



Technologie des céréales et féculents

Contenu de la matière

- 1. Généralités sur les céréales**
- 2. Procèdes de première transformation**
meunerie (blé tendre), semoulerie (blé dur),
amidonnerie (maïs, féculent de tubercules),
malterie (orge) et rizerie (riz).
- 3. Procès de deuxième transformation**
panification, biscuiterie, couscous et pastification.

Introduction

En Algérie



L'industrie agro-alimentaire est la deuxième après celle de l'énergie, réalise un chiffre d'affaire de plus de **40%** du total des industries hors hydrocarbures.



1-Généralités sur les plantes céréalières

Définition des céréales



Le terme **céréale** est dérivé du mot latin "*cerealis*" signifiant «**grain**» qui est botaniquement, un type de fruit appelé caryopse. Il désigne selon le concept de la **FAO** : un ensemble de plantes qui sont principalement cultivées pour leurs grains comestibles secs riches en amidon, qui sont utilisés pour produire de la farine, de la bière, de l'alcool et d'autres produits alimentaires. Souvent moulues sous forme de farine raffinée ou plus ou moins complète, mais aussi en grains ou sous forme de plante entière (fourrage)

Elles procurent secondairement le fourrage dans le cas où elles sont cultivées en vert c'est-à-dire avant la maturation des grains.



1-Généralités sur les plantes céréalières

Classification botanique des céréales

Sur le plan botanique:

✓ **Céréales au sens strict** : appartiennent à la famille des *Poacées* (anciennement *Graminées*) et regroupent le **blé** (dur et tendre), le **riz**, le **maïs**, l'**orge**, l'**avoine**, le **seigle**, les **mils** (mélange de blé et seigle: gros mils ou sorgho, petit mils ou millet) et le **triticale** (hybride de blé et de seigle).



✓ **Pseudo-céréales** : parfois communément appelées céréales et regroupent **Polygonacées** (sarrasin ou blé noir) , **chénopodiacées** (quinoas), **Pédaliacées**, **Amarantacées**(amarante).



1-Généralités sur les plantes céréalières

Classification botanique des céréales

Famille	Gramineae							
Sous-famille	Festucoideae					Panicoideae		
Tribu	Triticeae Aveneae				Oryzeae	Tripsaceae	Andropogoneae	
Genre	<i>Triticum aestivum</i> <i>Triticum durum</i>	<i>Secale</i>	<i>Ordeum</i>	<i>Avena</i>	<i>Oryza</i>	<i>Zea</i>	<i>Sorghum</i>	
Nom commun	Blé tendre Blé dur	Seigle	Orge	Avoine	Riz	Maïs	Sorgho	



1-Généralités sur les plantes céréalières


Dimensions des grains des principales céréales et poids par 1000 grains

	Longueur (mm)	Largeur (mm)	Poids par 1000 grains (g)
Maïs	8 - 17	5 - 15	150 - 600
Blé	5 - 8	2,5 - 4,5	27 - 48
Riz	5 - 10	1,5 - 5,0	27
Orge	8 - 14	1,0 - 4,5	32 - 36
Sorgho	3 - 5	2,5	8 - 50
Avoine	6 - 13	1,0 - 4,5	32
Seigle	4 - 10	1,5 - 3,5	15 - 40
Mil	2	1,0 - 2,5	5 - 10
Triticale	10 - 12	2,5 - 3	28 - 48

1-Généralités sur les plantes céréalières

Les céréales sont une source importante de glucides, protéines, vitamines B et minéraux dans l'alimentation humaine. Ils comportent en moyenne :

- ✓ 10 à 14 % d'eau,
- ✓ 65 à 70 % de glucides sous forme d'amidon,
- ✓ 6 à 12 % de protéines,
- ✓ 1 à 8% de lipides.



Espèces	Eau	Amidon et petits glucides	Protides	Lipides	Cellulose Hémicelluloses Pentosanes	Minéraux
Blé	14	65	12,5	1,7	4,9	1,9
Maïs	14	60	10,0	5,0	10,0	1,0
Orge	15	60	10,0	2,1	10,2	2,6

1-Généralités sur les plantes céréalières

Rôle nutritionnel des céréales

- **Les glucides complexes** présents dans les céréales sont une source d'énergie importante pour notre corps.
- **Les fibres alimentaires** présentes dans les céréales aident à réguler la digestion et à prévenir les maladies cardiovasculaires.
- **Les protéines** présentes dans les céréales sont essentielles à la croissance et au maintien de la masse musculaire.
- **Les vitamines et les minéraux**, tels que le fer, le zinc et les vitamines B, sont importants pour maintenir la santé de notre corps.





1-Généralités sur les plantes céréalières

Structures des céréales

Un grain de céréale comprend

L'écorce

- **12 à 15%** du poids riche en cellulose indigestible, mais aussi en protéines, en vitamine B1 et B2.

