

Transformation des produits agricoles

Minotrie et sucrerie

I. La minotrie

1. *Structure et la composition du grain de blé*
 - 1.1. *L'amande*
 - 1.2. *Répartition des Matières minérales dans le grain*
2. *La mouture du blé*
 - 2.1. *Préparation à la mouture*
 - 2.2. *Les impuretés du blé*
 - 2.3. *Opérations du nettoyage du blé*
 - 2.4. *La mouture sur cylindres*
3. *Caractéristiques des farines de passages*
 - 3.1. *Taux d'extraction et type de farine*
 - 3.2. *Qualités technologiques*
4. *La mouture sur meules de pierre*
5. *Les planchisters*
6. *Influence du Blutage sur les qualités nutritionnelles des Farines*

1. Structure et la composition du grain de blé

Le grain de Blé comporte plusieurs parties, de nature différente, et que l'on peut classer en 3 groupes :

- **Les enveloppes** qui représentent 13 à 15% du poids du grain.
- **L'amande**, ou **albumen amylicé**, qui représente 82% à 85% du poids du grain.
- **Le germe**, qui représente environ 3% du poids du grain.

Les enveloppes

Les enveloppes sont constituées par :

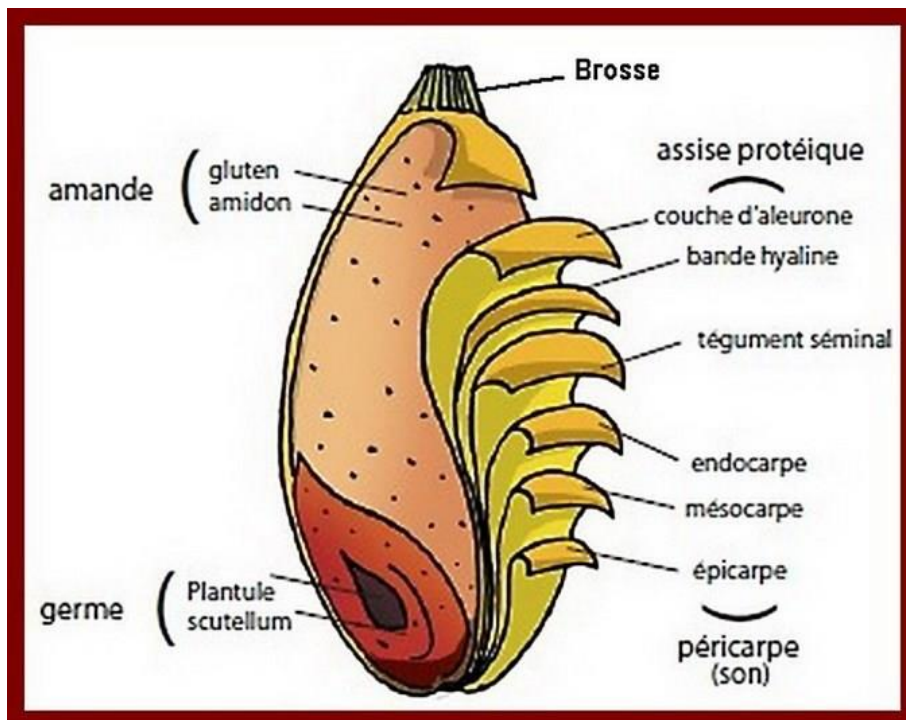
- Le Péricarpe (4%) lui-même formé par 3 enveloppes : épicarpe, mésocarpe, endocarpe.
- Le Tégument séminal (2%)
- L'assise protéique (7 à 9%)

Les enveloppes présentent à la fois une membrane souple et dure à briser.

L'assise protéique assure aussi une forte adhésion à l'amande du grain. Il ne sera pas aisé de détacher l'amande comme on pourrait le faire avec un fruit. A cette difficulté s'ajoute le sillon du grain de blé, qui rend impossible une séparation complète par abrasion.

Le péricarpe et le tégument séminal sont constitués en forte proportion de cellulose et d'éléments minéraux.

L'assise protéique, comme son nom l'indique est riche en protéine, mais aussi en lipides, en vitamines et en minéraux. Elle n'est que faiblement incorporée aux farines blanches, car elle possède de fortes liaisons avec les couches d'enveloppes.



