

Chapitre II. Mouture

1.1 Mouture du blé tendre

Le blé utilisé pour la mouture doit être propre. Comme bien souvent, il contient des impuretés de différentes natures, il va être nécessaire d'effectuer un nettoyage préalable comprenant plusieurs traitements. Le blé doit d'être aussi convenablement hydraté pour donner un rendement maximal en farine. [10]

1.2 Objectif

L'objectif de la mouture consiste à séparer l'amande farineuse du son et du germe, puis à réduire l'amande en farine. Pour obtenir ce résultat, il faut que le blé soit industriellement pur (il faut qu'il soit nettoyé) et préparé d'une façon optimale (incorporation d'eau suivie d'un temps de repos adéquat, et différenciation à faire pour le blé tendre : blé Soft, Medium ou Hard)

1.3 Principe

La mouture est l'opération centrale de la transformation du blé en farine. Elle repose sur la mise en œuvre de deux opérations unitaires : une opération de fragmentation-dissociation des grains de blé, puis une seconde opération qui assure la séparation des sons et des enveloppes sur la base de leur granulométrie. [5]

1.4 Appareils de la mouture

Les appareils de la mouture sont présentés dans le **tableau1.4**

Tableau 1.4 : Principaux matériels utilisé en meunerie [12]

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

1.5 Etapes de la mouture

1.5.1 Broyage

C'est l'opération de réduction de la dimension par mise en jeu d'énergie mécanique.
[13]

1.5.2 Tamisage et blutage

Après chaque passage entre une paire de cylindres cannelés (broyeur) ou lisses (convertisseur) les produits passent par la bluterie (ensemble de plansichters) afin de classer les différentes parties en fonction de leur dimension [10]

1.5.3 Sassage

C'est une opération qui consiste à classer selon la densité les particules d'amande de provenance et de dimension différentes. Pour le blé tendre le sassage permet l'élimination des soufflures (épicarpe : pellicule translucide qui se détache du son) on parle alors d'épuration, pour cela, il faut épurer les semoules destinés à C 11, éventuellement à Cl2 [13].

1.5.4 Claquage

Le claquage consiste à fractionner les produits qui lui sont envoyés grâce à des cylindres lisses. La ligne de claquage reçoit des produits plus gros, plus dispersés, que ceux reçus par la ligne de convertissage. La granulométrie est comprise entre 200 μm et 1000 μm ; chaque claqueur alimente le claqueur suivant [13].

1.5.5 Convertissage

Il consiste à fractionner légèrement les produits sassés, claqués, et les fins finôts de broyage en farine par des cylindres lisses au dernier convertisseur.

1.6 Les produits issus des différents passages de la mouture

✚ **Farine** : ce sont de très fines particules résultant de la réduction de l'amande ; ce sont les principaux produits de la mouture dont la taille est de 15 à 200 μm .

✚ **Semoule** : morceaux d'amande pure ou pouvant contenir un faible pourcentage d'enveloppes, avec une taille variant de 250 à 1000 μm .

✚ **Gruaux** : ce sont de fines parties de l'amande du grain, de taille intermédiaire entre les fines semoules et la farine qui résultent du travail des cylindres lisses.

✚ **Semoules bises** : grosses particules de l'albumen auxquelles adhèrent des fragments d'enveloppe.

✚ **Remoulages** : produits intermédiaires entre les fines enveloppes du grain et de la farine. Ils se divisent en remoulages blancs et bis, ces derniers sont très proches de l'enveloppe du grain.

✚ **Fins sons** : représentés par une fine pellicule d'enveloppe de 0,99 à 0,15 mm d'épaisseur et de 0,5 à 1 mm de côté.

 **Gros sons** : représentés par une large pellicule d'enveloppe de 0,09 à 0,15 mm d'épaisseur et de 1 à 5 mm de côté.

 **Germe** : partie du grain servant à sa reproduction. [13]

A la fin de la mouture on obtient la farine entière qui est constituée par la réunion des « farine de passage » provenant du broyage, du claquage et du convertissage d'une part, et d'autre part le son (gros et fin), les remoulages bis et blanc.

La mouture d'un blé est définie par le taux d'extraction qui est défini comme étant le rendement en farine que l'on extrait de 100 kg de blé propre.