L'amande

- **82 à 86 %** est formée de granules d'amidon enchâssé dans le gluten (structure protéique de l'amande. C'est le gluten qui confère à la farine la propriété de former une pâte élastique et extensible).

Le germe

- **2 à 3%** est particulièrement riche en lipides.

2-Procèdes de première transformation

2-1-Meunerie

Anatomie du grain de blé

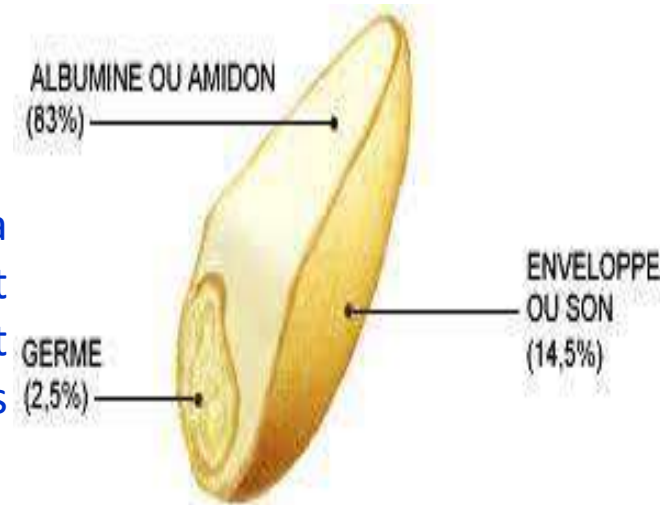
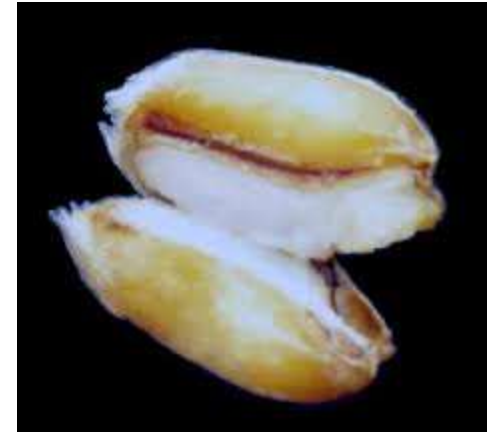
- **Enveloppe** : L'écorce représente **13-15%** du poids du grain.

Elle est formée de 3 couches :

- **Le péricarpe et le tégument séminal**: essentiellement composés de cellulose et de matières minérales
- **L'assise protéique** : riche en lipides, protéines, matières minérales et vitamines. Les enveloppes sont éliminées pendant la mouture et deviennent les sons.

- **Amande farineuse** : Appelée albumen, représente la majeure partie de blé, **82 à 85%** du poids du grain. Elle est limitée à sa partie inférieure par le germe. Elle est constituée d'un ensemble de cellules renferment les grains d'amidon (75%), réunis entre eux par un réseau de gluten.




- **Germe** : Il représente environ **3%** du poids du grain, il constitue la future plante c'est un groupe riche en matière grasse, minéraux, sucres et vitamines (B et E). Il est éliminé à la mouture pour éviter le rancissement et augmenter la durée de conservation.



2-Procèdes de première transformation

2-1-Meunerie

Composition chimique du grain de blé

	Glucides	Protéines	Lipides	Fibres	Fer (% A.J.R.)	Autres
 Enveloppes	63	16	3	43	59	vitamines B
 Albumen	79	7	0	4	7	
 Germe	52	23	10	14	35	vitamines B omegas-3/6

Informations nutritionnelles (en g pour 100g)

2-Procèdes de première transformation

2-1-Meunerie

Description du blé

Différences entre les deux espèces de blé:

Blé tendre



Blé dur



Nom scientifique

Triticum aestivum

Triticum durum

Forme du grain

Gros et rond

Ovale et long

L'endosperme

Blanc et doux

Jaune et dure

Gluten (protéine)

Long et élastique

Court et fort

Propagation

Très propagé autour du monde

Limité aux pays ensoleillés

Utilisations

panification, la pâtisserie, la biscuiterie

Pâtes alimentaires, couscous et pains traditionnel

2-Procèdes de première transformation

2-1-Meunerie

Transformation industrielle de blé

C'est l'opération d'isoler l'albumen amylicé du grain exempt des parties périphériques et du germe avec le meilleur rendement possible et à moindre cout



Moudre le grain de blé pour le transformer en farine



Meunerie=
minoterie

Semoulerie

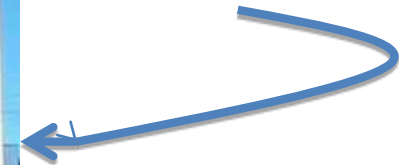


2-Procèdes de première transformation

2-1-Meunerie

1-Récolte

- ❖ Le blé est stocké dans des silos à l'abri des variations climatiques, des insectes et animaux.
- Pour éviter que le blé moisisse, les silos sont équipés de séchoirs.
- L'humidité du grain de blé ne doit pas dépasser **16%** !