L'amande ou albumen amylicé : (82 à 85% du grain)

Elle représente les substances de réserve pour la germination de du grain. Elle est constituée de glucides (amidon principalement), de protéines (10 à 12%) et une faible proportion d'éléments minéraux (0,3 à 0,6%), ainsi que de vitamines. Le meunier et le boulanger, considèrent cette partie du grain, comme étant la plus noble pour son aptitude à la panification. Elle est mieux valorisée commercialement que les parties périphériques.

Indice de dureté (résistance à l'écrasement) :

La caractérisation des blés tendres en catégories (hard, médium hard, soft) est devenue une réalité. Cette terminologie anglo-saxonne a été adoptée en France pour éviter toute confusion avec le blé dur.

Cet indice de dureté est en relation avec la proportion d'amidons endommagés par la mouture au cours de la fragmentation de l'amande du grain.

La mesure du taux d'amidon endommagé s'est développée progressivement avec l'apparition du Rhéofermentomètre CHOPIN (1988).

Friabilité, cohésion des constituants, granulométrie :

La friabilité diminue lorsque l'indice de dureté augmente (Blés « Hard ») et la granulométrie devient plus grossière. Les blés « Soft » à l'inverse possèdent une cohésion moins forte des constituants de l'amande ; la fragmentation est plus facile, les farines sont plus fines et les risques d'endommagement des granules d'amidon, moindres. D'ailleurs, cette meilleure dissociation des éléments avec les blés « Soft » facilite leur séparation dans les techniques de turbo-séparation.

Répartition des matières minérales dans le grain de blé :

Constituants du blé	% de matières minérales
Enveloppes (Sons fins et gros)	par rapport à matière sèche
Péricarpe	2 à 4%
Tégument séminal	12 à 18%
Assise protéique	6 à 15%
Germe	5 à 6%

Amande	0,35 à 0,60%
Grain de blé entier	1,6 à 2,1%

(Source *Les Pains Français- Hubert CHIRON, Philippe ROUSSEL*)

2. La mouture du blé

Notion de valeur meunière

Cette notion est associée au rendement de farine, pour un type de farine donné.

A partir de 1963, l'évolution de la réglementation française dans la définition des types de farines a contribué à l'optimisation des taux d'extraction ou rendements meuniers.

(Le taux d'extraction d'une farine représente la quantité de farine obtenue avec 100kg de blé : soit entre 75 et 80 Kg de farine pour une farine Type 55).

Avant cette date, l'extraction de la farine était effectuée en fonction du poids spécifique du Blé (*PS+1 ou PS-3 par exemple*). Ainsi pour un blé ayant un poids spécifique de 78kg/hl, (*Poids de blé contenu dans 1 hectolitre*) le taux d'extraction était alors pour « PS+1 » de $78+1 = 79$ % de farine et pour « PS-3 » de $78-3 = 75$ % de farine.

Le poids spécifique était pour le meunier une bonne indication, car celui-ci augmente lorsque la proportion d'amande du grain augmente, l'amidon étant plus lourd que les enveloppes.

Depuis 1963, c'est le taux de cendres ou matières minérales qui déterminent la classification des farines.

2.1. Préparation du blé à la mouture :

Les lots de blé reçus au moulin contiennent des graines étrangères et des impuretés, mais dans une proportion tolérable qui permet le classement de celui-ci.

Cependant ils doivent subir des opérations de nettoyage avant d'aller en mouture, parallèlement aux opérations de nettoyage, le meunier prépare le blé à la mouture par des opérations de mouillage et de repos pour faciliter la séparation des enveloppes et de l'amande.

2.2. Les impuretés du blé qui peuvent être présentes :

- les graines étrangères :
 - autres céréales (orge, seigle, avoine)
 - graines nuisibles par l'odeur ou la couleur (ail, mélilot, mélampyre)
 - graines toxiques (nielle, liseron)
- les grains de blé malades : carie, rouille, charbon, **ergot** (*dangereux pour l'homme*)
- les grains attaqués par les insectes (charançon, punaise)
- les grains de blé cassés (contamination de l'amande qui est alors sans protection).

Opérations du nettoyage du blé

- Séparation magnétique, pour éliminer les débris métalliques
- Séparation par calibrage, pour éliminer les graines plus grosses, et plus petites que le blé
- Trieurs à disques, pour éliminer les graines longues et les graines rondes
- Epierrage.

A ce stade se termine le nettoyage à sec.

