété (BATTAIS *et al*, 2007). Ils sont classés suites à leur solubilité en deux classes à savoir : les protéines solubles et les protéines de réserves.

1.5.3.1 Les protéines solubles (albumines et globulines)

Également appelées protéines cytoplasmiques ou métaboliques, Les albumines et globulines représentent 15-20% des protéines totales et sont solubles respectivement dans l'eau et les tampons salins. Elles participent à la formation des grains et à l'accumulation des réserves dans l'albumen (VENSEL *et al*, 2005). Elles sont présentes dans l'embryon et dans l'endosperme (MACRITCHIE, 1984). Les albumines sont relativement riches en tryptophane par rapport aux protéines de réserve et pauvres en azote amidé; alors que les globulines sont pauvres en tryptophane et très riches en arginine (DACOSTA, 1986).

1.5.3.2 Les protéines de réserves (Gliadines et gluténines)

D'après OSBORNE et SHEWRY (1907) ; les gliadines et les gluténines sont des protéines appartenant à la famille des prolamines (riches en proline et glutamine). Elles sont très polymorphes, leur masse molaire varie de 30 à 100 KDa (figure 6).

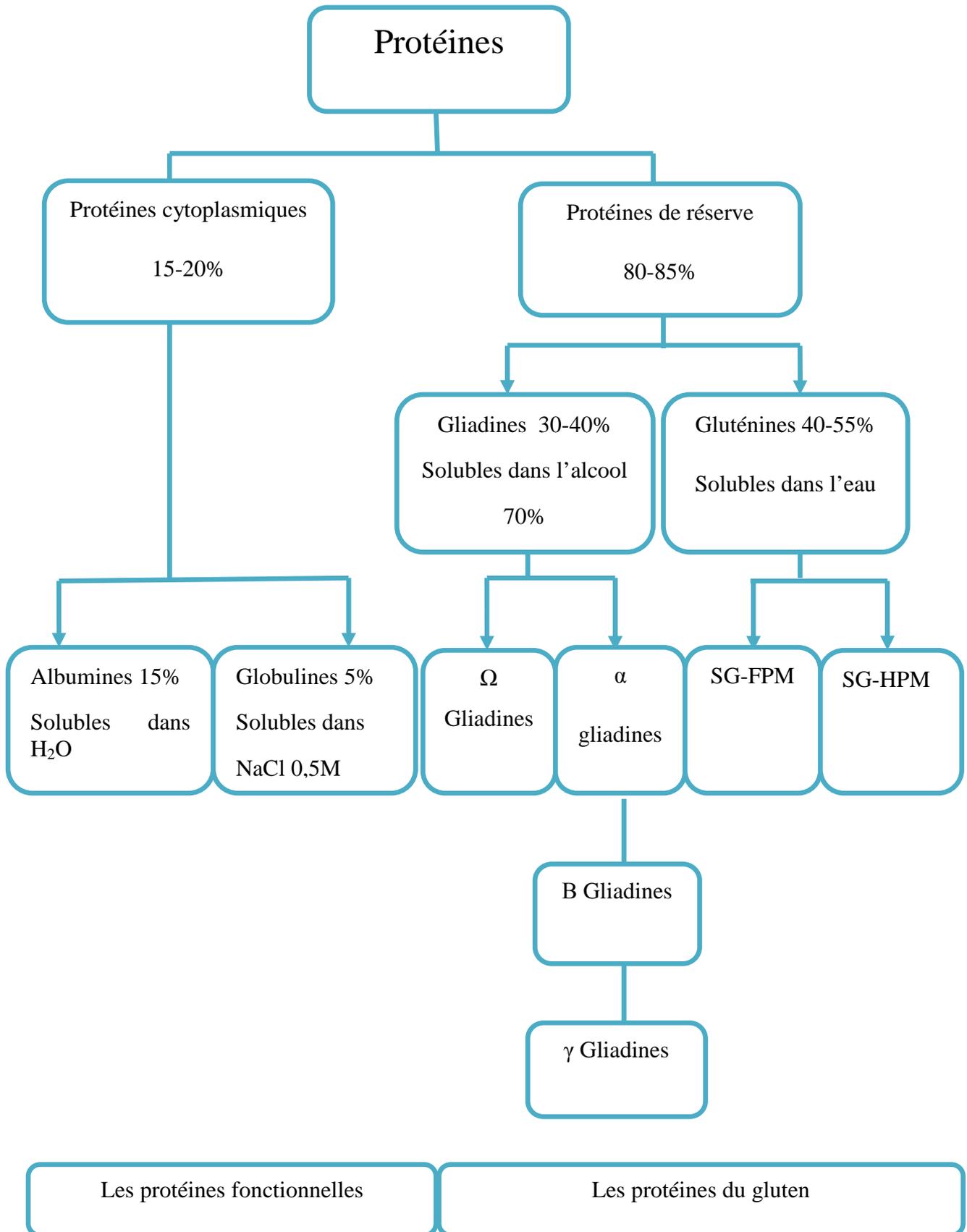


Figure 6 : Classification des protéines du blé (OSBORNE et SHEWRY, 1907).

- **Les gliadines** : Les gliadines sont des protéines caractérisées par leur solubilité dans l'éthanol, elles occupent près de 40 à 45% des protéines totales avec une masse moléculaire compris entre 30000 et 80000 daltons (BRANLARD, 1999). Elles présentent le grand polymorphisme selon les variétés que les gluténines et forment un groupe de prolamine hautement hétérogène. Trois groupes sont distincts selon leurs mobilités après la séparation électrophorétique en milieu acide à savoir : les Ω -gliadine, les β -gliadines et les α -gliadines qui présentent respectivement 44-60 %, 30-46 %, et 6-20 % des gliadines totales (AMELIE, 2007). Les gliadines sont responsables de l'extensibilité et de la viscosité de la pâte (ELIASSON et LUNDH, 1989).

- **Les gluténines** : Sont des polymères de protéines insolubles dans l'eau et les alcools, et représentent 40 à 50% des protéines totales. Les gluténines sont divisées en deux groupes selon leur mobilité, les sous unités gluténines de faible poids moléculaire (SG-FPM) (dont elles représentent deux tiers de l'ensemble des gluténines) et ont une masse molaire comprise entre 30-70 KDa et sont des prolamines très polymorphes, et les sous unités gluténines de haut poids moléculaire (SG-HPM), sont les prolamines les moins polymorphes et ont une masse molaire comprise entre 100 et 160 KDa (PAYNE et *al*, 1979). Les gluténines sont responsables de l'élasticité et la ténacité du gluten (KHAN et BUSHUK, 1979), elles présentent une très forte aptitude à former des réticulations, en effet les propriétés de la pâte sont influencés par le rapport des gluténines et gliadines (SISSOUS, 2008).

- **Le gluten** : Le gluten est un élément de qualité du blé, c'est l'ensemble des gluténines et gliadines associées à d'autres constituants (glucides, les lipides, matières minérales), il rassemble 75- 80% de protéines de réserve, 15-17 % de glucides, 5-8 % de lipides, et des éléments minéraux (figure 7).

Il est responsable de l'élasticité, la cohésion, l'extensibilité et la ténacité des pâtes d'où ses propriétés rhéologiques. Le gluten est un facteur primordial pour la détermination de la qualité fonctionnelle de la semoule (FEILLETE, 2000). Il contribue à la force de la pâte et l'élaboration des réticulations par le biais de ses fractions gluténines (MESSABIHI, 2008).

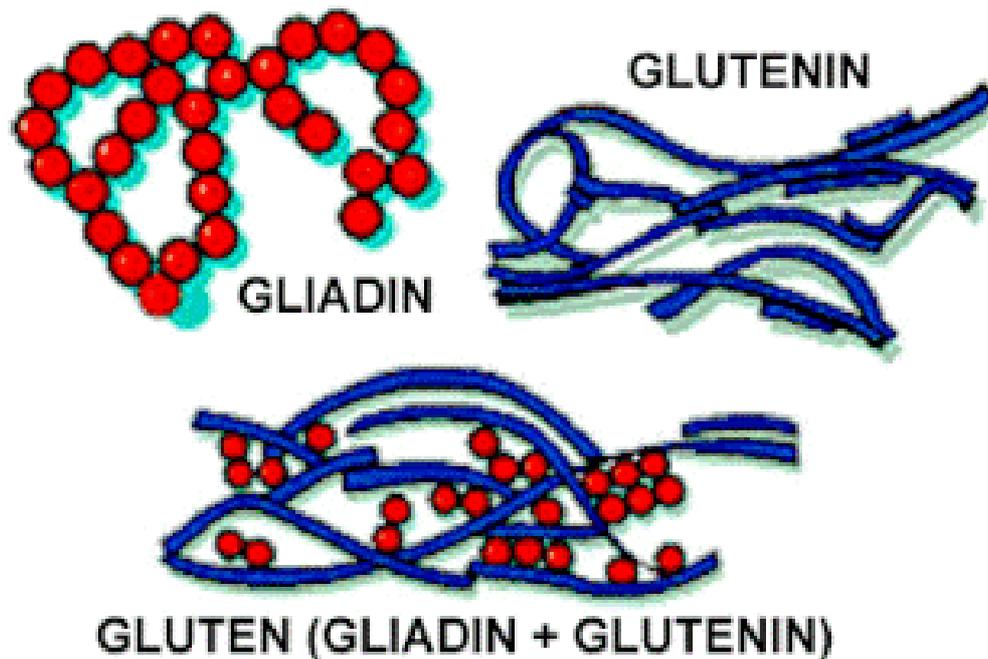


Figure 7 : Structure du gluten (SMITH et HUI, 2004).

1.5.4 Fibres

Selon JEANTET et *al* (2007), ce sont des polysaccharides non amylacés indigestibles par l'Homme. Principaux constituants des parois de l'albumen (70 à 80%), elles représentent 6 à 8 % du grain et 2 à 3 % de la semoule. Elles se divisent en deux grandes familles selon leur solubilité : les fibres à structure cristalline, insolubles dans l'eau et les fibres non cristallines, solubles. Parmi ces fibres :

- **La cellulose** : c'est un enchainement de D-glucose liés par des liaisons β 1-6. De structure cristalline insoluble, elle représente 2 à 4 % des fibres de l'albumen et 25 à 30 de celles du péricarpe.
- **Les bêta-glucanes** : polymère de D-glucose liés par des liaisons β 1-3 ou 1-4, peu solubles dans l'eau et constituent 20 à 30 % des fibres de l'albumen.
- **Les pentosanes** : chaines glucidiques peu solubles et constituent 65 à 8 % des fibres de l'albumen. Formées principalement de pentoses, elles se distinguent en :
 - arabinogalactanes : solubles dans l'eau (2 à 3 % des fibres de l'albumen) ;
 - arabinoxylanes souvent appelées gommages ou mucilages.

1.5.5 Lipides

Les lipides sont des biomolécules pratiquement insolubles dans l'eau, solubles dans les

solvants apolaires tels que chloroforme, le benzène ou l'éther (KESSOUS, 1993). Ils sont localisés surtout dans le germe et les enveloppes, la matière grasse qu'ils renferment est de 1 à 2,5% dans le germe, 5 à 6% dans les enveloppes, et 0,8 à 1% dans l'albumen. Les lipides sont des constituants mineurs du blé, ils représentent de 2 à 3% du grain sec (ADRIAN, 1987). Pour cela, le germe est éliminé de la semoule pour éviter le vieillissement qui sera accéléré à cause de l'évolution des lipides riches en acides gras insaturé (GRANDVOINET et PRATY, 1994).

1.5.6 Les pigments

Les pigments présents dans le grain de blé sont principalement des caroténoïdes, essentiellement des xanthophylles et des carotènes (α , β , γ carotène). Ce sont des pigments liposolubles. Selon FRANCONIE *et al* (2010), ils sont responsables de la couleur jaune recherchée dans les semoules et les pâtes alimentaires.

- **Xanthophylles** : sont des pigments qui décrivent des carotènes par oxydation et ont des groupements hydroxyles sur leur cycle. On les trouve en quantités importantes dans l'albumen puis dans l'embryon et le son.
- **Carotènes** : sont des dérivés de l'isoprène, comportant un grand nombre de doubles liaisons conjuguées, ce qui leur confère une coloration pouvant aller au jaune rouge

1.5.7 Minéraux

Selon ABECASSIS (1987), la teneur moyenne en matières minérales du grain de blé est d'environ 1,8%. Leurs concentrations dans les différentes parties du grain sont : 5 à 8% dans les enveloppes, 10% dans la couche à aleurone et 0,5 à 1% dans l'albumen amylicé. Selon GODON et WILLM (1991), ces teneurs sont relativement fixes, quelles que soient les conditions externes dans lesquelles la céréale a été cultivée.

1.5.8 Enzymes

Sont présentes en petites quantités dans le grain et la semoule. Les plus courantes sont les protéases, les lipases, les lipoxygénases et les amylases quoique la documentation rapporte aussi la présence de phytases (une phosphatase), de peroxydases et de catalases (BOUDREAU et MENARD, 1992).

Chapitre I: Généralités sur le blé dur

Selon FEILLET (2000), les enzymes se répartissent principalement entre le germe et la couche à aleurone, toutefois elles influent sur la qualité d'utilisation des farines et semoules. Elles sont représentées dans le tableau III :

Tableau III : les enzymes endogène du blé (FEILLET, 2000).

Enzyme	Localisation	Réaction catalysée	Rôle	
α -amylase endo-enzyme	Sons	Hydrolyse des liaisons glucosidiques α 1-4	Liquéfaction de l'amidon gélatinisé	
B-amylase Exo-enzyme	Sons	//	Saccharification	
Pentosanes Endo et exo-enzyme	Germe et sons	Hydrolyse des pentosanes	Modification de la capacité d'absorption d'eau des pâtes	
Protéase	Germe et sons	Hydrolyse des liaisons peptidique CO-NH	Affaiblissement du réseau protéique	
Lipases	Couche à aleurone	Hydrolyse des fonctions esters des triglycérides	Augmentation de l'acidité grasse des semoules et détérioration de la tenue des pâtes	
Lipoxygénases	Germe	Oxydation des acides gras libres et dégradation des caroténoïdes	Blanchiment	Renforcement du réseau protéique par interactions avec les pentosanes
Peroxydases	Sons	Oxydation des phénols et d'amines aromatiques	//	
Polyphénol-oxydases	Sons	Oxydation des phénols	//	
Catalases	Albumen	Dismutation du peroxyde d'hydrogène	Limiter l'activité des peroxydes	

1.5.9 Vitamines

La graine de blé est riche en vitamines notamment celles du groupe B à savoir B1(Thiamine), B2(Riboflavine), B3(Niacine), B6(Pyridoxine), B9 (Acide folique)

Chapitre I: Généralités sur le blé dur

(ROUDAUT et LEFRENQ , 2005). Elle est également riche en vitamine E qui peut agir comme antioxydant (MERCIER, 1999).

Ces constituants se répartissent de manière inégale au sein des différentes fractions histologiques du grain, comme le montre le tableau IV :

Tableau IV : distribution histologique des principaux constituants de blé (FEILLET, 2000).

Constituant (% de la masse du grain)	Protéines	Matières minérales	Lipides	Matières cellulosiques	Pentosanes	Amidon
Péricarpe (4%)	07-08	03-05	1	25-30	35-43	0
Téguments (1%)	15-20	10-15	03-05	30-35	25-30	0
Reste du nucelle (2%)	30-35	06-15	07-08	6	30-35	10
Assise protéique (7%)	30-35	06-15	07-08	6	30-35	10
Germe (3%)	35-40	05-06	15	1	20	20
Albumen (83%)	-	08-13	0,35-0,60	1	0,5-3	70-85

1.6 Valeur nutritionnelle et énergétique

Les céréales et leurs dérivés constituent l'épine dorsale du système alimentaire algérien, et elles fournissent plus de 60% de l'apport calorifique et 75 à 80% de l'apport protéique de la ration alimentaire.

Parmi ces céréales, le blé occupe la première place pour la production mondiale et la deuxième après le riz, comme source de nourriture pour les populations humaines, il assure 15% de ses besoins énergétiques (BINJEAN, 2001).

C'est ainsi, au cours de la période 2001-2003, les disponibilités des blés représentent un apport équivalent à 1505,5 Kcal/personne/jour, 45,533 gr de protéine /personne/j et 5,43 gr de lipide/personne /J (CIHEAM ,2007).

1.7 Accidents du blé dur

- **Le Germination**

Se rencontrant dans les lots provenant de la récolte ayant reçu des pluies abondantes au moment de leur dernier stade de végétation, au cours de la moisson ou au cours de leur conservation en meules mal abritées.

Ils se caractérisent par une boursouffure du germe ou un développement plus ou moins accru de l'embryon, et par une augmentation de l'activité amylasique qui dégrade l'amidon en sucre simple, une forte activité amylasique peut rendre un lot de blé inutilisable pour les panifications, pâte collante difficile à travailler et le pain prend trop de coloration à la cuisson (DJELTI, 2013).