2-Procèdes de première transformation

2-1-Meunerie

2-Réception

Après réception au magasin de blé du moulin, le blé est conservé à des boisseaux à blé sale, les différents blés arrivant au magasin sont mélangés dans ces boisseaux afin de fabriquer par la suite une farine bien équilibrée et de qualité.

3-La pesée

A la sortie des boisseaux, le blé est pesé au moyen d'une bascule automatique, la benne de cette bascule peut contenir **5 à 100 kg** de blé. Un compteur automatique permet d'enregistrer la quantité de blé sale destinée à la mouture, ce qui nous permet de faire calcul de taux d'extraction et de connaître le taux d'impuretés par différence avec les résultats enregistrés à la deuxième bascule après nettoyage. Le blé pesé est dirigé vers le nettoyage.



2-Procèdes de première transformation

2-1-Meunerie

4-Nettoyage

1- Les grains de blé doivent être débarrassés de toutes leurs impuretés avant d'être envoyés sur le broyeur : dès son arrivée au moulin, le blé est stocké dans de grands silos puis transporté par des élévateurs ou des bandes transporteuses jusqu'aux réservoirs.

2- Il est déversé dans les nettoyeurs afin d'éliminer les corps étrangers (pierres, pailles, corps métalliques), les grains étrangers (plus longs ou plus courts, grains d'autres céréales), déchets d'animaux (rongeurs, insectes) et la poussière.

3- Éliminer les blés mal venus (grains ergotés et fusariés) dont la présence pourrait nuire à la qualité des farines et des semoules.



2-Procèdes de première transformation

2-1-Meunerie

4-Nettoyage

Les systèmes de nettoyage
diffèrent d'un moulin à un autre:

- ✓ La nature des machines mises en œuvre
- ✓ L'ordre des opérations
- Séparation dimensionnelle ou densimétrique,
- Nettoyage des surfaces,
- Triage colorimétrique,
- Magnétisme.

Ils ont en commun de posséder :

- ✓ Un régulateur de flux destiné à assurer un débit constant des produits arrivant sur la première machine,
- ✓ Un système d'aspiration pour éliminer les impuretés les plus légères (paille),
- ✓ Des machines de calibrage et de triage afin de séparer les blés des grosses et petites graines étrangères,
- ✓ Épointeuse ou brosse pour nettoyer la surface des blés
- ✓ Épierreuse et d'un séparateur magnétique.

2-Procèdes de première transformation

2-1-Meunerie

4-Nettoyage

L'ensemble de ces opérations doit éviter de blesser ou de casser les grains. Le nettoyage des blés durs doit être effectué avec un soin particulier sous peine de voir apparaître des piqures colorées dans les semoules.

ATTENTION



2-Procèdes de première transformation

2-1-Meunerie

5-Conditionnement du blé tendre (Mouillage)

Cette opération répond à un double objectif :

- ⇒ Assouplir l'écorce du grain et faire en sorte que son humidité soit légèrement supérieure à celle de l'amande en vue de faciliter leur séparation ;
- ⇒ Amener l'amande farineuse dans un état physique tel que sa réduction en farine fine soit obtenue le plus rapidement possible.

- **Le conditionnement à froid ou passif:** tremper le blé dans l'eau froide pendant **24 à 36h**.
- **Le conditionnement à chaud :** tremper le blé dans l'eau à une température de **46 °C/ 60-90 min** et à le laisser reposer pendant 24-48h.

Si le conditionnement résulte en un niveau élevé d'humidité ou si le blé est trop humide après purification, il est possible d'éliminer l'eau à l'aide de sécheurs sous vide.

2-Procèdes de première transformation

2-1-Meunerie

6-La mouture

Un moulin, peut, selon les cas, tourner 24 heures sur 24, 365 jours par an.