En Algérie, le secteur des céréales occupe une place vitale en termes socio-économiques.

L'accroissement de la consommation des céréales et en particulier les farines alimentaires a pour origine le soutien des prix par l'état algérien.

Cette large consommation des farines alimentaires, impose l'installation de contrôles réguliers afin de protéger le consommateur.

2.1 Définition de la farine

La farine du latin farina, [10] La farine de blé tendre ou froment est le produit obtenu à partir des grains de blé tendre *Triticumaestivum* (figure 1.3). Le blé tendre est utilisé pour faire la farine panifiable utilisée pour le pain.

Ce sous-secteur constitue l'une des bases de l'industrie agro-alimentaire en Algérie. En effet, la farine résulte de mouture et de broyage dans lesquels le son et le germe sont partiellement éliminés et le reste réduit en poudre suffisamment fine. [15]

La farine est un matériau composite à trois échelles d'observation: macroscopique (≈ 1 mm), microscopique (≈ 1 μ m) et moléculaire (≈ 1 nm).

« La farine » ou « farine de blé » ou « farine de froment » a été définie par le Congrès International de la Répression des Fraudes de Paris en 1909 comme étant « le produit de la mouture de l'amande du grain de froment nettoyé et industriellement pur ». En général, le terme « farine » est associé au blé tendre et on précise la nature de la farine lorsqu'il s'agit d'une autre céréale (farine d'avoine, de seigle, de sarrasin, etc.) .[16]

Elle contient environ 10 % d'eau, 74% de glucides (amidon) moins de 2% de lipides, une quantité de cellulose d'autant plus faibles que le blutage est plus poussé et 10% environ de protéines qui sont du gluten (à noter le taux de très faible en lysine). La farine est riche en phosphore et en vitamines B1. La valeur calorique de la farine est de 340 calories pour 100 g. (Le type de farine le plus couramment utilisé pour la fabrication du pain est de type 55, c'est une farine dont le taux d'extraction est de 75 et qui a une teneur en cendres de 0,50 à 0,60% de la matière sèche. [17]

2.2 Principaux composants de la farine

Le **tableau 2.1** résume la composition chimique de la farine :

Tableau 2.1: Composition biochimique de la farine. [18]

Constituants	% matières sèche de la farine
Amidon (les glucides)	65 à 70
Protéines (les matières azotées)	9 à 12
Eau	14 à 16
Sucre(les glucides)	1 à 2
Lipides	1,30 à 1,50
Matières minérales	0.5 à 0.6
Vitamines	du groupe B- et E

Les variations dans la composition chimique sont régies selon certains auteurs notamment, par plusieurs facteurs :

- Les facteurs génétiques.
- Les facteurs du milieu naturel, et les techniques culturales (travail du sol, fertilité).
- Les conditions de mouture, la préparation du blé et son conditionnement.
- Les conditions de stockage et de conservation des farines. [18]

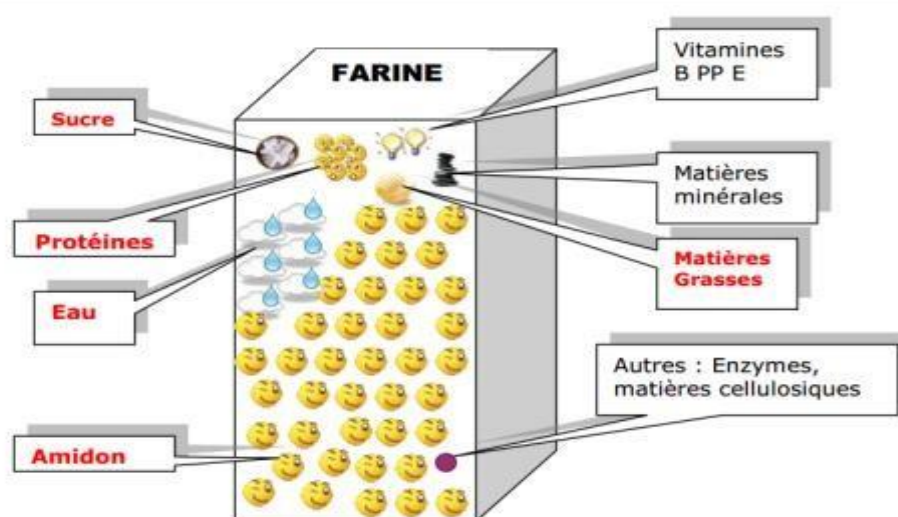


Figure 2.3 : Composition de la farine. [17]

2.2.1 Eau

La teneur en eau d'une farine est une condition importante de sa bonne conservation. Elle ne doit en aucun cas dépasser 16%. Pour certaines utilisations, notamment à l'exportation, il est nécessaire d'abaisser la teneur en eau jusqu'à 12% voir même 7% selon le cas [19].