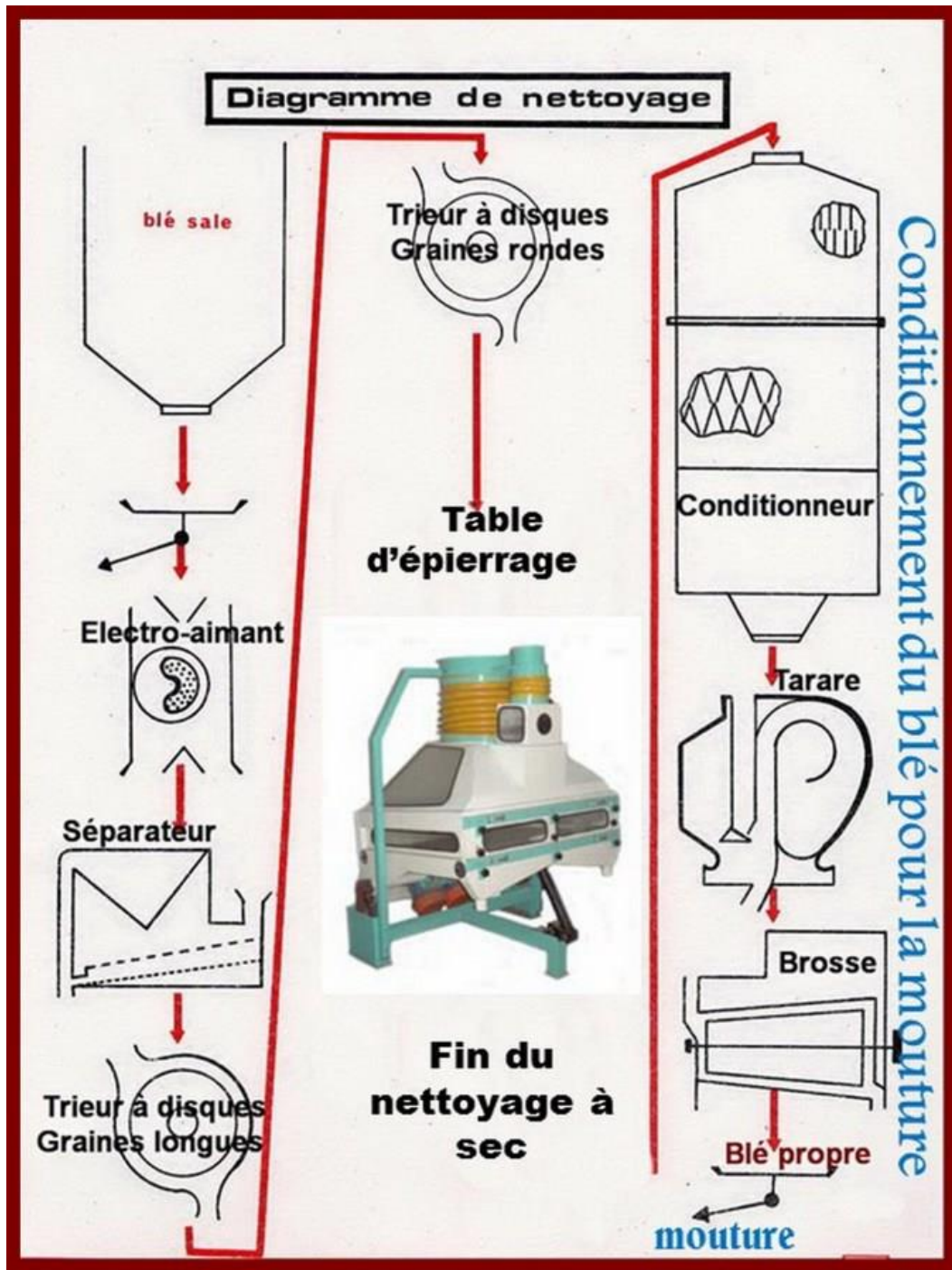
Le blé nettoyé et sec peut être stocké en silo, et conservé pendant plusieurs mois.

Avant la mise en mouture le blé subit un conditionnement, qui permet d'humidifier les enveloppes du blé, pour favoriser la séparation de celles-ci de l'amande du grain au cours de la mouture:

- Conditionnement : le blé est amené au degré d'humidité convenable.
- Brossage et Ventilation Tarare pour éliminer les poussières.

Le blé sain, ainsi nettoyé et conditionné est stocké dans des silos de repos, où il attend pendant 24 heures environ, d'être mis en mouture ;

Pour la mise en mouture, le blé propre humidifié, contient généralement 16 à 17% d'eau s'il est destiné à une mouture sur cylindres et environ 15% d'eau s'il est destiné à la mouture sur meules.



