

*République Démocratique du Congo*  
Ministère de l'Éducation Nationale et Nouvelle Citoyenneté  
Niveau Secondaire  
Option Technique Agricole  
**Classe 4<sup>ème</sup> Agricole**

**Cours de Technologie  
Agricole**

Par

**NKOTÉLO VATA josué**  
Enseignant Technicien Agronome

[Josnkotelo@gmail.com](mailto:Josnkotelo@gmail.com)

© 2024

## Unité 1 : Transformation des produits et sous-produits végétaux

---

La transformation des produits agricoles est un processus très ancien. Elle remonte à l'époque de la découverte du feu par l'homme et à partir de la découverte de l'agriculture.

Les produits agricoles sont transformés pour plusieurs différents buts dont : *la conservation, l'amélioration de la qualité nutritionnelle, du goût, de l'apparence etc.* Depuis des temps très anciens, l'homme a toujours cherché des moyens de conserver les denrées alimentaires pour assurer sa survie en période de disette. Aux premières et simples méthodes de conservation (le séchage), ont succédé les techniques de salaison, la conservation par le sucre (les confitures) et la fermentation (vin, fromage, choucroute...). Au siècle dernier sont apparues les techniques de conservation par la chaleur et plus récemment par le froid avec le développement des installations frigorifiques. Ces différents procédés ont chacun leurs avantages en termes de praticité et de qualité nutritionnelle.

## **1.1. Extraction de l'huile de palme**

### **1.1.1. Introduction**

Le palmier à huile est cultivé pour ses deux produits principaux : l'huile de palme extraite de la pulpe du fruit et l'huile de palmiste extraite de l'amande.

### **Autres produits secondaires**

La sève donne le vin de palme (des saignées répétées sont préjudiciables à la vitalité de l'arbre). Les feuilles servent à des multiples usages (toitures, clôtures, vannerie).

#### **1. Origine**

L'huile de palme est une huile extraite par pression à chaud des fruits du palmier, *Elaeis guinéens* Jacq. (Famille des Arécacées). Elle représente près de 25,5% de toutes les huiles consommées dans le monde. Le palmier à huile est actuellement cultivé à grande échelle.

#### **2. Usages de l'huile de palme**

##### **2.1. Usage alimentaire**

L'huile de palme a des utilisations extrêmement variées et environ 80% de sa production est destinée à la consommation humaine, le reste à des fins techniques ou à la production animale.

En alimentation humaine, l'huile de palme se consomme sous forme de margarines, de matières grasses végétales de base, d'huile alimentaire, d'huile de friture et de graisses spécialisées.

##### **❖ Huile de palme et santé humaine**

###### **▪ Lipides et santé**

Certains acides gras partiellement insaturés sont indispensables à l'homme, mais ne peuvent être synthétisés par l'organisme. Ce sont les acides gras essentiels. Ils sont les précurseurs de médiateurs du système cardio-vasculaire. De plus, les corps gras apportent les vitamines liposolubles (A, D, E, K).

###### **▪ Valeur nutritionnelle**

L'huile de palme est tout à fait satisfaisante sur le plan nutritionnel. Ses performances sont comparables à celles d'autres huiles plus fluides (maïs, tournesol, soja, colza). Le raffinage affecte peu sa qualité et l'huile de palme raffinée renferme des proportions satisfaisantes de tocophérols et tocotriénols. L'huile de palme brute, riche en caroténoïdes, permet de se protéger contre certaines maladies des yeux en augmentant le taux sanguin en vitamine A.

###### **▪ Maladies cardio-vasculaires**

Des études chez l'animal comme chez l'homme tendent à prouver que l'huile de palme se comporte comme les huiles riches en acides gras essentiels (tournesol, colza, soja).

Chez l'homme, de nombreuses études ont confirmé que, quel que soit le taux d'huile de palme remplaçant les lipides de la ration alimentaire, il n'y avait d'augmentation du taux de cholestérol total plasmatique. Celles effectuées sur des populations humaines consommant de l'huile de palme brute ont montré qu'elles exprimaient moins de cancers de la peau, de cancers primitifs du foie et de cancers du col de l'utérus.

## 2.2. Usages industriels

Les dérivés d'huile de palme et de palmiste sont très utilisés dans le monde entier pour d'autres usages très diversifiés. On peut citer : les acides gras, les savons et cosmétiques, les esters-méthylés, les encres, les résines époxydes, les aliments pour animaux, le laminage à froid, etc.

Les fruits du palmier à huile sont des drupes (fruits charnus à noyau) rassemblés en régimes,

dont on extrait une huile jaune-orangée de la pulpe (mésocarpe), appelée **huile de palme**.

La

coupe longitudinale du fruit permet de distinguer de l'extérieur vers l'intérieur les parties suivantes :

- **L'épicarpe** : partie extérieure de la paroi qui enveloppe le fruit ;
- **Le mésocarpe** appelé communément « *chaire* » est une pulpe de couleur jaune orangé renfermant 50% de lipide ;
- **L'endocarpe** de couleur gris foncé qui renferme **l'amande**, un noyau riche en lipide, et qui fournit l'huile de palmiste. Ces deux derniers constituent la noix.
- **L'épicarpe** : partie extérieure de la paroi qui enveloppe le fruit ;
- **Le mésocarpe** appelé communément « *chaire* » est une pulpe de couleur jaune orangé renfermant 50% de lipide ;
- **L'endocarpe** de couleur gris foncé qui renferme **l'amande**, un noyau riche en lipide, et qui fournit l'huile de palmiste. Ces deux derniers composants du fruit constituent la noix.

**L'huile de palme** est principalement utilisée dans le secteur de l'alimentation (ex : margarine) où elle est une source naturelle très importante de vitamines A.

**L'huile palmiste** est extraite de l'amande, protégée par le noyau. Elle est plus claire et plus acide et elle est valorisée au niveau de l'industrie des détergents (ex : savons), des bougies ou des lubrifiants.

## Type de fruits

Il existe trois principales sortes de palmiers :

- **Le dura** : les fruits ont une coque (noyau) épaisse, peu de pulpe et une grosse amande
- **Le pisifera** : les fruits n'ont pas de coque, beaucoup de pulpe mais une petite amande
- **Le tenera** : les fruits ont une coque peu épaisse, beaucoup de pulpe et une grosse amande.

Les tenera ont été obtenus par croisements entre les palmiers dura et pisifera afin d'obtenir des

fruits avec une pulpe épaisse (extraction d'huile de palme), une coque peu épaisse (facile à

casser) et une grosse amande (extraction d'huile de palmiste). Le rendement moyen du

palmier à maturité est d'environ 4 à 5 tonnes d'huile par hectare et par an. Dans les pays frais (Ouganda, le Kenya etc.), on a recours à une sorte de palmier hybride, issu du croisement entre un dura et un tenera. Son rendement en huile est un peu plus faible (< 4 tonnes par hectare et par an) mais il est mieux adapté aux conditions climatiques.

Typiquement, une palmeraie à grande échelle en Indonésie produit par hectare : (1) 3,2 t d'huile

de palme brute, (2) 0,34 t d'huile de palmiste brute et (3) 0,42 t de tourteaux. La couleur de l'huile de palme, tirant du jaune ou rouge, dépend de sa teneur en caroténoïdes

L'huile de palme est à près de 50 % saturée. En moyenne, elle contient les acides gras suivants : (1) 40% d'acide palmitique, (2) 38% d'acide oléique, (3) 10% d'acide linoléique et (4) 4% d'acide stéarique.

L'huile de palmiste quant à elle est principalement composée d'acides laurique et myristique.

Elle est à 82 % saturée.

L'huile de palme contient, en moyenne : 500 ppm de caroténoïdes, soit 15 fois plus qu'une carotte et 30 fois plus qu'une tomate.

### **3. Production.**

Suivant les conditions écologiques, le palmier à huile commence à produire entre 3 à 5 ans ; devient adulte 4 à 6 ans plus tard. Production : 30 tonnes de régimes par hectare et par an dans les meilleures conditions ; correspondant à 6 tonnes d'huile de palme avec des taux d'extraction de 21 à 23% d'huile de palme sur régime. Du point de vue productivité en huile, la variété Tenera dépasse Dura de 40%.

### **4. Récolte et rendements.**

#### **a) Récolte.**

La récolte doit enlever aux arbres tous les régimes mûrs. Par régimes mûrs, on entend ceux dont une vingtaine de fruits environ se détachent des épis sous une légère poussée du doigt. A ce critère correspond un autre : la présence au pied de l'arbre de quelques fruits détachés spontanément (environ 5).

Lors de la coupe, le régime tombe et projette des fruits à quelque distance ; ces fruits riches en huiles doivent être ramassés et transportés dans un panier spécial jusqu'au poste de réception le plus proche pour la pesée.

Evacuation des fruits vers l'usine : par camion généralement. Toutes les manipulations des régimes doivent éviter de blesser les fruits ; chaque blessure constituant une cause d'acidification de l'huile. La maturité des fruits s'échelonne sur 15 jours. Fréquence de tous les récoltes : 8 à 15 jours suivant production.

#### **b) Rendements.**

Il y a production dès la quatrième année d'âge (récolte faible). La production atteint son plafond vers 8 à 9 ans et se maintient jusqu'à un âge avancé. L'exploitation économique d'une palmeraie plantée n'est pas conditionnée par l'âge, mais par l'impossibilité de récolter les fruits lorsque les arbres ont atteint une grande taille.

### **Rendement :**





### 5.1. Réception des régimes.

L'usinier est responsable de l'évacuation des régimes vers l'usine ; ces derniers sont acheminés le plus rapidement possible vers la station de stérilisation de manière à détruire rapidement les enzymes lipolysantes afin de stabiliser ainsi la teneur en acides gras libres. L'usinier contrôle la pesée et la matière.

Par la suite ces camions sont vidés dans une trémie qui permet le remplissage des cages en fer de capacité 1,5 à 2,5 tonnes. Le fond incliné en forme de grille de cette trémie permet l'élimination d'une partie de sable. Les huileries modernes peuvent traiter 20 à 120 Tonnes de régimes par heures.

### 5.2. Stérilisation

La stérilisation consiste en un traitement des régimes entiers et des fruits détachés par la vapeur

d'eau sous pression. Le but de cette opération consiste à :

- Tuer les micro-organismes et à désactiver les enzymes responsables de la dégradation de l'huile en acides gras libres.
- Faciliter le détachement des fruits de la rafle
- Préparer la pulpe des fruits aux traitements ultérieurs
- Décoller partiellement les amandes des coques

#### a) Appareillages.

Ce sont des autoclaves de deux types :

- Autoclaves verticaux : • se chargent par le haut et se vident par une ouverture latérale située au bas de l'appareil ; • conviennent très bien pour la stérilisation des fruits égrappés. Les régimes, par contre, en tombant brutalement dans l'appareil lors du chargement risquent non seulement d'endommager les tôles perforées du fond, mais encore de subir une perte en huile due à l'entassement consécutif de leur chute. Un autre inconvénient ; lorsque le palan de chargement est endommagé, tout est arrêté.
- Autoclaves horizontaux : ce sont des cylindres métalliques horizontaux munis d'une ou deux portes et équipés de rails permettant d'y introduire des trains de cages de stérilisation contenant chacune environ 2,5 tonnes de régimes frais.

Le stérilisateur est équipé de 3 vannes :

- Vanne d'admission : qui amène la vapeur d'eau sous pression à l'appareil ;
- Vanne d'échappement : pour éliminer l'air contenu dans le stérilisateur ;
- Vanne de purge : qui sert à éliminer les vapeurs d'eau condensées.

Le procédé industriel de stérilisation consiste à traiter les fruits à la vapeur sous pression à 2,5-3 kg/cm<sup>2</sup> ; ce qui représente environ 600 kg de vapeur et 15-20 kWh par tonne de fruits traités.

