

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة المسيلة
UNIVERSITE DE M'SILA



MEMOIRE

Présenté

A LA FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE (SNV)

pour obtenir

Le Diplôme des Etudes Supérieures en Biologie (DES)

OPTION : **BIOLOGIE et PHYSIOLOGIE VEGETALE (BPV)**

par

BELHAMDI KH., BENCHIKH F Z., GANI A. et TOURCHE F.

THEME :

TRANSFORMATION INDUSTRIELLE DU BLÉ (*Triticum sp.*) UTILISATION ET APPROCHES TECHNOLOGIQUES

BENDERRADJI L.

M.A. Classe A

Encadreur

GEUTTOUCHI A.

M.A. Classe A

Examineur

Promotion : 2009 / 2010

Remerciements

A l'issue de ce travail, je tiens à exprimer ma gratitude, ma profonde reconnaissance et mon respect à Mr. Laid Benderradji en témoignage de son encadrement et son aide dans l'accomplissement de ce travail.

Nos remerciements s'adressent à M^{me} H Kelaleche, enseignant au Département de Biologie et aussi examinateur M^{elle} Ahlem Geuttouchi .

Nous remercions chaleureusement toutes les personnes contactées et les travailleurs de l'Université de Sétif que nous avons visités, pour avoir notre projet de mémoire, et avoir mis à ma disposition tous les éléments nécessaires de ce document.

Enfin, je remercie tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail:

A mes très chers parents, que dieu les garde et

Les protégés

Pour leur soutien moral et financier, pour

Leurs

Encouragement et les sacrifices qu'ils ont

Endurés.

A mes frères

A mes sœurs

A tous mes amies.

A tous mes collègues sans exception et à

Toutes les promos 2010 surtout de B.P.V.

Gani Abia.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail:

A mes très chers parents, que dieu les garde et

Les protégés

Pour leur soutien moral et financier, pour

Leurs

Encouragement et les sacrifices qu'ils ont

Endurés.

A mes frères

Ames sœurs

A tous mes amis.

A tous mes collègues sans exception et à

Toutes les promos 2010 surtout de B.P.V.

Benchikfi Fatima Zahra.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail:

A mes très chers parents, que dieu les garde et

Les protégés

Pour leur soutien moral et financier, pour

Leurs

Encouragement et les sacrifices qu'ils ont

Endurés.

A mes frères

Ames sœurs

A tous mes amis.

A tous mes collègues sans exception et à

Toutes les promos 2010 surtout de B.P.V.

Belhamedi Khadra.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail:

A mes très chers parents, que dieu les garde et

Les protégés

Pour leur soutien moral et financier, pour

Leurs

Encouragement et les sacrifices qu'ils ont

Endurés.

A mes frères

A ma sœur

A tous mes amis.

A tous mes collègues sans exception et à

Toutes les promos 2010 surtout de B.P.V.

Tourche Faiza.

Abriviation

Principaux organismes et ouvrages nationaux et internationaux

Principaux organismes

- AACC: American Association of Cereal Chemists (AACC methods)
3340 Pilot Knob Road
Saint Paul, Minnesota 55121
USA
- CEE: Communauté Economique Européenne (ou Union Européenne)
Journal Officiel des Communautés Européennes
- ICC: Association Internationale des Sciences et Technologies Céréalières (ICC standard)
Secrétariat Général
- ISO/AFNOR: Association Internationale de Normalisation
Association Française de Normalisation
Tour Europe - Cedex 7
92049 Paris La Defense
France
- OMS: Organisation Mondiale de la Santé
(Commission du Codex Alimentarius)
Via delle Terme di Caracalla
00100 Rome
Italie

Sommaire

Introduction	01
--------------------	----

Chapitre 1 Le blé

1. Historique et origine du blé	02
1.1. Histologique	02
1.2. Origine	03
2. Importance stratégique et économique du blé	04
3. Caractère botanique	04
3.1. Morphologie	05
4. Composition histologique et chimique du grain du blé	06
4.1. Composition histologique	06
4.2. Composition chimique	07
5. Caractéristique de la variété de blé dur et tendre cultivée en Algérie	08
5.1. Le blé dur	08
5.2. Le blé tendre	09
6. Les utilisations du blé	09
6.1. Industrie de 1 ^{ère} transformation (semoule)	09
6.2. Industrie de 2 ^{ème} transformation (produit et consommable)	11
7. Qualité technologique	12
7.1. La valeur de la qualité technologique	12
8. Norme de qualités	13
8.1. Critères de qualité définis au plan mondial	13
9. Méthodes d'évaluation de qualité du blé	14
9.1. Evaluation de la qualité du couscous	14
9.2. Evaluation de la qualité culinaire	14
9.3. Evaluation de la couleur	16

Chapitre 2 Les méthodes de transformation

1. Les variétés	17
2. Déroulement des essais	17
3. L'analyse technologique et physicochimique	20

3.1. Détermination de la teneur en eau	20
3.2. Détermination de la teneur en cendre	20
3.3. Détermination de la teneur en protéine	21
3.4. Détermination de la teneur en amidon	22
3.5. Détermination de la teneur en gluten	23
4. Les caractéristiques rhéologiques des pâtes	23
4.1. Définitions	23
- Conclusion	
- Référence	
-Annexes	

Introduction

Le blé est la céréale la plus produite et la plus consommée à travers le monde. La facilité avec laquelle il peut être produit (il s'adapte à des sols et des climats variés) et l'existence de variétés adaptées à différents milieux et résistantes à de nombreuses maladies permettent de cultiver le blé dans un large éventail de pays. Selon le blé d'hiver ou de printemps, la période de plantation dans l'année est différente. Les premiers sont plantés de septembre à novembre, voire décembre dans l'hémisphère nord et sont récoltés à compter du mois de juin. Pour les seconds, les semis se font au cours du printemps et sont récoltés vers la fin de l'été ou le début de l'automne (août, septembre et octobre) (Chiboub, 2000).

Le premier chapitre est consacré à l'étude détaillée de la composition du grain de blé et de ses principaux constituants, normes de qualité, l'importance stratégique et économique...

Le deuxième chapitre est consacré sur les méthodes d'analyse (technologique, physicochimique) et les caractères rhéologiques du blé et des farines sur la valeur nutritionnelle des produits.

Chapitre 01: Le blé

1. Historique et origine des blés

1.1. Historique

Les premières cultures furent à l'origine de bouleversements majeurs pour les sociétés humaines. En effet, l'homme sachant désormais produire sa propre nourriture, sa survie devenait moins dépendante de son environnement. L'agriculture marque aussi le début du commerce (Bonjean et Picard, 1999).

Dans un premier temps, le blé semble avoir été consommé cru puis grillé ou cuit sous forme de bouillie puis de galettes sèches élaborées à partir des grains simplement broyés entre deux pierres. Le blé s'impose par la suite comme l'aliment essentiel de la civilisation occidentale. Il se présente sous forme d'aliments variés, le pain, la semoule, les pâtes, les biscuits... (Bonjean et Picard, 1999).

La culture du blé est beaucoup moins difficile que celle du riz: elle ne demande pas d'aménagement spécial du champ ni un trop lourd travail d'entretien. Entre la période des labours-semences et celle de la moisson, les travaux sont plutôt réduits. Après la récolte, le blé, à la différence du riz, ne demande pas d'opération spéciale comme le décorticage. Les pays reposant fortement sur la culture du blé comptent moins de travailleurs que les régions du maïs et du riz (Bonjean et Picard, 1999).

Ainsi, au Moyen Âge, les fermiers des campagnes à blé européennes utilisaient la charrue à roue et le cheval. Les pays à seigle en restaient à l'araire et aux bovins. Le semoir mécanique et la moissonneuse-batteuse ont été mis au point dans les régions à blé d'Europe et d'Amérique du Nord. Le blé est également le premier à bénéficier de l'usage des amendements (comme dans l'est de la France) et des engrais chimiques. Pendant plusieurs millénaires, le blé n'est cultivé qu'en faibles quantités et avec de très bas rendements. Au cours du XX^e siècle, les progrès de la technologie permirent d'augmenter formidablement la production céréalière (Bonjean et Picard, 1999).

À partir de la seconde moitié du XIX^e siècle, l'agriculture s'est mécanisée et rationalisée. Les machines agricoles, tirées au départ par des chevaux, puis par des machines à vapeur et enfin par des engins à moteur, se sont multipliées, en particulier dans les pays développés. Depuis 1950, les récoltes de blé s'effectuent avec des moissonneuses-batteuses qui coupent et battent les céréales en une seule opération. De même, des engins agricoles spécialisés existent pour le labourage et les semis (Bonjean et Picard, 1999).

La culture du blé est longtemps restée confinée au bassin méditerranéen et à l'Europe. En Europe, à la fin du XIX^e siècle, la culture du blé commence par reculer, en raison de la généralisation de l'économie urbaine, du développement des moyens de transport et les moindres coûts de production en outre-mer. Cependant la culture du blé reprend son essor au cours du XX^e siècle grâce aux progrès de la mécanisation, à la sélection de nouvelles variétés productrices et au développement de l'usage de fertilisants (Bonjean et Picard, 1999).

1.2. Origine

1.2.1. Généralités

Les blés constituent le genre *triticum* qui comporte un certain nombre d'espèces sauvages et d'espèces cultivées. Génétiquement on peut les séparer à trois groupes distincts par leur nombre de chromosomes: le *Triticum* diploïde ($2n = 14$), *Triticum* tétraploïde ($2n = 28$) et *Triticum* hexaploïde ($2n = 42$). Cette appellation ne correspond pas tout à fait à la réalité étant donné qu'il ne s'agit pas de répétition d'un même génome mais de l'addition de génomes voisins (allopolyploidisation). Le nombre de chromosomes est $n = 7$ (Belaid, 2000).

Les diploïdes sont représentés par *Triticum monococum* dont il existait des formes sauvages au Proche-Orient et dont les formes cultivées (connues sous le nom d'engrais en français) étaient encore exploitées dans quelques régions d'Europe il y a une trentaine d'années (Belaid, 2000).

Le génome des *Triticum monococum* est représenté par AA. Les tétraploïdes comportent: le *Triticum durum* ou blé dur et le *Triticum dicoccoides*, espèces sauvage vivant en Palestine et au sud Liban. Ces deux espèces sont extrêmement proches morphologiquement et peuvent être facilement croisées. Leurs grains sont tout à fait semblables. Le génome de *Triticum durum* et de *Triticum dicoccoides* est AABB (Belaid, 2000).