2.4. La mouture du grain de blé sur cylindres métalliques :

Avec le type de mouture sur cylindres (d'origine hongroise) on distingue :

- Les cylindres cannelés représentés par la lettre « **B** » pour **Broyage**
- Les cylindres lisses représentés par les lettres « **Cl** » pour **Claquage** et « **C** » pour **Convertissage**
- Les farines obtenues **lettre « F »**, à la suite des opérations de broyage, de claquage ou de convertissage sont dites farines de passage affectées de la lettre de l'appareil concerné. On parlera ainsi d'une Farine B1 ou d'une Farine C1.

- La dénomination « Farine » de froment ou de blé sans autre qualificatif, désigne exclusivement le produit pulvérulent obtenu à partir d'un lot de blé, sain loyal et marchand préparé pour la mouture et industriellement pur. (Code des Usages).
- La Farine panifiable T55 est donc le résultat de l'addition des différentes farines de passage.

Les étapes de la mouture sur cylindres :

- **Le broyage**

Les Broyeurs (cylindres cannelés, tournant en sens inverse, avec une vitesse différentielle importante de 1/2,5) au nombre de 4 ou 5 ; se distinguent les uns des autres par l'écartement entre eux et par la finesse des cannelures.

- **Le blutage**

Après chaque passage on procède à un tamisage à l'aide de « planchisters ». L'amande extraite après chaque opération de broyage est constituée de fractions grosses (fines, grosses semoules, et finots) et de fractions très fines les farines de passage.

- **Le Claquage ou Convertissage**

Les Claqueurs et les Convertisseurs sont des cylindres lisses tournant en sens inverse et pratiquement au contact l'un de l'autre. Ils ont une vitesse différentielle faible comprise entre 1/1,2 à 1/1,4.

Au sortir du broyage, les grosses semoules sont envoyées vers les claqueurs et les fines semoules et les finaux sont dirigés vers les convertisseurs. Le refus est envoyé au broyeur suivant.

Pour un même blé, les caractéristiques qualitatives de la farine, résultant de la mouture sur cylindres, peuvent varier en fonction :

- De la préparation du blé
- Du réglage des cylindres ; des caractéristiques des cannelures des broyeurs et de leur positionnement ;
- Du choix des tamis (Planchisters)

En effet, le meunier choisit le positionnement des crocs des cylindres de même que leur profondeur dans la progression de la mouture.

3. Caractéristiques des farines de passages

Si le choix des blés est déterminant sur la valeur boulangère de la farine, le travail du meunier influe également de manière significative sur la qualité.

3.1. Taux d'extraction et type de farine

Type de Farine	Taux (% farine)	d'extraction mouture sur cylindres	moyens
T	45	70 à	75%
T	55	75 à	80%
T	65	78 à	83%
T	80	82 à	86%
T	110	87 à	90%
T 150	90 à 98%		

Source « Les Pains Français » Hubert Chiron et Philippe Roussel

3.2. Qualités technologiques

Le cadre réglementaire ne prend pas en compte la qualité des matières premières et des produits finis au plan technologique et organoleptique. Pour le professionnel, la classification technologique suivant les destinations des farines apparaît comme étant un indicateur suffisamment pertinent, en particulier sur la valeur technologique de la farine.

Destination des farines	Force Boulangère moyenne (W)
-------------------------	------------------------------

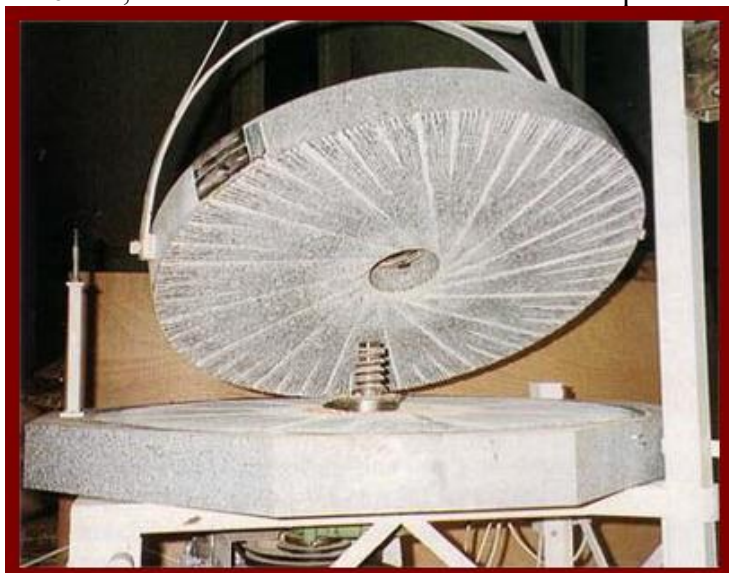
	(Sans acide ascorbique)
Pain de tradition avec pointage long.	150 à 180
Pain de tradition.	200 à 220
Pain courant français.	180 à 220
Pain en pousse contrôlée.	200 à 250
Pain français par congélation de la pâte	220 à 270
Biscottes, Pain de mie courant	200 à 240
Pain de mie type américain	>350