Les techniques actuelles permettent l'utilisation de 500 kg de vapeur et 15 kWh par tonne de fruits. Suivant une méthode plus "artisanale", les fruits peuvent également être stérilisés dans des barils de 200 litres d'eau bouillante pendant 15 à 20 minutes. Pour fixer le temps et la pression plafond de stérilisation pour une période donnée, on observe les résultats de l'égrappage (fruits non égrappés) et la teneur en huile des rafles et des boues du stérilisateur.

### **5.3.Egrappage**

L'égrappage consiste à détacher les fruits par chocs répétés avec ou sans lacération des rafles. Après stérilisation, les régimes encore chauds subissent l'égrappage qui a pour but de détacher les fruits des rafles. L'efficacité de l'égrappage dépend de la maturité des fruits et de la qualité de la stérilisation. Les régimes verts ou insuffisamment stérilisés s'égrappent mal.

L'égrappoir est un grand tambour tournant horizontalement dont la paroi est constituée de barreaux à intervalles légèrement supérieurs au diamètre des plus gros fruits. Quelques palettes, disposées en hélicoïde contre la face inférieure, entraînant à chaque rotation les régimes vers le haut du tambour d'où ils retombent. Il existe deux types d'égrappoirs :

- Egrappoir à cage ;
- Egrappoir à bras batteurs.

#### **Classification des rafles après égrappage.**

- Rafles dures mal égrappées : sont déposées dans un wagon de « rafles dures » et retournées pour une seconde stérilisation (à part) ;
- Rafles bien égrappées : soit envoyées à la chaudière comme source d'énergie (combustible), soit pour la production de compost.

### **5.4.Le malaxage**

C'est une opération qui consiste à détacher des noix la pulpe et écraser les cellules pour libérer l'huile qu'elles contiennent (IRHO, 1967). Elle permet aussi de réchauffer la masse obtenue et l'amener au degré d'humidité voulu pour préparer l'extraction. Les fruits broyés sont malaxés pendant 20 à 40 minutes dans des cuves portées à 90-92°C.

Le malaxeur est une grande cuve cylindrique munie des bras tournants libres autour d'un axe vertical et contre des bras fixes et des cornières soudées à la paroi du malaxeur.

La durée du malaxage et la température sont deux facteurs essentiels de la qualité de l'extraction, le malaxeur étant maintenu constamment plein. Le malaxeur est ainsi muni de plusieurs thermomètres de contrôle dans le but de pouvoir ramener la masse malaxée exactement dans les conditions d'humidité et de plasticité désirée selon le mode d'extraction.

- Thermomètre (1) : dans la masse des fruits qui viennent de l'élévateur à godets ;
- Thermomètre (2) : température d'admission d'eau chaude ;

- Thermomètre (3) : température de la masse dans le malaxeur pour contrôler la température de l'eau de lavage.

La cuve est réchauffée par une double enveloppe où circule de la vapeur (par exemple) entre 3 à 4 kg/cm<sup>2</sup>. A cet effet, il y a lieu de prévoir la pression à la chaudière qui doit être de 5 kg/cm<sup>2</sup> et même plus.

Le temps requis pour un bon travail est fonction de l'efficacité du brassage. Il faut un appareil dont les bras sont en bon état. Dans ce cas, il faut :

- 20 à 40 minutes de brassage : pour des extractions par presse continue ;
- 45 à 60 minutes : pour des extractions par presse hydraulique ou statique ;
- 60 à 75 minutes : pour des extractions par centrifugeuse.

La température dont l'importance est primordiale doit se maintenir aux environs de 90- 92° pour les presses, 96 - 98° pour les centrifugeuses.

Dans les grandes huileries, il y a au moins 4 malaxeurs :

- 2 malaxeurs : pour le Dura x Pisifera
- 1 malaxeur : uniquement Tenera x Tenera
- 1 malaxeur : Dura x Tenera.

Au sortir des malaxeurs, les fruits malaxés doivent avoir une température supérieure à 85°C.

### **Méthode de lavage.**

Dans la méthode d'extraction d'huile par lavage, les malaxeurs sont à fond perforé. Un jet d'eau chaude à 80°C est envoyé dans la masse. Une demi-heure après lavage, 98% d'huile sont extraites en même temps que quelques % d'impuretés (sables, fibres, etc.). Il ne reste dans les malaxeurs que des fibres et des noix bien lavées.

### **5.5.Extraction.**

L'extraction consiste à séparer du magma des fibres et des noix malaxées la fraction liquide qui constitue l'huile de palme brute.

L'opération s'effectue soit par pression hydraulique statique (presse hydraulique), soit par pression continue (presse mécanique à vis) ou par centrifugation (essoreuse), suivie d'un lavage à l'eau chaude pour lessiver les noix et fibres de l'huile. Les presses continues à vis sont, aujourd'hui, universellement employées. Elles ont remplacé les essoreuses centrifuges et les presses hydrauliques.

#### **a) Appareillages.**

Il existe plusieurs types de presses et autres appareils d'extraction :

- Les presses hydrauliques ;
- Les presses continues ;
- Les essoreuses centrifuges ;
- Les malaxeurs-laveurs.

#### **Malaxeur-laveur (ou Wet process).**

Ce procédé consiste à laver copieusement et dans le malaxeur même la pulpe avec de l'eau chaude 10 à 20 fois plus abondante que l'huile à entraîner. Ce procédé laisse les

fibres et les noix très bien déshuilées mais la récupération d'huile dans les boues et si difficile que les pertes finales rendent ce procédé moins bon que les autres.

### **Comparaison entre les différents procédés.**

La centrifugeuse donne une huile brute relativement pure contenant 30 à 45% d'eau ; et très peu des colloïdes et des solides.

Les presses donnent des huiles contenant :

- 50 –55% eau + impuretés (presse hydraulique)
- 65 –75% eau + impuretés (presse à vis).

L'huile extraite de lavage (Malaxeur-laveur) contient plus ou moins 6 fois son poids d'eau qui retient en suspension des cellules huileuses intactes et la presque totalité des matières colloïdes de la pulpe. Elle doit être généralement retraitée par centrifugeuse.

### **5.6. Clarification.**

L'huile sortant de l'extraction est faite d'un mélange partiellement émulsionné d'huile de palme, d'eau contenant en dissolution des sucres et des sels présents dans la pulpe, des matières colloïdales (mucilages) ainsi que des impuretés solides (fibres, sable).

La clarification consiste à séparer l'huile de palme des autres constituants du liquide brut d'extraction au moyen soit d'un réchauffage par vapeur direct ou indirect, de soutirage et de centrifugation. Les jus bruts sont composés d'environ 35% d'huile, le reste étant de l'eau et des matières dissoutes ou en suspension.

La clarification se fait par décantation. La température a un rôle très important, influençant la viscosité et la densité de l'huile. La dilution des jus bruts opérée au niveau de la presse intervient aussi dans la vitesse de sédimentation.

Les huileries modernes utilisent des centrifugeuses éboueuses pour récupérer cette huile.

Après décantation, l'huile obtenue ne peut être stockée telle quelle, car elle contient encore des impuretés et de l'eau. Les impuretés sont ramenées à un taux inférieur à 0,01% par une seconde décantation ou à l'aide d'une centrifugeuse fonctionnant en purification (épuration). La clarification s'opère généralement en deux temps :

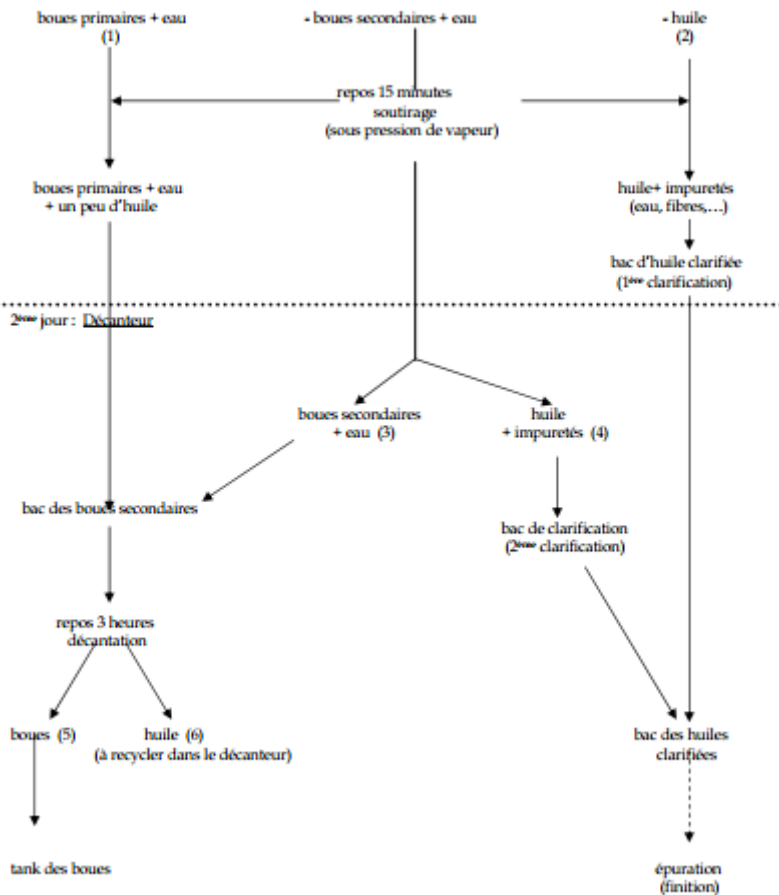
- La 1ère clarification sépare rapidement la plus grosse quantité d'huile du restant en vue d'éviter l'acidification ;
- La 2ème clarification traite les boues résiduelles pour en retirer encore de l'huile

Les procédés utilisés sont :

- La décantation statique discontinue
- La décantation statique continue
- La décantation par centrifugation.

#### Schema de clarification.

1<sup>er</sup> jour : Décanteur



### 5.7.Épuration (finition)

L'épuration a pour but d'éliminer le moins de 1% de quantité d'eau et les matières étrangères

préjudiciables à la qualité de l'huile et à sa conservation. L'humidité de l'huile doit être ramenée à un taux inférieur à 0,1% afin d'éviter tout risque d'acidification par hydrolyse en cours de stockage. L'eau étant partiellement soluble dans l'huile, il faut donc procéder à un séchage. Pour ce faire, après avoir été chauffée à une température légèrement supérieure à 100°C, l'huile passe dans un déshydrateur naturel où elle est étalée en couche mince sous ventilation d'air. Les déshydrateurs sous vide, également très répandus, fonctionnent suivant le même principe, mais à une température inférieure. Les méthodes d'épuration généralement utilisées dans les huileries sont :

- Par chauffage : recuiseur
- Par séchage :
  - a) Sous-pression réduite ;
  - b) Air chaud ;
  - c) Nappe très mince.
- Par filtre-presse ;
- Par centrifugeuse.

### 5.8.Stockage.

Une fois l'huile est épurée, elle est emmagasinée dans les grands réservoirs de stockage de 50 à 1000 T ; ou en fûts de 200 à 500 litres.

Si l'huile est mise en fûts, elle est pesée ; si elle est mise en tank, on en mesure le volume et on en

détermine la densité. Des tables ont été établies pour chaque tank, donnant sans aucun calcul le volume en fonction de la hauteur du niveau de l'huile. La détermination du poids de l'huile revient donc à faire une mesure de la hauteur et de la température de l'huile dans le réservoir.

## 6. Extraction d'huile palmiste

Les techniques d'extraction de l'huile palmiste sont semblables à celles employées pour les autres graines oléagineuses. Il est fréquent de voir différents types d'amandes traitées dans les mêmes installations : palmistes, coprah, karité, cacao, etc.

Les techniques employées font appel à un pressage, soit à une extraction par solvant soit aux deux. Une précaution spéciale des palmistes est nécessaire : broyage et cuisson préalables.