- **L'échaudage**

L'échaudage est un accident climatique de végétation auquel sont exposées les céréales et la vigne (BOURGEOIS et *al*, 2009).

Selon SOLTNER (2005), l'augmentation de poids du grain de blé durant la période de remplissage « période critique », provient uniquement de l'augmentation de la matière sèche, car la teneur en eau à ce stade reste stable. Cette matière sèche vient surtout de la migration des réserves de feuilles et des tiges et cela nécessite une circulation d'eau dans la plante, si faible soit elle. Du coup, des températures trop fortes au cours des stades physiologiques dessèchent la plante, rendant impossible cette migration vers le grain. Celui-ci sera échaudé et apparaîtra alors ridé et de faible poids spécifique.

Selon SCOTTI et MONT (1997), Il peut être la cause pour toutes maladies attaquant les racines, les feuilles, la tige et même les glumes. On cite en particulier : le piétin, la septoriose, la fusariose, les rouilles (échaudage pathologique).

Les grains échaudés sont rabougris, rides, déformés par la perte de substance. Ils ont une incidence négative sur le rendement en mouture, du fait de leur élimination lors du nettoyage.

- **Le mitadinage**

Selon SCOTTI et MONT (1997), le mitadinage est un accident physiologique fréquent sur les grains de blé dur qui survient lorsque la plante souffre d'une carence en Nitrates pendant le développement du grain. Il provoque un changement de texture de l'albumen qui normalement translucide et vitreuse devient, en partie ou en totalité, opaque et farineux. Les zones amylacés ont un aspect crayeux en coupe, à cause de la présence de fissures et de poche d'air, tandis que les zones vitreuses ont une structure compacte uniforme, les granules d'amidon étant étroitement liés par un réseau protéique (DEXTER et EDWARDS, 1998)

D'après DEBAEKE et al (1999), le taux de mitadinage est très lié à la teneur en protéines qui lui est inversement proportionnel. Ainsi la maîtrise de la fertilisation azotée et minérale et l'utilisation de techniques culturales appropriées contribuent à une qualité supérieure des blés produits (BENBELCKACEM et al, 1995).

1.8 Valeur technologique :

Les critères de la valeur technologique des produits sont différents selon les industries de transformation auxquelles ils sont destinés. Parmi ces critères un est commun à tous les produits, c'est l'homogénéité des lots pour obtenir un produit (farine, semoule . . . etc) de qualité standardisée et constante. Les industries de transformation ont besoin d'un produit de départ ayant une qualité homogène (CRUZ, 1988).

On regroupe sous le terme de valeur technologique ou de valeur industrielle essentiellement du blé dur l'ensemble des caractéristiques qui dépendent :

D'une part, du rendement en semoule d'une pureté déterminée c'est-à-dire le poids de semoules fabriquées rapportées au poids du blé mis en œuvre, on parle alors de valeur semoulière du blé dur.

D'autre part, l'aptitude des semoules à être transformées en pâtes alimentaires, dont l'aspect et la qualité culinaire répondent aux désirs des consommateurs, on parle alors de valeur pastière (AIT SIDHOUM et BENDJABEUR ,2009).

Chapitre II

Fragmentation de blé dur

Chapitre II : Fragmentation de blé dur

2.1 La réception

La matière première (blé dur) est livré au moulin par la CCLS (coopératives de céréales et de légumes secs) au moyen de camions, qui passent par un pont bascule afin de vérifier le poids exacte du blé réceptionné . Pour s'assurer à ce niveau d'une réception optimale et évaluer la qualité, un échantillon de blé est prélevé et analysé au laboratoire (BOUDREAU et MENARD ,1992). Dans le cas où le blé reçu correspond aux engagements figurants sur le cahier de charges alors ce dernier est déchargé.

2.2 Le pré-nettoyage

Cette phase comprend une trémie de réception où la matière première est déversée, afin de l'éliminer des grosses impuretés telles que : paille, bois, cailloux, rongeurs, pigeon ; un aimant permettant l'élimination des particules ferriques ; un séparateur rotatif assurant une séparation sommaire des produits en fonction de leur taille.

La phase de pré-nettoyage est essentielle pour un meilleur stockage des blés tout en optimisant l'utilisation des silos et des cellules de mélange, une réduction des poussières et une meilleure hygiène (BOUDREAU et MENARD, 1992).

2.3 Nettoyage à sec

Selon ABECASSIS (1987), c'est une étape très importante en semoulerie qui doit être réalisée avec efficacité.

Les lots de blé sont préparés dans des cellules de mélange avant d'être nettoyés, conditionnés et moulus. Dans le but de fabriquer une semoule de qualité appréciable, il est bon de mélanger à l'aide de doseurs deux ou plusieurs variétés de blé à différentes teneurs en protéines.

Par la suite, le blé est éliminé des morceaux de métal grâce à un autre aimant ; pesé et envoyé vers les équipements de nettoyage (nettoyeur-séparateur, tarare, épierreur, trieur, table densimétrique) qui sont choisis en fonction des caractéristiques physiques des blés à traiter (taille, forme, densité et couleur).

2.4 Conditionnement

Le conditionnement du blé est une étape essentielle pour le bon déroulement de la mouture .Il vise à modifier l'état physique des grains de manière à permettre la meilleur séparation possible lors de la mouture entre l'albumen et les sons (ABECASSIS, 1991).

La préparation a pour but d'assouplir les enveloppes afin d'éviter leur fragmentation au cours du broyage; de réduire la dureté de l'albumen (devient friable) pour éviter que les granules d'amidon soient endommagés et de conserver la valeur semoulière.

Selon GODON et WILM (1991), Le conditionnement repose sur le traitement des grains par de l'eau, et la quantité d'eau à ajouter (E) est fonction de l'humidité initiale (H_i %) et finale (H_f %)du blé, et de la masse de blé à mouiller (m kg) selon la formule suivante :

$$E(l) = m \times \frac{H_f - H_i}{100 - H_f}$$

L'addition d'eau est réalisé en deux fois afin que l'eau absorbée se distribue progressivement à l'intérieur du grain jusqu'à ce qu'elle atteigne le cœur de l'amande.

Les blés nettoyés et mouillés sont stockés dans les cellules de repos pour une durée variante selon leur qualité (2à4 heures pour chaque mouillage).

2.5 Nettoyage humide

Durant cette opération, on enlève les dernières particules légères (enveloppes, germe, impuretés adhérant au grain, poussière) à l'aide d'une brosse verticale et une aspiration. Les blés traités sont pesés et prêts pour la mouture.

2.6 Mouture

C'est la transformation du blé en produits finis et dérivés.

2.6.1 L 'objectif de la mouture

FEILLET (2000) souligne les deux objectifs de la mouture du blé dur : le premier est d'atteindre le rendement le plus élevé lors de la trituration ; le second à satisfaire les besoins des clients.

D'après ABECASSIS (1991), La première transformation des céréales a pour objectif

d'isoler l'albumen amylicé sans contamination par les parties périphériques du grain et par le germe.

2.6.2 Principe de la mouture

La mouture, est l'opération centrale de la transformation des blés en semoules, repose sur la mise en œuvre de deux opérations unitaires : une opération de fragmentation-dissociation des grains et une opération de séparation des constituants (FEILLET, 2000)

2.6.3 Étapes de la mouture

- **Broyage :**

Séparation de l'amande des enveloppes : une dissociation progressive de l'albumen et des parties périphériques des grains par écrasement et cisaillement des produits entre cylindres cannelés tournant en sens inverse et à des vitesses différentes (figur8).

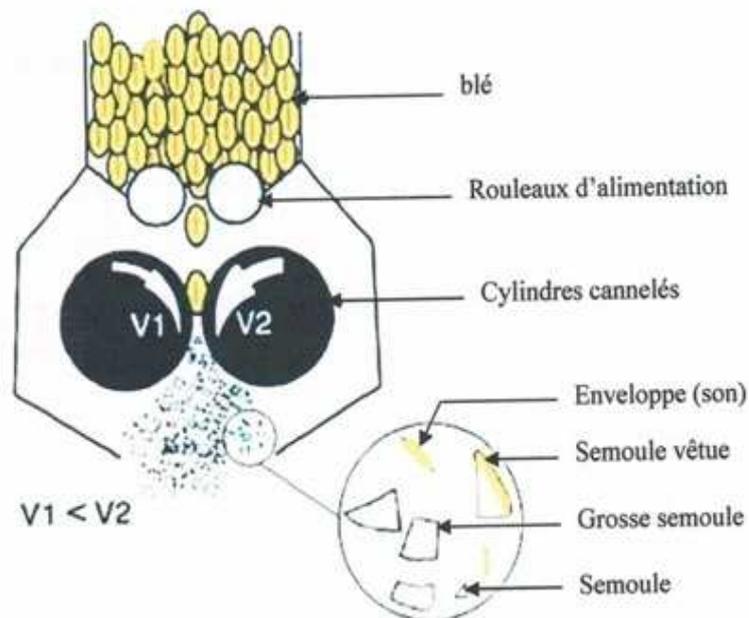


Figure 8 : Principe du fonctionnement d'un broyeur à cylindre (FEILLET, 2000).

D'après ABECASSIS (1991), le broyage doit être conduit de manière progressive car les enveloppes du blé dur sont fines et fragiles, ainsi le nombre de broyeurs n'est jamais inférieur à six.

- **Réduction**

La réduction est le Traitement des grosses semoules. Durant le fractionnement, des semoules de diamètre supérieur à 500 μ m sont générées à des quantités élevées. Pour réduire leur taille et produire des semoules fines (300 μ m) ou moyenne (350 à 450 μ m), celles-ci sont envoyées vers des réducteurs (cylindre cannelés).

- **Division**

Classement des semoules : c'est la séparation des produits en fonction de leur granulométrie grâce à des plansichters (appareils formés d'un assemblage de tamis superposés dont la largeur des mailles diminue au fur et à mesure de la progression des produits, sous l'action d'un mouvement rotatif (opération de tamisage ou blutage) (figure 9).

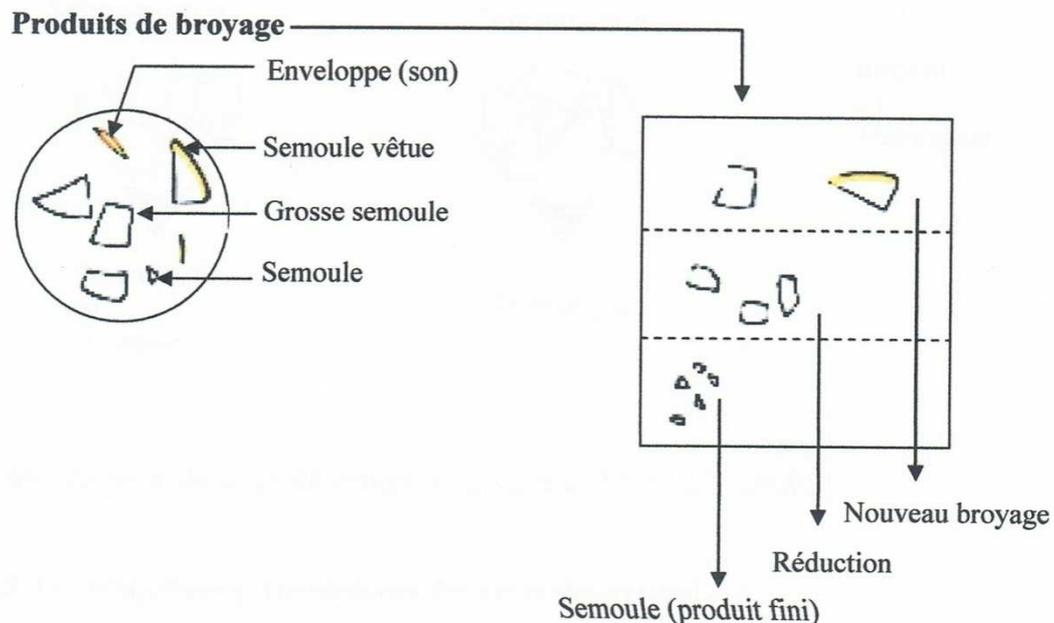


Figure 9 : Principe du fonctionnement d'un planshister (FEILLET, 2000).

- **Sassage**

L'épuration des semoules est une opération déterminante durant la mouture du blé dur car c'est à ce niveau que l'on récupère le produit fini. Les sasseurs sont alimentés par les produits provenant des plansichters, eux mêmes alimentés par les broyeurs, désagrégeurs, réducteurs, claqueurs et convertisseurs.

Les sasseurs séparent les produits grâce à un classement aérodynamique des particules hétérogènes (semoules bises, vêtues et des refus : son) (figure 10).

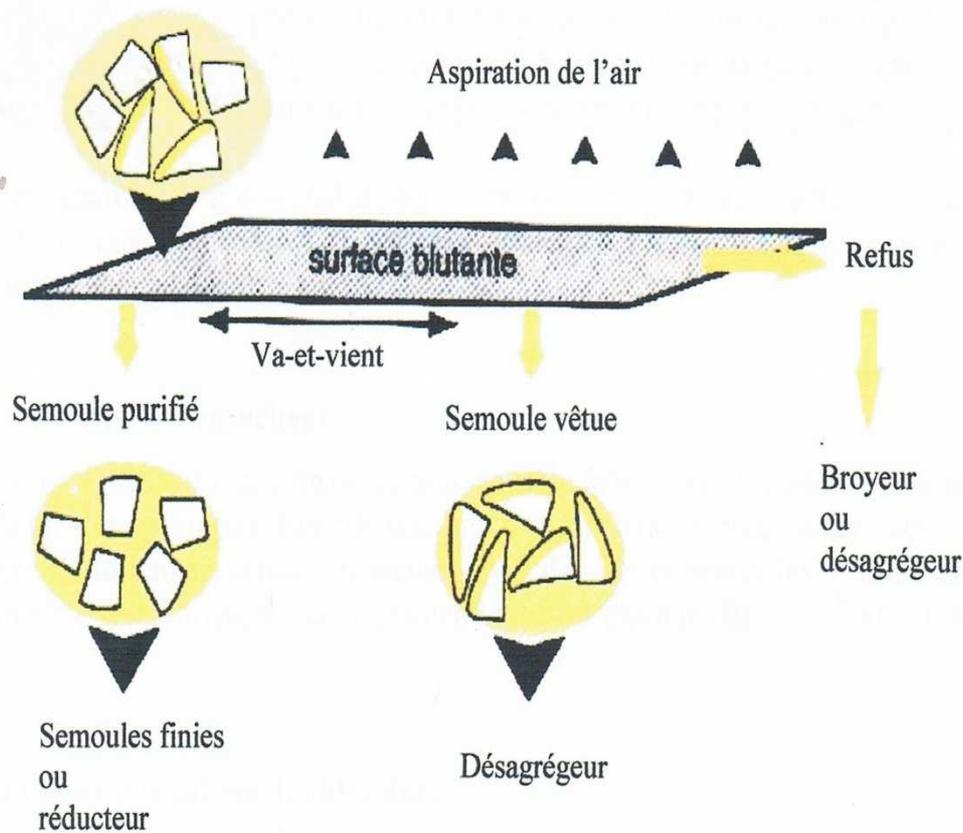


Figure 10: Principe du fonctionnement d'un sasseur (FEILLET, 2000).

- **Désagrégeage**

Traitement des semoules vêtues : selon ABECASSIS(1991), les désagrégeurs sont des appareils à cylindres munis de très fines cannelures qui ont pour but, en rebroyant les semoules vêtues ; d'éliminer les fragments de son qui adhèrent à l'amande.

• Convertissage

Passage d'épuisement : le convertissage a pour but de récupérer les farines basses à partir des produits résiduels contenant des traces d'amande mais qui ne peuvent plus donner des semoules. les convertisseurs sont équipés de cylindres lisses.

2.6.4 Les produits de mouture

Selon ABECASSIS et CHAURAND(1997), Lors de la mouture , le semoulier isole la semoule généralement à un taux d'extraction allant de 70 à 75 %, des farines ou gruaux D(5 à 10%) et des issues (18 à 22%) (figure11).

• **La semoule** : La semoule est constituée de fragments d'amande dont la taille des particules est supérieure à 150 μ m ;

• **La farine de blé dur (SSSF ou gruaux D)** : est considérée comme un sous produit de la mouture, se caractérise par une granulométrie de 180 μ m ;

• **Le son** : ce sont des morceaux d'enveloppes de taille variable allant de 0.5 à 1 μ m (FEILLETE, 2000) ;

Les semoules sont destinées à l'alimentation humaine, tandis que les sous produits (SSSF et son) sont destinés à l'alimentation de bétail.