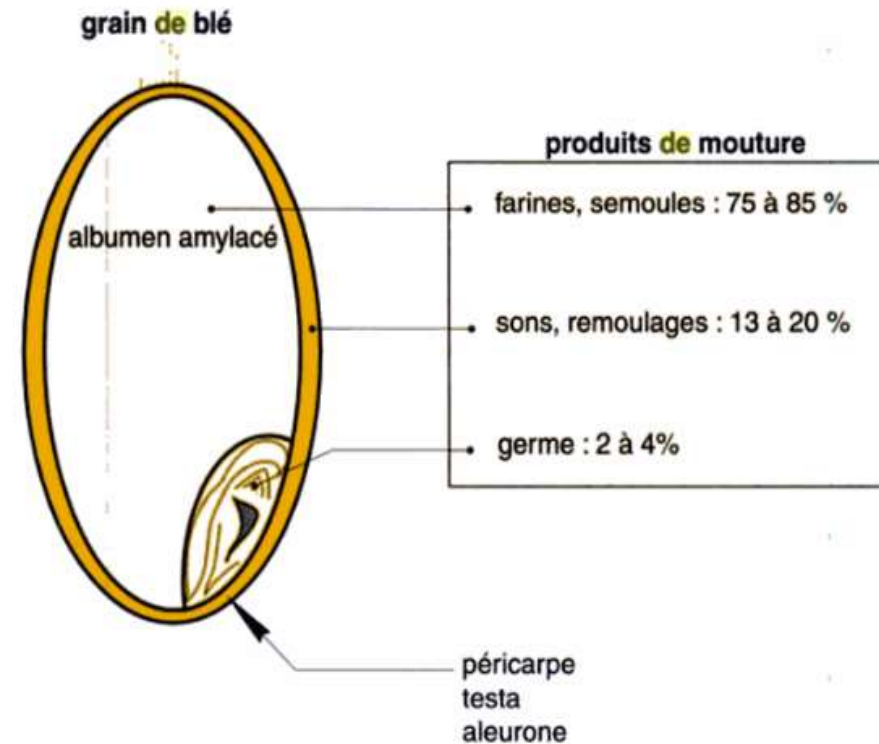
À l'issus de la mouture, quatre produits principaux sont obtenus :

1- La farine : dont la taille des particules est comprises entre **30 et 200 μm** (on parle de semoule quand les particules sont plus grosses), constituée de l'albumen légèrement contaminé par les parties périphériques du grain ;

2- Les remoulages : fines particules constituées de l'enveloppe du grain et comprenant une importante proportion d'amidon originaire de l'albumen ;

3- Les fins sons ;

4- Les gros sons.



Origine histologique des produits de mouture du blé

2-Procèdes de première transformation

2-1-Meunerie

6-La mouture

aboutit à la séparation du grain de blé : les enveloppes d'un côté et l'amande (amidon) de l'autre

Broyage

Blutage

Sassage

Claquage

Convertissage

- Chacune de ces étapes représente plusieurs passages de blé dans les machines.
- Le produit de chaque passage successif est tamisé selon sa taille.
- ✓ Au cours de la mouture, on reçoit deux sortes de produits granulés appelés « **série blanche** » et « **série bise** ». Le produit de la série blanche contient plus d'éléments de l'amande que des enveloppes ; par contre celui de la série bise contient plus de fragments de l'enveloppe que d'amande.
- ✓ À la fin des opérations, la farine contient encore un faible pourcentage de matières minérales issues de l'enveloppe et des débris du germe qui déterminent le taux de cendres réglementaire.

2-Procèdes de première transformation

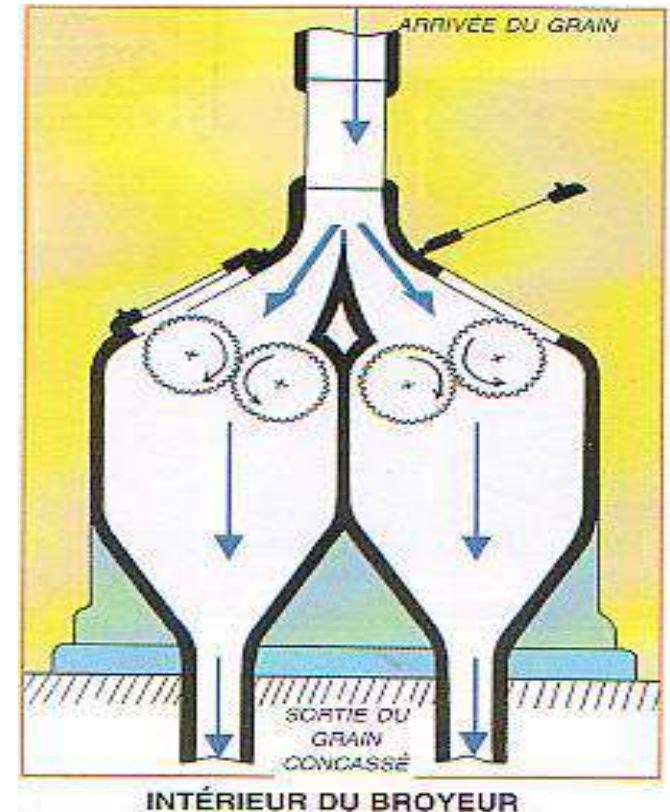
2-1-Meunerie

6-La mouture

1-Le broyage :

C'est une opération qui permet d'**ouvrir mécaniquement** le grain: cisaillement ou compression, et de **détacher** plus ou moins complètement l'amande qui se brise alors que les enveloppes, plus élastiques, résistent.