Le broyage a pour but de fragmenter les palmistes en petites particules pour favoriser l'extraction de l'huile. Des broyeurs à marteaux suivis de broyeurs à une ou plusieurs paires de cylindres cannelés et lisses sont nécessaires pour l'obtention d'un produit adapté. Le circuit de broyage est protégé en amont par des séparateurs magnétiques.

La cuisson est réalisée dans des chauffoirs verticaux à étages. Elle permet l'éclatement des parois cellulaires de l'amande, la coagulation des protéines, la fluidisation de l'huile. Elle permet en outre d'ajuster l'humidité de la matière à presser. Le produit sort des chauffoirs à une température de 130 à 150°C et avec une teneur en eau de l'ordre de 2%.

Les presses continues à vis ou expellers qui réalisent la compression de la masse sont du même principe que celles qui servent à extraire l'huile de la pulpe du fruit de palme, mais elles sont conçues pour supporter des pressions beaucoup plus élevées. La cage de presse est constituée de barreaux métalliques. L'huile libérée s'écoule au travers des barreaux et le tourteau s'échappe par le cône sous forme d'écaillés de 5 à 10 mm d'épaisseur. La teneur en huile résiduelle du tourteau est de 6 à 10% en pression unique et de 18-20% dans le cas d'un pré-pressage avant extraction par solvant.

L'extraction par solvant, très fréquemment utilisée, se pratique en faisant percoler un solvant, de l'hexane le plus souvent, au travers d'une couche de matière à travailler. Le miscella obtenu peut être enrichi par réutilisations successives jusqu'à saturation. L'huile du miscella est récupérée par distillation du solvant et le tourteau est épuisé par entraînement du solvant à la vapeur. L'huile brute doit être épurée par décantation statique ou par centrifugation. Les particules les plus fines sont éliminées par filtre presse. L'huile de palmiste est de couleur jaune clair à l'état liquide avec une saveur et une odeur de noisette assez caractéristique.

## 7. Raffinage des huiles végétales

Toutes les huiles végétales destinées à l'industrie alimentaire subissent le processus de raffinage. On effectue un certain nombre d'opérations en vue d'améliorer la saveur et les caractéristiques de ces produits, et on procède au mélange.

***Les étapes du raffinage : dégomme, raffinage à l'alcali en neutralisation ; décoloration et filtrage ; hydrogénation, fractionnement et désodorisation.***

**1<sup>è</sup> étape :** éliminer les impuretés solubles et non solubles dans les matières grasses + les produits de dégradation qui peuvent donner une saveur et un parfum peu agréables. Le dégomme élimine les substances non solubles dans les matières grasses y compris les gommes, les produits protéinés et les phosphatides. Cette opération s'effectue dans

des cuves munies de bobines chauffantes et de malaxeurs où l'huile brute est mélangée à de l'eau ou à du sel. Les impuretés sont précipitées dans une couche aqueuse qui est rejetée par la suite.

**2è étape :** l'huile est neutralisée ou raffinée à l'alcali pour éliminer les acides gras nocifs qui, en s'oxydant, pourraient occasionner le rancissement. On combine les acides gras + l'alcali (soude caustique) ; il se produit une solution savonneuse qui est ensuite séparée de l'huile. L'huile est lavée et séchée sous vide. La neutralisation provoque un léger effet de décoloration étant donné que la solution alcaline absorbe une partie du produit responsable de la couleur.

**3è étape :** le principal effet de la décoloration s'obtient par une terre naturelle de décoloration spécialement traitée, comme par exemple la terre de FULLER. Cette terre adsorbe les pigments de couleur et le produit résiduel oxydé qui aurait par la suite affecté la stabilité de la saveur, est écarté de l'huile dans des pressoirs filtrants.

**4è étape :** l'huile décolorée est directement dirigée vers l'hydrogénateur ou vers le désodoriseur, soit vers l'un puis vers l'autre pour être convertie en produit consommable. Pour les besoins alimentaires, l'huile décolorée est hydrogénée afin de produire des huiles de margarine, des épaississants, des huiles culinaires et des huiles multi-usages pour l'assaisonnement et la friture. L'hydrogénation consiste à ajouter de l'hydrogène en présence d'un catalyseur (Ni) pour rendre l'huile moins liquide et plus stable.

PF ; 50 à 55°C (huiles hydrogénées)

PF ; 25 à 40°C (huile de palme).

**5è étape :** le fractionnement produit deux types de matières grasses, l'un fondant à une température plus élevée que l'autre. Cette méthode permet de faire changer la proportion de solides en liquides dans les matières grasses qui se composent en effet d'un mélange de glycérides solides et liquides. Avant de fractionner la matière grasse, il faut la dissoudre et la refroidir dans des conditions strictes. Les glycérides de grande fusion sont les premiers à se cristalliser et sont récupérés après filtrage.

**6è étape :** après la décoloration et le filtrage ou après le fractionnement, l'huile subit une dernière étape du raffinage : la désodorisation. Il s'agit d'un processus de distillation à la vapeur sous vide dans lequel les substances désagréables se concentrent dans le distillat étant donné qu'elles sont volatiles à la vapeur.

Après le raffinage, les huiles et les matières grasses peuvent être mélangées pour donner différents produits finis. Par exemple, les matières grasses culinaires sont des mélanges d'huiles refroidies et structurées. Un mélange à 100% d'huile de palme peut comporter une certaine proportion d'huile de palme durcie.

8. Les résidus non alimentaires.

## 1. Rafles

La rafle est le support fibreux du régime de palme ; elle est récupérée après égrappage et représente environ 20 à 25% du poids de régimes entrant à l'huilerie. C'est un déchet à évacuer en continu et diverses possibilités ont été explorées :

- L'incinération, dans des incinérateurs situés dans l'usine ou dans de simples fosses réalisées en plantation, permet de récupérer une cendre riche en potasse anhydre (environ 5 kg de cendre par tonne de régimes contenant principalement environ 40% de K<sub>2</sub>O) ; attention : méthode polluante ;
- Lépardage de rafles en plantation est une solution agronomique intéressante chaque fois que les coûts de transport ne sont pas prohibitifs. Les rafles restituent, en plus des éléments minéraux, de la matière organique ;
- Les rafles peuvent être fragmentées puis essorées afin de servir de combustible en chaudière. Ceci permet de récupérer l'huile contenue, très acide, et de disposer de combustible supplémentaire utile chaque fois que des unités de transformation aval, raffinage, fractionnement, savonnerie, etc. existent à proximité des huileries.

## **2. Fibres et coques**

A leur sortie de la presse, les tourteaux sont constitués par un mélange très dense de fibres et de noix de palmistes. Après émottage du tourteau, les fibres sont récupérées. Avec une humidité de 40% environ et un pouvoir calorifique inférieur (PCI) voisin de 2 500 Kcal/kg, les fibres, qui représentent 12 à 13% du poids de régimes, sont expédiées vers la chaufferie où elles sont utilisées comme combustible principal. Après extraction des amandes, les coques sont également utilisées comme combustible, en partie ou en totalité selon les cas. Le PCI des coques et des différents déchets est d'environ 3 500 Kcal/kg pour une humidité de 20% ; les coques et les déchets représentent environ 5 à 7% du poids de régimes.

Enfin les coques de palmiste donnent, après carbonisation, un charbon de très haute qualité, utilisable pour la fabrication de charbon actif.

## **3. Effluents liquides**

Ils se composent des boues de clarification, des eaux de stérilisation ainsi que des eaux d'hydrocyclones, de lavage et de purges diverses. Leur volume et leur composition dépendent du procédé d'extraction utilisé ainsi que des technologies mises en œuvre. On considère, cependant, que les effluents liquides représentent 0,8 m<sup>3</sup> par tonne de régimes usinés.

Leur charge polluante étant très élevée (DBO<sub>5</sub> : 25 000 ppm ; DCO : 60 000 ppm), c'est pourquoi avant d'être rejetés dans les eaux d'évacuation ou de traitement, ces effluents sont décantés dans un florentin où est recueillie, par écrémage, une huile de mauvaise qualité.

Les boues solides obtenues par la centrifugation trois voies des jus bruts peuvent être traitées à part, pour faire notamment de l'aliment de complément pour ruminants ou porcins.

Le diagramme (les étapes d'extraction des régimes de noix de palme) récapitule les résidus et produits obtenus à partir de 100 kg de régimes frais avec un taux d'extraction de 22%.

### **1.2. Transformation des autres corps gras**

#### **a) Objectifs**

A la fin de cette section, l'élève sera capable :

- De décrire les caractéristiques de l'huile de coton, de l'arachide, et du beurre de karité
- D'indiquer le principe d'extraction d'huile de ces oléagineux (coton, arachide)
- De connaître les sous-produits de graines de coton, de l'arachide, de karité ainsi que leurs utilisations
- De schématiser la technique d'extraction du beurre de karité.

## b) Questions d'études

1. *Quel est le principe d'extraction d'huile des produits oléagineux ?*
2. *Quelles sont les caractéristiques de l'huile de coton ?*
3. *Quels sont les sous-produits de la graine de coton ? Et leurs utilisations ?*
4. *Quelles sont les caractéristiques de l'huile d'arachide ?*
5. *Quels sont les sous-produits de l'huilerie d'arachide et leurs utilisations ?*
6. *Quelle est la composition du fruit de karité ?*
7. *Comment extrait-on du beurre de karité ?*
8. *Quelles sont les produits et sous-produits de karité et leurs utilisations ?*

## c) Analyse et découverte

### Question 1 : Quel est le principe d'extraction d'huile des produits oléagineux ?

Chaque espèce végétale possède sa technologie spécifique, cependant, elles utilisent toutes un **procédé commun d'extraction d'huile** :

#### a. La trituration

- **Nettoyage** : les graines stockées dans un silo sont nettoyées à l'aide de tamis vibrants ou rotatifs.
- **Broyage** : les graines sont concassées, broyées et laminées jusqu'à l'obtention d'une farine grossière.
- **Chauffage** : la farine obtenue est chauffée par addition de vapeur d'eau. Le procédé dilate l'huile ; les cellules de la graine éclatent libérant les corps gras.
- **Extraction par pression** : le mélange est entraîné dans un pressoir à vis qui extrait de l'huile brute par simple pression !
- **Filtrage** : cette huile est filtrée et acheminée aux structures de neutralisation et de raffinage.

b. **Neutralisation et raffinage** : l'huile brute de couleur foncée est neutralisée dans plusieurs récipients successifs par addition d'un mélange de soude caustique (NaOH), d'eau chaude et de terre à foulon (argile servant à dégraisser). Une fois neutre sa couleur peut varier du brun foncé à une transparence marron clair. Elle est alors filtrée et désodorisée puis stockée.

c. **Extraction par solvant** : à l'aide d'un solvant, l'hexane, le mélange solvant plus huile passe par une série de plateaux jusqu'à ce que la concentration d'huile dans le solvant soit maximum. Le solvant est par la suite évaporé et récupéré par distillation. L'huile brute obtenue est envoyée à la neutralisation et au raffinage de tourteaux et d'aliments de bétail.

### Question 2 : Quelles sont les caractéristiques de l'huile de coton ?

Pour 100 kg de coton graine récoltés, on obtient les principaux produits et sous-produits suivants :

- ❖ Fibres : 30 à 45 kg
- ❖ Graines : 53 à 65 kg se décomposant ainsi :
  - Linter : 0 à 7 kg
  - Coques : 13 à 15 kg
  - Amandes : 35 à 42 kg comprenant :
    - Huile 9 à 12 kg
    - Protéines 11 à 13 kg
    - Autres produits 15 à 18 kg

Il faut compter également 2 à 3 % de déchets.

La composition de l'huile de coton en acides gras varie d'une région à l'autre et d'une variété à l'autre ; elle est aussi influencée par les procédés d'extraction et des conditions de conservation.