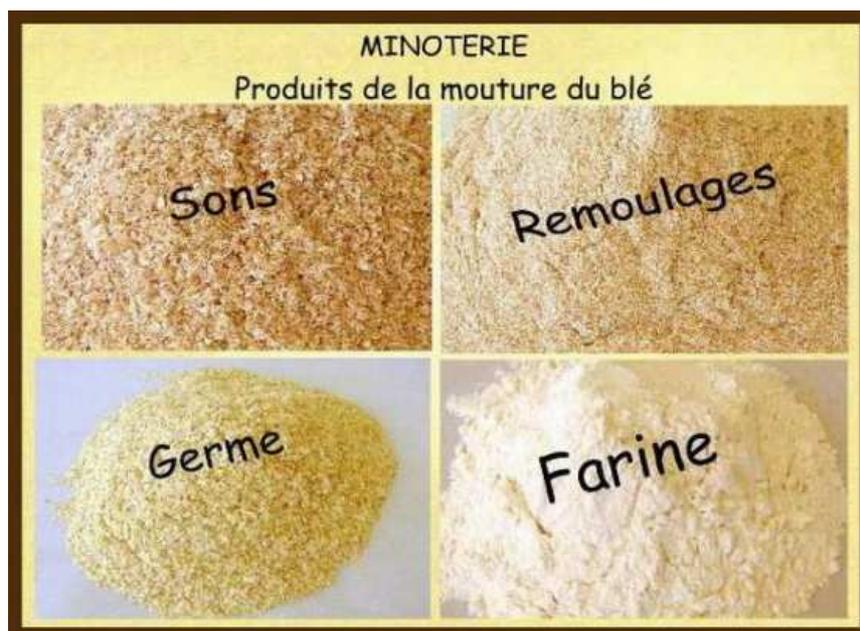


Figure 11: Différents produits de mouture de blé dur (FEILLET, 2000)

Chapitre III

La semoule

Chapitre III : La semoule

3.1 Définition

La semoule est le produit noble de l'industrie du grain de blé dur dont la taille granulométrique est comprise entre 150 et 500 μm , tandis que la farine de blé ainsi que le son forment les sous produits de la mouture (ABECASSIS *et al.*, 1996).

D'après le journal officiel algérien (JORA, 2007) les semoules du blé dur sont les produits obtenus à partir des grains de blé dur nettoyé et industriellement pur.

La consommation moyenne de semoule est de 52,2 kg par habitant et par an (KELLOU, 2008), les produits les plus demandés correspondent à des semoules pures de couleur dorée et présentent une granulométrie homogène.

3.2 La composition biochimique de la semoule

Les semoules issues de l'endosperme amylicé (albumen), jouent un rôle déterminant dans la fabrication des produits à base de blé dur. Elles contiennent en ordre d'importance : l'amidon, quatre classes de protéines, des lipides, des sels minéraux et des enzymes. La composition biochimique de la semoule, dépend du taux d'extraction et revêt une grande importance pour les pastiers qui préfèrent la semoule issue d'un blé dur sain et vitreux, de granulométrie homogène (200 à 400 μm), de couleur uniforme avec un gluten tenace et résistant et un minimum de piqures (BOUDREAU et MENARD, 1992) (Tableau V).

3.3 Caractéristiques des semoules

La qualité technologique des semoules pour la fabrication des pâtes alimentaires est définie par son aptitude à donner des produits finis dont l'aspect et la qualité culinaire répondent aux désirs des consommateurs. Ces deux caractéristiques sont influencées par la composition biochimique et l'état physique (granulométrie) des semoules, elles mêmes liées à l'origine histologique des produits (GODON et WILLM, 1991).

Les semoules de blé dur doivent être emballées dans des récipients préservant les qualités hygiéniques, nutritionnelles, technologiques et organoleptiques du produit. Celles ne répondant pas à ces spécifications sont, soit déclassées dans l'une des catégories inférieures, soit réorientées vers une autre destination (JORA, 2007)

Chapitre III : La semoule

Tableau V : composition biochimique de la semoule (BOUDREAU et MATSUO, 1992).

composantes	taux en %
Amidon	60 - 80
• Amylose	20 - 30
• Amylopectine	70 - 80
pentosanes	7 - 8
protéines	8 - 16
• Protéines solubles (albumines et globulines)	15 - 20
• Protéines insolubles (protéines du gluten)	80 - 85
lipides	1 - 2
• lipides libres	60
• lipides liés	40
matières minérales	0,87 - 1,20
• potassium	0,45
• phosphore	0,3
• Magnésium	0,14
vitamines	8,64
• B1	0,52
• B2	0,12
• pp	6
• E	2

3.4 Classification des semoules

Il existe différentes catégories de semoules, chaque catégorie est obtenue par une succession de plusieurs broyages et classées en fonction de leur grosseur.

En Algérie, les différentes catégories de semoules sont:

- **Semoules grosses (SG)** : La dimension des particules est comprise entre 900 μ m à 1100 μ m, destinées aux usages domestiques.

- **Semoules grosses moyennes (SGM)**: Sa dimension est comprise entre 550 μ m à 900 μ m, destinées à la fabrication de la galette, du couscous.

- **Semoules sossées super extra (SSSE)**: Sa dimension est 190 μ m à 550 μ m, destinées à la fabrication des pâtes alimentaires.

- **Semoules sossées super fines (SSSF)** : Sa dimension est de 140 μ m à 190 μ m, ces semoules proviennent des couches périphérique du grain (MADANI, 2009).

Pour les critères de qualité déterminant la valeur marchande du blé, 100% des entreprises transformatrices du blé en Algérie déclarent que l'indice de coloration jaune est le premier critère de choix et a une grande importance pour les utilisateurs (consommateurs) ; ils ont justifié cela par l'expérience et le savoir faire des consommateurs ; plus la semoule est jaune et dorée, meilleure sera sa qualité gustative et la couleur des produits finaux. Le taux de gluten est le 2^{ème} critère en termes d'importance lors de l'achat des semoules.

En effet, plus la semoule a une forte teneur en gluten plus la qualité des produits finaux sera meilleure notamment dans la fabrication des pains traditionnels algériens. La teneur en cendre est le 3^{ème} critère (KELLOU, 2008).

La qualité semoulière est conditionnée par la teneur en protéines, elle-même liée à la vitrosité du grain, et leur grosseur (calibrage) et ainsi le taux de cendre (MADANI, 2009).

Chapitre IV

Les pâtes alimentaires

Chapitre IV : Les pâtes alimentaires

4.1 Définition

On entend par pâtes alimentaires les préparations obtenues par le pétrissage sans fermentation des semoules ou farines de blé, et de l'eau dans les proportions moyennes de 34 parties de semoules ou farines pour 6 à 10 parties d'eau.

Le pétrissage est effectué soit à froid, soit à chaud, avec ou sans adjonction d'autres substances autorisées par les lois destinées à modifier soit la composition, soit le goût, soit l'aspect.

En Algérie et en France, seul pouvant porter la dénomination de pâtes alimentaires, les produits prêts à l'emploi culinaire, préparés par pétrissage, sans fermentation, de semoule de blé dur additionnée d'eau potable et soumise à des traitements physiques appropriés tels que : tréfilage, laminage, et séchage leurs donnant l'aspect consacré par les usagés (VIERLING, 2003).

4.2 Technologie pastière

Selon SMITH et HUI (2004), La semoule est d'abord travaillée, mélangée de manière à ce qu'elle soit homogène et qu'elle garde le moins d'air possible (assurer l'homogénéité de la pâte), en suite viendront les différentes étapes successifs citées ci-dessous permettant la formation des pâtes alimentaires (coudes) (figure 12) :

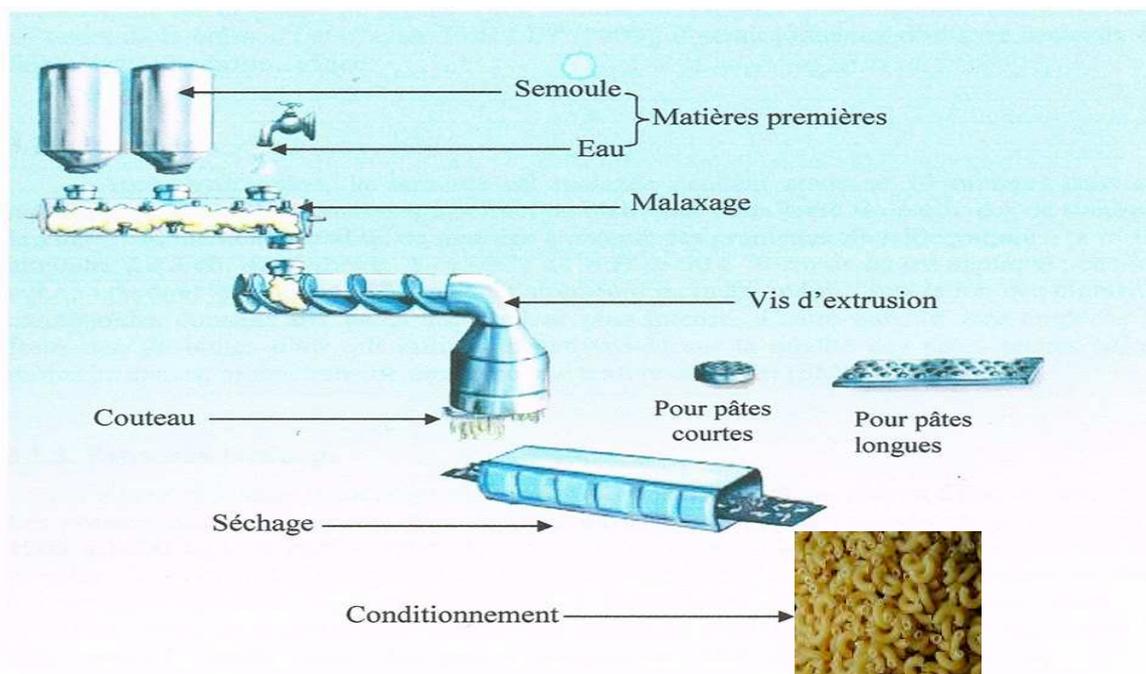


Figure 12 : Processus de fabrication de pâtes alimentaires (JOYCE BENTLEY, 2005).

Il existe différentes voies technologiques industrielles de pastification (figure 13)

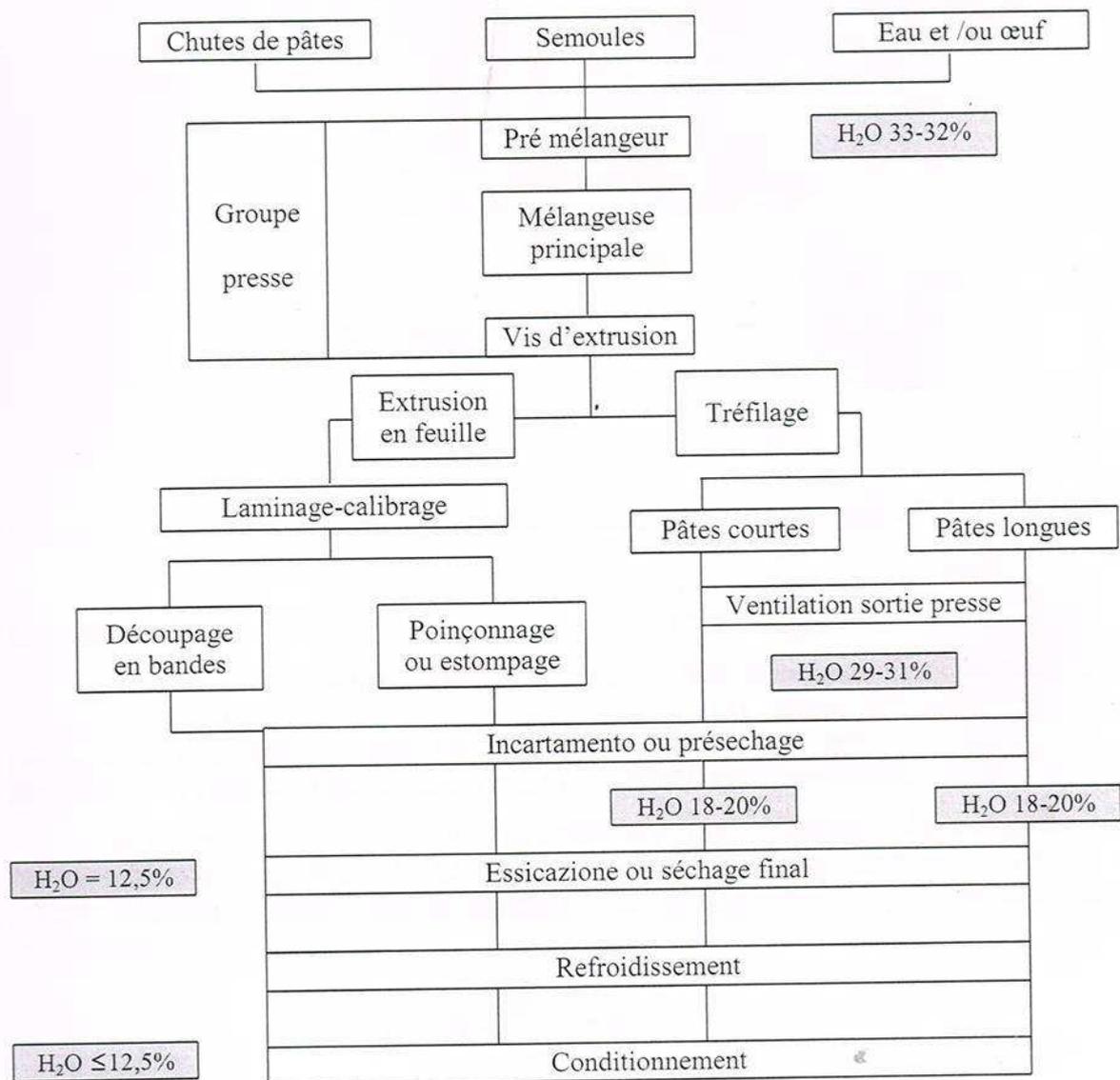


Figure 13 : Diagramme général de la fabrication industrielle de pâtes (JEANTET et al, 2007).

4.2.1 Hydratation

Les pâtes alimentaires sont fabriquées en mélangeant de l'eau et de la semoule. Dans les usines modernes les proportions d'ingrédients sont contrôlées automatiquement grâce à des doseurs qui déterminent la quantité d'eau à ajouter pour une qualité optimale de pâtes alimentaires (SMITH et HUI, 2004).

On cherche par cette étape d'amener l'humidité de la semoule qui est d'environ 14,5% de matière sèche à une humidité finale de 30% de matière sèche.

4.2.2 Malaxage

Après avoir hydraté notre produit, il est ensuite malaxé pendant environ 15 min à l'aide d'un malaxeur afin de bien incorporer l'eau dans le produit (semoule) de manière à obtenir des grumeaux de différentes tailles tout en laissant au niveau de la presse un vide permettant de réduire l'oxydation des pigments caroténoïdes donnant aux pâtes une mauvaise couleur et d'autre part empêcher la formation de bulles d'air qui dégradent la qualité des pâtes (pâte de texture collante) (SMITH et HUI, 2004).

4.2.3 Extrusion

Après le malaxage de la semoule, le mélange obtenu est extrudé et passe à travers une matrice qui permet d'exercer une pression sur le produit induisant l'élévation de la température et la formation d'un réseau de gluten dans la pâte ce qui la rend élastique et translucide et afin d'éviter la dénaturation de ses réseaux gluténiques en cas d'une grande élévation de température la matrice est munie d'un système de refroidissement à circulation d'eau (SMITH et HUI, 2004).

4.2.4 Séchage

Une fois les pâtes formées, elles sont transportées dans une chambre de séchage permettant aux pâtes de bien sécher grâce aux procédés de température élevée pendant environ 12h d'où ce séchage permet d'améliorer la qualité organoleptique et de réduire les contaminations bactériennes mais d'autre part il réduit la valeur nutritionnelle des pâtes qui se traduit par un déficit en lysine (HUI, 2008).

D'après JEANTET et al (2007), ce séchage s'effectue généralement en deux étapes :

- **Le pré séchage** : le pré séchage est une phase très importante dans le séchage des pâtes, il permet d'éliminer 30 à 40% de l'eau contenue dans la pâte en un minimum de temps (30% pour les pâtes courtes et 40% pour les pâtes longues) dans cette phase l'évaporation est irrégulière, les parties périphériques étant plus sèches que l'intérieur, ce qui assure une texture de carton, évite le collage et permet d'améliorer la stabilité de la forme.

- **le séchage définitif** : c'est un séchage qui se fait de manière progressive avec une alternance de phase de séchage et de rééquilibrage d'humidité, ce qui réduit les tensions à l'intérieur du produit et prévient l'apparition des gerçures, fêlures ou rupture de la pâte.

4.2.5 Emballages

Les pâtes alimentaires sont souvent emballées dans des sacs en polyéthylène ou en cellophane ou encore dans des boîtes en carton. Ces emballages ont pour but de protéger le

produit fini contre toute atteinte microbiennes ou réactions enzymatique et oxydative ainsi que les dommages pouvant subvenir lors de la livraison ou stockage (KAREL et *al*, 2000).