Le grain passe entre de gros cylindres métalliques. De multiples passages dans ces cylindres aux cannelures de plus en plus fines permettent de séparer l'enveloppe et l'amande.



Principe de fonctionnement d'un broyeur à cylindre

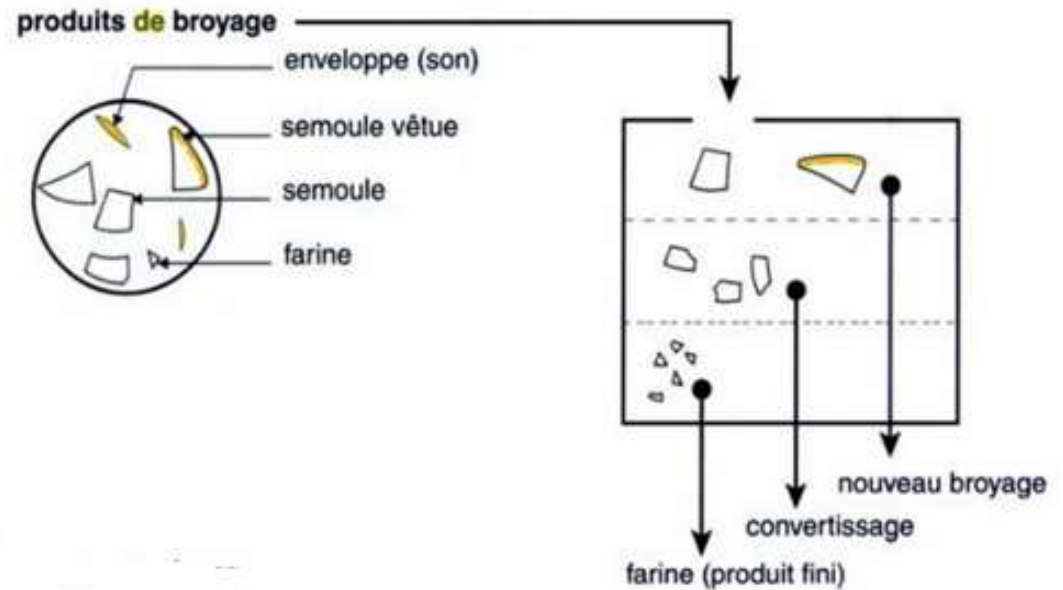


2-Procèdes de première transformation

2-1-Meunerie

6-La mouture

2-Le blutage : Opération de tamisage qui consiste à séparer selon leur grosseur les divers produits (granulométrie) après passage de la mouture; Les produits les plus gros retournent au broyage. L'opération est réalisée dans des **plansichters**: appareil dont chaque compartiment est formé d'un assemblage de tamis superposés et soumis à un mouvement rotatif.