Source « Les Pains Français » Hubert Chiron et Philippe Roussel

4. La mouture sur meules de pierre

Les meules de pierre sont utilisées depuis le néolithique. Elles se sont améliorées au fil des temps (des meules manèges mues par des chevaux aux meules actionnées par des forces naturelles : eau, vent...).

Le rendement de cet écrasement traditionnel est plus faible mais le grain est écrasé dans sa totalité : ce qui conduit à l'écrasement du germe. Sous l'action des meules, une petite partie du son et du germe est réduite en particule très fine qui se mêle intimement à la farine. Cette méthode de mouture permet d'obtenir une farine plus "forte" et plus "riche" en vitamines et minéraux, à l'odeur naturelle de froment et aux qualités incomparables.



Les meules peuvent être horizontales, verticales ou de type SODER. La paire de meules horizontales est composée de deux parties superposées. La partie supérieure mobile est appelée « tournante » (vitesse environ 100 tours/minute). La partie inférieure fixe est appelée « gisante ». Le rapport de vitesse est donc très élevé.

Le grain arrive au centre de la meule tournante pour être écrasé progressivement et entraîné graduellement jusqu'à la périphérie où il est évacué.

La plus grande servitude qu'imposent les meules est certainement la nécessité de les entretenir régulièrement. La surface d'une meule n'est pas uniforme : elle est parcourue par des rayons dont le profil et la disposition sont spécialement étudiés pour permettre une distribution optimale des graines et leur refroidissement. Il faut de temps en temps redonner un peu de « mordant » à ces rayons : c'est le rayonnage qui s'effectue avec un marteau particulier. Entre chacun des rayons se trouvent les « portants » qui constituent véritablement la surface travaillante de la meule ; ces portants sont eux-mêmes parcourus par de minuscules entailles linéaires nommées « rhabillures » qu'il faut raviver régulièrement.

La difficulté majeure à surmonter consiste à limiter l'échauffement lié à la pression des meules sur la mouture. Il fallait donc imaginer un système complexe de rayons participant à la ventilation de l'entre-meules et à la fois, à l'avancée progressive de la matière de l'**œillard** vers la **feuillure** située en périphérie.

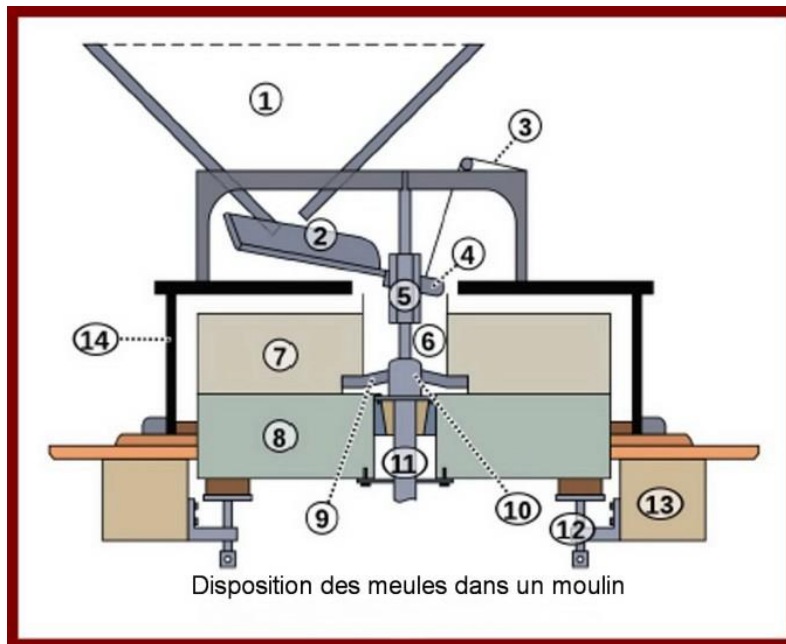
Les meules à blé ont longtemps moulu cette céréale en seul passage. Il a fallu rechercher le principe optimal d'extraction des farines et de curage des sons qui doivent être non brisés et exempts de farine



Entre les rayons, la meule est parcourue de fines stries, également taillées dans la pierre, pour rendre celle-ci plus agressive et ainsi mieux broyer les grains. Ces stries sont appelées **rhabillures**.