4.3 Types et formes de pâtes alimentaires

En Algérie, la consommation de pâtes alimentaires est de l'ordre de 3 kg par an, cette quantité est relativement faible en comparaison à celle de la Tunisie (15.26 kg), (KELLOU, 2008).

Les principales variétés produites par l'industrie sont :

- Les pâtes pleines : préparées par extrusion (vermicelles, spaghetti, nouilles, tagliatelles)
- Les pâtes creuses extrudées (coudes, coquilles, coquillettes)
- Les pâtes roulées ou découpées (langue de oiseau, lettres, caractères, etc.)

Ces variétés de pâtes sont classées en 3 familles qui sont :

Les pâtes longues, courtes et pâtes potages avec une production de 20%, 45%, 35% respectivement. (KELLOU, 2008).

Certains fabricants de pâtes alimentaires mélangent les grains ou semoules de différentes variétés de blé dur pour maintenir une force de gluten et des produits finis à des coûts de productions moindres (DEXTER, 2008).

4.4 Valeur nutritionnelle

Suspectées d'être très caloriques et de faire grossir, les pâtes alimentaires ont souvent été bannies de nos assiettes, pourtant pauvre en graisses et riches en glucides complexes du type amidon et en protéines végétales, elles s'intègrent parfaitement dans une alimentation équilibrée.

Selon FEILLET (2000), l'appréciation de la valeur nutritionnelle des pâtes alimentaires doit tenir compte de plusieurs paramètres :

-Du fait de leur richesse en sucres lents et de leur faible index glycémique (40%). Les pâtes alimentaires s'avèrent efficace sur la satiété, et sont d'un grand intérêt pour toute activité physique ou intellectuelle.

-Au niveau des calories, 100g de pâtes crues correspondent à 300g de pâtes cuites (350kcal) une différence qui tient au fait qu'au cours de la cuisson les pâtes absorbent 2 fois leur poids d'eau et perdent 6 à 10% de matière sèche dans l'eau de cuisson ;

- L'apport protéique est loin d'être négligeable, mais comme pour tous les produits céréaliers, les pâtes alimentaires sont déficientes en acides aminés indispensables.

4.5 Problèmes liés à la qualité des pâtes alimentaires

Selon FEILLET (2000), les pâtes alimentaires sont suspectées d'avoir des problèmes au cours de leur processus de fabrication qui peuvent être dues au mauvais malaxage ou à un séchage incomplet, parmi ces facteurs on cite : l'indice de brun (brunissement des pâtes), les piquûres, les gerçures.

L'indice de brun

Le brunissement des pâtes alimentaires est un caractère indésirable multifactoriel. Il serait fortement influencé par : la variété du blé dur mis en œuvre, par l'activité polyphénoloxydasique et peroxydasique des semoules (qui augmentent lors d'une contamination par les parties périphériques) ainsi que par des températures de séchage élevées lors de la pastification qui intensifient les réactions de Maillard (FEILLET, 1986).



Figure 14 : Pâtes à indice de brun moyen (SUTHERLAND et *al*, 1986).

- **Les gerçures**

Ce sont des brisures (fêlures) qui apparaissent dans les pâtes sèches suite à un mauvais séchage. Elles se produisent sous l'effet de tensions internes, et il en résulte un aspect déplaisant et une faible résistance à l'emballage (ABECCASIS et *al*, 1996).

- **Les piqures**

Il existe trois sortes de piqures : les blanches qui sont le résultat d'une hydratation insuffisante lors de la pastification ; les brunes, qui témoignent d'une contamination des semoules par des particules de son ; et les noires, qui proviennent généralement des blés ergotés ou mouchetés non éliminés lors de la mouture (FEILLET, 2000).

4.6 Rhéologie des pâtes alimentaires

La rhéologie est une discipline qui traite de l'écoulement, des déformations de matériaux sous l'action des contraintes (COUARRAZE et GROSSIORD, 2000).

Les objectifs de la rhéologie portant sur les pâtes est de fournir une description quantitative complète de leur comportement, d'établir les relations entre les paramètres rhéologiques, d'une part, structure et composition, d' autre part, et de relier ces paramètres aux performances en technologie (LABBIDI, 2007).

Partie II

Partie expérimentale

Chapitre V

Matériels et méthodes

Chapitre V : Matériel et méthodes

5.1 Objectif de notre travail

Le consommateur d'aujourd'hui n'est bien entendu plus le consommateur d'hier. Les pâtes alimentaires présentant certains atouts (la santé et la qualité de l'alimentation : produit naturel, sans additif, faible teneurs en calories, et un besoin d'un bon rapport qualité prix) exercent un pouvoir d'attraction sur le consommateur.

L'objectif de notre travail est d'étudier la qualité des pâtes alimentaires qui dépend de la qualité des semoules de blé dur issues des différents passages de sasseurs lors de la fragmentation du blé.

Pour cela, nous avons réalisé plusieurs expérimentations (analyses physicochimiques) sur les matières premières (blé et semoules) ainsi que sur les produits finis, dans différents laboratoires d'autocontrôles.

5.2 Conditions expérimentales

L'étude a été réalisée dans plusieurs laboratoires sur une durée de six mois au sein des unités suivantes:

- essentiellement au niveau du laboratoire d'autocontrôle des Moulins Industriels du Sebaou (MIS) sis de l'entrée ouest Draa ben Khedda pour la plupart des analyses physicochimiques tels que : dosage des cendres, la granulométrie, la teneur en eau, le poids Spécifique, le dosage de gluten ;
- le laboratoire de la minoterie l' E.R.I.A.D situé à Baghlia (Tizi-Ouzou) pour certaines analyses physico-chimiques tel que l'agrégage ;
- le laboratoire d'autocontrôle des Grands Moulins de DAHMANI (GMD) à Ouled Moussa (BOUMERDES) pour déterminer l'indice de chute ;
- le laboratoire du complexe meuniers « Pâsta Mama » à Blida pour la réalisation de l'indice de coloration ;
- le laboratoire commun de la faculté des sciences biologiques et agronomiques de l'UMMTO pour le dosage des protéines et de l'acidité grasse.

5.3 Origine des échantillons

Notre étude a porté sur un lot de blé dur commercial (français) mis à notre disposition par les Moulins Industriels du Sebaou « MIS », qui s'approvisionnent auprès de la CCLS (Coopérative Céréalière et Légumes Secs) de Draa Ben Khedda.

Après trituration du lot au niveau de la semoulerie, on a prélevé un échantillon de semoule de quatre passages différents;

Après pastification de ces derniers on a pu obtenir quatre échantillons de pâtes alimentaires de même type « coude six ».

Ensuite, nos échantillons de semoules et pâtes sont transportés au laboratoire.

5.4 Stockage

Nos échantillons ont été conservés à température ambiante au niveau du laboratoire de l'unité MIS de Draa Ben Khedda dans des sacs en papier kraft et en plastique .

5.5 Analyses du blé

5.5.1 Analyses physiques

5.5.1.1 Détermination du poids à l'Hectolitre (PHL) (NF V03-719, 1996)

Appelé également poids spécifique (PS), c'est la masse d'un hectolitre ou masse volumique de grain exprimé en kilogrammes.

L'analyse a été effectuée à l'aide d'un « Nilema-litre » dont on remplit sa trémie d'un échantillon de blé débarrassé manuellement des grosses impuretés, ensuite on rase grâce au couteau raseur pour éliminer l'excès; on ouvre le clapet et puis on pèse le contenu.

Expression des résultats : La masse à l'hectolitre de l'échantillon, exprimée en kilogrammes à l'hectolitre est égale à la moyenne M des deux valeurs M1 et M2 retenues. Le résultat s'exprime avec deux décimales.

$$M = \frac{M1 + M2}{2}$$

5.5.1.2 Détermination du poids de mille grains (PM) (norme ISO 520, 2010)

Cette mesure permet de déterminer le poids moyen des grains et consiste en le comptage automatique (Numigral=appareil automatique) ou manuel du nombre de grains entiers contenus dans une prise d'essai de masse connue.

Expression des résultats : La masse de mille grains s'exprime en gramme avec :

*Une seule décimale, si la masse est comprise entre 10 et 100g ;

*un nombre entier si la masse est supérieure à 100g.

$$\text{Masse de mille grains (g)} : m_H = \frac{m_0 \times 1000}{N}$$

m_0 : masse de grains entiers (g) ;

N : nombre de grains contenus dans m_0 .

$$\text{Masse de mille grains secs (g)} : m_S = \frac{m_H \times (100 - H)}{100}$$

H : teneur en eau des grains (%).

5.5.1.3 Détermination du taux de mitadinage (NF V03-705, 1981)

La détermination se fait sur 300 grains entiers coupés transversalement à l'aide d'un scalpel (farinotome de POHL).

On compte comme grains mitadinés ceux présentant une trace du dommage si minime soit-elle.

Expression des résultats : Les résultats sont exprimés en pourcentage de grains mitadinés suivant cette formule :

$$\text{Taux de mitadinage : } M (\%) = 100 \times \frac{M_1}{M_2}$$

M_1 : nombre de grains mitadinés présents dans 300 grains ;

M_2 : nombre de grains entiers du prélèvement (300 grains).

5.5.1.4 Détermination du taux d'impuretés (NF-ISO 5223)

La détermination du taux d'impuretés consiste en la séparation des grains maigres, cassés, mouchetés ou fusariés, échaudés, boutés, piqués, graines étrangères, germées ou autres éléments indésirables dans 100g de blé sale.

La classification des impuretés de l'échantillon de blé comprend trois grandes étapes (agrégage):

Le tamisage de l'échantillon sur un tamis de fentes de 3.5 mm pour extraire les matières inertes ;

le tamisage sur un tamis de fentes de 2 mm pour extraire les grains cassés, échaudés et les grains maigres ;

le triage manuel de toutes les autres impuretés après examen visuel de l'échantillon.

Expression des résultats : Les résultats sont exprimés en pourcentage par rapport à 100 grammes de blé sale, après la séparation des différentes impuretés qui sont ensuite pesées.

5.5.2 Analyses chimiques

5.5.2.1 Détermination de la teneur en eau (NF V03-707, 1989)

La teneur en eau des céréales et des produits céréaliers présente tant sur le plan analytique que sur le plan technologique, nutritionnel et économique une grande importance.

La teneur en eau (humidité) des produits broyés (blé, semoules et produits dérivés), est déterminée sur 10 g par séchage dans un humidimètre à une température de 130c° pendant 10 à 12min selon le produit.

Expression des résultats :

$$H(\%) = \frac{m_0 - m_1 \times 100}{m_0}$$

m_0 : la masse de la prise d'essai (g)

m_1 : la masse de la prise d'essai après séchage a l'Humidimètre (g)

5.5.2.2 Dosage des cendres (ISO 2171, 2007)

La teneur en matière minérale du blé mesurée par les cendres, présente un intérêt indirect pour le travail des meuniers en jouant un rôle très importants dans l'appréciation de la pureté des produits finis du blé et dans une certaine mesure le contrôle du taux d'extraction (rendement) .

En effet 80% des cendres totales sont contenues dans les enveloppes et le germe, contre 20% dans l'amande, quelle que soit la teneur en cendres du blé (MAUZ E et al, 1972).

La teneur en cendres est déterminée par incinération de 5g du produit dans le four à moufle pendant 4 heures à une température de 550°C jusqu'à combustion complète de la matière organique. La teneur en cendres est déterminée par la pesé du résidu.

Expression des résultats : Le taux de cendre est exprimé en pourcentage par rapport à la matière sèche :

$$\text{La teneur en cendres (\%)} = (m_2 - m_1) \times \frac{100}{m_0} + \frac{100}{100 - H}$$

m_0 : masse en gramme de la prise d'essai ;

m_1 : masse en gramme de la capsule d'incinération ;

m_2 : masse en gramme de la capsule d'incinération et du résidu d'incinération ;

H : Humidité du produit.

5.5.2.3 Dosage des protéines (LOWRY et al, 1951)

La mesure de la teneur en protéine, est déterminée par la méthode chimique de Lowry. Son principe repose sur le réactif de Folin ciocalteu (acide phospho-tungasto- molybdique) qui est plus ou moins réduit par les protéines (les groupements oxydés des acides aminés) notamment les groupements phénoliques du tryptophane et de la tyrosine et dans une moindre mesure ceux de la cystéine et la histidine (la liaison peptidiques aussi impliquée).

Cette réaction donne naissance à un complexe coloré : le bleu de molybdène dont l'intensité peut être mesurée au spectrophotomètre à 750nm.

La sensibilité du dosage est augmentée par un prétraitement préalable de la réaction par un réactif au cuivre en milieu basique.

Expression des résultats :

- Construire la courbe étalon : DO= f (concentration de protéine standard : BSA)
- Déterminer à partir de cette courbe les teneurs en protéines des échantillons inconnues.

5.6 Analyses des semoules

5.6.1 Analyses physiques

5.6.1.1 Détermination de taux d'affleurement (granulométrie) (NF V 03-721 de juin 1994)

La granulométrie est déterminée par tamisage d'un échantillon de 100 grammes de semoule à travers une série de tamis dont les ouvertures des mailles sont par ordre décroissant: 525 μ m, 400 μ m, 300 μ m, 200 μ m, 150 μ m.

Expression des résultats : Les refus obtenus sont pesés et les résultats sont exprimés en pourcentage.

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

m_0 : masse du refus(g)

m_1 : masse de l'échantillon(g)

5.6.1.2 La mesure des indices de coloration (HOUIAROPOULOS et al, 1981)

L'indice de coloration repose sur l'analyse de l'énergie lumineuse réfléchiée par un échantillon de semoule ou pâtes alimentaires de granulométrie homogène. Il se caractérise par deux composantes : l'indice de jaune et l'indice de brun qui sont déterminés à l'aide d'un colorimètre de type Minolta dans les conditions retenues par la commission internationale de l'éclairage(CIE) (FEILLET, 2000).

Expression des résultats : Les mesures de couleur des échantillons sont exprimées

d'après ABECASSIS et CHAURAND(1997), dans l'espace colorimétrique CIELAB à l'aide des composantes suivantes : L représentant la clarté et b la teinte jaune comme suit :

Indice de jaune : b

Indice de brun : 100- L

5.6.2 Analyses chimiques

5.6.2.1 Détermination de la teneur en eau

La teneur en eau des semoules a été déterminée selon la norme : AFNOR V03-707,1989.

5.6.2.2 Détermination du taux de cendre

La teneur en cendres dans les semoules a été déterminée selon la norme : ISO 2171 ,2007.

5.6.2.3 Dosage de l'acidité grasse (JORA, 2013)

Le principe de cet acidité repose sur : une mise en solution des acides dans l'éthanol à 95% à la température du laboratoire, centrifugation et titrage d'une partie aliquote de la solution surnageante par l'hydroxyde de sodium.

Expression des résultats : L'acidité est exprimée en grammes d'acides sulfuriques pour 100 g de substances.

-La relation qui donne l'acidité par rapport a la matière telle quelle est :

$$\text{Acidité (\% mh)} = \frac{7,35 \times (v_1 - v_2) \times T}{100}$$

-La relation qui donne l'acidité exprimée en gramme d'acide sulfurique pour 100g de matière sèche :

$$\text{Acidité (\%ms)} = \frac{7,35 \times (v_1 - v_2) \times T}{m - H}$$

V_1 : le volume en ml de la solution d'hydroxyde de sodium utilisé pour la détermination

V_0 : le volume en ml de la solution d'hydroxyde de sodium utilisée pour l'essai à blanc

m : la masse en g de la prise d'essai

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

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

5.6.2.4 Dosage des protéines

Le dosage des protéines des semoules a été réalisé avec la même méthode que celle du blé qui est : la méthode de Lowry (1951)

5.6.3 Analyses technologiques

5.6.3.1 Test de sédimentation en milieu SDS (AFNOR NF V03-703, ISO-5529)

- **Macro-test SDS (AXFORD et al., 1978) :**

Le principe du test de sédimentation repose sur le gonflement de la fraction protéique d'une quantité de semoule en présence de SDS (sodium dodecyl sulfate) et d'acide lactique.

La méthode consiste à déterminer le volume en ml du dépôt, formé après agitation, et un temps de repos définis (20minutes).

Expression des résultats : Le volume du dépôt (sédiment) obtenu se lit directement sur l'éprouvette graduée (ml) et les valeurs obtenues sont d'autant plus élevées que la qualité des semoules est bonne.

5.6.3.2 Détermination de l'indice de chute (AFNOR V03-703, 1997)

le principe de l'indice de chute repose sur la gélatinisation rapide d'une suspension aqueuse de semoule, placée dans un bain d'eau bouillante et sur la mesure de la liquéfaction de l'empois d'amidon formé par l'alpha-amylase contenue dans l'échantillon.