Les hexaploïdes sont peu nombreux et n'existent qu'à l'état de plantes cultivées. L'espèce la plus intéressante est le blé tendre *Triticum sativum* dont le génome est désigné par AA BB DD (Belaid, 2000).

1.2.2. Origine du blé dur (sauvage et cultivé) et du blé tendre

Pour ce qui est du blé dur, le croisement spontané du *Triticum monococum* sauvage et de *Aegilops speltoides* est tout à fait vraisemblable puisqu'on rencontre ces 2 plantes et *Triticum dicoccoides* dans la même aire géographique (Belaid, 2000).

Par contre, l'aire d'*Aegylops squarrosa* est très nettement distincte de l'aire de *Triticum dicoccoides*. Le croisement entre les plantes sauvages est impossible. Par contre, *Aegylops squarrosa* est dans son aire, un adventice des céréales y compris du blé dur. Ces infestations peuvent être considérables. Il est donc tout à fait probable qu'un croisement ait eu lieu entre le blé dur cultivé et *Aegylops squarrosa*. Le blé tendre est donc apparu comme impureté dans une culture de blé dur et n'a jamais existé à l'état sauvage. C'est une plante produite par l'activité de l'homme (Belaid, 2000).

2. Importance stratégique et économique du blé

Les blés constituent la première ressource en alimentation humaine, et la principale source de protéines. Ils fournissent également une ressource privilégiée pour l'alimentation animale et de multiple application industrielle. La presque totalité de la nutrition de la population mondiale est fournie par les aliments en grains dont 95 % sont produits par les principales cultures céréaliennes (Bonjean et Picard, 1999).

La production mondiale de blé se montre à environ 580 millions de tonnes et occupe 215 millions d'hectares (I.T.C.F, 2002).

Le blé dur représente environ 8% des superficies cultivées en blés dans le monde dont 70 % sont localisées en conditions méditerranéennes. La Turquie, la Syrie, la Grèce, l'Italie, l'Espagne, et les pays d'Afrique nord, sont en effet, parmi les principaux producteurs (Gate, 1995).

Le blé dur occupe une place centrale dans l'économie algérienne. Il couvre 1.5×10^6 ha sur les 3.0×10^6 ha consacrés à la céréaliculture. Le rendement est faible et irrégulier, il est de l'ordre de 8q/ha. La production couvre près de 41 % des besoins (Gate, 1995).

3. Caractère botanique

3.1. Morphologie

Le blé se présente d'abord comme une plante herbacée à feuilles assez larges, dont la forme peut être caractérisée par les détails suivants : à l'endroit où le limbe se détache de la tige, au sommet de la partie engainante de la feuille, on trouve deux stipules finement poilues ne ceinturant pas totalement la tige et une ligule transparente, courte et assez importante, appliquée sur tige (Jaques et Clément, 2003).

3.1.1. Appareil racinaire

Si on déterre avec soin une plante de blé adulte, ou mieux, si on la cultive dans une caisse grillagée, on peut observer la position et la répartition du système racinaire.

Il est très facile de constituer une caisse profonde de 80 cm environ à cotés mobiles, dans laquelle des grillages (type grillage de clapier) maintiennent les racines en place. Pour évacuer la terre sans détruire les racines, on ôte les côtés de la caisse et on lave au jet d'eau pas trop brutal, ce qui permet d'observer l'appareil racinaire complet et en place (Jaques et Clément, 2003).

3.1.2. Tige et feuilles

La tige elle-même ou chaume s'allonge considérablement à la montaison, et porte 7 ou 8 feuilles rubanées, engainantes sur toute la longueur d'un entre-nœud, prenant naissance sur le nœud situé en dessous de celui au niveau duquel elles se détachent de la tige.

Les feuilles ont des nervures parallèles et sont terminées en pointe (Jaques et Clément, 2003).

3.1.3. L'épi

Il est issu du bourgeon terminal du plateau de tallage. Dès la fin du tallage il commence à s'élever dans la tige, à mesure que celle-ci s'allonge, ce qui constitue la montaison.

Lorsque le développement de la tige est terminé, l'épi apparaît enveloppé dans la dernière feuille, et après quelques jours on peut étudier sa structure en détail, c'est l'épiaison (Jaques et Clément, 2003).

3.1.4. Le grain

Depuis la fécondation des fleurs, les grains de blé se sont formés; ils ont grossi peu à peu et mûri au soleil. Chaque épi en porte de 45 à 60 environ. La taille du grain de blé est d'environ 6 mm, sa couleur varie du jaune pâle à l'ocre roux, selon la variété du blé. Sa forme rappelle celle d'un petit oeuf, marqué toutefois sur toute sa longueur par une légère fente: le sillon où se trouve le faisceau nourricier du grain. Une fine brosse de poils est attachée à son extrémité la plus arrondie (Belaid, 2000).

Quand les grains de blé sont mûrs, vient le temps de la moisson. Autrefois, on moissonnait à la faux et on battait sur l'aire, avec des fléaux, pour séparer les grains de la paille. Le van, sorte de grande corbeille plate en osier, permettait de ne garder que les grains sans la batte qui les entoure et sans les débris de paille (Belaid, 2000).

4. Composition histologique et chimique du grain de blé

4.1. Composition histologique

Un épi mûr de graminée est donc un axe qui porte une série d'enveloppes desséchées - qui fournira la balle après battage - au centre desquelles se trouvent les grains. Chaque grain de blé comprend trois parties principales:

- L'enveloppe (14 à 16 % du poids du grain),
- l'amande farineuse (81 à 88 % du poids du grain),
- le germe (2,5 à 3 % du poids du grain).

L'enveloppe est formée de membranes très fines:

- assise protéique - endocarpe
- bande hyaline - mésocarpe
- tégument séminal - péricarpe
- épicarpe (Ben naceur, et *al*, 1997).

Après la mouture, l'enveloppe détachée de l'amande, forme les sons. Le péricarpe, dur et résistant protège la graine. L'assise protéique permet de faire adhérer très fortement les membranes de l'enveloppe sur l'amande (Chehat, 1994).

L'amande farineuse (ou albumen) est la partie du grain qui donne la farine. Elle est blanche et farineuse dans les blés tendres ; dans les blés durs, sa couleur tire davantage sur le jaune. Cette amande est constituée d'un ensemble de cellules renfermant les grains d'amidon réunis entre eux par une sorte de ciment naturel, le gluten (Chehat, 1994).

Le germe est situé à la plus grosse extrémité du grain, il se divise en deux parties principales:

- l'embryon qui comprend des feuilles, des bourgeons et des racines, le tout à l'état rudimentaire,
- le scutellum qui renferme des protéines, des matières grasses, des vitamines (B1) et une faible quantité d'amidon. Lors de la germination, il cède ses ressources à l'embryon qui se développe. Il devient ensuite un organe de digestion servant à transférer les matières nutritives de l'amande vers la jeune plantule (Chehat, 1994).

Le grain de blé (ou caryopse de blé) est entouré de deux enveloppes jointives, le péricarpe (paroi de l'ovaire) et le tégument de la graine (paroi de l'ovule). Il contient un embryon et un tissu nourricier, l'albumen (Chehat, 1994).

4.2. Composition chimique

-Les glucides (sucres): sont des composés constitués de carbone, d'hydrogène et d'oxygène et renfermant un groupement "ose". Substances particulièrement énergétiques, les glucides sont nettement majoritaires dans le blé (plus de 60 % de la matière humide ou 80 % de la matière sèche), ils sont principalement constitués par de l'amidon, sucre complexe, rassemblé sous forme de granules sphériques ou lenticulaires de 1 à 40 µm de diamètre (Benamor, 2007).

- les protéines: Quantitativement, c'est le deuxième constituant du grain : sa teneur varie entre 10 et 12.5 % de la matière humide. Il s'agit essentiellement de protéines polymères d'acides aminés de poids moléculaire relativement élevé (plus de 70.000 Daltons) et constituées d'une cinquantaine d'éléments classés d'après leurs propriétés de solubilité comme les albumines (solubles dans l'eau), les globulines (solubles dans une solution saline diluée) les gliadines (insolubles dans l'eau), les glutines (insolubles dans l'eau) et enfin le gluten. Ce dernier, formé par l'association de gliadines et de glutines, se présente sous la forme d'une gomme douée de propriétés viscoélastiques (Benamor, 2007).

- les lipides: ils représentent, en moyenne, 2-3 % du grain sec de blé et sont en majorité associés aux protéines et à l'amylose. Ils comportent les acides gras insaturés (acide oléique et acide linoléique) ainsi que les acides gras saturés (acide palmitique, acide stéarique) et enfin les lipides libres (qui sont eux extraits par de l'éther) (Benamor, 2007).

- les matières minérales: sont présentes dans 2 à 3 % de la substance humide du grain. Le potassium (K) et le phosphore (P) constituent 50 % des matières minérales. On y trouve également du soufre, du magnésium, du chlore et du calcium (Benamor, 2007).

- les vitamines: La teneur du grain de blé en vitamines est très faible; elle s'exprime en milligrammes pour 100 grains. Cependant, son intérêt nutritionnel est important. Il est à noter que le grain de blé est surtout riche en vitamine B1 (thiamine), vitamine B2 (riboflavine) et enfin en Vitamine PP (niacine) (Benamor, 2007).

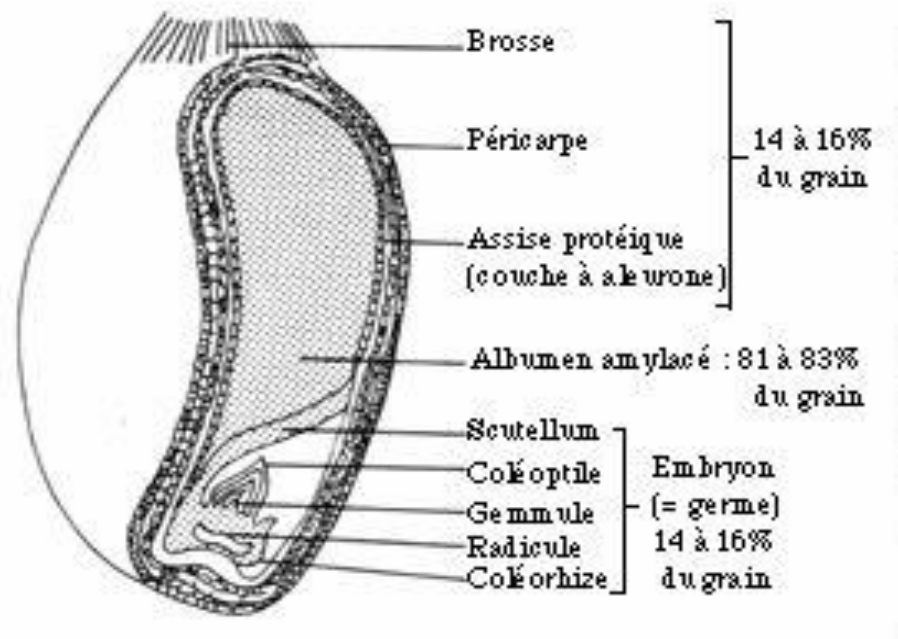


Figure 1: Structure biochimique d'un grain de blé.