2.2.2 Les glucides

Les petites molécules glucidiques

Du point de vu pondéral ce sont des composés mineurs [18] représente 1 à 2 % en faible proportion [17] mais leur importance technologique est grande car ce sont des sucres fermentescibles et assimilables par les micro-organismes glucose, fructose, saccharose, maltose. [18]

L'amidon

L'amidon est le polysaccharide de réserve le plus important de nombreuses céréales. Chez le blé, l'amidon est le composant le plus abondant dans l'endosperme du grain. Il se compose des polymères de glucose, de l'amylose et de l'amylopectine. [20]

2.2.3 Protéines

Les protéines jouent un rôle primordial dans la fabrication de la pâte. Dans le grain de blé, elles sont essentiellement localisées dans l'albumen et dans la couche à aleurone . Leur teneur est susceptible de varier de 8 à 20 %, selon la variété, les facteurs climatiques et agronomiques, et de la maturation du grain. Les protéines de la farine de blé tendre sont réparties en quatre classes en fonction de leur solubilité : [16].

Albumine et globuline

Ils sont classiquement considérés comme les seuls constituant des protéines en milieu salin neutre. Ces protéines solubles représentent 10 à 20% des protéines de la farine. Elles sont toutes à la fois riches en lysine et en arginine mais faible en acide glutamique et en proline. [18]

Gliadines et gluténines

➤ Gliadines

Les gliadines se caractérisent par une forte teneur en acide glutamique et en proline, en revanche leur teneur en acides aminés et faible. [18]

➤ **Gluténines**

C'est la fraction protéique présentée dans le résidu d'extraction des farines de blé par des solvants tel que l'éthanol et acide acétique dilués. Les protéines de blé, comme d'autres céréales ont une teneur trop faible en acides aminés indispensables et en particulier en lysine, les teneurs les plus courantes sont de l'ordre de 3 grammes de lysine pour 16 grammes d'azote qui correspond à environ 100 grammes protéines. [18]