Ainsi, plus l'activité amylasique est importante, plus la liquéfaction de l'empois est rapide et la durée de chute courte

Expression des résultats : L'indice de chute de HAGBERG s'exprime en secondes, il globalise la durée d'agitation de la préparation (60S) et celle de la chute de l'agitateur.

$$\text{Indice de chute (sec)} = 60\text{sec} + \text{temps de chute de l'agitateur}$$

IC < 250sec : blé germé, haute activité amylasique ;

250sec < IC < 330sec : activité amylasique optimale, blé non germé;

IC > 330sec : Activité amylasique trop basse.

5.6.3.3 Dosage de gluten (NA-730-1990)

Le gluten est la fraction des protéines insolubles dans une solution saline ; il est le responsable majeur de la qualité rhéologique des pâtes alimentaires. L'extraction est réalisée par la méthode manuelle.

La méthode consiste à mélanger 10g de semoule avec 5ml d'eau salée et après 10 minutes de repos, on isole le gluten par lixiviation (lavage de la pâte sous un filet d'eau) afin d'évacuer l'amidon et les matières solubles dans l'eau. Le gluten obtenu est essoré avant d'être pesé (m_1).

Le gluten sec est obtenu par séchage de ce dernier (gluten humide).

Expression des résultats : Le gluten humide et le gluten sec sont exprimés en pourcentage (%) :

*** gluten humide :** La teneur en gluten humide (%) : $GH = \frac{m_1}{210} \times 100$

m_1 : la masse du gluten humide (g).

***gluten sec:** La teneur en gluten sec (%) : $GS = \frac{m_2}{10} \times 100$

m_2 : masse du gluten sec (g).

5.7 Analyses des pâtes

5.7.1 Analyses physiques

5.7.1.1 Evaluation de l'aspect des pâtes

- **Indice de coloration (indice de jaune et indice de brun)**

L'analyse est réalisée par la même méthode et dans les mêmes conditions que celle des semoules.

-Gerçures et piqûres

Selon ROBERT et MATSUO (1984), la détermination du nombre de piqûres par unité de surface du produit à analyser constitue un test permettant de vérifier l'efficacité de la mouture.

Les gerçures et les piqûres sont estimées visuellement en notant leur présence ou leur absence dans les pâtes issues des différents passages de semoules sur une surface définie, environ 50cm².

5.7.2 Analyses chimiques

Les analyses chimiques (Dosage de la teneur en eau, dosage des protéines) sont déterminées conformément aux mêmes normes effectuées sur les semoules et blé.

5.7.3 Analyses technologiques

5.7.3.1 Evaluation de la qualité culinaire (test de cuisson) (NF V 03-714)

La cuisson des pâtes alimentaires est réalisée dans des conditions décrites dans la norme. 100g du produit sont cuits dans 2litres d'eau additionnée de 14g de sel et portée à ébullition.

Les paramètres évalués sont les suivants :

- **Le temps de cuisson**

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

- **La perte à la cuisson (PC)**

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

La perte à la cuisson est exprimée en g par 100g de matière sèche, est calculé par l'équation suivante :

$$PC (g / 100g ms) = \frac{100 \times ES \times V / 25}{100 - H}$$

ES : le poids d'extrait sec (g)

V : le volume final de l'eau de cuisson (ml)

H : teneur en eau des pâtes crues (%)

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

Est déterminée par la mesure du poids des pâtes avant et après cuisson.

Le gonflement est égal à la masse d'eau fixée durant la cuisson par 100g de pâtes crues (teneur en eau=12,5%), il est donnée par l'équation suivante :

$$C (\%) = (P - 100) \times \frac{100}{100 - M - PC}$$

C : capacité de fixation d'eau ;

P : la masse en (g) des pâtes cuites ;

PC : perte à la cuisson (g/100g ms) ;

M : teneur en eau des pâtes crues (%).

- **L'état de surface des pâtes :**

Après le temps T+6 et T+11 minutes de cuisson, l'état de surface des pâtes est apprécié visuellement en notant la délitescence et le degré de collant des coudes.

Chapitre VI

Résultats et discussion

Chapitre VI : Résultats et discussion

6.1 Analyses du blé

Les différents résultats des analyses de blé sont rapportés dans le tableau suivant :

Tableau VI: Résultats des analyses de blé :

Paramètres Blé	PHL (Kg/hl)	PMG		Humidité (%)	Teneur en protéines (%)	Taux de cendre (%)	Taux de Mitadinage (%)
		Grains humides (g)	Grains secs (g)				
Blé dur	81,90	39,50	34,95	11,5	12	1,80	7,8

6.1.1 Analyses physiques

6.1.1.1 Poids à l'Hectolitre PHL (PS)

Le poids à l'Hectolitre, permet la mesure de la densité du grain, il indique le rendement possible en semoule d'un grade particulier de blé. Il peut également, indiquer la teneur en eau et sert parfois dans la détermination de la quantité d'eau à ajouter au blé durant le processus (BRENAN, 1984).

Le PHL de blé dont ils ont été extraits nos échantillons de semoule est de 81,9 kg/hl (tableau VI), ce résultat est compris dans la fourchette proposée par CALVEL (1984) qui est de 72-82kg/hl, ce qui explique que notre blé dur est de première qualité, et selon la classification de WILLIAMS(1998), ce blé appartient à la catégorie des blés très lourds, donc de bon rendement.

D'après MAHAUT(1996), plus le PHL est élevé plus le rapport amande /enveloppe est élevé et par conséquent, le rendement semoulier est élevé.

6.1.1.2 Poids de mille grains (PMG)

Le PMG est un paramètre physique, il renseigne sur la dimension des grains, c'est par conséquent un bon indicateur du rendement agronomique, du rendement semoulier ainsi que des problèmes rencontrés par la plante lors de son développement (MAHAUT, 1996).

En effet selon LEMPREUR et al (1997), les variétés à gros grains donnent un meilleur rendement semoulier que les variétés à petits grains.

En comparant nos résultats (tableaux VI) aux normes établies par ABECCASIS (1991), nous remarquons que la valeur du PMG de nos échantillons de blé dur qui est de 47 est très élevée, cela veut dire que notre blé d'origine française contient de gros grains (degré de siccité élevé).

6.1.1.3 Taux de Mitadinage

Selon le règlement communautaire n° 842 /2000 du 19 avril 2000, un grain mitadiné est un grain dont l'amande ne peut être considérée comme pleinement vitreuse. Le mitadinage est directement lié à la quantité de protéines contenues dans le grain, et dépend des conditions de culture et de récolte : il déprécie la qualité des semoules et des produits dérivés.

D'après MAHAUT (1996), la valeur de notre échantillon de blé dur qui est de 7,8 (tableau VI) reste dans la fourchette des blés très faiblement mitadiné (qualité type) avec un bon rendement qui s'explique par de bonne condition de culture et la présence d'une quantité suffisante de fumure azoté.

6.1.1.4 Taux d'impuretés

Les impuretés sont l'ensemble des éléments considérés conventionnellement comme indésirables dans un échantillon de blé (SCOTTI et MONT, 1997).Et d'après FEILLET (2000), la présence de celles-ci dans le blé diminue la valeur marchande du lot et engendre des incidences néfastes sur la qualité des semoules et pâtes alimentaires.

Les résultats obtenus (tableau VII) pour notre échantillon de blé dur analysé présentant un taux d'impuretés conforme inférieur au seuil limite toléré qui est de 10% selon la norme ISO 11051 relative aux impuretés, par conséquent l'augmentation de la valeur marchande des lots.

Tableaux VII : valeurs d'impuretés de notre échantillon de blé dur

critères	résultats(%)
impuretés diverses	0,2
grains boutés	0,5
grains cassés	2,4
grains maigres	0,4
grains piqués	0,2

6.1.2 Analyses chimiques

6.1.2.1 Teneur en eau

La mesure de la teneur en eau du blé permet de déterminer d'une part, la quantité d'eau à ajouter lors du conditionnement. D'autre part, d'évaluer les risques lors du stockage (MARTIN, 1998).

Ce paramètre a une grande importance économique, puisqu'il peut influencer sur le rendement en semoule.

Le résultat rapporté dans le tableau VI montre que la teneur en eau du lot de blé ne dépasse pas le seuil maximal fixé par la législation algérienne, qui correspond à 14,5% (JORA, 2013). Ceci nous amène à dire que notre blé répond aux normes de l'aspect étudié.

6.1.2.2 Taux de cendres

D'après COLAS (1997), les matières minérales du blé donnent une indication sur le taux d'extraction en semoulerie. Selon GODON (1978), la teneur en matières minérales du grain de blé est indirectement influencée par sa grosseur. En effet, plus les grains sont petits, plus leur taux de cendre est élevé

Nous remarquons que le teneur en cendres du blé mis en œuvre (tableau VI) se rapproche significativement de la valeur préconisée par GODON et WILLM(1991), qui ont affirmé que la teneur moyenne en matières minérales du grain de blé est d'environ 1.8 %.

6.1.2.3 Dosage des protéines

La teneur en protéines est un critère important d'appréciation de la qualité aussi bien

pour l'alimentation animale (valeur alimentaire du produit) que pour l'alimentation humaine (valeur d'utilisation).

En règle générale plus la teneur en protéines est élevée meilleure est la qualité du blé dur. Un seuil de 14% est le plus souvent nécessaire pour l'obtention d'un taux de vitrosité satisfaisant.

La teneur en protéines de notre échantillon de blé est égale à 12% (tableau VI). Ce résultat corrobore celui de BOUDREAU et MENARD (1992), qui estime que la teneur en protéines varie de 8% à 16%, selon la variété, le degré de maturité du grain et dans une large mesure les facteurs d'environnement.

En se référant au classement établi par WILLIAMS *et al* (1986), nous pouvons classer le blé dans la catégorie des blés à teneur forte de protéines.

En effet le résultat obtenu est supérieur à la teneur minimale pour la mise à l'intervention qui correspond à 11.5% (MAHAUT, 1996). Cela indique que le blé a une bonne aptitude à la pastification.

Ce critère influe fortement la qualité du blé dur compte tenu de ces relations étroites avec le taux de grains mitadinés et avec la qualité culinaire (MAHAUT, 1996).

La teneur en protéine est fonction de la variété mais surtout des conditions de cultures et de maturation.

6.2 Analyses des semoules

6.2.1 Analyses physiques

6.2.1.1 Taux d'affleurement

La granulométrie est définie comme la quantité de farine ou de semoule extraite ou refusée par un tamis dont l'ouverture de maille est choisie en fonction de la finesse du produit (DUBOIS, 1996).

L'analyse granulométrique permet de caractériser la répartition en taille et en pourcentage des particules qui composent une semoule. La granulométrie peut influencer la composition biochimique de la semoule et son comportement au cours de la transformation, la

Chapitre VI : Résultats et discussion

qualité des produits et leur caractéristiques analytiques (acidité, la teneur en eau), l'aspect et notamment la vitesse d'hydratation.

Les valeurs de la granulométrie dont les ouvertures de mailles variant de 150 à 525 μm sont respectivement comme suit :

Sasseur 3 : se situe entre « 30,60 et 0 »

Sasseur 5 : se situe entre « 30,78 et 0 »

sasseur6 : se situe entre « 25,24 et 0 »

Sasseur 8 : se situe entre « 34,40 et 0 »

Tableau VIII : résultats de la granulométrie des différents passages de semoules

les passages de semoules	les ouvertures de mailles de la granulométrie				
	150	200	300	400	525
sasseur 3	30,60	42,46	13,84	0,6	0
sasseur 5	30,78	59,26	5	0	0
sasseur 6	25,24	47,23	12,19	0,16	0
sasseur 8	34,40	47,46	3	0	0

LECOQ (1978), affirme que cet examen nous renseigne sur la finesse de la mouture et sur le réglage des machines.

Une granulométrie trop fine influe négativement sur la qualité du produit élaboré, par conséquent, elle n'est pas recherchée pour la fabrication des pâtes alimentaires.

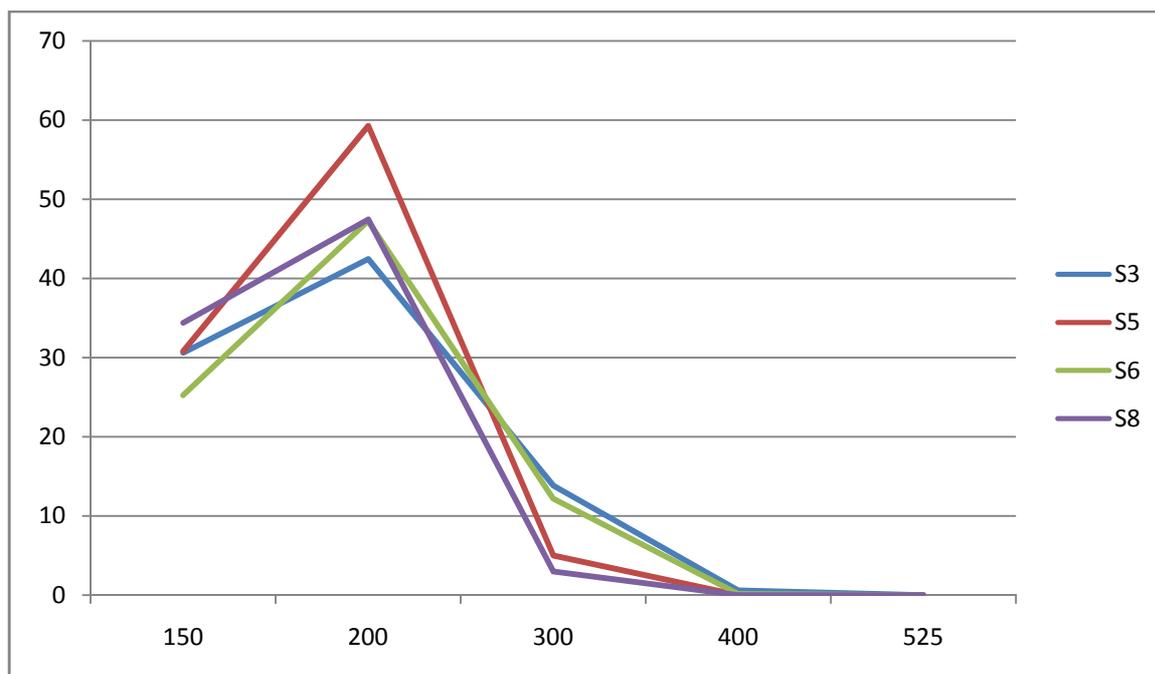


Figure 15 : Courbe représentant le taux d'affleurement des semoules en fonction des ouvertures de tamis.

Selon ABECCASIS (1987), la granulométrie de la semoule dépend de la dureté du grain ; plus la dureté du grain est grande, plus la granulométrie de la semoule sera élevée.

Une granulométrie homogène permet un écoulement uniforme de la semoule dans les dispositifs d'alimentation mécanique et une bonne élaboration de la pâte dans les presses continues (ROBERT et MATSUO, 1984).

D'après les résultats du tableau VIII, nous remarquons une distribution hétérogène des valeurs de la granulométrie, ce qui n'est pas conforme à ce qui a été dit par les deux auteurs ROBERT et MATSUO (1984).

D'après SENATOR (1983), la granulométrie des semoules influe sur la qualité de nombreux dosages ainsi que sur la qualité et la vitesse d'absorption d'eau, qui est fonction de la surface réactive et croit avec la finesse des particules.

6.2.1.2 Indices de coloration

L'intérêt de la mesure est surtout commercial. Le consommateur recherche des pâtes claires, de belle couleur jaune ambrée, or la législation interdit toute adjonction de colorants dans les pâtes et dans l'emballage, la couleur ne peut provenir que de la semoule et par conséquent du blé dur. Ce caractère résulte selon MAHAUT (1996), d'une composante jaune, principalement génétique, qui doit être la plus élevée possible et d'une composante brune, d'avantage lié aux conditions de culture, qui doit être faible.



Figure 16 : les résultats de l'indice de coloration de nos échantillons de semoules.

Les indices de colorations représentés par l'indice de jaune (b) et l'indice de brun (100-L) (L étant la clarté), constituent un facteur déterminant de la qualité organoleptique et sont dues à la fois, à la présence dans le blé, de pigments caroténoïdes et aux réactions de

brunissement, leurs interactions confèrent la couleur caractéristique de la semoule et des pâtes alimentaires.

A travers l'évaluation grâce à un appareil appelé MINOLTA, on a pu déduire l'indice de coloration de nos différents passages de semoules (figure16), illustré dans le tableau ci-dessous:

Tableau IX : résultats de l'indice de coloration des différents passages de semoules déduits par l'appareil MINOLTA.

Indices de colorations	sasseur 3	sasseur 5	sasseur 6	sasseur 8
L (clarté ou luminance)	87,17	88,41	76,52	85,85
a (indice de rouge)	- 2,35	-3,02	-1,16	-1,66
b (Indice de jaune)	30,11	32,88	42,20	29,52
100-L (indice de brun)	12,83	11,59	23,48	14,15

En se référant à la classification des indices de colorations de HOUIAROPOULOS et *al* (1981), nous remarquons que les passages de semoules (sasseur 3 et sasseur 5 et sasseur 8) ont des indices de jaune moyen contrairement au sasseur 6 qui a un indice de jaune élevé ce qui explique que ce sasseur 6 a plus de pigments caroténoïdes que les autres sasseurs .