Source: (Benamor, 2007).

5. Caractéristique de la variété de blé dur et tendre cultivée en Algérie

Les espèces du blé les plus connues en Algérie sont:

5.1. Le blé dur: qui appartient à l'espèce "*tétraploïde*" et qui est connu sous le nom botanique *triticum durum*". C'est une variété de blé cultivée pour la production de semoule et la fabrication de pâtes alimentaires. Ce blé dur est référencé par son grain à albumen vitreux, sa plus haute teneur en protéines et sa sensibilité au froid. Sa culture est plus développée autour du bassin méditerranéen et dans les pays de climat tempéré chaud, comme l'Australie et l'Argentine (Benamor, 2007).

Ce type de blé est destiné pour la préparation du pain, il est caractérisé par un taux élevé en protéines (supérieur à 12,4 %) et un gluten fort (Benamor, 2007).

- *Khiar*. C'est une variété de blé dur, caractérisée par une paille mûre blanche, creuse à parois minces, hauteur moyenne de 80 cm, barbe noirâtre, grain ambré clair, court et étroit. L'épi de cette variété est fertile, ce qui lui donne l'avantage d'être efficace du point de vue de l'utilisation de l'eau. Cette variété est résistante aux maladies cryptogamiques, à la verse et elle est productive en terre fertile (Benamor, 2007).

- *Mohamed Ben Bechir*. C'est une variété algérienne de blé dur, très appréciée sur les hauts plateaux de l'Est algérien. Cette variété est, comparativement aux autres, très précoce, à paille courte moyennement sensible à la verse, aux maladies et à l'échaudage. Elle a une bonne résistance à la rouille jaune (Benamor, 2007).

5.2. Le blé tendre: dit faible, mou ou amidonné "*soft*" C'est un type de blé qui désigne plusieurs céréales appartenant au genre *Triticum*. Ce sont des plantes annuelles de la famille des graminées ou Poacées, cultivées dans de très nombreux pays. Ce type de blé sert pour la confection des gâteaux, biscuits et autres pâtisseries, puisque son taux de protéines est relativement faible (8 à 10 %) et puisqu'il contient peu de gluten (Benamor, 2007).

- *Nesma*. C'est une variété algérienne de blé tendre. Elle est précoce et de hauteur moyenne (90 à 110 cm). Les grains sont blancs et gros mais l'épi est lâche (pas très fertile). Cette variété est sensible à la septoriose, à la rouille brune et à la cécidomyie (Benamor, 2007).

6. Les utilisations du blé

La transformation du blé comporte trois types d'activités, à savoir :

- La trituration de grains par les semouleries - minoteries.
- La deuxième transformation (pâtes, couscous, biscuits, pain et viennoiseries).
- La troisième activité de valorisation des sous-produits par l'industrie des aliments de bétail. Cette dernière activité incorpore le son et aussi l'orge (Feillet, 2000).

Dans notre cas, c'est le blé destiné à la consommation humaine qui nous intéresse.

La transformation du blé tendre produit la farine, c'est le secteur de la meunerie.

La transformation du blé dur, quant à elle, produit la semoule, c'est le secteur de la semoulerie (Feillet, 2000).

6.1. Industrie de 1^{ère} transformation (semoule)

Dans le monde, le blé est d'abord destiné à l'alimentation humaine qui mobilisait en moyenne près de 75 % de la production totale des campagnes 1995-96 et 1996-97; passant de 230 à 430 millions de tonnes entre 1970 et 1997, elle est la principale bénéficiaire de l'accroissement de production des 20 dernières années. L'urbanisation croissante de la Chine favorise les produits cuits à base de blé, sous forme de pains cuits à la vapeur, de nouilles instantanées et même de pain occidental. L'alimentation des animaux mobilisait un peu plus de 15 % des ressources mondiales ces dernières années. Les autres usages, en particulier industriels, évoluent peu en masse, mais baissent en proportion. La croissance de la consommation mondiale de blé atteindrait 12 millions de tonnes par an entre 1995 (558 millions de tonnes) et 2003 (654 millions de tonnes) à l'horizon 2020, la demande mondiale en blé est estimée à 1 milliard de tonnes, soit près du double de la production 1996: 301, dont un accroissement de 400 millions de tonnes dans les pays en voie de développement (soit 86 % de l'accroissement anticipé) (Pierre, 2000).

Environ 17 % de la production mondiale de blé font l'objet d'échanges internationaux, ce qui place cette céréale au premier rang des produits de l'agriculture, loin devant le maïs (11 %) et le riz (4 %). L'Europe utilise un peu plus de 80 % de sa production de blé tendre et maintient ses stocks de report autour de 10 millions de tonnes. meunerie, semoulerie et amidonnerie (Pierre, 2000).

6.1.1. La meunerie

La farine de blé tendre ou froment est le produit obtenu à partir des grains de blé tendre (*Triticum aestivum*). Le blé tendre est cultivé pour faire la farine panifiable utilisée pour le pain (Chiboub, 2000).

Ce sous-secteur constitue l'une des bases de l'industrie agro-alimentaire en Algérie. La transformation concerne essentiellement la trituration des blés en vue de la production de farine. En effet, selon les estimations établies par les entreprises publiques, le niveau de consommation de farine est de 56,6 Kg par an et par habitant. Jusqu'en 1997, l'industrie de transformation des céréales relevait dans sa quasitotalité du secteur public, divisé en cinq entreprises régionales, les Entreprises Régionales des Industries Alimentaires, céréalières et dérivés (ERAD): l'ERAD ALGER, SETIF, CONSTANTINE, TIARET et SIDI-BEL-ABBES (Chiboub, 2000).

La commercialisation des farines s'effectuait essentiellement à travers le réseau de ces entreprises publiques (on dénombre 1 500 dépôts, points de vente). Depuis plusieurs années, on assiste à une forte augmentation des minoteries privées. Aujourd'hui, le secteur privé domine largement le marché, on recense plus de 300 moulins. L'Algérie n'importe plus de farine, l'offre nationale satisfait entièrement les besoins intérieurs (Chiboub, 2000).

6.1.2. Le semoulerie

La semoule de blé dur et la farine de blé dur sont les produits obtenus à partir des grains de blé dur (*Triticum durum*) par procédés de mouture de broyage au cours desquels le son et le germe sont essentiellement éliminés (Chiboub, 2000). La consommation moyenne de semoule est de 52,5 Kg par habitant et par an. Les produits les plus demandés correspondent à des semoules pures de couleur dorée et présentent une granulométrie homogène (Chiboub, 2000).

Les semoules de qualité inférieure sont destinées à la fabrication de galettes (pain traditionnel algérien) (Chiboub, 2000).

Les semoules les plus fréquemment consommées sont:

- La semoule SE: appelée aussi semoule extra, ses particules sont fines, elle présente une granulométrie dont le refus au tamis 120 est de 90 %. Cette semoule est orientée vers la fabrication des pâtes alimentaires industrielles,
- La semoule SGM: appelée semoule moyenne, elle présente un refus au tamis 100 de 90 %.

Cette semoule est généralement vendue en l'état pour l'utilisation ménagère (couscous, galette, etc.) et pour la fabrication du couscous industriel de type moyen,

- La semoule SG: la semoule grosse doit avoir un refus de 50 % au tamis 30 et 40. Cette semoule est destinée essentiellement à la fabrication du couscous de type gros.

- D'autre part, il est à noter l'utilisation de blé dur récolté au stade laiteux, pour la fabrication du frik. Les épis sont séchés jusqu'à une humidité du grain d'environ 12 %. Les grains sont ensuite concassés. Le produit obtenu, très apprécié en Algérie, est utilisé dans les soupes (Chiboub, 2000).

6.1.3. Amidonnerie-glutenerie

L'industrie des prouit amylicées (amidon de blé, de maïs et de pomme de terre ; produits dérivés, y compris les caramels colorants et aromatiques) génère un chiffre d'affaires annuel de 10 milliards de francs, répartis entre le marché intérieur (40 %), l'union européenne (45 %) et les pays tiers (15 %). Le solde net des exportations était de 3,4 milliards en 1997 (Pierre, 2000).

La production mondiale de gluten de blé atteignait environ 500 millions de tonnes en 1997. Les principaux pays producteurs sont la France, les Etats-Unis, l'Australie, les pays-Bas et l'Allemagne. La boulangerie est le principal utilisateur (Pierre, 2000).

6.2. Industrie de 2^{ème} transformation (produit et consommé)

6.2.1. Pain

En une centaine d'années, la consommation du pain a beaucoup diminué en France: elle atteignait 700 grammes par personne et par jour en 1850, elle était de 325 grammes en 1950, elle stagne autour de 160-170 grammes au début du troisième millénaire; elle place la France en position moyenne par rapport aux autres pays européens, Les agriculteurs sont les plus gros consommateurs (70 Kg par an) et les cadres supérieurs et professions libérales les derniers (33Kg). Le marché européen du pain représente un chiffre d'affaires de 230 milliards de francs pour un volume de produits de panification estimé à 22,5 millions de tonnes (1994) (Pierre, 2000).

6.2.2. Biscuit

Bien qu'il reconnaisse que la farine a une influence prépondérante sur la confection de la pâte, ou elle demeure l'ingrédient principal, le biscuitier a toujours beaucoup de mal à préciser les caractéristiques des farines qui lui sont nécessaires. Il pense qu'aucun des critères permettant d'étudier la farine n'est vraiment déterminant pour une bonne aptitude biscuitière, si bien que les spécifications, pour les farines destinées à la biscuiterie, ne sont pas toujours très bien fixées, et en tout cas, sont extrêmement variables d'un produit à l'autre et d'un fabricant à l'autre (Zikara, 2002).