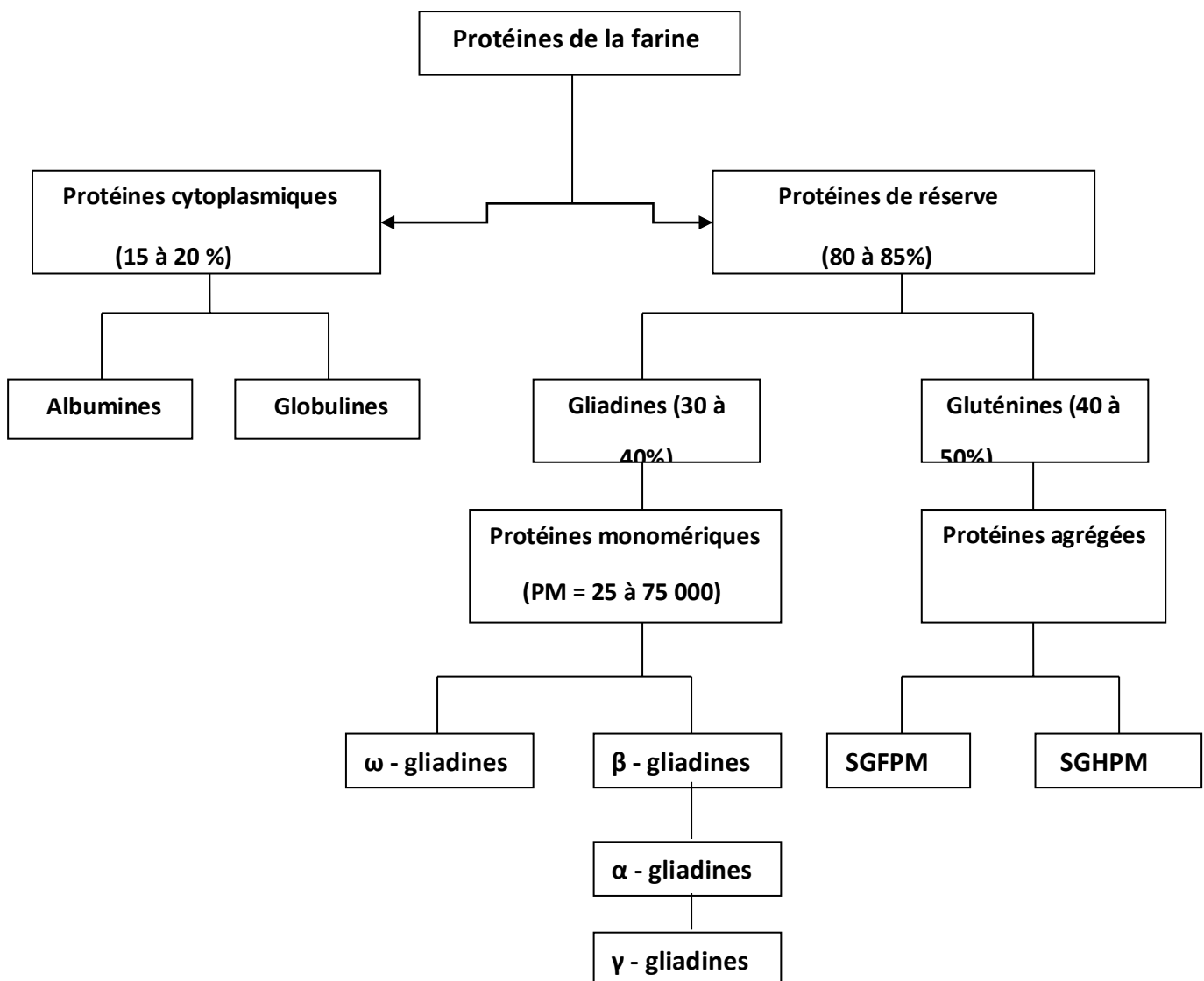


Figure 2.2 : Composition des protéines de la farine. [21]

2.2.4 Lipides

La farine contient entre 1.5 et 2% de lipides non inclus dans l'amidon dont 0.8 à 1% à l'état lié. Ces lipides sont dispersés au sein de l'albumen et peuvent réagir avec les autres constituants de la farine. Les lipides neutres ou non polaires joueraient un rôle d'agents lubrifiants et tensio-actifs en association avec les protéines et l'amidon, facilitant ainsi le développement de la pâte boulangère au moment du pétrissage, tandis que les lipides polaires joueraient un rôle sur l'augmentation du volume du pain. [19]