Concernant l'indice de brun ,d'après HOUIAROPOULOS et *al* (1981) , il est relativement faible pour les semoules de sasseurs(3,5,8) contrairement à la semoule de sasseur 8 qui a un indice de brun élevée ce qui explique que cet semoule par rapport a celle des autres sasseurs est riche en protéines et est en corrélation positive avec le taux de cendres car elles proviennent beaucoup plus des enveloppes qui y' sont riches.

6.2.2 Analyses chimiques

6.2.2.1 Teneur en eau

La teneur en eau est importante sur le plan économique, pour la détermination des taux d'hydratation et de la durée de conservation (DUBOIS, 1997). Son dosage est indispensable

puisque'il permet de rapporter les résultats analytiques par rapport à la matière sèche (ITCF, 2001).

Tableau X : Résultats de la teneur en eau des semoules de différents passages.

les différents échantillons de semoules	les teneurs en eau (%)	moyenne(%)
sasseurs 3	13,8	13,5
sasseurs 5	13,5	
sasseurs 6	13,6	
sasseurs 8	13,2	

La teneur en eau de nos échantillons de semoules issus des différents passages de mouture varie de 13,2 à 13,8% (tableau X) avec une teneur moyenne de 13,5%, ces résultats montrent que la teneur en eau de nos semoules ne dépasse pas la valeur maximale fixée par la législation algérienne qui est de 14,5% (JORA, 2007). En effet, l'humidité est très variable : est fonction d'une part de la saison, d'autre part de la quantité d'eau ajoutée au blé avant mouture.

Toutefois, les conditions d'entreposage doivent aussi être prises en compte, car un produit, tel que la semoule composée de particules hygroscopiques, entreposée dans des sacs en papier kraft, leur humidité est aggravée par les conditions climatiques particulières (atmosphère sèche).

6.2.2.2 Taux de cendre

La mesure de la teneur en cendres de nos semoules a un intérêt essentiellement réglementaire. Elle permet de classer les semoules et farines selon leur degré de pureté (ITCF, 2001). Les taux de cendres sont utilisés par les meuniers pour déterminer le taux d'extraction des semoules et de régler convenablement leurs moulins (FEILLET, 2000).

Tableau XI : résultats du taux de cendres des différents passages de semoules fines

les passages de semoules fines	les taux de cendres	la moyenne
sasseur 3	0,88 % MS	0,97% MS
sasseur 5	0,74 % MS	
sasseur 6	1,02 % MS	
sasseur 8	1,24 % MS	

La teneur en cendres de nos semoules oscille entre 0,74 et 1,24% (tableau XI) avec une moyenne de 0,80%. Les deux premiers passages de semoules fines (sasseurs 3 et sasseurs 5) sont conformes à la norme donnée par BAR (1995) qui préconise des teneurs en cendres inférieure à 1,1%. Mais les teneurs en cendres des deux derniers passages de semoules fines (sasseurs 6 et sasseurs 8), leurs teneurs en cendres sont supérieures aux normes algériennes de l'année 2007 ; celles –ci exigent une teneur ne dépassant pas 1%. Cette élévation anormale de la teneur en cendres pourrait s'expliquer soit par un serrage excessif des appareils à cylindres ou par un mauvais conditionnement du blé.

La teneur en cendres serait influencée par plusieurs facteurs tels que les facteurs pédologiques (disponibilité des minéraux du sol) les facteurs climatiques (humidités), les facteurs agronomiques (nature de la fumure) (COLAS et PETEL, 1984).

6.2.2.3 Acidité grasse

L'acidité grasse est un indicateur de l'état de bonne conservation des semoules et des farines (ITCF, 2001). Elle est générée par les acides gras libres suite à l'hydrolyse des triglycérides par les lipases (FEILLET, 2000).

De mauvaises conditions de conservation s'accompagnent entre autres d'une dégradation enzymatique des lipides, se traduisant par un accroissement de l'acidité du milieu (libération d'acide gras libre).

Tableaux XII : résultats de l'acidité grasse de nos passages de semoules (g/100g de H₂SO₄)

les passages de semoules	L'acidité grasse
sasseur 3	0,08
sasseur 5	0,33
sasseur 6	0,07
sasseur 8	0,05

D'après le tableau XII, les valeurs de nos passages de semoules sont inférieures à 0,065g/100g H₂SO₄ qui est la norme tolérée par la législation algérienne. Sauf pour la semoule du passage de sasseur 5 qui a une acidité supérieure à la valeur fixée par la législation algérienne.

Selon CALVEL(1969), l'excès de l'acidité amoindrit les propriétés du gluten : sa cohésion, son élasticité et son coefficient d'hydratation.

Les acidités des grains de blé évoluent beaucoup moins dans le temps que celle des farines, semoules et pâtes alimentaires (MAUSE, 1972).

Selon WURSHE (1994), l'acidité grasse est influencée par le taux d'extraction, l'humidité, et les conditions de stockage.

6.2.2.4 Taux de protéines

Les protéines déterminant, pour une large part, la qualité technologique et la qualité nutritionnelle des céréales et des produits céréaliers (SAMSON et AUTRAN, 1997). Elle varie fortement en fonction des conditions agro climatiques et selon la variété (GODON et LOISEL, 1997).

Tableaux XIII : résultats de la teneur en protéines de nos passages de semoules

les passages de semoules	les teneurs en protéines (%ms)
sasseur 3	11
sasseur 5	11
sasseur 6	11,6
sasseur 8	11,5

D'après les tableaux XIII, nos passages de semoules ont des teneurs en protéines qui varient de 11 à 11,6% de ms. Elles se situent dans l'intervalle de (11 à 13% de ms) rapporté par AUTRAN (1996). Sur la base de ces données nous pouvons suggérer que nos passages pourraient répondre à une bonne qualité pastière.

Selon DEBOUZ *et al*, (1994), les conditions de culture peuvent influencer en partie la teneur en protéines du blé. Pour SGRULATTA *et al*, (1998), c'est une fertilisation azotée tardive qui favorise l'accumulation des protéines et améliore la qualité des grains.

6.2.3 Analyses technologiques

6.2.3.1 Test de sédimentation en milieu SDS

Ce test caractérise la qualité et le pouvoir de gonflement des protéines en milieu SDS. Selon GODON et LOISEL (1997), ce test est un moyen indirect qui permet d'apprécier la force du gluten d'un blé. Les valeurs du test SDS de nos passages de semoules varient de 41,2 à 47,5ml (tableaux XIV).

Tableau XIV: résultats du test de sédimentation SDS de nos passages de semoules

les passages de semoules	test de sédimentation (ml)
sasseur 3	41,2
sasseur 5	41,5
sasseur 6	47,5
sasseur 8	43

En effet ABECASSIS et CHAURAND (1997), ont rapporté des valeurs de l'indice de sédimentation SDS inférieur à 60ml pour des blés de bonne qualité pastière, ces deux auteurs mentionnent toutefois que les valeurs obtenues sont d'autant plus élevées que la qualité des semoules est bonne. C'est le cas de nos passages de semoules qui répondent à la norme citée par ces deux auteurs. De ce fait, on peut considérer que les protéines de nos passages sont de bonne qualité (gluten fort), ainsi on peut prédire une bonne qualité pastière.

6.2.3.2 Indice de chute

Ce test est utilisé pour déterminer l'activité α amylasique ; celle-ci peut devenir excessif par suite de la présence de grains germés ou en voie de germination (GODON et

LOISEL, 1997).

Toutefois l'incidence d'une forte activité amylasique est moins marquée lors de la pastification que lors de la panification du fait de l'absence de la phase de fermentation. Ce critère est tout de même important, il est d'après MAHAUT(1996), essentiellement réglementaire pour le blé dur puisqu'un seuil de 220 secondes minimum est requis pour sa mise à l'intervention.

Selon FEILLET (2000), le temps de chute d'Hagberg ne dépend pas uniquement de la teneur des semoules en α amylase mais dépend également du degré d'endommagement de l'amidon, car en effet, plus l'endommagement est important, plus l'amidon est rapidement hydrolysé et moins le temps de chute est élevé.

Tableau XV : résultats de l'indice de chute des différents passages de semoules

Les passages de semoules	Les teneurs en eau	L'indice de chute
sasseur 3	14,29 % MS ou MF	308 s
sasseur 5	14,26 % MS ou MF	346 s
sasseur 6	14,15 % MS ou MF	300 s
sasseur 8	13,8 % MS ou MF	264 s

Les valeurs de l'indice de chute de nos passages de semoules, tel illustré dans le tableau XV, oscillent entre 264 et 346s, celles –ci indiquent selon le règlement (CE) N° 824/2000 que l'activité amylasique des passages de semoules est faible (peu α amylase) et que donc, ces derniers comportent très peu ou pas de grains germés.

En effet, QUAGLIA(1988), rapporte que l'activité α amylasique est influencée par l'humidité ; une humidité faible empêche la germination de la plantule, ce qui limite la synthèse des protéines enzymatiques (α amylase). C'est le cas de notre blé dur.

6.2.3.3 Taux de gluten :

Le gluten est un complexe lipoprotéique composé majoritairement de gliadines et de gluténines. D'après POPINEAU (1992), les propriétés viscoélastiques du gluten dépendent principalement d'un ensemble complexe d'interactions entre protéines de réserves monomériques (gliadines) et polymériques (gluténines). Ainsi les gliadines et gluténines du

Chapitre VI : Résultats et discussion

blé sont capable en présence d'eau de s'associer, pour former un réseau, lui même insoluble dans l'eau, appelé réseaux glutineux ou gluten. Ce réseau est doué de propriétés rhéologiques et permet de plus à la pâte de retenir le gaz CO₂ issu de la fermentation (DELFRATE et STEPHAN, 2005).

Tableau XVI : résultats du gluten sec et humide des différents passages de semoules.

les passages de semoules	GH	moyenne (%)	GS	moyenne (%)
sasseurs 3	40,8	42,42	14	14,5
sasseurs 5	42,9		14,6	
sasseur 6	42,4		14,5	
sasseur 8	43,6		14,91	

Les résultats obtenus sur les passages des semoules analysées (tableaux XVI) indiquent que ces dernières renferment des taux de gluten humide variant de 40,8 à 43,6% avec une moyenne de 42,42%.

Dans l'ensemble, les passages de semoules ont des teneurs en gluten humide conforme à celles de GREZEL (1999), qui a rapporté que la teneur en gluten humide est supérieure à 26% .Par ailleurs, les semoules provenant de la périphérie du grain sont plus riches en gluten humide que celles du cœur.

Les valeurs du gluten sec de nos passages de semoules varient de 14 à 14,91% avec une moyenne de 14,5% (tableau XIV). Ces valeurs sont supérieures à 13% de gluten sec .D'après DEGIDIO et al (1979), pour des teneurs en gluten sec supérieures à 13%, les semoules sont considérées de bonne qualité pastière (excellent produit fini).

- la détermination des piqûres

Les piqûres sont des particules collées ou mêlées à la semoule ou à la farine qui ne proviennent pas de l'endosperme (ce sont avant tout des fractions de couche externe).

Bien que l'absence des piqûres soit un des critères les plus recherchés dans le produit fini, les piqûres de son sont inévitables dans ce dernier. Comme un produit piqué est

Chapitre VI : Résultats et discussion

indésirable, la détermination des piqûres constitue un test permettant de vérifier l'efficacité de la mouture.

En absence de méthode normalisée, les résultats sont exprimés selon leurs intensités :

- très intense (++++)
- Moyennement intense (+++)
- Faiblement intense (++)
- Trace (+).

Le tableau XVII représente les résultats visuels obtenus lors de notre étude sur nos passages de semoules.

Tableau XVII : résultats des piqûres des différents passages de semoules

les passages de semoules	les piqûres	
	Brunes	Noires
sasseur 3	+++	++
sasseur 5	++	+
sasseur 6	++++	+++
sasseur 8	++++	++++

Selon ROBERT et MATSUO (1984), avec un blé mal nettoyé, divers corps étrangers (terre, fragments d'insectes) peuvent également apparaître comme des piqûres noires.

Les résultats obtenus révèlent que nos passages de semoules de blé dur comportent des

Chapitre VI : Résultats et discussion

Piqûres noires sauf au niveau du sasseur 5, elles sont présentes sous formes de traces. Pour ce qui est des passages piqués, leurs présences s'expliquent par le mauvais nettoyage de la matière première (bé dur).

6.3 Analyses des pâtes

Les différents résultats des analyses de nos pâtes sont rapportés dans le tableau Suivant :

Tableau XVIII : Tableau récapitulatif des analyses effectuées sur les pâtes.

Pâtes		S3	S5	S6	S8
Paramètres					
Indice de coloration	Indice de jaune (b)	26,84	35,20	34,42	28,36
	Indice de brun(100-L)	18,15	19,10	27,72	24,26
	Indice de rouge (a)	-0,04	-1,17	-2,43	-1,40
Gerçures		Absence	Absence	Absence	Absence
piqûres	Blanches	Très faibles	Trace	Moyennement présentes	Fortement pressentes
	Brunes	Moyennement présentes	Faibles	Fortement présentes	Fortement présentes
	Noires	faible	trace	Moyenne	Faible
Teneur en eau (%)		9,00	9,23	10,36	8,9
Taux de protéines (%)		11,61	11,61	12	11,98
Test de cuisson	T : Temps de cuisson (mn)	9	9	11,5	10
	P : Perte à la cuisson (g/100g ms)	7,12	6,89	4,63	4.72
	G : gonflement (%)	285,47	285,53	268,52	279,56
	Etat de surface	Peu collante	Bon	collante	collante

6.3.1 Analyses physiques

6.3.1.1 L'aspect des pâtes

Il est déterminé par plusieurs facteurs. Le premier la coloration, qui dépend en grande partie des caractéristiques des blés mis en œuvre. Les autres (gerçures, piqûres, texture superficielle) dépendent avant tout, à l'exception des piqûres noires, des conditions de travail des semouliers ou des pastiers.

D'après FEILLET (2000), On considère généralement qu'une pâte alimentaire doit être claire et de couleur jaune-ambéré.

En réalité, la coloration est la somme d'une composante jaune, que l'on souhaite élevée, et d'une composante brune ou grise, que l'on souhaite faible. Les constituants de la semoule qui déterminent la coloration des pâtes alimentaires sont bien connus :

-l'indice de jaune dépend de la quantité de pigments caroténoïdes présents dans la semoule et de l'activité d'enzyme (lipoxigénase) susceptible de détruire les pigments au cours de la pastification.

-l'indice de brun est fonction de l'activité d'une autre catégorie d'enzymes (peroxydases)

En effet, l'évaluation des indices de coloration à l'état cru permet d'apprécier la différence entre les pigmentations des pâtes issues des différents passages de semoules. On constate que S5 est la plus claire ayant une couleur jaune (figure17).



Figure 17: photos illustrant la différence de couleur des pâtes issues des différents passages de semoules.

Une autre évaluation visuelle a permis d’apprécier l’aspect lisse de nos pâtes qui dépend surtout de la nature des moules utilisés, ainsi que l’absence de gerçures et la présence de piqûres blanches, brunes et noires à l’exception du S5 qui ne présente que les piqûres brunes (Tableau XVIII).

D’après ABECASSIS (1996), l’absence de gerçure se traduit par la non apparition de fêlures dans les pâtes sèches, d’où un séchage irréprochable, une forte résistance à l’emballage et une qualité culinaire suffisante.

D’après FREDOT (2005), les piqûres blanches proviennent de mauvaises conditions de pastification (hydratation, malaxage, séchage) ; les spécialistes ont l’habitude de les appeler « points blancs ». Les piqûres brunes, ce sont des particules de son non éliminées au cours de

la mouture. Les piqûres noires peuvent provenir de blés mouchetés non éliminés au cours du nettoyage, que l'on retrouve broyés dans les semoules.

6.3.2 Analyses chimiques

6.3.2.1 Teneur en eau

Les résultats d'humidité que nous avons obtenus (Tableau XVIII) sont conformes aux normes, ils varient entre 8,9% et 10,36% ; cela affirme que nos pâtes ont bien séchés.

D'après DUBOIS (1996), la teneur en eau est d'une importance capitale dans la conservation des pâtes alimentaires, elle dépend principalement des conditions de déroulement du séchage. Les teneurs en eau des pâtes alimentaires sèches doivent être inférieures à 12,5% à la fin du séchage, humidité au-dessous de laquelle elles peuvent être conservées sans risque d'altération par les microorganismes et moisissures (KENT et EVERS, 1994).

6.3.2.2 Taux de protéines

D'après FEILLET (2000), les pâtes peuvent contenir entre 11,5% et 13% de protéines. Les teneurs en protéines des pâtes rendent compte de leur valeur nutritive et jouent un rôle déterminant dans la qualité culinaire notamment, la fermeté du produit cuit.