Il serait faux toutefois de conclure que la biscuiterie utilise n'importe quel type de farine pour n'importe quel produit (Zikara, 2002).

6.2.3. Les pâtes alimentaires

La consommation de pâte alimentaire, 3 Kg par an, est relativement faible en Algérie. A titre de comparaison, elle est de 15,26 Kg en Tunisie (Abdelhamaid, et *al*, 1996).

Néanmoins, on observe dernièrement une augmentation sensible des quantités consommées. La naissance de plusieurs groupes privés correspond à l'émergence d'un tissu industriel de plus en plus dense. Les principales variétés produites sont :

- les pâtes pleines, préparées par extrusion (vermicelles, spaghettis, nouilles, tagliatelles),
- les pâtes creuses extrudées (coudes, coquilles, coquillettes, etc.),
- les pâtes roulées ou découpées (langue d'oiseau, lettres et caractères, etc.),

Ces variétés sont classées en trois familles qui sont,

- les pâtes longues 20 % de la production environ,
- les pâtes courtes 45 % de la production environ ,
- les pâtes potages 35 % de la production environ (Zikara, 2002).

6.2.4. Le couscous

Depuis les années 60, le couscous est progressivement sorti de son lieu traditionnel de production, le foyer, pour être soit roulé à la main par des artisans qui commercialisent leur production, soit fabriqué de façon industrielle et commercialisé à travers le circuit des grossistes, superettes et magasins d'alimentation générale (Zikara, 2002).

7. Qualité technologique

7.1. La valeur de la qualité technologique

La qualité d'un blé dur est fonction de l'utilisation que l'on en fait. Or, la presque unique destination du blé dur est l'obtention d'une semoule destinée elle-même à l'obtention de pain ou de galette, de couscous, et surtout de pâtes alimentaires (Benbelkacem, et *al*, 1998).

Par conséquent un "bon" blé dur est celui qui satisfera le consommateur final, tandis que le vendeur aussi fabricant de pain, de couscous ou de pâte recherchera une matière première, la semoule, qui lui permettra de transformer convenablement une "bonne" semoule en un "bon" produit fini, et ainsi de suite en remontant toute la filière jusqu'au créateur de variété (Benbelkacem, et *al*, 1998).

Tous ces acteurs économiques ont des soucis qualitatifs qui peuvent bien sûr diverger. Par exemple l'agriculteur recherche en priorité un rendement à l'hectare. Cependant les lois du marché orientent la production de blé vers la satisfaction du consommateur final. Ceci signifie que nous limiterons ici notre propos dans le sens des méthodes d'évaluation de la qualité au bénéfice du

consommateur (tenue à la cuisson, couleur, etc.), à l'exclusion des critères autres comme par exemple ceux pour l'agriculteur de rendement, de résistance aux maladies et aux insectes (Benbelkacem, et *al*, 1998).

8. Norme de qualités

8.1. Critères de qualité définis au plan mondial

8.1.1. La norme CODEX STAN 199-1995 pour le blé et le blé dur

Cette norme s'applique au blé (variétés de l'espèce *Triticum aestivum* L.) et au blé dur (*Triticum durum* Desf) en grains. Les caractéristiques essentielles de composition et de qualité sont tout d'abord des facteurs visant à la sécurité alimentaire tel que le fait que les grains soient "sains et propres à la transformation pour la consommation humaine". Ils doivent également ne pas présenter de saveurs et d'odeurs anormales, d'insectes et d'acariens vivants (Benbelkacem, et *al*, 1998).

8.1.2. La norme CODEX STAN 152-1985 pour la farine de blé

Cette norme s'applique à la farine de blé destinée à la consommation humaine et dérivée du blé ordinaire, *Triticum aestivum* L, ou de blé ramifié, *Triticum compactum* Host., ou tous mélanges de ces derniers, préemballée et prête à la vente aux consommateurs ou destinée à être utilisée dans d'autres produits alimentaires. La farine de blé et tous ingrédients lui étant éventuellement ajoutés doivent être sains et propres à la consommation humaine. Tout comme le produit de base, la farine de blé doit être totalement exempte d'odeurs, de goûts anormaux et d'insectes vivants. En outre, elle ne doit pas présenter de souillures en quantités susceptibles de présenter un risque pour la santé (Benbelkacem, et *al*, 1998).

8.1.3. La norme CODEX STAN 178-1991 pour la semoule et la farine de blé dur

Cette norme s'applique à la semoule de blé dur, y compris la semoule complète de blé dur et la farine de blé dur destinées à la consommation humaine directe, dérivées du blé dur (*Triticum durum* Desf.), préemballées et prêtes à la vente aux consommateurs ou destinées à un emploi dans d'autres produits alimentaires. La semoule de blé dur et la farine de blé dur, ainsi que tous les produits nutritifs leur étant ajoutés doivent être saines et propres à la consommation humaine. Ils doivent être totalement exempts d'odeurs, de goûts anormaux, d'insectes vivants ainsi que de souillures en quantités susceptibles de présenter un risque pour la santé (Benbelkacem, et *al*, 1998).

9. Méthodes d'évaluation de qualité du blé

L'évaluation de la qualité technologique des productions ne date pas d'hier. Chez le blé tendre, l'aptitude à la panification est étudiée depuis près d'un siècle au moyen de l'alvéographe de Chopin. Cette technique centenaire mesure la force boulangère du blé. Grâce aux progrès de la sélection, la force boulangère des variétés n'a cessé d'augmenter: au congrès du pain de 1925, on constatait que le W avait progressé de 60 à 75 depuis 1910. Il atteint en moyenne 180 aujourd'hui (Guezlane, 1993).

9.1. Evaluation de la qualité du couscous

A cet égard on lira avec intérêt, outre les ouvrages généraux, la toute récente thèse de Guezlane (1993), et de la bibliographie que cet auteur cite.

Les critères de qualité retenus sont:

- (i) la granulométrie de la semoule mise en oeuvre, ainsi que sa couleur (méthode tristimulus),
- (ii) la couleur (par tristimulus) du couscous, sa texture, son gonflement, et sa prise en masse après réhydratation.

Ces critères sont aussi repris en tout ou partie par ailleurs (Guezlane et Abecassis, 1991).

9.2. Evaluation de la qualité culinaire

Pour ce faire on se référer utilement aux méthodes publiées suivantes:

- (i) par les législations de chaque pays, et pour la CEE au JO CEE,
- (ii) par les normes éditées dans chaque pays, et au niveau international par l'ISO et par l'ICC (ICC standards),
- (iii) dans les ouvrages généraux dont les références sont reportées en bibliographie.

Dans un but d'application pratique, nous ne citerons ici que les principales publications des méthodes à notre connaissance effectivement utilisées; nous citerons aussi quelques méthodes publiées très récemment, sans les commenter de manière approfondie, dans l'ignorance où nous sommes de l'application effective et courante des travaux cités. Ces publications sont reportées dans le Tableau 11 (Guezlane et Abecassis, 1991).

L'étude de ces méthodes appelle les commentaires suivants:

- (i) Plus le pourcentage de protéines est élevé, meilleure sera la qualité culinaire, et les résultats obtenus avec les méthodes citées sont corrélées avec ce pourcentage.
- (ii) L'indice de sédimentation SDS permet avec réserve, et en particulier en fonction de la méthode utilisée, une bonne discrimination; l'avantage de ce type d'analyse est qu'il ne nécessite qu'une prise d'essai de faible quantité ce qui peut intéresser le sélectionneur.

(iii) La viscoélasticité du gluten appréciée manuellement est empirique et ne permet qu'une approximation; appréciée avec le viscoélastographe, elle est plus fiable. Dans ces deux cas l'analyse est confrontée au manque de fiabilité de l'extraction du gluten.

(iv) La viscoélasticité mesurée au viscoélastographe sur pâton façonné à partir de semoule, ou sur pâte obtenue au stade pilote ou industriel, donne de bons résultats.

(v) La consistance maximale et l'affaiblissement mesurés au farinographe, les valeurs P et W de l'alvéogramme Chopin, et celles de ténacité T de l'alvéographe Chopin modifié, sont très liés au pourcentage de protéines.

(vi) La mesure des pertes à la cuisson est à considérer comme un indicateur; la récente variante proposée par mesure colorimétrique amène une amélioration de l'interprétation des résultats obtenus (Guezlane et Abecassis, 1991).

(i) L'appréciation de la qualité culinaire par quelque méthode que ce soit devrait se référer à l'avis d'un panel d'évaluation sensorielle chargé d'analyser les pâtes issues des échantillons à analyser.

(ii) Plus une semoule (ou un blé), contient de protéines, meilleure sera sa qualité culinaire.

(iii) Un blé contenant la bande 45 donnera in fine une pâte tenant à la cuisson à condition qu'elle contienne un pourcentage minimum de protéines (estimé supérieur pour la semoule qui en est issue à 12 % sur sec); en cas d'appartenance au type de bande 42, ce pourcentage de protéines doit être nettement supérieur.

(iv) Pour apprécier le caractère discriminatoire d'une méthode, il est souhaitable de ramener un taux constant le pourcentage de protéine de l'échantillon analysé sous peine d'établir une liste sujette à caution des "bonnes" et des "moins bonnes" variétés.

(v) Chaque méthode citée à son intérêt fonction du ou des critères que l'on veut retenir; par exemple un consommateur italien exige une pâte extrêmement ferme et sans "collosité" autre exemple, un sélectionneur recherchera une méthode peut être non parfaitement discriminante mais permettant au moindre coût de nombreuses analyses à partir d'une très faible quantité matière première à l'état de grain; dernier exemple, un semoulier aux moyens pécuniaires limités devra se limiter à une appréciation de la viscoélasticité du gluten extrait manuellement.

(vi) Enfin, est-il besoin de le rappeler, les méthodes citées concernent le blé dur, et chacun sait que la tenue à la cuisson d'une pâte sera d'autant meilleure que la semoule mise en oeuvre est issue de blé dur sans adjonction, par conséquent à contrôler, d'autres produits comme de la farine de riz ou de blé tendre (Guezlane et Abecassis, 1991).