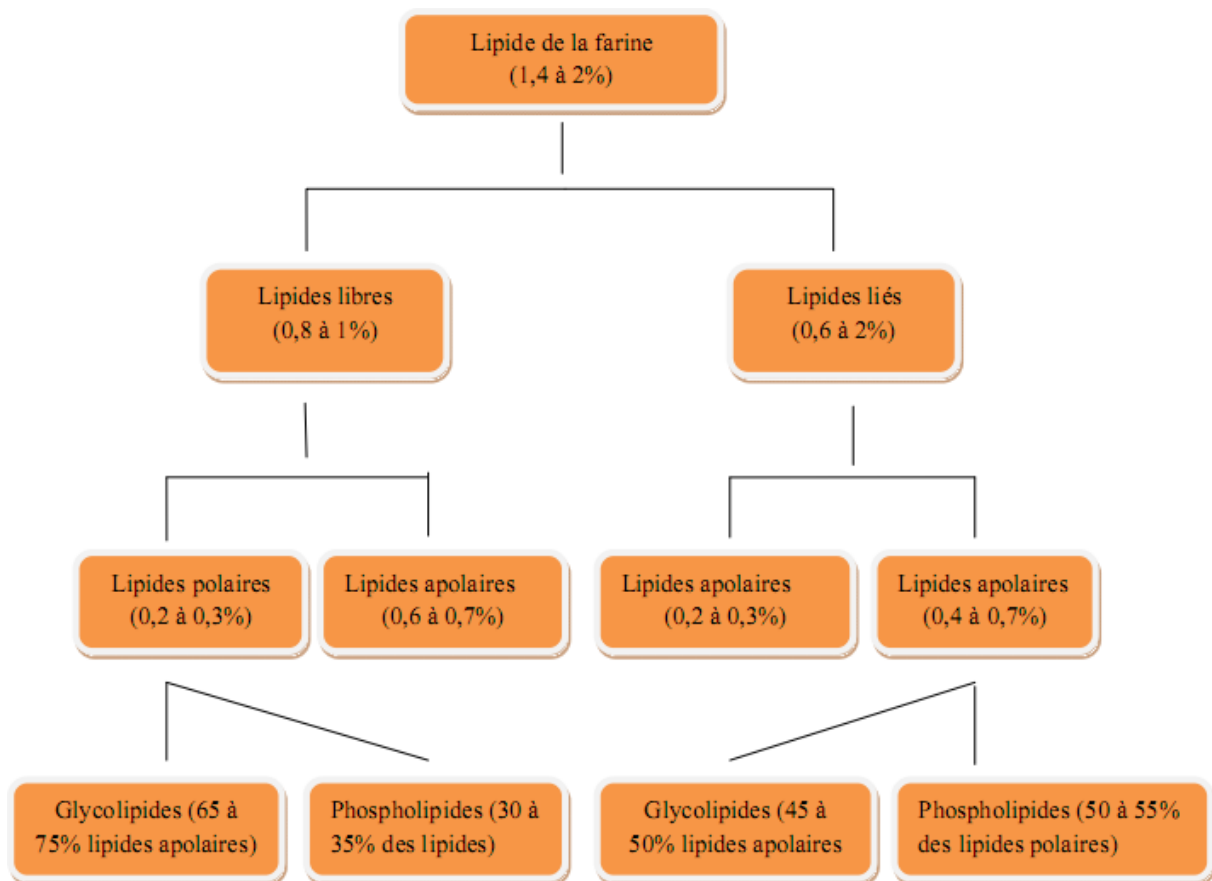


Figure2.3: composition en lipides libres et en lipides liés de la farine. [10]

2.2.5 Matières minérales

Représente 0.45 à 0.60 % les matières minérales sont peu importantes : potassium, Phosphore, Magnésium, soufre, la pureté de la farine se juge d'après sa teneur en résidus minéraux; [7] ainsi que le type. [18]

Les matières minérales de la farine sont le potassium, le phosphore, le magnésium et soufre. La pureté de la farine se juge d'après sa teneur en résidu minéral. Les Matières minérales de la farine apparaissent lorsqu'on calcine de la farine : après calcination, les

résidus se retrouvent sous la forme de cendres. Comme les matières minérales existent en plus grande quantité dans les enveloppes du blé, on conclut que moins qu'il y a de cendres, plus que la farine est pure. [7]

2.2.6 vitamines

Les vitamines sont des substances indispensables à l'organisme, et la farine est un produit qui contient une quantité non négligeable, mais ces substances sont fragiles à la chaleur donc en partie détruite à la cuisson. [18]

Une farine complète de blé tendre contient la totalité des vitamines initialement présentes dans le grain une farine dont le taux d'extraction est de 75 à 80 % contient environ 20 % de la vitamine (B6), 25 % de biotine, 30 % d'acide nicotinique (B1), 55 % de l'acide pantothénique (B12) et 70 % de la vitamine E. La teneur en vitamine B et notamment en vitamine B décroît très rapidement à mesure que la farine devient plus blanche. [17]

2.2.7 Enzymes

Les enzymes sont présentes en petites quantités dans la farine les plus courantes sont Les protéases, les lipases, les lipoïdoses, les amylases, les peroxydases et les catalases. [17]

➤ Les protéases :

Enzymes agissant sur la structure des protéines, leur présence dans la farine est liée à la germination du grain qui n'est pas souhaitable.