On remarque que les pâtes issues de la semoule du passage 6 et 8 (tableau XVIII) sont plus riches en protéines que celles issues du passage 3 et 5, cela confirme que les proportions de protéines sont inégalement réparties dans le grain de blé. Cependant on trouve des pâtes comme leurs semoules avec un taux différent de protéines.

6.3.3 Analyses technologiques

6.3.3.1 Evaluation de la qualité culinaire (test de cuisson)

La qualité culinaire dépend des caractéristiques des blés mis en œuvre (selon les conditions de culture de la variété), de la pureté des semoules (taux d'extraction) et des conditions de fabrication des pâtes.

La cuisson d'une pâte alimentaire vise à gélatiniser l'amidon pour le rendre digestible, à modifier la texture des pâtes de manière à leur conférer les caractéristiques souhaitées par le consommateur, à amener les produits à la température désirable. Le comportement des pâtes

au cours de la cuisson peut être très différent d'un produit à un autre. Dans son acceptation la plus large, la notion de qualité culinaire des pâtes regroupe l'ensemble des caractéristiques suivantes : temps de cuisson, absorption d'eau pendant la cuisson, texture des produits cuits (fermeté, élasticité), état de surface des produits cuits, arôme et goût (FEILLET, 1986).

- Le temps de cuisson

Les temps minimal, optimal et maximal de cuisson correspondent respectivement au temps à partir duquel l'amidon est gélatinisé, le temps nécessaire pour donner à la pâte cuite la texture recherchée et le temps au-delà duquel les produits commencent à se désintégrer dans l'eau de cuisson.

Les résultats obtenus (tableau XVIII), montrent que le temps des pâtes varie de 9 mn à 11mn 30s. Les pâtes issues des semoules de passages 6 et 8 mettent plus de temps pour cuire que celles du 5 et 3. On constate que le temps augmente plus avec les pâtes qui présentent plus de piqûres (sons). Et cela montre qu'il y a une corrélation positive entre la teneur en protéines et le temps de cuisson. En effet, plus la teneur en protéines est élevée, plus le temps que met l'eau pour traverser la trame protéique pour gélatiniser l'amidon est long (LORENZ *et al*, 1972).

- La perte à la cuisson (PC)

Ce paramètre détermine la tenue des pâtes et dépend étroitement de la richesse de celles-ci en gluten ainsi que de la qualité de ce dernier. Cette analyse permet de déterminer les pertes de substances dans l'eau de cuisson qui devrait rester limpide.

D'après OKANDZA (2000), la perte à la cuisson renseigne sur le degré de désintégration des pâtes à la sur cuisson qui s'explique par une dénaturation des protéines (rupture des liaisons disulfures, hydrogène, 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 ; ce qui induit une diminution indéniable de la qualité culinaire (pâtes collantes) et nutritionnelle.

On constate d'après nos résultats (tableau XVIII) que les pâtes présentant un taux plus élevé de son ont une faible tenue à la cuisson que les autres et Cela malgré leur richesse en protéines et en gluten qui forment un réseau insoluble, renfermant dans ses maille les granules

d'amidon. Cela est peut être dû à la présence d'autres constituants dans l'eau diminuant de ce fait la perte à la cuisson.

- Le gonflement (capacité de fixation d'eau)

Le gonflement est l'absorption d'eau pendant la cuisson. Ce paramètre influe directement sur le poids des pâtes cuites.

D'après nos résultats (tableau XVIII), nous constatons que la capacité d'hydratation de nos pâtes oscille entre 268,52% et 285,53%. On remarque que les pâtes ayant un temps de cuisson élevé présentent des capacités de rétention plus faibles.

Selon DUSKIEWIEZ *et al* (1988), plus la trame protéique qui contrôle la vitesse de gélatinisation et le degré de gonflement des granules d'amidon est importante, plus la capacité de fixation d'eau diminue.

- L'état de surface des pâtes

L'état de surface ou de désintégration des produits recouvre les notions de collant (prise en masse, degré d'adhésion des brins entre eux) et de délitescence (aspect plus ou moins lisse des produits cuits) (figure 18).

D'après nos résultats, nous remarquons que l'état de surface de nos pâtes est satisfaisant pour les pâtes issues des semoules de passage 3 et 5, mais collant avec celles issues des semoules de passage 6 et 8.



Figure 18: photos illustrant l'état de surface des pâtes cuites.

Conclusion

Conclusion

Notre objectif en réalisant ce travail était dans un premier temps d'extraire les semoules de différents passages de blé dur, et dans un second temps la valorisation de ces passages en industrie pastière afin d'obtenir des pâtes alimentaires de qualité satisfaisante et riche au niveau nutritionnelle.

A travers les analyses physicochimiques, technologiques et les essais de pastification que nous avons effectués sur nos produits, nous avons pu déduire la qualité des pâtes alimentaires qui dépend de ces derniers de telle sorte à satisfaire le personnel et les attentes du consommateur.

Les paramètres physicochimiques et biochimiques ont fait ressortir une augmentation de la teneur en cendres et des protéines en fonction de la provenance histologique et au cours de l'épuisement de l'albumen amylicé.

Sur le plan technologique, nos semoules possèdent des teneurs en gluten conformes à la littérature scientifique. De même, l'indice de chute de nos passages est faible signe de très peu ou pas de grains germés.

Concernant les essais de pastification, notre blé dur importé est fortement riche en protéines et a donné des pâtes alimentaires de bonne qualité ayant un bon indice de jaune, très appréciées par le consommateur algérien principalement pour celles provenant des premiers broyages à l'inverse des pâtes provenant des derniers broyages, et une qualité culinaire satisfaisante : les pâtes n'étaient pas collantes, ne se désintégrent pas, supportaient bien la cuisson et gardaient leur fermeté même à la sur cuisson. Les pâtes presque intégrales dont les enveloppes ne sont pas totalement éliminées constituent une excellente source de minéraux et fibres alimentaires exerçant une action favorable sur le système digestif et préventif contre certaines maladies tels que la constipation, cancer

Le maintien d'une qualité constante des semoules repose sur l'approvisionnement des unités de production en blé de qualité physicochimique et biochimique élevées et dans l'entretien des équipements de production.

Il est également important de souligner, que ce soit en industrie semoulière ou pastière, bien que des contrôles de qualité très stricts soient effectués, des erreurs peuvent être commises (défauts de production, de l'emballage, la conservation). Il faudrait aussi que l'état

Conclusion

investisse dans la formation des meuniers en général et des pastiers en particulier afin qu'ils se familiarisent plus avec les technologies de transformation du blé dur.

Nous pouvons conclure que la maîtrise de la qualité doit être le souci de chacun , des intervenants dans la filière céréalière , et nous pensons qu'il est nécessaire , que les agriculteurs , meuniers et pastiers conjuguent leurs efforts pour définir les actions à mener ou à améliorer pour permettre de mieux répondre aux besoins actuels du consommateur algérien.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

ABBECCASSIS J et CHAURAND M., (1997) : Appréciation de la valeur d'utilisation du blé dur en semoulerie et pastification. In : guide pratique d'analyse dans les industries des céréales .Ed : Tec et Doc, Lavoisier paris .2^{ème} Ed .p746, 774.

ABECASSIS J., (1987) : la mouture d'essai du blé dur : Recherche et Applications industrielles .Mémoire D'ingénieur .Ed. Ecole National supérieur de Meunerie et des industries céréalières ; p146.

ABECASSIS J., (1991) : La mouture du blé dur ; in : « Les industries de première transformation des céréales » éd. Tec et Doc, LAVOISIER .paris, p.362,393.

ABECASSIS J., AUTRAN J. C. et FEILLET P., (26 Novembre 1996) : Blé dur. In colloque « perspectives blé dur ».éd. ONIC, ITCF. France, p 26.

ADAMS K., (1987): Factors affecting the quality of cooked and canned spaghetti and the interactions of glutamine and gliadins with 7S and 11S soybean proteins. Univ. Manhanntan, Kansas 66506, USA, Disertation Abstracts International.

ADRIAN et REBACHE, (1996): Caractéristiques et intérêt des enzymes. Revue de l'apic, industries des céréales.

ADRIAN, (1987) : La composition du blé et ses apports et les aliments céréaliers dans l'équilibre alimentaire. Ed fondation RONAC, Paris.

AITSIDHOUM A et BENDJABER S., (2009) : Appréciation de la qualité technologique de quelques variétés et lignés de blé dur nouvellement introduite en Algérie .Mémoire Ing .INA, p 5, 8.

ALLAYA M et RUCHETON G., (2006) : « Agriculture, pêche, alimentation, et développement rural durable dans la région méditerranéenne : situations et perspectives », Chap2 : L'approvisionnement céréaliers des pays méditerranéens. Agri. Med. Rapport annuel du CIHEAM, paris, 2006, P 35,47.

AMELIE B., (2007) : Approche biomimétique de l'assemblage de protéines de réserve du blé, thèse pour l'obtention d'un grade docteur, université bordeaux, p145.

AUTRAN J.C., (1996) : La qualité culinaire. De quoi est-elle faite, Colloque « perspective blé dur ». Toulouse. Labège. France.

Références bibliographiques

AXFORD W E., DERMOLT MC et REMDAN DG., (1978): Note on the sodium dodecyl sulfate test of making quality comparison with pelshenke and Zelenytest. Cereal chem. P 582, 584.

BAR C., (1995) : contrôle de la qualité des céréales et protéagineux .Ed .,ITCF, paris, p156-168.

BATTAIS F., RICHARD C., LEDUC V., (2007) : Les Allergènes du grain du blé, Département recherche, laboratoire ALLERBIO, Groupe ALK- Abello, 51140 Van deuil, France revue française d'allergologie et d'immunologie clinique 47 ; p171,174.

BENBELKACEM A., SADLI F et BRINIS L., (1995) : La recherche pour la qualité des blés durs en Algérie .Ed. CIHEAM : option méditerranéennes. Zaragoza, p62.

BERRADA S., (2009) : Les glucides : structure, propriétés et application technologiques. PLP Biotechnologies Lycée Simone WEIL, Académie de MONTPELLIER Académie de DIJON, p6.

BINJEAN A., (2001) : Histoire de la culture des céréales et en particulier celle de blé tendre (*Triticum aestivum L.*)Dossier de l'environnement de l'INRA, N°21.p 29-37.

BOUDREAU A et MENARD G ., (1992) : Le blé : éléments fondamentaux et transformation. Ed. Les presses de l'université de LAVAL. Québec, P 29, 32, 34, 101, 102, 131, 173, 197.

BOUDREAU A et MATSUO G., (1992) : LA semoulerie .In : Le blé, éléments fondamentaux et transformation .Ed : les presses de l'université LAVAL. P 166,179.

BOYACIOGLU M H et DAPPOLONIA B L., (1994) : characterisation and utilisation properities between bread wheat flour and durum wheat flour .Cereal chemistry.

BRANLARD G., (1999) : Des protéines sélectionnées pour améliorer la valeur d'utilisation des blés.

BRENNAN P., (1984) : La meunerie .In :Céréales et Oléagineux,manutenetion , commercialisation et transformation .Ed : institut international du canada pour le grain 1000-303 main street 3^{ème} Ed.

Références bibliographiques

CALVEL R ., (1969) : La panification actuelle : la farine de froment et les farines diverses . Inle pa in et la panification . 2^{ème} Ed 4^{ème} trimestre mise à jour . paris . p 35,44.

CALVEL. R ., (1984) : La boulangerie moderne . 1^{ère} Ed : Eyrolles. 11,459.

CHEFTEL JC et CHEFTEL H., (1992) : Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. Vol I. Ed. LAVOISIER. Tec Doc.

CIHEAM , (2007) : La filière blé en Algérie .Projet PAMLIM ; Perspectives agricoles et agroalimentaires Maghrébines Libéralisation et Mondialisation.

COLAS, (1997) : Dosage des cendres et matière minérales in Guide pratique d'analyse dans les industries des céréales, p 305.

COLAS. A et PETEL. D., (1984) :Analyse physique des farines .In :guide pratique d'analyses dans les industries des céréales . Ed : Tec et Doc , Lavoisier ,Paris.

COUARRAZE G et GROSSIORD J L., (2000) : Initiation à la rhéologie .3^{ème} Ed : Tec et Doc, Lavoisier, Paris.

CRUZ .F, (1988) : conservation des grains en région chaudes, 2^{ème} Ed.

D'EGIDIO M .G., FORTINI S., GALTERIO G., MARIANI B.M., SGRULLETTA D. et VOLPI M. (Avril 1979) : Protéines totales et composition protéiques de semoules de blés durs italiens : corrélations avec la qualité des pâtes alimentaires. plant foods for Human Nutrition (formerly Qualitas plantarum), Volume 28 , n °4, p333-347.

DACOSTA .Y. (1986) : Le gluten de blé et ses applications. éd. APRIA. Paris. p 3, 20, 21, 33, 34, 56.

DEBAEK PH ., NOLOT JM ., BATTAILON P et RAFFAILAC D., (1999) : Evaluation d'itinéraires techniques pour le blé dur dans le sud –ouest de la France . Ed. CIHEAM : option méditerranéennes. Montpellier, P 588, 589.

DEBOUZ. A., DICK JW et DONNELLEY. B J., (1994): influence of raw matériel on couscous quality .Cereal foods world . p 231,236.

DELACHARLERIE S., DE BIOURGES S., CHENE C ., SINDIC M. ET DEROANNE C., (2008) : HACCP organoleptique : guide pratique. Edition presses Agronomiques de Grembloux, Belgique, P.28.

Références bibliographiques

DELFRATE R et STEPHAN C., (2005) : Mieux connaître la farine : spécial analyses, les nouvelles de la boulangerie p 85,116.

DEXTER DE, (2008) : Historique de l'amélioration du blé dur au Canada et sommaire des recherches récentes de la commission canadienne des grains sur certains facteurs associés à la transformation du blé dur. Laboratoire de recherches sur les grains, commission canadienne des grains, 1404-303, rue Main Winnipeg(Manitoba) R3C 3G8 Canada, p 18.

DEXTER JE et EDWARDS NM., (1998) : Les incidences des facteurs de classement fréquemment détectés sur l'aptitude technologique du blé dur .Association of opérative Millers –Bulletin. Commission canadienne des grains, P 12 .

DJELTI H., (2013): étude de la qualité du blé tendre utilisé en Meunerie Algérienne.

DUBOIS M., (1996) : Les farines : caractéristiques des farines et des pâtes .In« industries des céréales »>.N°97. Ed. LAVOISIER, Paris. p 679, 19,29.

DUBOIS. M ., (1997) : La dureté des blés : les amidons endommagés .In : Industries des céréales. P 3, 4.

DUSKIEWIEZ., REINHRD K., KHAN K., DICH J. et HALM Y. (1988): Shelf life stability of spaghetti fortified with legume flours and protein concentrates. Cereal chem. V65, n°4, p 278, 281.

ELIASSON A.C., LUNDH G., (1989): Rheological and inter facial behavior of some wheat protein fractions. Food and Nutrition, JTS.20: p431, 441.

FEILLET P., (1986) : L'industrie des pâtes alimentaires : Technologie de fonction, qualité des produits finis et des matières premières. IAA. (octobre 1986), p 978, 986.

FEILLET P., (2000): Le grain de blé : composition et utilisation. Ed. INRA. Paris, P 23-34, 57, 58,72-94, 114, 115,123-135,187-199,229,253,261.

FRANCONIE. H, CHASTANET. M et SIGAUT .F. (2010) : couscous, boulgour et polenta. Transformer et consommer les céréales dans le monde .Ed : Karthala. Paris.

FREDOT E., (2005): Connaissances des aliments. TEC et DOC, Paris, 397P.

GODON B et LOISEL., (1997) : Guide pratique d'analyse dans les industries des céréales . 2^{ème}. Ed . Tec et Doc . LAVOISIER . p 810.