La paire de meules constitue le cœur du moulin. Dans cet ensemble protégé par l'archure (14), la meule dormante (8) est installée sur un support (12) qui est fixé à une poutre (13). Le **petit fer** (11) est animé d'un mouvement de rotation provenant de la roue à eau ou des ailes du moulin. Il se prolonge par la **fourchette** (10) au niveau de laquelle est fixée l'**anille** (9) appelée aussi **fer à moulin**. Cette pièce métallique, généralement en forme de X, est incrustée ou scellée dans la meule courante (7) et sa fonction principale est de transmettre le mouvement à la meule tournante.

D'un point de vue historique, l'apparition de cette pièce mécanique est considérée comme une révolution technologique qui bouleversa les performances des meules et moulins.



Les meules du type « Soder », constituent en quelque sorte une solution intermédiaire entre les anciennes meules horizontales et les broyeurs à cylindres. Elles sont en effet composées d'un cylindre horizontal à base de pierre meulière broyée et liée par un ciment spécial, ce cylindre écrase le grain contre un sabot réglable de même composition et qui s'écarte automatiquement dès qu'un objet dur se présente.

Ce genre d'appareil bénéficie de la plupart des avantages techniques des broyeurs à cylindres : entretien aisé, moins énergivore que les meules, moindre d'échauffement.

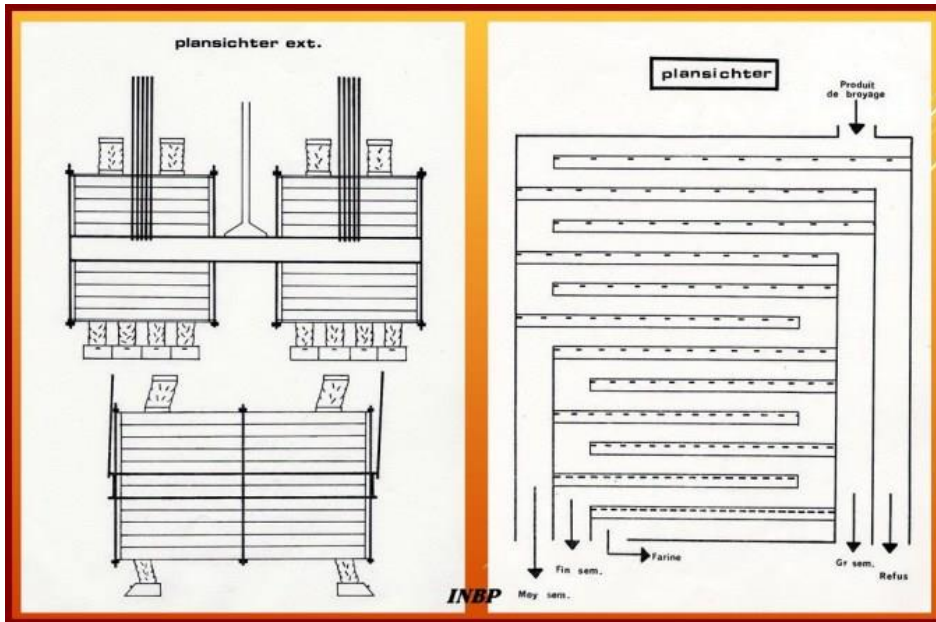
D'une manière générale dans la mouture avec meules, on assiste à un travail avec écrasement et usure qui a pour conséquences :

- De provoquer un échauffement important, qui se traduit par une perte en eau supérieure à la mouture sur cylindres.
- D'entraîner une réduction de la taille des enveloppes dont les dimensions seront voisines des autres particules (brisures d'enveloppes).
- Pour un type donné, la faine de meule est d'une granulométrie plus homogène.
- De donner une couleur de fond plus homogène et plus ocre, conséquence de l'écrasement du germe. Les farines de meules sont donc plus riches en matières grasses et donc moins aptes à la conservation.