9.3. Evaluation de la couleur

Elle repose essentiellement sur l'extraction des pigments effectuée directement à partir du grain, ou de la semoule, ou de la pâte. Récemment il est de plus en plus utilisée la mesure par tristimulus en retenant les composantes L^* et b^* , et parfois a^* , définies par la convention Internationale de l'éclairage (Tableau 12). A cet égard il faut prêter attention aux points suivants:

(i) Les coordonnées trichromatiques sont fonction du type d'éclairage, de la sphère de réflectance du matériel retenu, du modèle et du fabricant considérés, et enfin du système de coordonnées représentées conventionnellement par exemple par L , a , b ou par L^* , a^* et b^* . Autrement dit les répétabilités et reproductibilités mesurées doivent être considérées avec attention.

(ii) De nombreuses publications ont été faites sur l'influence de certains facteurs sur la couleur. Nous n'en ferons pas état ici car ce n'est pas le sujet limité ici aux méthodes (Guezlane et Abecassis, 1991).

Nous donnerons cependant les conclusions préliminaires suivantes:

(i) Plus un blé (ou une semoule, ou une pâte), contient de protéines, pour une variété considérée, plus la quantité de "pigments jaunes" (ou l'indice b^*) est élevé.

(ii) La quantité de "pigments jaunes" est une caractéristique variétale importante.

(iii) Plus le taux d'extraction d'une semoule est important, plus la quantité de "pigments jaunes" extractibles est élevée.

(iv) La clarté ou luminosité L^* est d'autant plus faible que le pourcentage de protéines est élevé, toutes autres conditions égales par ailleurs; ceci signifie en particulier que plus le taux d'extraction d'une semoule est important, moins bonne sera la clarté de la pâte qui en est issue.

(v) On n'oubliera pas que l'aspect d'une semoule est fonction de sa granulométrie : une semoule grosse paraîtra jaune; la même broyée finement paraîtra moins jaune et plus claire alors que, bien sûr, La quantité de "pigments jaunes" extractibles reste invariante.

(vi) L'indice L^* est une composante variétale mais surtout phénotypique; elle est par conséquent très influencée par les conditions du milieu (facteurs climat, sol, techniques culturales, etc.) (Guezlane et Abecassis, 1991).

Chapitre 02: Les méthodes de transformation

1. Les variétés

On utilise les 2 variétés suivants: Blé dur (*Triticum durum*), Blé tendre (*Triticum sativum*).

2. Déroulement des essais

2.1. La mouture

La mouture, opération centrale de la transformation des blés en farines et 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. La première permet de dissocier l'amande et les enveloppes (broyage), de fractionner les semoules vêtues (désagréage) et de réduire l'amande en farine (convertissage); la seconde assure la séparation des sons et des enveloppes sur la base de leur granulométrie (division par tamisage) et de leurs propriétés aérodynamiques (épuration des semoules par sassage) (Pierre, 2000).

Les moulins possèdent deux séries d'appareils à cylindres (broyeurs et convertisseurs /claqueurs) à travers lesquels les blés ou les produits de mouture doivent successivement passer afin d'être réduits en farine. Chaque opération de broyage est suivie d'une opération de séparation par tamisage, qui permet de classer les produits avant de les enveloppes sur l'appareil à cylindres suivant (Pierre, 2000).

Le *broyage* est une opération qui permet d'ouvrir mécaniquement le grain, par cisaillement, choc ou compression, et de détacher plus ou moins complètement l'amande qui se brise alors que les enveloppes, plus élastiques, résistent. Il est réalisé entre des cylindres cannelés tournant en sens inverse et à des vitesses différentes; le rapport des vitesses est d'environ 2,5 (Pierre, 2000).

Les cannelures possèdent une petite et une grande face, respectivement le tranchant et le dos; elles se caractérisent par leur profondeur, l'angle que forment les deux faces et la longueur du méplat qui sépare chaque indentation (Pierre, 2000).

La position des cannelures les unes par rapport aux autres a un effet important sur les caractéristiques des produits isolés après broyage; en position tranchant sur tranchant, elles exercent une action de cisaillement et, en position dos sur dos, une action d'écrasement (Pierre, 2000).

Le *convertissage* et le claquage sont effectués des appareils à cylindres lisses, respectivement des convertisseurs et des claqueurs. Ces deux opérations visent à réduire la granulométrie des semoules qui les alimentent et ne se différencient l'un de l'autre que par l'origine et la nature des produits traités; les convertisseurs reçoivent des semoules purifiées, les claqueurs des semoules vêtues (Pierre, 2000).

Le *tamisage*, ou blutage permet de séparer les produits en provenance des cylindres lisses et des cylindres cannelés en fonction de leur granulométrie. L'opération est réalisée dans des plansichters,

appareils formés d'un assemblage de tamis superposée et soumis à un mouvement rotatif et de va-et-vient permanent sous l'action d'un moteur excentrique (Pierre, 2000).

Le *sassage* assure également la séparation des produits de mouture: les produits sont maintenus en suspension par un courant d'air ascendant au dessus de tamis dont largeur de maille diminue au fur et à mesure de la progression des produits, celle-ci étant assurée par l: les produits sont maintenus en suspension par un courant d'air ascendant au dessus de tamis dont largeur de maille diminue au fur et à mesure de la progression des produits, celle-ci étant assurée par l: les produits sont maintenus en suspension par un courant d'air ascendant au dessus de tamis dont largeur de maille diminue au fur et à mesure de la progression des produits, celle-ci étant assurée par l'inclinaison et le mouvement de va et vient des tamis .la ségrégation des produits repose sur leurs différences de densité et de propriétés aérodynamique: les particules d'albumen amylicé, plus denses($d = 1,4$) que celles d'enveloppe ($d = 1,2$), retombent plus rapidement sur les tamis et sont extraites en premier (Pierre, 2000).

A. La mouture de blé tendre

A.1. Principes

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

- séparer l'amande farineuse du son et du germe;
- réduire cette amande en granules suffisamment fins.

Le son - le son parfait du moins - est constitué. Rappelons- le:

- d'une part par les enveloppes du fruit ou péricarpe et par celles de la graine;
- d'autre part par l'assise protéique. Cette dernière constitue en fait la première assise de l'endosperme; mais par la nature "cellulosique " de ses parois elle s'apparente beaucoup plus aux enveloppes, auxquelles elle est intimement soudée, qu'à l'amande farineuse (Abdelhamaid, et *al*, 1996).

Dans la réalité, c'est principalement au broyage qu'il appartient de séparer le son de l'amande farineuse: ce serait exclusivement à lui qu'incomberait cette opération s'il était capable de la réaliser parfaitement du même coup le rôle du convertissage (nous comprenons sous ce terme le claquage et le convertissage proprement dit) serait plus nettement délimité et celui du sassage disparaîtrait complètement (Abdelhamaid, et *al*, 1996).

C'est pourquoi l'on peut dire que le sassage est l'expression de l'imperfection du broyage ou, sous un angle moins absolu, que l'importance du sassage est fonction de cette imperfection (Abdelhamaid, et *al*, 1996).

A.2. Caractéristiques technologiques des produits de mouture

La qualité technologique d'une semoule pour la fabrication de 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, eux-mêmes liés à l'origine histologique des produits (Abdelhamaid, *et al*, 1996).

B. La mouture de blé dur

B.1. Le principe

Dans le cas de céréales dépourvues de sillon, la première transformation est réalisée grâce au procédé de décorticage par abrasion qui consiste à user progressivement le grain de l'extérieur vers l'intérieur de manière à éliminer les parties périphériques. Pour le blé, en revanche, avec un tel procédé, il n'est pas possible d'attendre les enveloppes qui se trouvent à l'intérieur du sillon (Abdelhamaid, *et al*, 1996).

Le procédé de mouture repose sur un principe totalement différent. Il faut tout d'abord ouvrir le grain et récupérer ensuite, étape par l'albumen amylicé en commençant par extraire les parties les plus internes pour se rapprocher progressivement de la périphérie du grain (Abdelhamaid, *et al*, 1996).

Il existe des problèmes spécifiques de la transformation du blé dur en semoule:

- les opérations de nettoyage doivent être très efficaces, beaucoup plus qu'en minoterie, tout simplement parce que la taille des particules de semoule étant beaucoup plus élevée; les impuretés qu'elle contiendra seront également plus grosses et par conséquent plus visibles que dans la farine,
- la opération du blé à la mouture doit être réalisée de manière à rendre les enveloppes plus tenaces et plus élastiques tout en maintenant une structure vitreuse de l'albumen- au cours des opérations de mouture, il conviendra de rechercher à obtenir une production maximum de semoules devront, en outre, possible avec un minimum de farine. Les semoules devront, en outre posséder des caractéristiques physicochimiques (granulométrie, coloration, etc.) qui répondent aux besoins de leurs utilisateurs (Abdelhamaid, *et al*, 1996).

Nous allons maintenant décrire chacune de ces trois étapes de la première transformation du blé dur (Abdelhamaid, *et al*, 1996).

3. L'analyse technologique et physicochimique

3.1. Détermination de la teneur en eau

Si l'on ne tient pas compte de l'eau fixée par liaisons covalentes aux autres molécules présentes dans le milieu, on peut définir la teneur en eau d'un blé ou d'une farine comme étant la quantité d'eau éliminée après maintien du produit dans une atmosphère où la pression de vapeur d'eau est

égale à zéro pendant un temps suffisant pour atteindre un équilibre en poids. Une de deux méthodes de référence utilisée pour réaliser cette mesure repose sur ce principe. Elle est très longue (six jours et plus) et difficile à mettre en œuvre; sa reproductibilité est excellente mais à la condition de s'assurer de l'absence de substances volatiles dans les conditions de l'essai (Pierre, 2000).

Des méthodes pratiques d'analyse ont donc été développées. Elles se classent en trois catégories: mesure de perte de poids après séchage, spectroscopie dans l'infrarouge et mesure de constantes physiques (conductivité et constante diélectrique) (Pierre, 2000).

3.2. Détermination de la teneur en cendre

Le taux de cendres des farines dépend non seulement de leur taux d'extraction, mais également de la minéralisation des grains mis en mouture. Les conditions de croissance de la plante peuvent avoir pour conséquence une évolution de la teneur en matières minérales des grains qui se répercute sur celle des farines. Il est souhaitable, dans la mesure du possible, qu'il soit tenu compte de cette éventualité lors des contrôles de la teneur en cendres des farines (Chehat, 1994).