➤ Les lipases

Les lipases distribuent les caroténoïdes sous une réaction d'oxydation et entraînent une décoloration du pain qui devient blanche. [17] Cette enzyme libère les acides gras et provoque l'apparition d'un goût rance. [19]

➤ Lipoxydases

Est une enzyme qui oxyde les lipides, elle oxyde les acides gras insaturés libres non estérifiés qui correspondent aux acides gras essentielles. [18] et exerce au contraire une action bénéfique sur les caractéristiques rhéologiques de la pâte. [19]

➤ **Amylases**

Les deux enzymes qui contrôlent la fermentation paninaire sont la β - amylase et α amylase la présence de la α amylase étant généralement constante et suffisante seule l'action de l'amylases a besoin d'être contrôlé soigneusement. [14]

2.3 Propriété physiques de la farine

2.3.1 Essai au touché

L'essai au touché consiste à serrer dans la main une poignée de farine puis ouvrir et observer : la farine de blé tendre forme une espèce de pelote. [15]

2.3.2 Odeur

Il s'agit de préparer un pâton avec de l'eau tiède et sentir. L'odeur de la farine est franche, agréable, analogue à celle de la noisette. Les farines bisées ont une odeur qui rappelle celle du son. Une odeur acide, rance, acre indique que la farine est ancienne, et une odeur de moisi indique que la farine est en voie d'altération. [15]

2.3.3 Saveur

La saveur normale est agréable et caractéristique douçâtre avec arrière-goût amer pour les queues de la mouture. Des altérations déjà prononcées la modifient.

L'addition de farine étrangère peut être aussi décelée ainsi que celle de graines parasites (mélilot,..). La farine ne doit pas crisser sous la dent (sable). [15]

2.3.4 Couleur

La couleur varie avec le taux d'extraction et avec la nature de blé. La farine dont le taux d'extraction moyen (70%) est blanche. Si le taux d'extraction est élevée (80% et plus), la couleur varie du crème au marron clair. Cette couleur indique la présence de piqûres. [15]

2.4 Caractéristiques technologiques de la farine

2.4.1 Notion de valeur meunière

La valeur meunière d'un lot de blé peut être définie comme étant l'ensemble des qualités qu'il présente lors de sa mouture ; celles-ci sont directement liées au rendement en farine et à la faculté de séparation de l'amande farineuse des enveloppes qui la recouvrent.

Cette notion est associée au rendement maximum en farine obtenue à partir d'un lot de blé pour un type de farine déterminée, et elles se distinguent les unes des autres par des comportements différents en mouture.

Une farine est caractérisée par :

-  **Son taux d'extraction** c'est-à-dire le rendement en farine pour 100 kilos de grains. La blancheur de la farine et sa pureté varient en rapport inverse avec le taux d'extraction, ainsi plus le taux d'extraction est élevé moins la farine est pure et par conséquent sa couleur est grise.
-  **Son taux de blutage** qui représente à l'inverse, le pourcentage d'issues éliminées [10].

2.4.2 Notion de valeur boulangère

La valeur boulangère (norme AFNOR NF V03-716), intègre des notions distinctes :

- Le rendement en pâte : quantité d'eau que peut absorber la farine pour une consistance donnée.
- La machinabilité de la pâte : aptitude de la pâte à être travaillée sans difficulté, et ce de la panification jusqu'à la cuisson. Cette caractéristique qualitative prend en compte les notions de collant, d'élasticité et d'aptitude à la déformation de la pâte.
- Une activité de fermentation suffisante et régulière.
- Le développement de la pâte et du pain : aptitude à la rétention gazeuse et à la déformation.
- La qualité organoleptique de la mie du pain : couleur, odeur, texture.
- La tolérance au pétrissage (particulièrement le pétrissage intensifié) sans relâcher ni coller excessivement, tout en étant extensible et élastique.
- La qualité boulangère est régie par deux groupes de facteurs :

a) Les qualités physiques de la pâte

Une pâte boulangère de bonne qualité doit posséder une certaine résistance au travail mécanique et pouvoir retenir correctement un maximum de gaz lors de la fermentation et la cuisson, donc posséder des propriétés rhéologiques convenables (ténacité, extensibilité, élasticité, force, ...).

Les propriétés rhéologiques d'une pâte de farine de blé tendre sont dépendantes de la quantité et de la qualité des protéines présentes

b) Les qualités fermentatives de la pâte

Celles-ci sont sous la dépendance de la richesse en sucres fermentescibles et de l'équilibre enzymatique de la farine. [10]

2.5 Différentes types de la farine

La farine de blé tendre ou de froment est la plus couramment utilisée en boulangerie.