5. Les planchisters

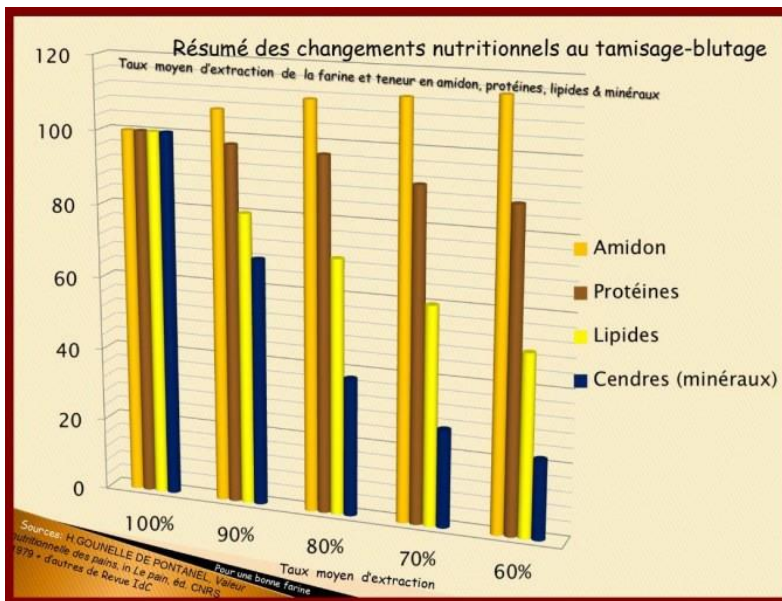
Le plansichter est une machine utilisée dans les minoteries. Il permet, par blutage, la séparation des différents produits de mouture : sons, finots, semoules et farines. Le plansichter vient des deux mots allemands « plan », qui signifie : « plan », et « sichter », qui signifie « classificateur », ce qui permet de traduire par « tamisage plan », par opposition au blutoir traditionnel rotatif.

Après chaque opération de broyage, de claquage ou de convertissage, les particules obtenues sont classées en fonction de leur grosseur par le passage au travers des tamis superposés du « planchister ».



Le refus est envoyé à l'appareil suivant c'est-à-dire au broyeur suivant. Les grosses et fines semoules sont dirigées vers le claquage et le convertissage. Au dernier stade les refus sont constitués par les « sons » et les remoulages.

6. Influence du Blutage sur les qualités nutritionnelles des Farines



(Source Boulangerie.net- Marc Dewalque)

Plus le blutage augmente, plus le taux d'extraction de la farine diminue. Ceci a une incidence directe sur les qualités nutritionnelles de la farine.

En effet, il modifie la teneur en amidon, protéines, lipides et matières minérales de celle-ci.

II. La sucrerie

Pour parvenir au consommateur tel que le soleil et la nature l'ont fait, le sucre stocké au coeur de la plante doit être extrait en éliminant, étape par étape, les autres constituants du végétal. Ce travail d'extraction mobilise un savoir-faire spécifique associé à d'importants équipements industriels.

Un procédé simple d'extraction

Réalisé dans des **sucreries**, le processus d'extraction consiste à recueillir le jus sucré qui est filtré puis concentré par évaporation avant la cristallisation. Au terme de ces opérations, le **sucre** aura été successivement **extrait, purifié, concentré et cristallisé sans aucune altération ni transformation chimique.**

Afin de conserver toute leur richesse en sucre, les plantes sucrières, canne et betterave, doivent être transformées rapidement. C'est pourquoi les sucreries sont implantées à proximité des zones de culture.

Les 10 étapes du process sucrier

La betterave

1. RÉCOLTE ET TRANSPORT

En France, la **campagne d'extraction du sucre** de betterave ne dure que de fin septembre à Noël.

La sucrerie est approvisionnée en betteraves par les cultures implantées dans un rayon d'environ 30 km. Le poids net des racines livrées (hors terre et pierres) et leur teneur en sucre sont évalués par prélèvement lors de la livraison. Le temps de stockage des betteraves est réduit au strict minimum afin de conserver leur richesse en sucre.

2. LAVAGE

Les betteraves sont brassées dans un lavoir où elles circulent à contre-courant d'un flux d'eau pour les séparer de la terre, de l'herbe et des pierres.

3. DÉCOUPAGE

Les betteraves propres sont envoyées dans des coupe-racines qui les débitent en fines lamelles appelées « **cossettes** ».