3.3. Détermination de la teneur en protéine

Trois méthodes sont utilisées pour déterminer la teneur en protéines du blé et des farines: la méthode Kjeldahl, la méthode Dumas et la spectroscopie dans le proche infrarouge (Pierre, 2000).

On sait que la panification devient impossible lorsque la teneur des farines en protéines est inférieure à 7%. La quantité de protéines exerce donc un rôle important vis-à-vis de la qualité boulangère, ce rôle pouvant d'ailleurs être plus ou moins marqué, selon le plan quantitatif, on lui préfère le dosage des protéines, et sur le plan qualitatif, les essais rhéologiques sur pâtes (Pierre, 2000).

Quoiqu'il en soit, le rôle exercé par la teneur en protéines des farines sur leur qualité technologique est essentiellement fonction de la nature du produit fini. D'une façon générale, les fabrications nécessitant des pâtes à levée lente, fermentées biologiquement (pains et biscottes), réclament des farines à teneur en protéines toujours (Pierre, 2000).

Plus élevée que celles dont la levée rapide est provoquée par des adjuvants chimiques (articles de biscuiterie et de pâtisserie) (Pierre, 2000).

Extraction des protéines et préparation des échantillons

La protéomique exige l'utilisation d'échantillons biologiques de qualité. L'extraction de protéines à partir de tissus, de cellules isolées ou de liquides physiologiques est réalisée à l'aide de tampons appropriés, mis au point en considérant la nature des protéines à étudier (protéines cytosoliques, membranaires, nucléaires...) (Chehat, 1994).

Les tampons d'extraction à pH bien déterminé, sont constitués dans des proportions variables, de mélanges d'agents réducteurs, de détergents, voire de solvants organiques. Ils sont généralement supplémentés d'inhibiteurs de protéases. Les protocoles expérimentaux doivent éviter les contaminations par des acides nucléiques, des lipides et les sels (Chehat, 1994).

Ces contaminants peuvent perturber la séparation des protéines par électrophorèse bidimensionnelle ou par chromatographie liquide. Les protéines hydrophobes telles que les protéines membranaires sont difficiles à solubiliser. De même, les protéines très basiques, telles que les histones et les protéines ribosomales, sont peu visibles sur un gel 2D après une isoélectrofocalisation (Chehat, 1994).

De façon générale, la protéomique fait appel à l'utilisation de l'électrophorèse bidimensionnelle (2D) hautement résolutive et la spectrométrie de masse qui associée à l'analyse informatisée des gels, permet de visualiser et de mesurer des variations de quantité de protéines entre différents échantillons. Les protéines identifiées par spectrométrie de masse sont comparées aux protéines des banques de données disponibles sur internet (Chehat, 1994).

Intérêt nutritionnel

Les protéines sont les molécules de grande taille qui caractérisent les êtres vivants et qui sont présentes dans toutes les cellules. D'un point de vue nutritionnel, les protéines, parfois appelées protides, sont avec les glucides et les lipides, un des trois nutriments essentiels à notre alimentation. Elles sont sources d'acides aminés.

Les protéines assurent de nombreuses fonctions dans notre corps:

- elles jouent un rôle structural et participent au renouvellement des tissus musculaires, des cheveux, des ongles, des poils, de la peau, etc.
- elles assurent de nombreuses fonctions physiologiques, par exemple sous la forme d'enzymes, d'hormones...

Intérêt technologique

Les protéines sont classées selon leur degré de solubilité dans l'eau. De 10 à 20 % des protéines du lé sont solubles dans l'eau. Ce sont des protéines cytoplasmiques ou métaboliques. On trouve également des enzymes. Elles sont situées en périphérie du grain de blé (Chehat, 1994).

Les 80 à 90 % restantes sont insolubles dans l'eau et sont capables de s'associer pour former un réseau, une charpente, que l'on appelle le gluten. Il existe pour le blé deux familles de protéines insolubles: les gliadines et les gluténines. Les premières sont responsables de l'extensibilité et du collant des pâtes. Les secondes sont responsables de la ténacité et de l'élasticité des pâtes. Selon le rapport gliadines sur gluténines, les caractéristiques des pâtes seront donc différentes (Chehat, 1994).

3.4. Détermination de la teneur en amidon

La détermination de la teneur en amidon du blé ou des produits de mouture repose sur le dosage du glucose libéré après hydrolyse enzymatique. La méthode décrite dans la norme NF03-606 préconise la dispersion de l'amidon dans une solution NAOH 0.5 M après extraction des glucides solubles dans l'éthanol 80 GL, un ajustement du PH à 4.7 par acide acétique, l'hydrolyse à 60 par l'amyloglucosidase de l'amidon ainsi dispersé et le dosage du glucose libre (dosage enzymatique par la glucose oxydase) le facteur de conversion du glucose en amidon est 0.9. Une autre méthode préconise l'hydrolyse de l'amidon par une amylase avant l'attaque par l'amyloglucosidase (Chehat, 1994).

3.5. Détermination de la teneur en gluten

La teneur en gluten est généralement déterminée après extraction par lixiviation (lavage par l'eau) d'un pâton sous un mince filet d'eau désionisée ou salée (Pierre, 2000).

Des appareils permettant une extraction mécanique et automatique du gluten sont également utilisés. Le plus courant d'entre eux est le glutomatic 22200 (perte n instruments, Huddinge, Suède). Les conditions d'utilisation sont les suivantes: 10g de farine sont placés dans un pétrin, puis mélangés avec 5,2 ml d'une solution à 2 % de Na Cl; après 20 sec de pétrissage, la pâte est automatiquement lavée pendant 5 min avec la solution à 2% de Na Cl (débit de lavage: 50- 60 ml /min); le gluten isolé est essoré dans une centrifugeuse (6000 tr/min pendant 1 min), pesé (gluten humide) et séché entre deux plaques chauffantes pendant 4 min (gluten sec) (Pierre, 2000).

Des techniques immuno-chimiques (immuno-électrophorèse) et, plus récemment immuno-enzymatique (plus sensible et plus rapide que les précédentes), commencent à être utilisées pour doser de manière spécifique les protéines du gluten (Pierre, 2000).

Rôle de gluten en panification

- rôle de fixateur d'eau.
- Amélioration de la tenue et de la résistance élastique de la pâte.
- Amélioration de la rétention gazeuse.
- Retard du rassissement du pain.

4. Les caractéristiques rhéologiques des pâtes

4.1. Définitions

La rhéologie est la science qui étudie les propriétés d'écoulement des corps soumis à des forces ou des contraintes extérieures, et des déformations.

On distingue 3 types de comportements:

- La viscosité
- L'élasticité

- La viscoélasticité

La pâte à pain possède à la fois les propriétés des liquides (viscosité) et des solides (élasticité), elle est viscoélastique. L'analyse des qualités rhéologiques de la pâte à pain consiste en des mesures (ou constat) de consistance, collant, relâchement, lissage, extensibilité, élasticité, tolérance et développement (pousse) de la pâte (Zikara, 2002).

La pâte subit une série de déformation dont la l'intensité différent d'une étape à l'autre de la panification. La mesure de l'évolution des propriétés rhéologiques de la pâte est donc particulièrement importante pour optimiser les conditions de fabrication et la qualité du pain (Pierre, 2000).

La consistance

C'est une état de fermeté de la pâte (Zikara, 2002).

Le collant

Est une force d'adhérence de la pâte (Zikara, 2002).

Le lissage

Aspect lisse de la pâte en fin de pétrissage (Zikara, 2002).

L'extensibilité

Capacité d'allongement ou de déformation de la pâte (Zikara, 2002).

L'élasticité

Capacité de la pâte à reprendre totalement ou partiellement sa forme après une déformation donnée (\pm intense) et l'arrêt de cette déformation (Zikara, 2002).

Il existe deux familles d'appareils:

- ceux qui mesurent l'évolution des caractéristiques de la pâte au cours de sa formation: farinographe et mixographe,
- ceux qui déterminent la consistance, la ténacité, l'extensibilité, l'élasticité ou la viscosité de la pâte une fois formée: alvéographe, extensographe, pénétomètre, viscoélastographe (Pierre, 2000).

- Farinographe

Le farinographe Brabender appartient à la première famille. Inventé par un chercheur hongrois en 1927, c'est un pétrin enregistreur thermostaté (la température est généralement fixée à 30C) équipé d'un système de mesure de la résistance à la rotation des bras du pétrin au sien de la pâte en fonction du temps. Il a été conçu pour déterminer le temps de développement de la pâte, le taux d'absorption d'eau par les farines et, d'une manière plus générale, ce qu'il est convenu d'appeler la force des blés et des farines. La capacité de la cuve est de 50g (micro-farinographe) ou de 300g de farine. Les bras du pétrin, de forme sigmoïde, tournent en sens inverse, à la vitesse respective de 63 et 93 rotations par minute. Les mesures sont réalisées dans des conditions telles que la consistance

maximale obtenue au cours de l'essai soit égale à 500 UB (l'UB, ou unité Brabender, est une unité arbitraire fixée par le constructeur) (Pierre, 2000).

- Mixographe

Permet également de mesurer la consistance de la pâte au cours du pétrissage. Mis au point à l'université du Kanas (KSU) au début des années 1930 pour apprécier la qualité des blés de force riches en protéines (alors que le farinographe serait plus adapté à la caractérisation des blés européens, plus faibles), c'est un pétrin à aiguilles dont le couple moteur est enregistré pendant la formation de la pâte (Pierre, 2000).

- Extensographe et alvéographe

L'extensographe est d'usage courant aux Etats- Unis; la quantité nécessaire d'une solution saline (2 % de NaCl) est ajoutée à la farine (300g) pour que la consistance de la pâte formée dans le pétrin d'un farinographe atteigne 500UB à son maximum de développement; après boulage, façonnage et repos, la pâte est fixée sur un support par ses extrémités et soumise à une déformation exercée par un crochet placet en son milieu et qui descend à vitesse constante. On enregistre en fonction du temps la résistance opposée par la pâte à cette déformation . Les paramètres mesurés au cours de cet essai sont les suivants;

- L'absorption d'eau, égale à la quantité d'eau salée ajoutée à la pâte au cours de l'essai;
- La résistance maximale R_m (unité extensographe, ou UE) mesurée au cours de la déformation
- la résistance R_{50} , égale à la résistance mesurée après une élongation de la pâte de 50 mm;
- l'énergie E , assimilée à la surface de l'aire comprise entre l'abscisse (axe des temps) et la courbe enregistrée (résistance opposée par la pâte à l'étirement);

L'alvéographe est un appareil inventé en 1923 pour apprécier l'état de la pâte après pétrissage il repose sur l'appréciation de la résistance à la déformation d'un disque de pâte soumis à une extension bi axiale. L'intérêt de cette mesure réside dans la similitude de la déformation observée avec celles qui s'exercent au cours de la formation et de l'expansion des alvéoles de gaz au sein de la pâte pendant la fermentation sous la pression du carbonique et la cuisson (Zikara, 2002).