Elle est classée selon des "types" définis en fonction du taux de cendres, Les types de farine sont donc définis en fonction du taux de cendres contenu dans 100 g de matière sèche. Plus elle est épurée, plus le taux de cendres est faible. Ce taux est réglementé par les pouvoirs publics.

Pour fabriquer le pain courant, le boulanger utilise généralement de la farine de type 65 (le taux de résidus minéraux ou taux de cendres est compris entre 0,62 % et 0,75 %). La farine la plus complète est de type 150 [10] Il existe un certain nombre de type de farine bien déterminée.

-  **T45** : Farine blanche utilisée pour la pâtisserie.
-  **T55** : Farine utilisée pour le pain de campagne.
-  **T65** : Farine blanche sert à faire le pain de campagne, ou tout autre pour des traditions généralement issues de l'agriculture biologique cette dernière ne contient pas d'acide ascorbique (vitamine C).
-  **T80** : Farine bise au semi complète utilisée couramment dans les boulangeries biologique sert à faire le pain semi complet.
-  **T110** : Farine complète.
-  **T150** : Farine intégrale est utilisée pour la fabrication du pain complet. [22]

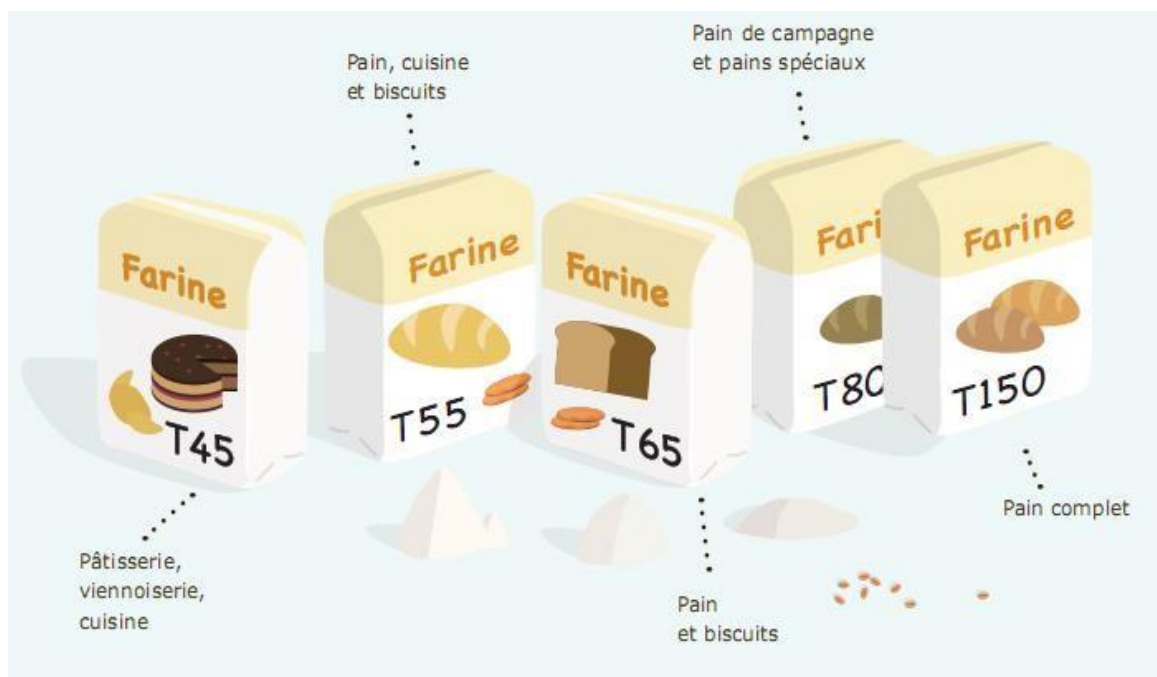


Figure2.4: Différentes types de la farine et leur utilisation.

Tableau 2.2: Types de la farine de blé.

Types de farine	Taux de cendre en %	L'humidité	Taux d'extraction moyenne	Aspect des farines
45	Inférieur à 0.5	15.5	67	Blanches
55	0.5 à 0.6	15.5	75	
65	0.62 à 0.75	15.5	78	
80	0.75 à 0.9	15.5	80 à 85	Bises
110	1 à 1.2	15.5	85 à 90	Complète
150	Supérieur à 1.4	15.5	90 à 98	