4. DIFFUSION

Le **jus sucré** est extrait des cossettes par diffusion. Cette opération, basée sur le principe de l'osmose, a pour but de faire passer le sucre contenu dans les cossettes dans de l'eau. La diffusion est réalisée dans un long cylindre : les cossettes y pénètrent par une extrémité, et l'eau tiède qui y circule lentement en sens inverse s'enrichit peu à peu de leur sucre. Le jus sucré est recueilli à une extrémité, tandis que les cossettes épuisées, appelées « pulpes », sont récupérées à l'autre bout.

5. FILTRATION

Le jus obtenu contient la totalité du sucre présent dans la betterave, mais également des **impuretés qu'il faut éliminer** (sels minéraux, composés organiques...). L'opération s'effectue par épuration calco-carbonique : une adjonction successive de lait de chaux (à base de pierres calcaires) puis de gaz carbonique permet de former des sels insolubles et des précipités qui fixent les impuretés. Le mélange est alors envoyé dans des **filtres** qui retiennent les impuretés et libèrent le jus sucré clair.

6. ÉVAPORATION

À ce stade, le **jus filtré** contient environ **15% de sucre et 85% d'eau**, dont une grande partie sera éliminée par évaporation. Porté à ébullition dans des tuyaux en contact avec de la vapeur, le jus traverse une série de chaudières (les « évaporateurs ») où la température et la pression diminuent progressivement de l'une à l'autre. Au terme du circuit, **le jus s'est transformé en sirop** contenant 65 à 70 % de saccharose.

7. CRISTALLISATION

Le sirop achève sa concentration dans des chaudières à cuire travaillant sous vide pour éviter la caramélisation. On y introduit de très fins cristaux (sucre glace) qui vontensemencer le sirop. La cristallisation se généralise et l'on obtient la « masse cuite », formée de multiples **petits cristaux en suspension dans un sirop** coloré par les impuretés résiduelles.

8. ESSORAGE

La masse cuite est envoyée dans des turbines, ou **essoreuses**, rapides et dotées d'un panier en tôle perforée. Sous l'action de **la force centrifuge**, le sirop est évacué tandis que **le sucre blanc cristallisé se dépose sur les parois** du panier.

9. SÉCHAGE

Encore chaud et humide, le sucre cristallisé blanc est envoyé dans des appareils de séchage à **air chaud**. Puis il est refroidi et stocké en silo où il achève de se stabiliser.

10. CONDITIONNEMENT

Une fois séché, le sucre est soit conditionné dans **différents emballages**, soit directement **en poudre**, soit **en morceaux** après humidification et moulage, soit expédié **en vrac**, par camions ou wagons.

Le sucre de canne

Récolte

Le sucre de canne est récolté de juillet à novembre à la Réunion, et de février à juin aux Antilles.

Process d'extraction

Le procédé d'extraction du sucre de canne est **identique à celui du sucre de betterave, à l'exception de la première phase où le jus de canne est extrait par broyage**, tandis que celui de betterave est extrait par diffusion (voir ci-dessus). À leur entrée dans la sucrerie, les cannes sont découpées en petits morceaux puis pressées et broyées dans plusieurs moulins.

Séparé de la **bagasse** (la canne écrasée), le jus de canne obtenu contient 80 à 85 % d'eau, 10 à 20% de sucre et 0,7 à 3 % de composés organiques et minéraux.

Il connaîtra ensuite les mêmes étapes que le jus de betterave. Le sirop recueilli après cristallisation et essorage du sucre de canne ou de betterave, également appelé « eau mère », est encore chargé de sucre. Il subit alors une nouvelle cuisson et un nouvel essorage qui donnent le sucre dit de «deuxième jet», plus coloré et moins pur que le sucre de premier jet. Puis ce sirop de deuxième jet, toujours riche en sucre, est à son tour réintroduit dans le cycle pour donner un sucre de troisième jet, brun et chargé d'impuretés (**le sucre roux**), ainsi qu'un dernier sirop visqueux et très coloré, appelé « **mélasse** ».

La différence entre sucre blanc et roux

Le **sucre de betterave est naturellement blanc** et contient 99,9% de saccharose.

A l'inverse les cristaux de sucre issus de la **canne** sont **naturellement colorés**. Leur couleur rousse est due à la présence de matières organiques et de pigments. Ce sucre roux devra être **raffiné** pour devenir blanc.