La pâte est pétrie après avoir ajouté à la farine un volume constant d'eau sans tenir compte des différentes capacités d'absorption d'eau des produits (la quantité d'eau ajoutée est seulement corrigée en fonction de la teneur en eau de la farine) (Zikara, 2002).

Laminée et découpée à l'emporte -pièce de manière à former une éprouvette de pâte d'épaisseur déterminée. Cette éprouvette est soumise à déformation. L'essai consiste à former une bulle de pâte en insufflant de l'air à débit constant sous l'éprouvette de pâte et à mesurer en fonction du temps l'évolution de la pression d'air P résultante, jusqu'à la rupture de la bulle (Zikara, 2002).

Le domaine d'utilisation de l'alvéographe Chopin est ainsi élargi à la mesure de ces courbes de relaxation par l'addition d'un microprocesseur (le relaxo calculateur) qui permet leur tracé automatique (Pierre, 2000).

Conclusion

Le principal objectif de notre travail a été de connaître les diverses transformations industrielle de blé, l'utilisation et les approches technologiques.

On trouvera dans ce mémoire l'état actuel de connaissance sur les mécanismes de transformation industrielle du blé.

On utilise le secteur de meunerie dans le blé tendre pour produit la farine avec ses extraites, et en autre coté, le secteur de la semeulière dans le blé dur pour produit la semoule avec ses extraites.

Le blé et la farine ou les semoules qui en sont extraites, se prêtent aujourd'hui à la fabrication-savent industrielle d'un nombre extraordinairement diversifié d'aliment: pains, galette, couscous, pates alimentaires, biscuits, pour nous citer que les plus connus.

Cette diversité d'usage, le blé la doit à la capacité des protéines qu'il contient à former en présence d'eau un réseau viscoélastique, le gluten. Selon les propriétés de se réseau, et donc des caractéristique physicochimiques des protéines qui le forment, certains blé seront particulièrement aptes à la fabrication du pain.

Bibliographie

1. Abdelhamaid B. Claudine Ch. Benbitour Z, et Bensalem N. (1996): La filière blé en Algérie (Le blé, la semoule et le pain) Editions Karthala, 1996 ISBN: 2-86537-659-1. P: 46.
2. Belaid D. (2000): aspect de la céréaliculture algérienne. Office des publications universitaires. Alger. P: 6, 7, 8, 9.
3. Ben Naceur M. horfi M. Sadli A, et Brinis L. (1997): Potentialités de production de quelques variétés de blé dur au Maghreb. Rev Sci Technol Univ. Constantine. P: 8, 69-74.
4. Benamor A. (2007): La recherche pour la qualité des blés durs en Algérie. Ed. Lavoisier. P: 3, 4, 5, 6.
5. Benbelkacem A. Sadli F, et Brinis L. (1998): La recherche pour la qualité des blés durs en Algérie. Montpellier: CIHEAM (Centre International des Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes).
6. Bonjean A et Picard E. (1999): Les céréales à paille origine, historique, économie et sélection. Edition Nathan. P: 235.
7. Chehat F. (1994): Impact des réformes économiques sur la céréaliculture algérienne. Ciheam-ption méditerranéenne, série B, n°08. P: 53-57.
8. Chiboub D. (2000): Contribution à l'étude d'une entreprise de transformation des céréales. Cas de la Semoulerie Industrielle de la Mitidja. Mémoire d'ingénieur d'Etat: Institut National Agronomique Alger. P: 230.
9. Feillet P. (2000): Le grain de blé, composition et utilisation. Edition INRA, Paris. P: 23-25.
10. Gate Ph. (1995): Ecophysiologie du blé, de la plante à la culture. Ed. Lavoisier. Tec et Doc. P: 429.
11. Guezlane L. (1993): Mise au point de méthodes de caractérisation et étude des modifications physico-chimiques sous l'effet des traitements hydrothermiques en vue d'optimiser la qualité du couscous de blé dur. Thèse INA d'El Harrach. P: 89.

12. Guezlane L. Abecassis J. (1991): Méthodes d'appréciation de la qualité culinaire du couscous de blé dur. P: 11, 966 - 971.
13. I.T.C.F (Institut Technique des Céréales et des Fourrages). (2002): Le blé tendre. Ministère de l'agriculture. Algérie. Document de vulgarisation. P: 7-55.
14. Jacques P. Clement-grandcourt M. (2003): Les céréales (2^{ème} édition) Revue et augmentée, J-B. Balliere et Fils, Editeurs 19, rue Hautfeuille, Paris-VI^e. P: 14, 15.
15. Pierre F. (2000): Le grain de blé (Composions et utilisation) Imprimé en France. Jouve, 18, rue Saint-Denis, 75001 Paris n° 280168V. Dépôt légal: Mars 2000. P: 30-33, 288-291, 293-295.
16. Zikara, N. (2002): Le commerce des pâtes alimentaires dans la Wilaya d'Alger. Mémoire d'ingénieur d'Etat: Institut National Agronomique Alger. P: 120.

Annex

Tableau 1: distribution histologique des principaux constituants du grain du blé.

	Grain	Péricarpe		Aleurone		Albumen		germe	
	%G	%T	%G	%T	%G	%T	%G	%T	%G
Protéines	13,7	10	4,4	30	15,3	12,0	73,5	31	6,8
Lipides	2,7	0	0	9	23,6	2	62,9	12	13,5
Amidon	68,9	0	0	0	0	82	100	0	0
Sucres réducteurs	2,4	0	0	0	0	1,8	62,7	30	37,3
Pentosanes	7,4	43	35,1	46	43,8	1,6	18,3	7	2,9
Cellulose	2,8	40	87,1	3	7,6	0,1	3,1	2	2,2
Minéraux	1,9	7	22,6	12	43,6	0,5	22,6	6	9,7

Source: (Feillet, 2000).

%G = % du constituant dans le grain; %T=% du constituant dans le tissu; (1) % du tissu dans le grain.

Tableau 2: Les différents constituants chimiques d'un grain du blé.

Constituant (% de la masse du grain)	Protéines	Matière Minérale	Lipides	Matière Cellulosique	Pentosanes	Amidon
Péricarpe 4%	7-8	3-5	1	25-30	35-43	0
Téguments 1%	15-20	10-15	3-5	30-35	25-30	0
Reste du nucelle	30-35	6-15	7-8	6	30-35	10
Assise protéique	30-35	6-15	7-8	6	30-35	10
Germe	35-40	5-6	15	1	20	20
Albumen (82-85 %)		8-13	0,35-0,6	1	0,5-3	70-85

Source: (Feillet, 2000).

Tableau3: Production, importation et exportation française de blé dur.

	1985	1987	1989	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Surfaces (1000 ha)	165	313	311	499	426	222	233	229	270	263
Rendement (q/ha)	46	45	44	51	44	40	44	45	46	36
Production(1000 t)	759	1424	1380	2540	1891	888	1032	1037	1255	936
Importation(1000t)	119	19	15	8	9	258	108	142	133	148
Exportation(1000t)	401	1022	852	1068	1513	289	787	738	975	430

Source: (Pierre, 2000).

Millions de tonnes.

Tableau4: Utilisation des produits amylicés en France en % des utilisations alimentaires ou non alimentaires (1997).

Utilisations alimentaires(40%)		Utilisation non alimentaires (60%)	
Besoins	20	Chimie et pharmacie	40
Boulangerie,pâtisserie,biscuiterie	17	Papeterie	37
Confiserie,chocolaterie	16	Carton ondulés	18
Entremets et crème glacées	14	Adhésifs	0,5
Conserves de fruits et confitures	14	Textiles	0,5
Aliments pour animaux	5	Autres	4
Autres ⁽²⁾	14		

Source: (Pierre, 2000).

Tableau 5: Capacité de trituration (secteur public/secteur privé).

Capacité: Millions de Tonnes.

	Semouleries			Minoteries		
	Nombre	Capacité	%	Nombre	Capacité	%
ERIAD	51	2,48	47	47	1,67	29
Promoteurs	102	2,77	53	157	4,1	71
Total	153	5,25	100	204	5,77	100

Source: (Pierre, 2000).

Tableau 6: taux maximums autorisés pour les principaux éléments qui sont susceptibles d'être trouvés dans le blé et le blé dur.

Éléments	Définition	Taux maximums autorisés
- Eau		14,5% m/m
- <i>Sclerotium</i> du champignon <i>Claviceps purpurea</i>		0,05% m/m
- Graines crotalaires, nielles de blé, ricin, stramoine et autres variétés de graines généralement reconnues comme dangereuses pour la santé - Métaux lourds		absente ou teneur ne pouvant avoir aucun impact sur la santé
- Souillures	Impuretés d'origine animales y inclus les animaux morts	0,1% m/m.
- Matières étrangères organiques	Substances du type organique différentes des graines comestibles de céréales	1,5% m/m
- Matières étrangères inorganiques	Pierres, poussières, ...	0,5% m/m

Source: (Benbelkacem, Sadli, et al, 1998).

Tableau7: taux maximums autorisés pour les principaux éléments qui sont susceptibles d'être trouvés dans la farine de blé.

Éléments	Définition	Taux maximums autorisés
- Eau		15,5% m/m
- Métaux lourds		absents ou teneur ne pouvant avoir aucun impact sur la santé
- Résidus de pesticides - Mycotoxines		limites maximales de résidus fixées par la Commission du Codex Alimentarius
Additifs alimentaires		
- Acide-L ascorbique et ses sels de sodium et de potassium - Chlorhydrate de L-cystéine - Anhydride sulfureux* - Phosphate mono-calcique - Lécithine		300mg/kg 90mg/kg 200mg/kg 2500mg/kg

- Chlore**	2000mg/kg
- Dioxyde de chlore ***	2500mg/kg
- Péroxyde de benzoyle	30mg/kg
- Azodicarbonamide pour le pain et le levain	60mg/kg 45mg/kg

Source: (Benbelkacem, Sadli, et al, 1998).