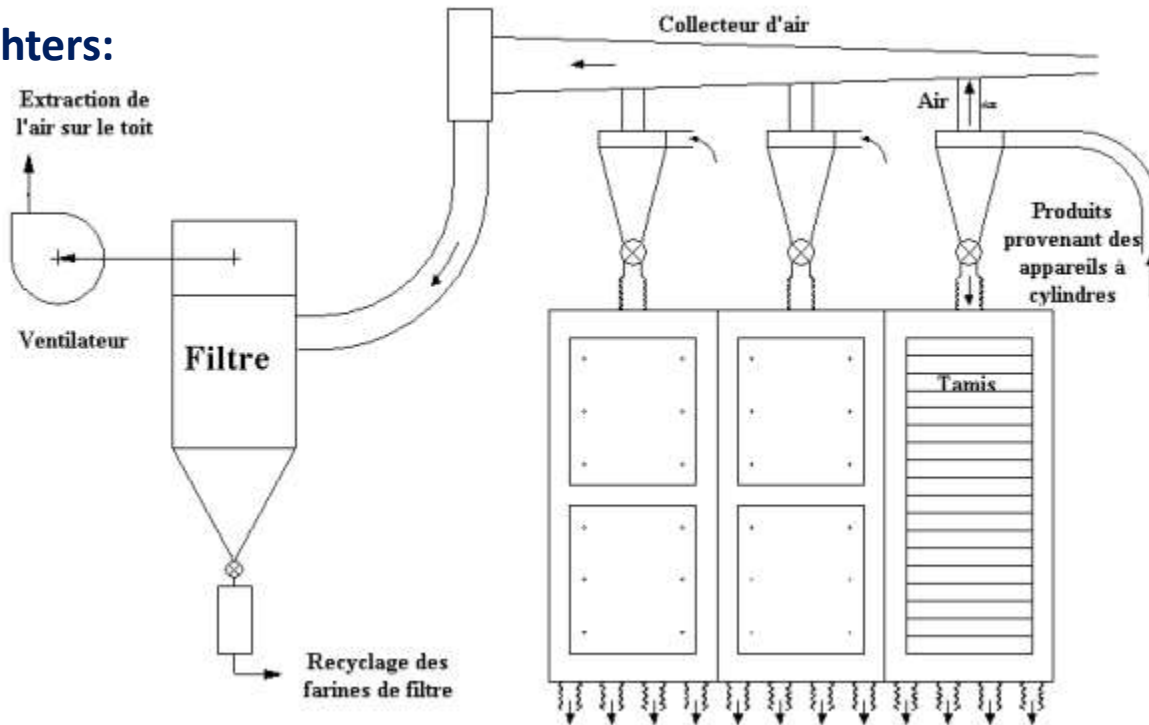
Principe de tamisage

2-Procèdes de première transformation

2-1-Meunerie

6-La mouture

plansichters:



2-Procèdes de première transformation

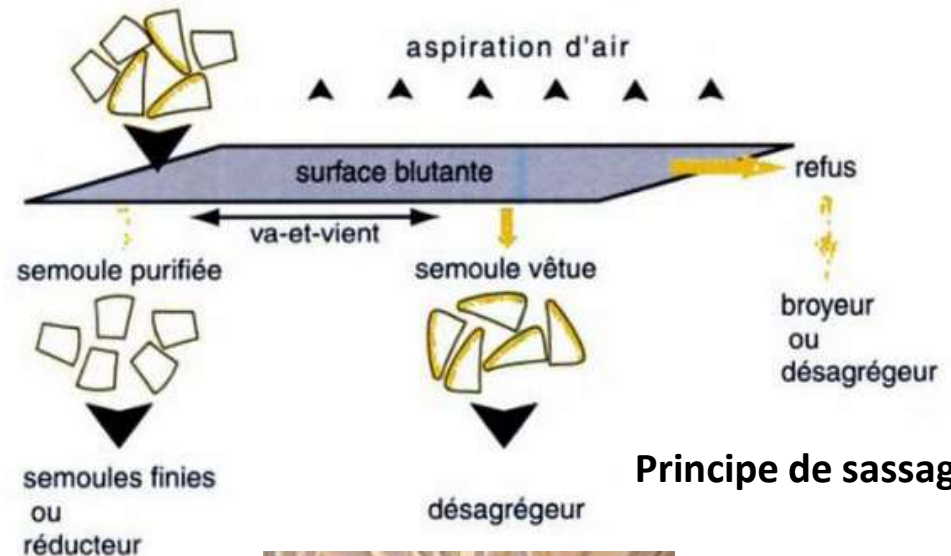
2-1-Meunerie

6-La mouture

3-Le sassage :

Il assure la séparation des produits de la mouture qui seront maintenus en suspension par un courant d'air ascendant au-dessus de tamis et la largeur de maille diminue au fur et à mesure de la progression des produits.

Les particules d'albumen amylicés sont plus denses ($d=1,4$) que celles d'enveloppe ($d=1,2$) retombent plus rapidement sur les tamis et sont extraites en premier.



Principe de sassage



2-Procèdes de première transformation

2-1-Meunerie

6-La mouture

4-Claquage :

Cette fois-ci, les semoules et les refus (morceaux d'amande trop dur) passent entre des cylindres lisses et sont broyés en particules encore plus fines et donc réduit en farine entière.



2-Procèdes de première transformation

2-1-Meunerie

6-La mouture

5-Convertissage :

Ultime opération de plusieurs passages dans une série de cylindres lisses pour obtenir des produits fins jusqu'à la farine. C'est aussi le mélange des différentes farines obtenues à chaque étape de la mouture (farine de broyage, de claquage et de convertissage) qui donne la farine panifiable utilisée par le boulanger.



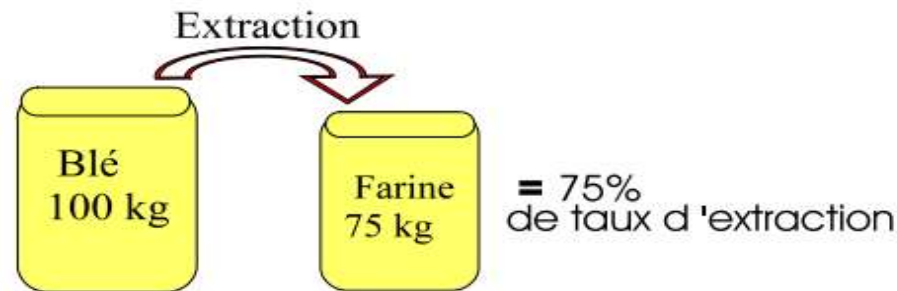
2-Procèdes de première transformation

2-1-Meunerie

7-Conditionnement et commercialisation

La mouture du blé est définie par le taux d'extraction:

T.E = Poids de la farine extraite / 100g de blé mise en œuvre.