Les huiles de coton (de mars et de soja) ont une teneur élevée en acide linoléique : elles sont assez peu stables au stockage et rancissent facilement. Cependant l'huile de coton s'altère moins à la chaleur que les deux autres. Elle convient très bien aux usages traditionnels de toutes les huiles de table.

### Question 3 : Quels sont les sous-produits de la graine de coton ? Et leurs utilisations ?

---

Toutes les composantes de la graine sont utilisables à des usages variés. Le plus important est l'huile et subsidiairement les tourteaux et la Carine ; le duvet et la coque de la graine peuvent être également utilisés.

- a) **Le duvet** : est constitué par l'ensemble des poils très courts qui recouvre la graine de certaines variétés. Par délitage, qui consiste à arracher de la graine des poils qui ont persisté après l'égrenage, on obtient ainsi divers types de linter. Le linter est utilisé pour la confection de tissus grossiers, pansements, mèches, couvertures, feutres, matelas, rembourrage etc.
- b) **La coque** : c'est l'enveloppe brunâtre, dure et très lignifiée protégeant l'amande. La coque représente environ 40 à 45 % en poids de la graine, elle est pauvre en protéines et en matières grasses, riche en lignine et en cellulose. Il convient donc de l'éliminer si l'on veut obtenir un tourteau de valeur alimentaire élevée.
- c) **Les tourteaux** : suivant le procédé utilisé pour l'extraction de l'huile on obtient des types de tourteaux différents. La teneur en huile est assez élevée (4 à 8 %) et en matières grasses est faible (1 à 2 %). La richesse moyenne en protéines d'un tourteau de coton est de 41 %. Par contre les tourteaux contenant du gossypol, pigment toxique pour l'homme et les animaux monogastriques.

**Usages** : la principale utilisation des tourteaux de coton est l'alimentation du bétail. Les ruminants s'adaptent assez bien à cette alimentation et ne semblent pas souffrir de la présence du gossypol quand il est absorbé à dose modérée. Par contre, ces tourteaux ne conviennent pas aux non ruminants (élevage des poulets par exemple). On utilise parfois comme fumure minérale, car une tonne de tourteaux apporte 66 kg N, 15 kg P205, 20 kg K20.

d) **Farine de coton**

La bonne qualité des protéines de la graine de coton ferait de sa farine une source alimentaire importante. Cependant, le principal frein à l'alimentation humaine est la présence de gossypol. Les farines étaient rendues alimentaires par voie chimique ou thermique, qui vise soit à inactiver le gossypol soit à l'extraire du tourteau. Actuellement, la voie génétique permet la culture de cotonnier dont les graines ne possèdent pas de glandes à gossypol (variétés sans glandes ou glandless : ISA-8C2 de Côte d'Ivoire, J-131-253 du Tchad par exemple).

**Utilisation :** les farines de coton déshuilées et dégossypolisées ont de nombreux usages en alimentation animale et humaine. Une expérience nutritionnelle menée au Mali a montré que le mélange de farine de mil (80 %) et de farine de coton sans

gossypol (20 %) s'est révélé un produit de haute valeur nutritive pour les enfants.

---

**Question 4 : Quelles sont les caractéristiques de l'huile d'arachide ?**

---

Les graines d'arachide sont composées de :

- 72,6 % de cotylédons : très riches en protéines (26 %) et en huile (45 à 53 %).
- 4,1 % de tégument séminal riche en tanins et en pigments.
- 3,3 % d'embryons : contient de saponine (saveur amère). Les graines sont relativement pauvres en éléments minéraux (3 % de cendres).

L'huile brute d'arachide obtenue par les divers procédés utilisés dans les huileries industrielles à une teinte jaune plus ou moins prononcée. Tandis que l'huile raffinée est légèrement jaunâtre, très appréciée par les consommateurs, mais elle ne contient pratiquement plus d'acides gras libres (0,10 %) et ne possède plus ni goût ni odeur. Les acides gras entrant dans la composition de l'huile d'arachide comportent généralement 80 à 85 % d'insaturés (acide oléique, acide linoléique) et 15 à 20 % de saturés (acide palmitique, acide arachidique, acide stéarique etc.).

**Utilisation :** l'huile d'arachide est une excellente huile de table. Elle entre aussi dans la composition des margarines. On l'emploie aussi en savonnerie (pâtes résultant de sa neutralisation par lessive de soude ou les huiles acides provenant de la décomposition de ces pâtes).

---

**Question 5 : Quels sont les sous-produits de l'huilerie d'arachide et leurs utilisations ?**

---

**a) Le tourteau d'arachide :** à la sortie des appareils de fabrication, les tourteaux peuvent se présenter sous forme de morceaux d'écaillés ou de grumeaux ou de farine grossière. Les tourteaux peuvent être conservés et commercialisés sans transformation ou réduits par broyage en farine ou en granulés (pellets). Les tourteaux renferment environ 50 % de matières protéiques et sont principalement utilisés pour la nourriture du bétail.

**b) Les coques d'arachide**

- Emploi des coques comme combustibles dans les foyers des chaudières de l'huilerie.
- Fabrication des panneaux de particules (portes-cloison) par mélange des coques broyées avec de résine synthétique et pressage à chaud de ce mélange.

### c) Autres sous-produits

- Pellicules rouges entourant l'amande servant comme support d'aliment mélasse pour le bétail.
- Pâtes de neutralisation et mucilages sont utilisables dans divers industries (tourteaux, savons).

### **Question 6 : Quelle est la composition du fruit de karité ?**

---

D'une manière générale, 100 kg de fruits donnent 50 kg de noix fraîches, qui donnent 30 kg de noix sèches contenant 20-'.kg d'amandes sèches, celles-ci représentent de 5 à 20 % en poids des fruits frais. Composition du fruit

- **Pulpe** : est lactescente mais perd son latex à maturité, contient environ 10% de divers sucres (réducteurs et non réducteurs).
- **Amande** :
  - 48 à 51 % de matières grasses
  - 1,5 à 2,5 % de sucres
  - 9 % de matières azotées
  - 6,5 à 7 % de cellulose
  - 4,5 à 7,4 % de tannins.

### **Question 7 : Comment extrait-on du beurre de karité ?**

---

La production du beurre de karité une activité essentielle pour les femmes rurales maliennes qui en tirent une partie importante de leurs revenus. La méthode d'extraction traditionnelle est relativement efficace et adaptée aux conditions locales ; par contre elle est exténuante et pénible pour un grain final plutôt dérisoire. Actuellement divers organismes de recherche ont proposé quelques améliorations techniques (méthodes d'extraction et matériels) afin de soulager le travail des femmes et d'accroître le taux d'extraction.

#### **Technologie traditionnelle**

- Ramassage des noix de karité et stockage dans de grandes fosses (début d'hivernage).
- Déterrement des noix (en octobre)
- Séparation des noix de la pulpe
- Séchage des noix dans les **fours à karité**
- Décorticage des noix en quartier- (les coques servant comme combustibles du four).
- Chauffage des amandes au four
- Pilage dans un mortier jusqu'à l'obtention d'une pâte
- Laminage sur une meule avec une meulière
- Barattage de la pâte dans une cuvette de bois avec les mains jusqu'à l'obtention d'une pâte blanchâtre surnagée de crème (utilisée comme remède contre les maux de ventre).
- Lavage de la pâte à l'eau pour enlever les impuretés
- Cuisson de la crème pour séparer l'huile des résidus (utilisés dans la fabrication de savon).
- Récupération de l'huile pour décantation dans unealebasse ou cuvette.
- Solidification de l'huile en beurre

- Emballage du beurre dans des feuilles de wolo à l'aide de fibre.  
Rendement : 96 kg de beurre/an/femme.

### **Technologies améliorées**

- **Presses hydrauliques G.T.Z** (Office Allemand de Coopération Technique) - D.M.A.  
L'huile est obtenue par pressage d'une poudre chaude d'amandes de karité légèrement pilées.

- **Autres méthodes** : on peut remplacer des opérations de pilage et laminage à la meule par l'utilisation de petits moulins manuels ou à meutes motorisés.

### **Question 8 : Quelles sont les produits et sous-produits de karité et leurs utilisations ?**

---

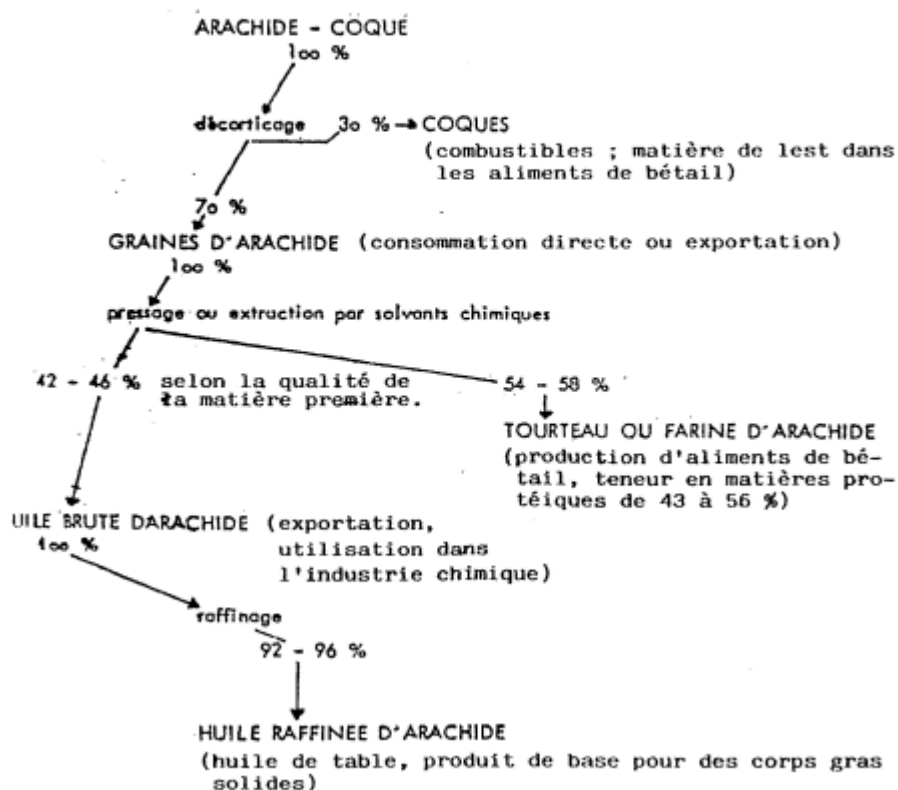
#### **a. Usages traditionnels**

- Fruits : certains arbres donnent la pulpe sucrée et consommable crue à maturité
- Amande : pour l'extraction du beurre
- Beurre : principalement pour la cuisine locale
- Savon : le beurre est utilisé en savonnerie
- Toilette : le beurre de karité est le cosmétique par excellent des femmes sahéniennes.
- Pharmacopée : contre les douleurs. Rhumatisme, courbatures
- Eclairage : utilisation dans les lampes à huile ; la flamme est éclairante mais fuligineuse (produit de la suie).
- Latex : tiré des incisions pratiquées sur le tronc, donne une "glu" pour attraper les oiseaux.
- Bois : excellent bois de chauffage et de construction.

#### **b. Utilisations industrielles**

- Savonnerie : fabrication du savon de Marseille (employé seul le karité donne un savon peu soluble).
- Stéarinerie : fabrication des bougies
- Alimentation : utilisation en faible proportion du beurre de karité dans la fabrication des margarines et des pâtes alimentaires ; par enrobage en chocolaterie et confiserie.
- Parfumerie et pharmacie : le beurre de karité est employé dans les produits cosmétiques (Ex : Crème de beauté Karitéa).
- Tourteaux : utilisé dans l'alimentation du bétail ; le coefficient d'utilisation digestive du tourteau de karité très faible et l'ingestion de ce tourteau nuit à l'assimilation des matières azotées et cellulosiques.

