

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).

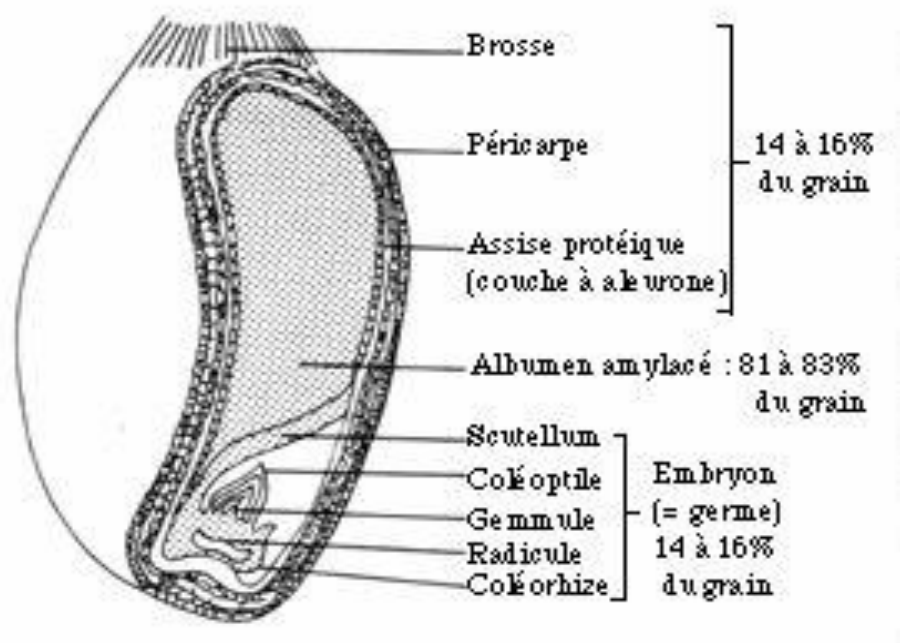


Figure 1: Structure biochimique d'un grain de blé.

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).