Références bibliographiques

- GODON B., (1978) :** Matière minérales du grain de blé et de la farine Bulletin des anciens élèves de l'école française de meunerie n°253 janvier –février , p 33-46.
- GODON B.,(1998) :** Composition biochimique des céréales . In : Les industries de première transformation des céréales .Ed .Tec et Doc. Lavoisier. Paris .p 57-74.
- GODON B et LOISEL., (1997) :** Guide pratique d'analyse dans les industries des céréales.2°.Ed. Tec et Doc. LAVOISIER. P 810.
- GODON B et WILM C., (1991) :** Les industries de premières transformations des céréales. Ed.Tec et Doc. LAVOISIER .paris, ISBN : 2-7430-0123-2, p 122-154.
- GRANDVOINNET. P et PRATY., (1994) :** Les ingrédients des pâtes, farines, et mixes .In : panification françaises. Ed : Tec et Doc. Lavoisier. Paris.
- GRESEL E., (1999) :** Les caractéristiques des blés de récolte 1999. Vue par la méthode Gluten index. Industries des céréales.
- HOUARPOULOS E., ABECASSIS J. et AUTRAN C., (1981) :** Produits de mouture du blé : coloration et caractéristiques culinaires. Industries des céréales n°2, p 3-13.
- HUI Y. H., (2008):** Food Drying Science and Technology : Microbiology, Chemistry, Application éd .DEStech publication Inc., pennsylvanie, p 149,158.
- ITCF., (2001) :** Autres méthodes d'analyses de la Qualité. In : contrôle de la qualité des céréales et des protéagineux . Ed : Tec et Doc, Lavoisier, paris.
- JEANTET R ., CROGUENNEC T ., SCHUK P et BRULE G ., (2007) :** Du blé au pain et aux pâtes alimentaires .In « sciences des aliments biochimie , Microbiologie , procédés, produits »Vol 2 : Technologie des produits Alimentaires .Ed Tec et Doc . LAVOISIER. Paris .p 137-180.
- JORA, (2007) :** Journal Officiel de la république Algérienne ,2007.
- JORA, (2013) :** Journal Officiel de la république Algérienne ,2013.
- JOYCE BENTLEY, (2005):** Pasta .Ed .Chrysalis Education. USA, p32.
- KAREL K., JOSEF G. et PONTE Jr., (2000) :** Handbook of cereal science and technology .2^{ème} Ed Marcel Dekker Inc., New York, p 655.

Références bibliographiques

- KELLOU R ., (2008)** : Analyse du marché algérien du blé dur et les opportunités d'exportation pour les céréaliers français dans le cadre du pole de compétitivité Quali-Méditerranée. Le cas des coopératives Sud Céréales, Groupe coopératif Occitan et Audecoop. Série « Master of science » n°93 à l'institut agronomique Méditerranéen de Montpellier .éd .CIHEAM-IAMM, p 9, 42, 59,60
- KENT N.L. et EVERS A.D., (1994)** : Technology of cereals. Ed. Elsevier science Inc, 4^{ème} Ed., New York,p.234.
- KESSOUS. C, (1993)** : biochimie structurale : protéines, glucides, lipides, acides nucléique. Ed : polycopie a l'usage des étudiants du Tc ,B, BM , TCSNINA Ecole vétérinaires ,Alger.
- KHAN K., BUSHUK W., (1979)**: studies of glutenin XIII. Gel filtration isoelectric focusing, and amino acid composition studies. Cereal chem. n°56, p505-512.
- LECOQ R., (1978)** : Manuel d'analyse et d'expertises usuelles. Ed. Doin. Paris. 9.Tome 1 et Tome 2.
- LEMPREUR I., CHAURAND M., ABECASSIS J. Et AUTRAN J.C (1997)** : Valeur semoulière des blés durs : influence de la taille des grains .Industries des céréales , p 13-20.
- LORENZ K., DILSAVER W. et LOUGH J., (1972)** : Evaluation of tritival for the manufacture of moosles. J. Food Science n°37, p 764-767.
- MACRITICHIE F., (1984)**: Baking quality of wheat flours Adv.food RES.29; p 201-207.
- MADANI M., (2009)** : qualité technologique de quelque céréale (blé tendre, blé dur, orge et triticales c/s du laboratoire de technologie de l'ITGC. P 20.
- MAHAUT B., (1996)** : comment évalue –t-on la qualité d'un blé dur ?, In colloque « perspectives blé dur ». Ed .ONIC, ITCF. France, P 29, 30,31.
- MARTIN G. (1998)**: L'eau dans les céréales In : les industries de première transformation des céréales. Collection science et technique agroalimentaire 2ème édition tec et doc LAVOISIER Paris.
- MAUSE C ., RICHARD M., SCOTTI G. (1972)**: Contrôle de la qualité des blés, Guide pratique .éd ITCF. Paris, p 54, 115, 116,135.

Références bibliographiques

MERCIER. M., (1999) : Influence de l'état physicochimique de la matière grasse sur la décoloration des caroténoïdes et la rhéologie de la pâte à pain. Grade de maitre sciences (M.SC) Université LAVAL. P 1-17.

MESABIHI M., (2008): ionisation d'un blé dur : Incidences biochimiques et physiologiques, Mémoire d'ingénieur d'état en Agronomie, Technologie alimentaire et nutrition humaine, p 70.

OKANDZA Y., (2000) : Caractérisation technologique et biochimiques de quelques variétés de blé dur algérien. These magister. INA. Alger.

OSBORNE et SHEWRY. (1907): proteins of the wheat kermel. publ 84, Carnegie inst. Washington. p 1-19.

PAYNE P.L., CORFIELD K.G, BLACHMAN J.A., (1979): Identification of a high molecular weight subunit of glutenin whose presence correlates with bread making quality in wheat soft related pedigree. Theor.Appl.Genet.55: p 153-159.

PETITOT M., ABECASSIS J., MICARD V., (2009): Structuring of pasta components during processing: impact on starch and protein digestibility and allergenicity. *Food Sciencetechnology*. p 20.521-532.

POPINEAU. Y., (1992) : Relation entre la structure et la fonctionnalité des HMW-Gluténines. Industries des céréales.

QUAGLIA GB., (1988): other durum wheat products . La (durum chemistry and technology. fabricant G. and C., Lintas; Editors AACC. St Paul. Minnesota.

ROBERT R et MATSUO R ., (1984) : Le blé dur , production et transformation . In : céréales et oléagineux .

ROUDAUT. H., LEFRANCQ. E., (2005) : Alimentation théorique. Sciences des aliments.

SAMSON MF et AUTRAN JC., (1997) : Analyse chimique .In :Guide pratique d'analyse dans les industries des céréales . 2^{ème} Ed : Tec et Doc .LAVOISIER.

SCOTTI G et MONT JM ., (1997) : Analyses physique des grains : blé tendre et blé dur ; In : guide pratique d'analyses dans industries des céréales . Ed .Tec et Doc. Lavoisier. Paris, P 79, 88,110.

Références bibliographiques

SENATOR. A., (1983) : Contribution à l'étude de la valeur couscoussière : comparaison entre deux processus de fabrication . Mémoire d'ingénieur .INA. El Harrach.

SGRULATTA. D., ALLESSONDRONI. A et DESTEFANIS. E., (1998) : Applicazione tradiva di azoto per un efficiente utilizzazione al fine di migliorare la qualita finale di varieta di T. Durum.

SISSOUS M., (2008): role of durum wheat composition of pasta and bread , a Global Science Books; p 90.

SMITH J.S. et HUI Y. (2004) : Food processing: principals and applications .éd Blackweel , Ames, USA, p 252, 253.

SOLTNER D., (2005) : Les grandes productions végétales .Ed. Sciences et Techniques Agricoles, 20^{ème} Ed, p 23, 31,37.

SURGET A et BARRON C , (2005): Histologie du grain de blé, industries des céréales.

SUTHERLAND J.P., VARNAM A.H. et EVANS M.G., (1986): A color atlas of food quality control. Ed. CRC Press, London, p 10-15.

TARA A., (2005) : Modification chimique de l'amidon par Extrusion réactive .Thèse de doctorat, université de Reims champagne –Ardenne, France, P.4

VENSEL W.H., TANAKA C.K., CAIN., WONG J.H., BUCHANAN B.B., HURKMAN W.J., (2005): Developmental changes in the metabolic protein profiles of wheat endosperm proteomics 5, p 1594-1611

VIERLING E., (2003): Aliments et boissons, filière et produits, Ed. Doin, 2^{ème} Ed p.77, 177, 181.

WILLIAMS R., EI-HARAMEIN F.J., NAKKOUL H. et RIHAWI S. (1986): crop quality evaluation methods and guidelines .Technical Manuel No. 16. Intil . Cen. Agri .Res.in the Dry Areas, P.O. Box 5466, Aleppo, Syria.

WILLIAMS., (1998) : commission canadienne des grains : Mise ou point de variétés et contrôle de la qualité du blé au canada . Canada .p 1,12.

WURSH P., (1994) : Amidon, pentosanes et lipides. Séminaire européen. COMETT. Montpellier, 26, 27 et 28 janvier, p28, 30.

Références bibliographiques

ZAGHOUANE F., MERABITI A., ZAGHOUANE O., BOUABDELLI F., (2003) : Le blé dur : Qualité, importance et utilisation dans la région des hauts plateaux. ITGC. Alger, P 43.

Références webiographiques

**BOURGEOIS C., CHAKIR R., CLODIC M., DECARA S., JAYET P A.,
LECLERE D et ZAKHAROV P., (2009) :**

<http://www.grignon.inra.fr/economiepublique/MIRAJE/equipe/perman.htm>

LAABIDI.O., (2007) : étude rhéologique et microbiologique d'une farine traitée par irradiation. Mémoire d'ingénieur national. Ecole supérieur des industries de TUNIS ESIAT :

<http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCOLLECTIONStore/public39/077/39077504.pdf>

MONTESSINOS F., (2003) : Le blé. « <http://www.technoboulnge.com>. ».

Annexes

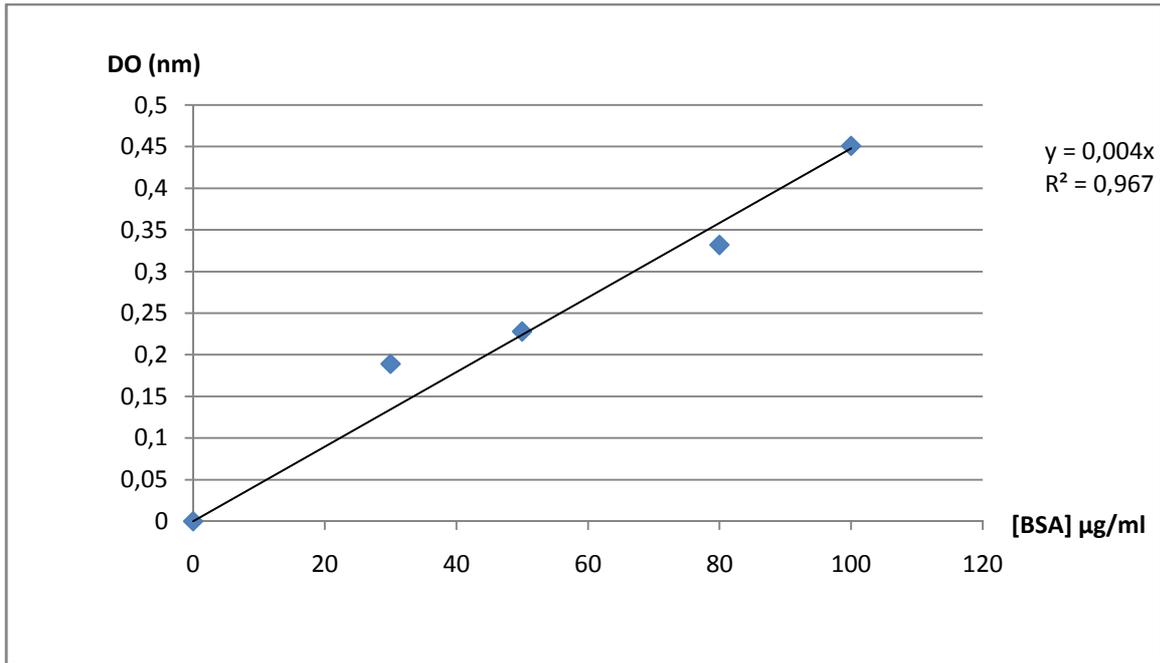


Figure 1 : Courbe étalon du dosage des protéines par la méthode de LOWRY.

Tableau I : Normes du poids de mille grains (ABECCASIS, 1992).

Poids de milles grains(g)	Classification
24-34	blé à petit grain
35-45	blé à grain moyen
46-56	blé à gros grains

Tableau II : Normes fixés aux impuretés (ISO 11051).

Critères	Normes (%)
grains punaisés, boutés, piqués	10
grains cassés	maximum 3
grains boutés	maximum 4

Annexes

Tableau III : Normes pour l'interprétation du poids spécifiques du blé (WILLIAMS, 1998).

Poids spécifique (kg /hl)	Interprétation
80-84	blé très lourd
76- 80	blé lourd
72-76	blé moyennement lourd
68-72	blé léger
64-68	blé très léger
60-64	blé extra léger

Tableau IV: Normes de classification des indices de colorations de HOUIAROPOULOS et *al*, (1981)

Indice de jaune (b)	Appréciation	Indice de brun (100-L)	Appréciation
>35	Elevé	> 21	Elevé
28 à 35	Moyen	18 à 21	Moyen
< 28	Faible	< 18	Faible

Tableau V : Spécifications techniques des semoules de blé dur mises à la consommation (JORA, 2007).

Désignation des produits	Taux de cendres rapportés à la matière sèche	Taux d'acidité exprimés en acide sulfurique	Taux d'humidité maximum
Semoule courante	1,3% maximum	0,08% maximum	14,5% MS
Semoule extra	1% maximum	0,065 maximum	14,5% MS

Tableau VI : Normes de l'indice de chute selon le règlement (CE) N°824 /2000 de la commission du 19 avril 2000.

Indice de chute	Activités amylasique
<150	Elevée, grains germés nombreux
150 à 200	Moyenne, quelques grains germés
200 à 400	Faible, pas ou très peu de grains germés
>400	très faible, peu ou pas de grains germés

- **Selon le Décret n°78-166 du 22 juillet 1978 fixant les barèmes de bonification et réfraction applicables aux céréales et aux légumineuses (JORA, 2007) :**

La tolérance avec réfraction du mitadinage, jusqu'à 35%.

- **Arrêté interministériel du 18 Moharram 1418 correspondant au 25 mai 1997 relatif aux spécifications techniques des semoules de blé dur et aux conditions et modalités de leur étiquetage (JORA, 1997) :**

La granulométrie des semoules de blé dur est déterminé comme suit :

Semoule grosse :

passage total au tamis 1220 microns ;

refus total au tamis 710 microns ;

tolérance d'extraction 3% maximum.

Semoule moyenne :

Passage total au tamis 905 microns ;

refus total au tamis 450 microns ;

tolérance d'extraction 5% maximum.

Annexes

Semoule fine :

Passage total au tamis 630 microns,

avec une tolérance de 5% ;

refus total au tamis 155 microns ;

tolérance d'extraction 15% maximum.

Tableau VII : Composition des pâtes alimentaires (FREDOT, 2006).

Nutriments en g/100g ou mg/100g	Pâtes de qualité supérieure		Pâtes aux œufs	
	Crues	Cuites	Crues	Cuites
Eau (%)	12,5	69	12,5	69
Energie (Kcal)	360	125	370	130
Protéines (g)	11,5	4	13	4,5
Glucides (g)	74	26	70	25
Lipides (g)	1,5	0,5	3,5	1,2
Calcium (mg)	20	7	25	9
Fer (mg)	1,5	0,5	1,8	0,6
Thiamine (mg)	0,15	0,05	0,16	0,06
Riboflavine (mg)	0,09	0,03	0,09	0,03
Acide nicotinique (mg)	1,5	0,05	1,5	0,05
Vitamines A(U.I)	0	0	300	100

Résumé

La qualité des pâtes alimentaires dépend pour beaucoup du travail du meunier et du pastier, cependant, elle dépend fortement de la composition biochimique du blé et des semoules mises en œuvre.

La fragmentation industrielle du blé dur français a donné des passages de semoules provenant du cœur et de la périphérie du grain (différents passages) faisant ressortir des pâtes alimentaires de qualités diverses. Plusieurs analyses physicochimiques et technologiques ont été réalisées sur le blé dur, les semoules ainsi que sur le produit fini (pâtes alimentaires).

En évaluant la qualité de ces derniers on a pu révéler la présence d'un gluten fort et élastique ce qui traduit une bonne aptitude du blé dur à la pastification. Les pâtes provenant des premiers broyages (cœur du grain) ont une meilleure qualité organoleptique principalement la couleur jaune ambrée, contrairement aux autres provenant d'un broyage plus poussé (périphérie du grain).

Mots clés : blé dur, passages, semoules, pâtes alimentaires, qualité, pastification, gluten, Rendement.

Abstract

The quality of the pastes depends mainly on the miller and the pastier. Moreover, it depends more on the biochemical composition of the implemented wheat and semolina.

The industrial fragmentation of the french durum wheat permits the passages of semolina originated from the heart and the periphery of the grain (different passages). This helps to give diverse and high quality alimentary pastes. Many physicochemical and technological analysis have been realised on the durum wheat, the semolina and the final product (alimentary pastes).

When we evaluate the quality of the last, we notice that there is a presence of high and elastic gluten which conveys a good capacity of pastification of the durum wheat. The pastes which are originate from first grinding (heart of the, grain) are of better organoleptic quality essentially the coulour, amber yellow, in contrast to the other pastes originating from a deeper grinding (periphery of the grain).

Key words : durum wheat, passage, semolina, alimentary pastes, pastification, quality, gluten, yield.