A partir de 100 Kg de blé si on obtient 80 Kg de farine, 19 Kg son et 1 Kg de perte au nettoyage ; on dit que le taux d'extraction est de 80 % et le taux de blutage est de 20 %

2-Procèdes de première transformation

2-1-Meunerie

7-Conditionnement et commercialisation

La farine est stockée en cellule de stockage.

❖ La farine est alors prête à être vendue soit:

⇒ **En vrac**

⇒ **Ensachage:**

➤ En sac de 50 ou 25 kg

➤ En sac de 1kg pour l'utilisation domestique

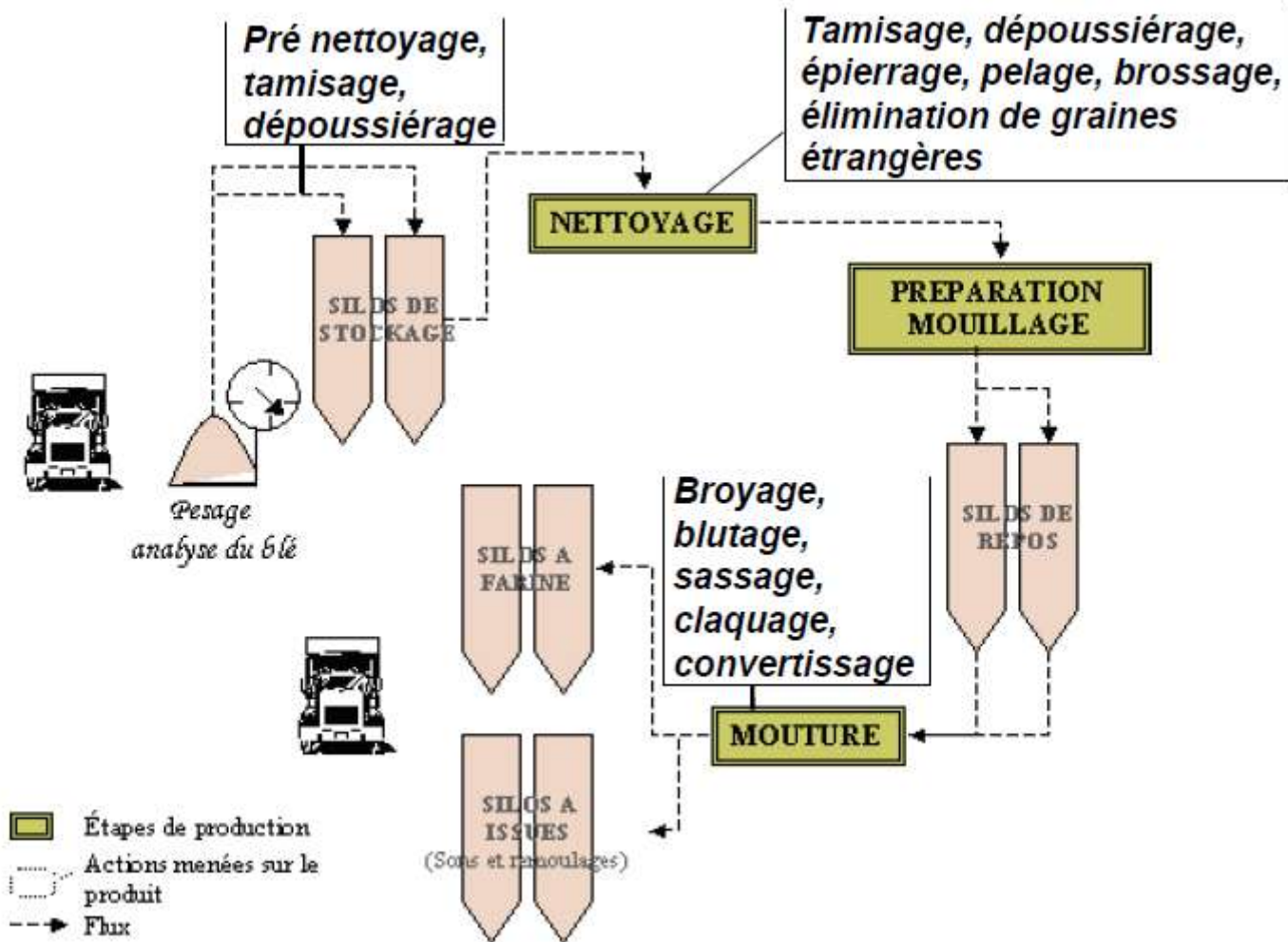




2-Procèdes de première transformation

2-1-Meunerie

Minoterie : cycle de fabrication **RECAP**