SCHEMA DE TRANSFORMATION DE L'ARACHIDE



**Suite des opérations pour l'extraction de l'huile**

*arachides en gousses*

- |                             |        |   |
|-----------------------------|--------|---|
| Nettoyage                   | —————> | gousses propres.                                |
| Décorticage                 | —————> | graines + débris de coques.                     |
| Dépelliculage               | —————> | graines démunies de leur pellicule              |
| Broyage                     | —————> | pâte.   |
| Chauffage et humidification | —————> | pâte chaude et humide.                          |
| 1 <sup>er</sup> Pressurage  | —————> | huile et tourteaux de 1 <sup>er</sup> pression. |
| 2 <sup>e</sup> Pressurage   | —————> | huile et tourteaux de 2 <sup>e</sup> pression.  |
| Démucilagination            | —————> | huile dépourvue de mucilages.                   |
| Neutralisation              | —————> | huile sans acides gras libres.                  |
| Décoloration                | —————> | huile de belle couleur.                         |
| Désodorisation              | —————> | huile sans mauvaises odeurs.                    |
| Stockage                    |        |   |
| ↓                           |        | Mise en fûts ou en bouteilles ou en bidons      |

## Unité 2. USINAGE DU CAFE



Fig. Pied d'un caféier en maturité : cerises très mures alors que d'autres sont encore vertes

Les fruits mûrs du caféier subissent un certain nombre d'opérations qui ont pour objet de dégager les grains de leurs enveloppes (pulpe, mucilage, parche, pellicule) et d'améliorer leur présentation.



Fig. Différentes enveloppes de la cerise du café.

Pour obtenir le grain marchand, on a recours à l'une des trois techniques suivantes:

- La voie humide,
- La voie sèche,
- La voie semi-humide

Le recours à la voie humide est de règle pour les cafés Arabica de choix, qualifiés de **doux** par le commerce international, car cette méthode confère au grain un aspect agréable qui valorise les lots. Les cafés, Arabica et autres, n'appartenant pas à cette catégorie supérieure, mais cependant traités par la voie humide sont qualifiés de **lavés**.

Les cafés traités par voie sèche sont qualifiés de **nature**. Dans les deux cas, le produit à traiter, la cerise mure, contient de 65 à 75 % d'eau, dont une grande partie doit être éliminée au cours du séchage.

### 2.1. VOIE HUMIDE

La première opération, le **dépulpage**, est souvent précédée d'un **triage**, nettoyage sommaire ayant pour but d'éliminer les débris végétaux (feuilles, fragments de rameaux, etc.) et les matières étrangères (pierres, terre, etc.) qui ont été collectés au moment de la cueillette.

Pour obtenir un meilleur produit, il est bon de séparer les cerises mûres de celles qui ne le sont pas ou qui, non récoltées à temps, sont desséchées.

Ces opérations peuvent se faire manuellement s'il s'agit de petites quantités. Pour les tonnages importants, on a recours à des appareils mécaniques : séparateurs à plans oscillants, cribles rotatifs, etc., ou à divers types de laveurs dont la **cuve-siphon**.

## Description

Les produits se classent par densité : au fond de la cuve se déposent les pierres, la terre ; au-dessus se rassemblent les fruits sains, légèrement plus denses que l'eau, tandis que les impuretés, les cerises sèches, les coques vides, etc., beaucoup moins denses, surnagent.

### 2.1.1. Le dépulpage

Le dépulpage est l'opération qui consiste à enlever la pulpe. Il doit avoir lieu dans le meilleur délai mais jamais dépasser 36 heures ; ceci pour éviter l'apparition des fèves puantes.

On utilise comme appareils, les dépulpeurs, dont il existe deux types : les dépulpeurs à **cylindre** (ou à tambour) et les **dépulpeurs à disque**, basés sur le même principe.

Les premiers sont essentiellement constitués d'un cylindre métallique rotatif, revêtu d'une mince chemise de cuivre, poinçonnée en relief (« boutons ») et d'une plaque « poitrinière ») maintenue à une distance réglable de celui-ci.

Les cerises, entraînées par la rotation de l'appareil, sont pressées entre le cylindre et la poitrinière ; la pulpe, déchiquetée par les aspérités, est entraînée à l'extérieur, tandis que les grains retenus par un évidement du canal de la poitrinière sont évacués par un orifice latéral.

Dans les dépulpeurs à disque, la pièce travaillante, le cylindre, est remplacé par un ou plusieurs disques à chemise de cuivre poinçonnée, montés sur un axe horizontal, animés d'un mouvement de rotation (120 tr/min).

Le bon fonctionnement de ces deux types exige beaucoup d'eau, particulièrement les dépulpeurs à cylindre. On estime qu'un débit minimum d'un litre par kg de fruits est nécessaire.

Pour toutes les opérations, il faut 40 m<sup>3</sup> par tonne de café marchand.

Le débit des dépulpeurs est proportionnel à la longueur du cylindre chez les appareils de ce type, au nombre des disques chez les seconds. Pour les premiers 500 kg de cerises traitées par cylindre

par heure ; pour les seconds 1000 kg par disque par heure. Il existe des modèles petits pour les petites exploitations avec une capacité horaire de 50 à 250 kg de cerises.

Aussi satisfaisant que soit le fonctionnement des dépulpeurs, il y a toujours un petit pourcentage de fruits, généralement de plus petit format que la moyenne de la récolte qui, non dépulvés, sont évacués avec les grains. On doit les récupérer et les soumettre à un nouveau dépulpage dans un appareil au réglage plus serré « **dépulpeur - repasseur** ».

Le café, à la sortie des dépulpeurs, est encore revêtu de mucilage très adhérent à la parche. Cette matière, riche en pectine, très hygroscopique, constitue un obstacle au séchage rapide des grains. On l'éliminera par la **démucilagination**.

### 1.1.1 La démucilagination

La démucilagination fait intervenir une de quatre méthodes suivantes faisant intervenir:

- Une action biochimique (fermentation) ;
- Une action chimique;
- Une action mécanique;
- Une action combinée, mécano-chimique.

#### 1.1.1.1. Démucilagination par action biochimique : fermentation

La mise en fermentation consiste à placer le café-parche dans des conditions de milieu telles que la décomposition des matières pectiques de l'enduit mucilagineux du grain, attribué à l'action des diastases, s'opère avec l'accompagnement d'une fermentation à dominance lactique, mais sans engendrer de fermentations secondaires (acétique, butyrique, putride) nuisibles à la qualité du produit. La pectinolyse est accélérée par la présence de différents micro-organismes (levures, bactéries, etc.).

La démucilagination est souvent précédée d'un triage des fèves flottantes par courant d'eau. En effet, celles-ci fermentent mal et donnent un café de moins bonne qualité.

La durée de la fermentation est très variable. Elle est fonction du volume de la masse, espèce ou variété de café, stade de maturité des fruits, température ambiante, etc.

Pour les Arabica, la durée varie de 12 à 48 heures.

Pour les Robusta, de 12 à 36 heures.

Les causes les plus fréquentes de mauvaise fermentation sont:

- Une trop longue durée de séjour dans les bacs provoquant des altérations dans les grains et la formation de fèves, dites **puantes**, dont la présence déprécie considérablement la marchandise;
- L'usage de bacs ou récipients sales, contenant d'opérations précédentes;
- Un égouttage insuffisant du café-parche ; la masse est noyée et la fermentation aérobie est stoppée;

- L'emploi d'eaux polluées ou à caractère basique;
- Un milieu insuffisamment humide (bacs exposés au soleil; par exemple).

#### 1.1.1. 2. Démucilagination par action chimique

Plusieurs produits chimiques ont été expérimentés pour démucilagner le café, notamment la chaux, qui précipite les pectines sous forme des pectates insolubles, facilement éliminés par un lavage.

#### 1.1.1.3. Démucilagination par action mécanique

On utilise comme appareil **dépulpeur-démucilagineur** « Raoeng ». Cet appareil effectue simultanément le dépulpage, la démucilagination et le lavage. Il se compose essentiellement d'une longue enveloppe cylindrique perforée parcourue par un courant d'eau sous pression dans laquelle tourne rapidement (400 à 500 tours/minute) un cylindre cannelé. Les cerises, entraînées par l'eau, sont comprimées entre le cylindre et son enveloppe; la pulpe déchiquetée et les matières mucilagineuses sont entraînées et évacuées.

#### 1.1.1.4. Démucilagination par action mécano-chimique

Pour cela on utilise un appareil appelé « **café-pro** »,

#### 1.1.2. Lavage

Le lavage a pour objet d'éliminer les produits formés au cours de la fermentation, les débris de pulpe adhérant encore à la parche, etc. il est généralement effectué dans de grandes cuves, dites laveurs, ou par un lent cheminement dans des canalisations à ciel ouvert.

La densité du café-parche étant généralement comprise entre 1,05 et 1,10 et les grains plongés dans l'eau ayant tendance à se déposer au fond des récipients, cette opération doit être accompagnée d'un bon brassage.

Le besoin en eau est de 10 litres par kg de café.

#### 1.1.3. Séchage

Le séchage du café-parche est hâté par un bon égouttage à la sortie des canaux de lavage. Un séchage mal conduit, trop rapide ou prolongé, une reprise d'humidité (pluie, rosée) en cours d'opération, etc. sont susceptibles d'altérer les grains (fèves décolorées, bigarrées, brunes, rousses, etc.) et d'avoir de graves incidences sur la valeur commerciale du produit.

Le séchage provoque une contraction volumétrique du grain de l'ordre de 12 à 15 %.

On distingue deux grandes techniques de séchage: **le séchage naturel (ou solaire) et le séchage artificiel**. Quelquefois, toutes

deux sont utilisées, la seconde complétant généralement la première (séchage mixte).

Pour le séchage solaire, on utilise:

- La claie fixe ou mobile, surélevée;
- Les terrasses-séchoirs, sous bâtiment à toit mobile;
- L'aire, généralement cimentée.

On commence le séchage par une couche peu épaisse et fréquemment remuée; par la suite l'épaisseur peut atteindre 3 à 4 cm, soit un poids de 10 à 15 kg de café-parche par mètre carré.

La durée du séchage dépend de plusieurs conditions climatologiques. Dans les régions favorables: six à huit jours. Dans les moins favorables: dix à quinze jours.

Le séchage artificiel est indispensable sous les climats très pluvieux et lorsque l'importance des tonnages nécessite une accélération des opérations.

On utilise:

- La sole chauffante du four classique, débit: 25 kg de café- parche au mètre carré par jour, la température débute par 75 à 80 °C pour terminer par 50 °C;
- Les séchoirs mécaniques: le principal organe est un tambour cylindrique en tôle perforée, animé d'un lent mouvement de rotation (2tr par min) autour d'un axe tubulaire.

### Stockage du café-parche

Quels que soient les soins dont on a entouré le séchage, le café n'est jamais homogène dans sa teneur en eau. On obtient une certaine uniformité en stockant le café dans des silos de plusieurs mètres cubes de capacité durant au moins une semaine.

#### 1.1.4. Le départage

Le matériel le plus simple est le pilon. En

outre, il existe:

- ✓ Le départeur mécanique
- ✓ Les polisseurs (pour l'élimination complète de la pellicule) ;
- ✓ Le départeur polisseur effectue les deux opérations simultanément.

## 2.2. VOIE SECHE

Les fruits sont séchés aussitôt récoltés. A l'issue du séchage, la pulpe, le mucilage et la parche constituent une sorte de coque enveloppant les grains, qu'il suffit de briser pour libérer ceux-ci.

Ce mode de traitement compte moins d'opérations mais dure plus longtemps.

### 1.2.1. Séchage

#### Séchage naturel

Idem que pour le café-parche.

La couche des fruits ne doit pas dépasser 5 à 6 cm d'épaisseur (soit environ 40 kg de fruits frais au mètre carré), sinon il y a risque sérieux de développement des moisissures, de germination de grains, de formation des grains noirs, etc.