Tableau8: taux maximums autorisés pour les principaux éléments qui sont susceptibles d'être trouvés dans la semoule et la farine de blé dur.

Éléments	Définition	Taux maximums autorisés
- Eau		14,5% m/m
- Métaux lourds		absents ou teneur ne pouvant avoir aucun impact sur la santé
- Résidus de pesticides - Mycotoxines		limites maximales de résidus fixées par la Commission du Codex Alimentarius

Source: (Benbelkacem, Sadli, et al, 1998).

Tableau9: taux maximums autorisés pour les principaux éléments qui sont susceptibles d'être trouvés dans les produits à base de protéines de blé incluant le gluten de blé.

Éléments	Définition	Taux maximums autorisés
- Eau		10% m/m
- Protéine brute (azote*6.25)	gluten de blé élastique et gluten de blé dénaturé	80% ou plus*
	protéines de blé solubilisées	60% ou plus*
- Cendres	gluten de blé élastique et gluten de blé dénaturé	20% ou plus*
	protéines de blé	10% ou plus*

	solubilisées	
- Fibres brutes		1,5%*
- Ingrédients facultatifs	gluten de blé élastique et gluten de blé dénaturé	Aucun
	protéines de blé solubilisées	- glucides, y compris les sucres -les graisses et huiles alimentaires -autres produits à base de protéines - acides aminés, vitamines et minéraux - sel - herbes aromatiques et épices -enzymes

Contaminants: limites maximales de résidus fixées par la Commission du Codex Alimentarius

Source: (Benbelkacem, Sadli, et al, 1998).

Tableau10: Différents types d'appareils à cylindres.

Type	Nature des cylindres	Rapport de vitesse	Usage principal
Broyeurs	cannelés	1: 2,5	blés tendre et blés durs
Claqueurs et convertisseurs	lisses	1: 1,25	blés tendres
Réducteurs et désagrégeurs	cannelés	1: 2,5	Blés durs

Source: (Pierre, 2000).

Tableau 11: Evaluation de la qualité du blé dur, principales méthodes d'évaluation de la qualité culinaire des pâtes

Evaluation sensorielle

- D'Egidio et al. (1982)
- AACC method 16-51 (1984)
- NF IS0 7304 (1989)

Evaluation texturale des pâtes

- Appareil de tendreté par Matsuo et Irvine (1969)
- Collosité par D'Egidio et al. (1976)
- Viscoélastographe par Seibel et al. (1977)
- Fermeté par Voisey et al. (1978a, b)
- Compressomètre par Dexter et al. (1983)
- Qualité culinaire par Seibel et al. (1985)
- Colorimétrie des pertes à la cuisson par Matsuo et al. (1992)

Prédiction de l'aptitude d'une semoule à l'obtention de pâtes de bonne qualité culinaire

- Analyses usuelles: pourcentage protéines, farinogramme, falling number
- Viscoélastographe par Feillet et al. (1977)
- Gluten index par Cubadda et al. (1992)
- Alvéographe Chopin par Walle et Trentesaux (1979) et par Landi et Guarneri (1992)
- Indice de sédimentation: nombreuses publications et en particulier Axford et Redman (1979), Payne et Corfield (1979), Dexter et al. (1980), Dick et Quick (1983), Taha et Sagi (1988), Seibel (1992)

Prédiction de l'aptitude d'un blé dur à l'obtention de pâtes de bonne qualité culinaire

- Bandes 42 et 45 d'électrophorogramme de gliadines par Damidaux et al. (1978)
- Identification variétale par électrophorèse en gel SDS (NF V 03-722, 1990)
- Analyse visuelle (agrégé) (règlement CEE No. 1908/84 du 04-07-84)

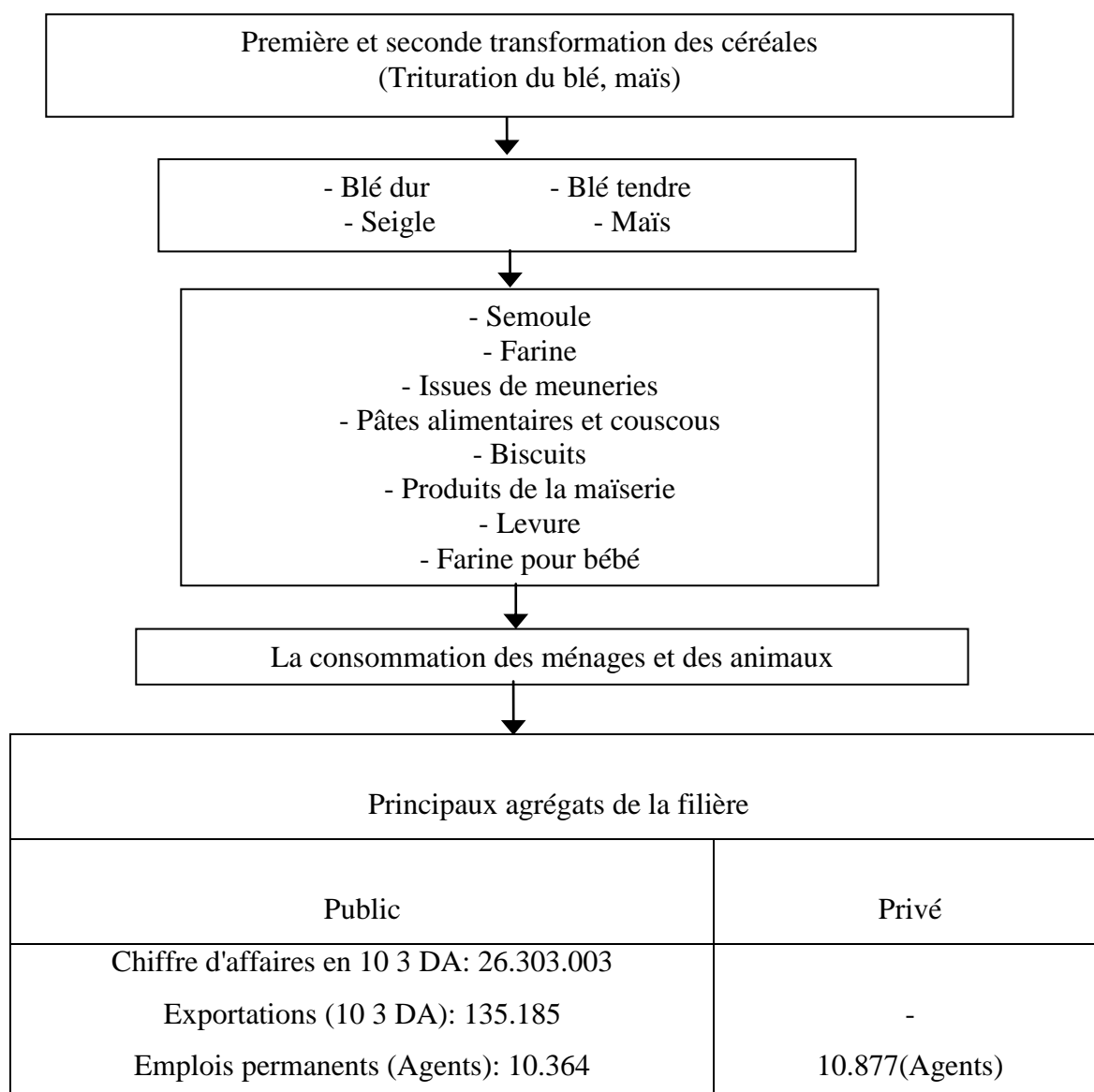
Source: (Chehat, 1994).

Tableau 12: Evaluation de la qualité du blé dur, principales méthodes d'évaluation de la couleur

Pigments	AACC method 14-50 (1984)
Agtron color sur pâtes	AACC method 14-30 (1984)
Couleur des pâtes par réflectance	AACC method 14-22 (1984)
Le problème de la coloration des pâtes alimentaires	Laignel et al. (1972)
Prévision de la coloration des pâtes alimentaires indirectes:	Méthodes directes et
	Damidaux et Alause (1974)
Caractéristiques colorimétriques d'échantillons colorés	Méthodes et appareils de mesurage: NF X 08-012 (1983)

Source: (Chehat, 1994).

Graphique 1: Diagramme de la filière des céréales



Source : Ministère de l'Industrie algérien 2005

Résumé

Le blé est la principale ressource alimentaire de l'humanité; il assure 15 % de ses besoins énergétiques. À la lumière des résultats les plus récents, cette mémoire offre au lecteur une synthèse très complète des connaissances sur le blé (blé tendre et blé dur). On y trouvera l'exposé de ses propriétés structurales (caractéristique histologique) et de sa composition chimique (protéines, amidon, gluten ...). Les bases technologiques, physico-chimiques et les caractères rhéologiques (tenace, ganflement, élastécité) de la transformation industrielle des farines et des semoules: les pâtes, des biscuits, des pâtes alimentaires...

Enfin, les ajouts et les approches technologiques, les méthodes et les aspects de contrôle de qualité des denrées alimentaires destinées à développer l'économie du blé afin d'offrir divers produits de haute qualité.

Mots clés: Transformation, industrielle, blé tendre, blé dur, utilisation, approches technologiques.

ملخص

يعد القمح المورد الرئيسي لغذاء البشرية، ويوفر 15 ٪ من احتياجاتها من الطاقة. في ضوء النتائج الأخيرة. هذه المذكرة تقدم للقارئ خلاصة شاملة لمعرفة القمح (اللين، الصلب). و يتضمن خصائصه البنيوية (البنية النسيجية) وتركيبه الكيميائي (البروتين والنشا، الغلوتين،...)، الأسس التكنولوجية، الفيزيوكيميائية والخصائص الريولوجية (لزوجة، إنتفاخ، تمدد) للدقيق التي تساهم بشكل كبير في التحول الصناعي: المعكرونة، البسكويت والعجائن الغذائية....

وأخيرا ، الإضافات والنهج التكنولوجية، أساليب المراقبة النوعية والمظاهر الغذائية تهدف إلى تطوير اقتصاد القمح من أجل تقديم منتجات متنوعة ذات نوعية رفيعة.

الكلمات المفتاحية: التحولات، الصناعية، القمح اللين، القمح الصلب، الإستعمالات، النهج التكنولوجية.