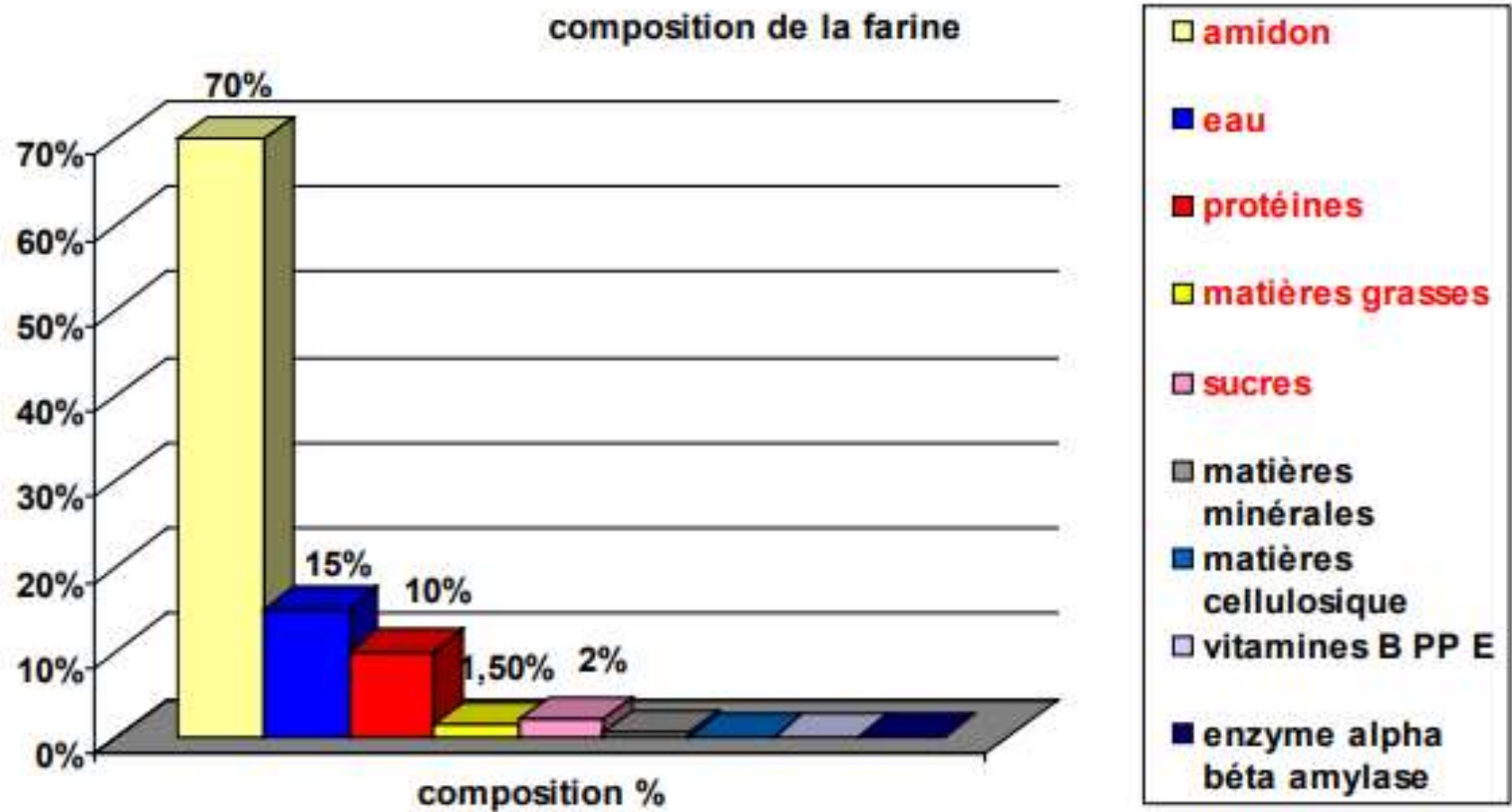




2-Procèdes de première transformation

2-1-Meunerie

Composition chimique de la farine





2-Procèdes de première transformation

2-1-Meunerie

4-La pureté de la farine: les différents types

Type	Taux de cendre	Dénomination usuelle	Utilisation
T45	moins de 0,5 %	farine blanche	pâtisserie
T55	de 0,5 à 0,6 %	farine blanche	pain blanc
T65	de 0,62 à 0,75 %	farine blanche	pain de campagne, autres pains dits « tradition »
T80	de 0,75 à 0,9 %	farine semi-complète	pain semi-complet
T110	de 1 à 1,2 %	farine complète	pain complet
T150	plus de 1,4 %	farine intégrale	pain complet « intégral »