Durée : 10 à 20 jours. Le séchage est terminé lorsque les enveloppes de la coque se fragmentent facilement sous la pression des doigts.

Pour le **séchage artificiel**, on utilise le même matériel que pour le café parche mais avec une consommation supérieure d'énergie.

### 1.2.2. Décorticage

Le pilon est le matériel le plus simple.

On dispose de moyens plus perfectionnés et à grand débit avec les décortiqueurs. Ces appareils, dans le système « Engeberg », comportent un cylindre monté sur un axe horizontal portant des lames ou couteaux en acier inclinés par rapport à la génératrice, actionnés par un moteur (400 à 500 tours/min). Ce cylindre tourne à l'intérieur d'un carter dont la partie inférieure est ajourée ; une lame de décorticage (ou couteau) dont l'écartement par rapport au cylindre est réglable, est ajustée à l'intérieur du carter. Le café, entraîné par les rotations du cylindre, est violemment projeté contre la lame fixe ; sous les chocs répétés, la coque est brisée.

Les débris d'enveloppe (balles) sont expulsés par une soufflerie, tandis que les grains sont recueillis à la sortie de la machine.

## 1.3 Le traitement par voie semi-humide

Dans le cadre de ce traitement, les cerises de café rouges et mures sont lavées, épulpées à l'aide de machines et soigneusement séchées.

### Le café brut semi-lavé est doux et peu acide

Les cerises de café fraîchement récoltées ne sont pas comestibles. Elles ne se conservent pas non plus et ne sont pas aptes au transport. Elles doivent donc être traitées le plus rapidement possible, de manière professionnelle et soignée.

Le traitement semi-humide est un mode de traitement mixte, sans fermentation. Les cerises sont lavées et pré-triées et la pulpe de fruit est, dans une large mesure, enlevée à l'aide de machines comme dans le cas d'un traitement par voie

Humide. Au lieu de fermenter de façon contrôlée, les cerises sèchent directement au soleil ou dans des machines. La pulpe de fruit résiduelle et le mucilage sont ensuite extraits par pression et friction.

Le café vert est qualifié de 'pulped natural', 'café semi-lavé' ou 'semi dry'. Ce café est moins acide que le café lavé et donc plus doux.

### **Operations communes aux cafés traités par les voies humide et sèche**

Pour améliorer la présentation des lots, les opérations suivantes sont recommandées : nettoyage, épierrage, triage, calibrage, mélanges, homogénéisation, emballage.

#### a) Le nettoyage

On utilise le **tarare classique** pour le nettoyage-dépoussiérage.

#### b) Le triage et le calibrage

Le triage a pour but d'éliminer les fèves altérées, mal venues, noires, décolorées, tachées, etc., et un pourcentage plus ou moins élevé de brisures, etc., de façon à améliorer l'aspect du café, ainsi que sa qualité.

On exploite la différence de densité entre différents types des fèves.

Un bon triage mécanique exige un classement granulométrique. Les appareils assurant au même moment le triage et le calibrage sont : les **trieurs cylindriques, trieurs oscillants ou vibrants, classeurs densimétriques à air pulsé ou en dépression, catador, etc.**

Principe de fonctionnement du catador

c) Au terme de ces opérations, les cafés sont s'il y a lieu, **homogénéisés** par type de classement.

#### 1.4. QUELQUES DONNEES SUR LA COMPOSITION DES FRUITS DU CAFEIER ET LEUR RENDEMENT EN CAFE MARCHAND

##### 1) Café Canephora (Robusta)

100 kg de cerises mures donnent environ:

	Poids (kg)	Type de café
Voie humide	74	Café dépulpe
	52	Café lavé
	49	Café égoutté
	44	Café préséché
	26	Café-parche
	22	Café marchand
Voie sèche	40 – 45	Cerises sèches
	22	Café marchand
Sous-produits		
	50 – 60	Pulpes fraîches
	12 – 15	Pulpes sèches
	3 – 5	Parche
	20	Coques

## Unité 3. USINAGE DU CACAO

---

### 3.1. LA RECOLTE ET L'ECABOSSAGE

#### 3.1.1. La récolte

C'est le plus souvent par leur changement de couleur que l'on apprécie la maturité des cabosses, le vert virant au jaune, le rouge virant à l'orangé. Mais pour certains fruits, ce changement de couleur peut ne pas être très apparent et l'on risque de ne pas récolter à temps des cabosses ayant atteint leur pleine maturité.

Une récolte trop tardive entraîne le risque de pourriture et de germination des fèves. Mais il est plus grave encore de récolter des cabosses avant maturité, car elles influencent ensuite très défavorablement la fermentation, fournissant un pourcentage élevé de fèves violettes et ardoisées, et réduisent de manière sensible le rendement en cacao sec.

Aussi la récolte doit-elle être effectuée à intervalles réguliers qui devraient être en moyenne de 10 à 15 jours et ne devraient, en tout état de cause, jamais excéder trois semaines.

La cueillette est faite normalement, pour les cabosses directement accessibles, à l'aide d'un couteau ou d'une machette bien affûtée ; on utilise pour les cabosses les plus hautes un outil spécial emmanché à l'extrémité d'une longue perche, outil souvent fabriqué localement et qui doit avoir des bords bien tranchants pour permettre de sectionner le pédoncule du fruit sans endommager l'arbre qui le porte.

Il est important en effet de ne pas blesser le coussinet fructifère qui portera les récoltes suivantes et de ne pas favoriser par des blessures la pénétration dans les tissus de l'arbre des champignons parasites.

#### 3.1.2. L'écabossage

Après la récolte, les cabosses doivent être écabossées, soit sur place, soit vers le lieu où les fèves seront fermentées.

Pour les petites exploitations familiales qui sont les plus nombreuses, l'écabossage doit être fait après la récolte de manière à pouvoir réunir le même jour une masse suffisante de fèves pour obtenir une fermentation homogène. Le délai entre l'écabossage et la mise en fermentation ne doit pas de toute façon excéder 24 heures. Il est possible de conserver sans inconvénient les cabosses récoltées pendant 3 ou 4 jours avant de commencer l'écabossage.

On appelle **écabossage** l'opération qui consiste à casser les cabosses et en extraire les fèves qui, séparées du placenta, seront ensuite soumises à la fermentation.

L'écabossage est généralement effectué à la main.

Le plus simple est de frapper la cabosse à l'aide d'un morceau de bois de manière à briser les coques. On peut aussi frapper la cabosse d'un coup sec sur une pierre ou sur une bille de bois.



Fig. Ecabossage du cacao

L'extraction des fèves et leur séparation du placenta se fait facilement à l'aide de deux doigts glissant le long du placenta.

On a tenté de mettre sur pieds des machines à écabosser mais aucun type n'a fourni les résultats escomptés.

### 3.2. LA FERMENTATION

Avant d'être séchées les fèves fraîches de cacao, dès qu'elles sont extraites des cabosses doivent subir un ensemble de transformations qui ont essentiellement pour buts :

- ✓ De les débarrasser de la pulpe mucilagineuse qui les entoure ;
- ✓ De provoquer la mort de l'embryon et par conséquent d'empêcher la germination des fèves en permettant leur conservation ;
- ✓ D'entraîner de profondes modifications biochimiques à l'intérieur des cotylédons.

Ces modifications biochimiques se traduisent par un gonflement des cotylédons, par la disparition de leur couleur pourpre lorsqu'elle existe, c'est-à-dire dans la majorité des cas (Forastero et Trinitario], par l'apparition d'une couleur brune caractéristique d'un cacao bien préparé.

Elles ont, en outre, pour conséquence d'entraîner une diminution de l'amertume et de l'astringence et de permettre le développement des « **précurseurs** » de l'arôme, substances dont la présence est indispensable pour que les fèves de cacao puissent manifester, après torréfaction, l'arôme caractéristique que l'on appelle « arôme chocolat ».

### 2.2.1. Processus de la fermentation:

#### a) Fermentation de la pulpe

Composition des fèves fraîches de cacao (en pourcentage de poids frais)

	Cotylédons	Pulpe	Tégument
Eau	35	84,5	9,4
Cellulose	3,2	-	13,8
Amidon	4,5	-	46,0
Pentosane	4,9	2,7	-
Sucrose	-	0,7	-
Glucose et fructose	1,1	10,0	-
Beurre de cacao	31,3		
Protéine	8,4	0,6	18,0
Théobromine	2,4	-	-
Caféine	0,8	-	-
Polyphénols	5,2	-	0,8
Acides	0,6	0,7	-
Sels minéraux	2,6	0,8	8,2

Sa contamination par de nombreux micro-organismes intervient soit par le simple contact avec les mains des travailleurs ou avec le matériel utilisé pour le transport et le traitement de du cacao, soit encore par de nombreux insectes attirés par le mucilage sucré.

Parmi ces micro-organismes, les levures prennent un rapide développement, favorisées par le pH acide, la richesse en sucre et la faible teneur en oxygène de la masse. Sous l'effet de ces levures, les sucres de la pulpe sont transformés en **alcool éthylique** avec dégagement de gaz carbonique.

La pulpe, dont le pH acide est dû à la présence de l'acide citrique, constitue un milieu favorable au développement des levures.

La fermentation alcoolique provoque une élévation de température en même temps qu'une augmentation du pH. Des bactéries de l'acide lactique commencent alors à se développer. Mais bientôt, la rupture des cellules de la pulpe et le drainage des jus qui en résulte

permettant une meilleure aération, ce sont les bactéries **d'acide acétique** qui interviennent et prennent un grand développement, transformant par oxydation l'alcool en acide acétique. Cette réaction, qui exige une bonne aération, est également exothermique et prend une grande part à l'élévation de température de la masse en fermentation. Dès le troisième jour, l'équilibre est atteint entre les bactéries d'acide acétique et les levures, la fermentation lactique n'ayant été que de très courte durée.

Sous l'effet de ces fermentations, la température augmente progressivement, cette augmentation dépendant d'ailleurs du volume de la masse de cacao utilisée et des précautions prises pour éviter son refroidissement.

**L'élévation de la température joue un rôle très important. Elle est en partie responsable de la mort des fèves et par conséquent du début des réactions enzymatiques dans les tissus des cotylédons.** Une température de 44° à 47°C, atteinte en 48 heures, est considérée généralement pour satisfaisante.

La température ne se répartissant de la même manière dans la masse à fermenter, il est nécessaire, au cours de la fermentation, d'effectuer des brassages destinés à aérer l'ensemble de la masse en permettant ainsi une fermentation homogène de toutes les fèves. Le brassage se fait généralement tous les deux jours.

La durée optimale pour la fermentation est de six à sept jours. La surfermentation peut être mise en évidence par l'augmentation rapide des pH internes et externes des fèves affecte considérablement le goût du cacao et doit être obligatoirement évitée.

#### b) Mort des fèves

La mort des fèves est caractérisée par la perte de leur pouvoir germinatif.

#### c) Réactions internes dans les tissus des cotylédons

Les tissus des cotylédons sont formés de deux types de cellules : des cellules à pigments contenant des polyphénols (tannins, catéchines, anthocyanine) et des purines (théobromine et caféine), et des cellules des réserve, non colorées, enfermant des cristaux de beurre de cacao, les grains d'amidon, les protéines (grains d'aleurone) et tou~ les enzymes.

Dès que les fèves sont tuées, les parois cellulaires deviennent

perméables et le contenu des cellules peut diffuser librement à travers les tissus.

Les cotylédons prennent une couleur brune et leur astringence diminue considérablement. La diminution de l'astringence, qui est une des caractéristiques d'un cacao bien fermenté, résulte de l'insolubilité des produits d'oxydation des polyphénols.

Environ 40 % de la théobromine présente dans les cotylédons frais est perdue au cours de la fermentation. Cette perte de la théobromine est en grande partie responsable de la diminution de l'amertume des fèves bien fermentées.

Les protéines subissent une destruction par l'activité enzymatique.

#### d) Arôme chocolat

La conséquence la plus importante des modifications qui interviennent dans les cotylédons au cours de la fermentation, est l'apparition des **précurseurs de l'arôme chocolat**. Ces seules substances sont capables de donner aux fèves de cacao, après torréfaction, la saveur et l'arôme caractéristiques que l'on recherche dans ce produit.

### 2.2.2. Méthodes utilisées pour la fermentation

#### 2.2.2.1. Méthodes traditionnelles

Trois méthodes sont traditionnellement utilisées pour la fermentation du cacao: **fermentation en paniers, en tas ou en bacs**.

Les paniers, tressés en fibres végétales, peuvent être de toutes dimensions et contenir des quantités très variables des fèves, allant de 10 à 150 kg. Le panier rempli est posé sur le sol et recouvert des feuilles de bananiers. Le brassage s'effectue en transvasant les fèves d'un panier dans un autre.

Pour la fermentation en tas, une couche des feuilles de bananiers est tout d'abord disposée sur le sol, soit directement, soit sur un lit des branchages qui facilitera le drainage des jus. Les fèves de cacao sont mises en tas sur ces feuilles qui, repliées, les recouvrent ensuite entièrement.



Fig. Fermentation en tas  
La fermentation en bacs ou en caisses.



Fig. Fermentation en bacs

Les dimensions sont variables selon les possibilités de récolte. Ces bacs ou caisses sont construits en bois. Les caisses de 45 x 45 x 45 cm peuvent contenir 80 à 85 kg de fèves fraîches. De grands bacs pouvant contenir plus d'une tonne de cacao frais peuvent aussi être utilisés mais il faudrait veiller à ce que la hauteur ne dépasse pas 80 à 90 cm. Les bacs de fermentation doivent obligatoirement comporter des trous pour assurer le drainage des jus et permettre une bonne aération de la masse. Lorsque la caisse est remplie, on recouvre le cacao des feuilles de bananiers avant de poser éventuellement par-dessus un couvercle, non étanche, qui n'assure qu'un rôle de protection contre les déperditions de chaleur.

Les brassages sont effectués par transvasement d'un bac dans un autre.

#### 2.2.2.2. Durée de la fermentation (méthodes traditionnelles)

Aucune règle générale ne peut être donnée pour fixer la durée de la fermentation et le nombre optimum des brassages à effectuer.

De grandes variations peuvent être observées en effet selon :

- ✓ le type de cacaoyer cultivé et son origine génétique,
- ✓ les conditions climatiques,
- ✓ l'importance de la masse de cacao mise à fermenter,
- ✓ la méthode utilisée.

En Afrique, la durée de fermentation théoriquement recommandée est de 6 à 7 jours, avec un brassage tous les deux jours, un brassage supplémentaire au bout de 24 heures étant conseillé pour des masses importantes. Pratiquement de nombreux planteurs abrègent la durée de la fermentation et l'arrêtent après 4 ou 5 jours.

Parfois, on réalise un lavage des fèves avant de les sécher.

#### 2.2.2.3. Méthodes particulières

Il existe quelques méthodes particulières de fermentation : -

Méthode appliquée en Equateur au cacao « nacional»

- Méthode de fermentation sur plateaux
- Fermentation en caisse cloisonnée
- Fermentation de petits échantillons.

### 2.3. LE SECHAGE

Le séchage a pour but de ramener la teneur en humidité des fèves fermentées, qui est d'environ 60%, à une valeur de 6 à 7 %. La teneur en humidité du cacao séché doit de toute façon être maintenue en dessous de 8% si l'on veut assurer au cacao de bonnes conditions de conservation. Les méthodes utilisées pour le séchage du cacao peuvent être classées en deux grands groupes: séchage naturel ou solaire, et séchage artificiel.

#### 2.3.1. Séchage naturel

Le séchage au soleil est le plus souvent employé. Il demande huit à quinze jours selon les conditions climatiques.

Le cacao est parfois étalé à même le sol sur des nattes faites des bambous fendus. On remue régulièrement la masse de cacao pour

homogénéiser le séchage. Chaque soir et dès que survient une pluie, le cacao est roulé dans la natte et mis à l'abri, soit qu'il est transporté sous un toit, soit qu'il soit recouvert de feuillage protecteur.

Il est nécessaire également, lorsque le cacao est étalé sur les claies, de trier et d'éliminer toutes les impuretés, débris des cabosses ou de placenta, et toutes les fèves indésirables (fèves brisées, fèves plates ou avortées).

Le type classique est le four autobus qui a un système pour coulisser sous un abri en cas de pluie.

Un autre type a un séchoir fixe mais le toit coulisse en cas de nécessité.

### 2.3.2. Séchage artificiel

Lorsque les conditions climatiques ne sont pas favorables au séchage solaire ou lorsque l'importance de la plantation est telle que des surfaces considérables deviennent nécessaires en période de pointe pour un séchage naturel, des méthodes artificielles, plus rapides, doivent être appliquées.

Le modèle simple est constitué d'une aire de séchage comportant en dessous un système de chauffage.

D'autres types de séchoirs comportent des claies disposées au-dessus de tuyaux chauffés de telle façon qu'un courant d'air chaud puisse s'établir au-dessus des tuyaux et traverser les claies sur lesquelles sont étalées les fèves à sécher.

Il existe aussi des séchoirs mécaniques: les claies mobiles circulent dans un tunnel parcouru par un courant d'air chaud.

Le séchoir rotatif a une capacité variant de 500 kg à plusieurs tonnes, permettant d'obtenir un excellent séchage en 10 à 20 heures selon la teneur initiale du cacao en humidité.

## 2.4. QUELQUES DONNEES DE BASE SUR LE RENDEMENT EN CACAO MARCHAND

Le rendement en cacao marchand est défini par le rapport entre le poids de cacao sec obtenu après la fermentation et séchage et le poids de fèves fraîches recueillies lors de l'écabossage : on l'appelle aussi « **reprise de cacao** »

Poids de

Fèves fraîches/poids de cabosses : 0,25 Fèves  
fermentées/poids des fèves fraîches : 0,86

Cacao sec/poids de fèves fraîches : 0,44

Cacao sec/poids de fèves fermentées : 0,51 1 m<sup>3</sup>  
de fèves fraîches : 900 kg

## Unité 4. USINAGE DU THÉ.

---

### 4.1. CUEILLETTE

La cueillette commence dès l'âge de 3-5 ans.

Elle intéresse :

- ✓ Le bourgeon terminal  
Pekoe ;
- ✓ Les feuilles qui le suivent
- ✓ La tige qui le porte

Elle se fait durant toute l'année par cycles de 7 à 15 jours suivant : La croissance Le climat

La quantité de thé à récolter

Elle s'effectue essentiellement à la main mais. Il y a tendance mécanique par l'emploi des tondeuses électroniques ou cisailles mécaniques.

Fig. Cueillette des feuilles de théier



On distingue :

- ✓ La cueillette fine : porte sur pekoe + 2 feuilles
- ✓ La cueillette moyenne: porte sur pekoe + 3 feuilles
- ✓ La cueillette grossière : porte sur pekoe + 4 feuilles

### 4.2. TRANSFORMATION DU THÉ

Dans les usines à proximité des plantations, les feuilles sont transformées au cours de plusieurs étapes pour fournir le thé qui servira à préparer cette boisson à la saveur délicate.

Le processus commence par le « **flétrissage** » ; une partie de l'humidité présente dans les feuilles est retirée par l'apport d'air chaud. Les feuilles sont ensuite **roulées** entre des cylindres, ce qui élimine l'humidité restante. Le suc qui entre en contact avec l'air fait démarrer le processus de **fermentation** qui

est essentiel pour la couleur, le goût et la force du thé. A ce stade, la feuille passe du vert au brun foncé. Cette étape est cruciale. Ces traitements sont suivis avec attention car la qualité du thé en découle. La dernière étape porte sur le **séchage** du thé. Le thé séché est trié et classé en fonction de ses propriétés visuelles et gustatives. Si le thé est conditionné en sachets, il est brisé au préalable.

La transformation des feuilles de thé aboutit à diverses formules :

- Thé noir fermenté
- Thé vert non fermenté
- Thé semi fermenté
- Thé parfumé
- Thé soluble

#### 4.2.1. Evolution des techniques de préparation du thé.

La technique de préparation du thé couvre 5 époques :

1<sup>ère</sup> époque : préparation dans les villages chinois et japonais  
2<sup>ème</sup> époque : dès 1839 : les méthodes chinoises subissent des modifications pour satisfaire les marchés européen et américain.

3<sup>ème</sup> époque: de 1880 : apparition des machines à rouler, à sécher et à trier. A partir de la 3<sup>ème</sup> époque, le thé n'est plus préparé.

4<sup>ème</sup> époque: 1925 = apparition des machines à découper les feuilles de thé.

5<sup>ème</sup> époque: 1956 = apparition des thés solubles.

#### 4.2.2. Méthode de préparation industrielle de thé noir: 1880

Elle est périmée mais valable. Elle comporte 5 opérations

##### 4.2.2.1. **Flétrissage**

Durée : 16 -24 heures

But : faire perdre l'eau par évaporation pente de 25 – 50% du poids de la feuille ou assouplissement de la feuille.

La méthode consiste à reprendre les feuilles sur un plancher ou sur

les claies en plusieurs couches pendant 16 - 24 heures.

On peut aussi faire circuler l'air chaud à travers un tunnel ou dans des cuves spéciales de +/- 15m de long.

#### 4.2.2.2. Roulage.

Le roulage dure 30 secondes.

Le roulage provoque la destruction des membranes internes des cellules afin de permettre le mélange intime des composants et activer l'action enzymatique.

Cette destruction peut être obtenue par des rouleurs classiques, machines à découper, et des machines à broyer.

Le rouleur classique comporte : - une table, - un bac où sont déversées les feuilles, - un couvercle pour exercer la pression sur les feuilles.

Un mouvement de rotation appliqué soit à la table, soit au bac, soit au bac et à la table mais en sens opposé, permet d'écraser les feuilles.

Après roulage, les feuilles passent dans 1 cribleur où elles sont refroidies et où les boules formées pendant le roulage sont désagrégées.

Les feuilles mal roulées retournent dans le rouleur 1 ou 2 fois.

Les feuilles insuffisamment roulées donnent un thé faible; les feuilles roulées donnent un thé fort d'arôme et d'aspect.

Pour une table de 118 cm de diamètre, on peut traiter 410 kg de feuilles flétries pendant 30 à 40 minutes ou 435 kg ayant subi un premier roulage.

#### 4.2.2.3. Fermentation

Durée : 4 heures

Après roulage, les feuilles sont disposées en couches minces: 2,5 – 10 cm d'épaisseur sur les ailles de planches, de claies, de plateaux etc ...

Avec des plateaux en aluminium, on peut traiter 90 kg/2m<sup>2</sup> au sol pour une épaisseur de 3,75 cm en 5

niveaux superposés.

Pour avoir une bonne fermentation, il faut une température de 27°C et une atmosphère humide et une bonne aération.

La durée de la fermentation est fonction de :

- la nature de feuilles,
- la méthode de roulage,
- la température des feuilles à l'arrivée dans la salle de fermentation.

Après roulage classique, la fermentation dure 3 - 4 heures. Après roulage moderne legg - cutter, CTC et rotorvane, la fermentation dure 1h à 1h30'

#### **4.2.2.4. Dessiccation**

But: arrêter la fermentation le plus rapidement possible sans brûler ni surchauffer les feuilles.

Une bonne dessiccation se fait aux environs de 40°C pendant 20'.

Au cours de la dessiccation, les feuilles roulées fermentées sont placées sur claies ou plateaux dans les étuves à fermenter où on envoie l'air chaud par ventilation.

Le % d'eau après séchage est de 1 à 3,20 % qui remonte à 4 à 5,20 %.

N.B

Une dessiccation trop forte rend les feuilles cassantes  
Une température trop élevée au cours du séchage diminue le taux des substances insolubles lors de l'effusion.

Une dessiccation insuffisante favorise le développement des micro-organismes

#### **4.2.2.5. Triage - stockage - emballage**

4.2.2.5.1. Le but du triage est de séparer diverses qualités commerciales.

Le triage se fait par : tamis rotatif, tamis à plans oscillants et tamis horizontal.

- Le stockage se fait dans les silos ou coffres en attendant la mise en caisses pour l'expédition.
- l'emballage se fait en caisses en bois doublées de feuilles d'aluminium séparées de thé par les feuilles de riz.

#### **4.2.3. Méthodes Industrielles modernes de préparation du thé noir. (1925)**

Les méthodes modernes utilisent des machines suivantes: legg cutter, C.T.C. rotorvane

##### **4.2.3.1. Legg-cutter**

Normalement les feuilles mal flétries sont difficiles à rouler.

La méthode utilisant le legg-cutter supprime ce flétrissage en découpant les feuilles en morceaux de dimensions désirées: 0,625 à 0,925 cm.

Cette méthode simplifie le roulage qui devient très léger et de courte durée.

Mais la dessiccation dure plus longtemps.

Cette méthode réalise des thés de bonne couleur mais de goût âcre. Pour améliorer la qualité dans ce procédé, il faut un léger flétrissage avant de passer au procédé de legg - cutter.

#### 4.2.3.2. C.T.C (Crushing Tearing Curling)

Les feuilles flétries entrent dans 2 rouleaux tournant en sens opposés où elles sont écrasées. Les traitements de flétrissage, de fermentation et de dessiccation restent classiques.

Cette méthode donne du thé de bonne qualité et très coloré.

#### 4.2.3.3. Rotorvane

Les feuilles sont écrasées entre 1 cylindre et un rotor qui restent dans l'appareil.

Cette machine peut travailler en série avec le C.T.C ; ce qui permet aux feuilles flétries de mettre 3 minutes seulement pour arriver à la fermentation.

Ce procédé augmente la production. Le rotorvane, mis en série avec le legg -cutter, permet de traiter 2 tonnes de feuilles par heure.

## II. Thé vert non fermenté

Le thé vert est surtout consommé en Chine et au Japon. Le Maroc et l'Afghanistan sont les principaux exportateurs.

Les feuilles récoltées sont mises dans les bassines en fer chauffé. Les enzymes s'en trouvent détruits; on procède ensuite au roulage à la main et les feuilles roulées sont ensuite séchées.

### III. Thé semi fermenté (oolong)

On procède au flétrissage pendant une heure; les feuilles sont de coloration rouge et dégagent un léger parfum.

On procède ensuite à une courte fermentation qu'on arrête par chauffage.

On procède encore une fois au roulage avant de sécher le thé dans les paniers.

### IV. thé parfumé

#### a) Thé vert

Après dessiccation, les feuilles sont placées encore chaudes dans des paniers en couches de 5 cm d'épaisseur suivie d'un étalement d'un poignet des fleurs. Après une journée de contact, on retire les fleurs et on sèche le thé.

#### b) Thé noir

Pour la préparation de thé noir parfumé, on utilise la poudre de fleurs séchées qu'on ajoute au thé On peut utiliser: jasmin, roses, bergamote, etc.

### V Thé soluble

Connu au japon depuis très longtemps mais la technique est restée secrète. Elle apparut en au suisse et aux USA. En 1959.On prépare le thé soluble en séchant l'infusion classique de thé par atomisation ou par lyophilisation (consiste à faire un refroidissement très pousse et provoquer l'évaporation par sublimation) eau =solide. Le goût et le parfum se trouvent modifiés par ces opérations de séchage.

### Classification du thé

Il y a 3 groupes de thés :

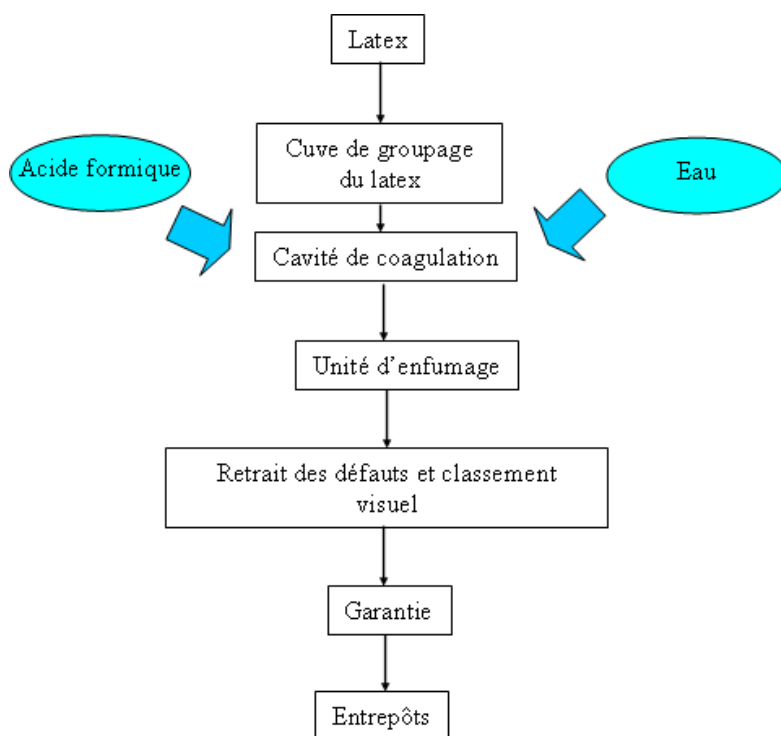
1. thé des feuilles entières
2. thé des feuilles brisées
3. Fannings et dust.

## Unité 5. Traitement de latex pour le caoutchouc



Récolte du latex naturel.

Le **caoutchouc** est un matériau qui peut être obtenu soit par la transformation du latex sécrété par certains végétaux (par exemple, l'hévéa), soit de façon synthétique à partir de monomères issus de combustibles fossiles. Le caoutchouc naturel (sigle NR, *Natural Rubber*) est un polyisoprénoïde. Le schéma réactionnel correspondant à la formation du NR, qui utilise la photosynthèse, est très complexe.





A son arrivée à l'usine, le latex liquide est stabilisé pour pouvoir y être conservé avant traitement. Pour cela, on ajuste la teneur en ammoniacale à environ 4 g par litre pour empêcher toute coagulation et on laisse ensuite décanter pendant 24 heures pour le séparer des déchets éventuels. On prélève alors le latex qu'on sépare d'une partie de son sérum pour le concentrer en caoutchouc par centrifugation. Le liquide concentré de cette façon peut être conservé de quelques semaines à plusieurs mois.



A la sortie des citernes de stockage, le liquide concentré, tout en traversant des tamis, s'écoule dans des bassins d'homogénéisation et de dilution par addition d'eau.



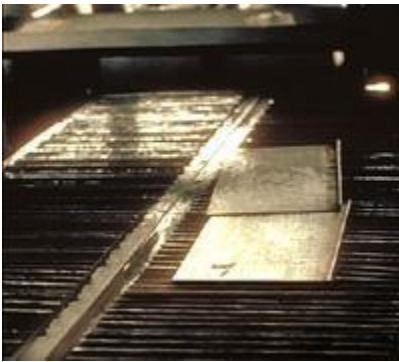
L'homogénéisation par brassage est accompagnée de la dilution à l'eau du latex. On atteint ainsi une concentration en caoutchouc de 12 à 16 %.



A nouveau filtrée, cette solution est amenée dans des bacs de coagulation qui, après remplissage, peuvent être cloisonnés de diverses façons. Ici les cloisons verticales peuvent être introduites dans des glissières ménagées dans les parois des cuves.



Dans les cuves de coagulation le latex en solution est acidifié. Son pH est amené entre 4,4 et 4,8 par addition d'acide formique. On utilise aussi l'acide acétique. L'acide en solution (5%) est dispersé par un léger brassage dans la masse de latex dilué jusqu'à obtention du pH requis.



.Le cloisonnement des bacs de coagulation a pour effet de produire des feuilles de coagulum isolées les unes des autres. La coagulation dure environ 5 heures.



Les feuilles de coagulum, à la sortie des bacs de coagulation, sont acheminées vers un laminoir où des tambours rotatifs, d'une part, essorent ces feuilles et, d'autre part, les amènent progressivement, par resserrement de l'espace ménagé entre les tambours, à une épaisseur de 2,5 mm. Le dernier tambour imprime une gaufre sur la feuille, augmentant ainsi la surface exposée à l'air.



Les gaufres imprimées par les rouleaux du laminoir sur les "crêpes" agrandissent la surface d'évaporation et facilitent ainsi le séchage et le fumage.



Les feuilles de caoutchouc laminées après avoir été rincées à l'eau claire sont disposées sur des penderies-chariots, en ménageant une circulation d'air suffisante entre les feuilles. Les chariots chargés stationnent alors quelques heures à l'ombre pour que les feuilles puissent s'égoutter sans s'échauffer ni produire autour d'elles une atmosphère trop humide.



Les chariots, après égouttage, sont introduits dans des séchoirs-fumoirs. Le séchage doit conduire progressivement le matériel à une teneur en eau ne dépassant pas 0,5 %. Les fumées teintent les feuilles en les couvrant notamment de goudrons ambrés qui les protègent des moisissures (fumigation). Le séchage-fumage dure environ 4 jours : 1 jour à 40- 45°C, 2 jours à 50-55°C, 1 jour à 60-65°C. Il peut se réaliser dans un tunnel aménagé dans ce but.



Les feuilles fumées et gaufrées (Ribbed Smoked Sheets ou RSS) sont triées en fonction de leurs qualités et de leurs défauts (bulles d'eau, impuretés...). Une note de qualité RSS 1 à RSS 5 permet un classement. Après triage on confectionne des balles pressées de 113 kg (50 cm de côté). Ces balles sont maintenues par collage d'une feuille extérieure au dissolvant, le tout est enduit de talc afin de ne pas coller.



D'autres techniques, par exemple sans cloisonnement des bacs de coagulation, sont utilisées. Elles n'aboutissent pas à la production de feuilles fumées mais bien à un aggloméré de caoutchouc "granulé". Le tamisage, l'homogénéisation et la filtration préliminaires restent de rigueur mais il n'y a pas de dilution. La coagulation est réalisée à l'acide, en blocs et non en feuilles.



Les blocs obtenus sont découpés à la scie.



Ils sont essorés et laminés selon des procédés analogues à ceux utilisés pour l'obtention des feuilles fumées.



Après découpage et laminage, le coagulum est émietté : c'est la granulation. Les granulés offrent au séchage, une surface de contact à l'air beaucoup plus importante que les feuilles et contiennent plus difficilement des inclusions liquides. Les températures de séchage peuvent être supérieures et atteindre 95 à 105°C. De l'air chaud peut être pulsé au travers de volumes importants de granulés sur des chariots conduits en continu dans des tunnels de séchage. Le temps de séchage est réduit à 3 h.



. Les granulés après séchage et traitement antifongique (fumigation) sont disposés de manière à pouvoir être pressés.



Le pressage du granulé est réalisé pour obtenir une balle de 33,3 kg.



Ces balles sont habillées d'un film plastique, marquées et expédiées ainsi à l'utilisateur.

## Unité 6. Usinage de la canne à sucre

---

### 6.1. Récolte

---

La tige de canne à sucre en maturation est la partie de la plante qui est récoltée.

La récolte intervient au bout de 10 à 12 mois, ou 14 à 16 mois selon les pratiques agricoles. Typiquement, la canne présente une période de maturation en saison sèche, où le taux de sucre augmente fortement et où de nombreuses feuilles sèchent. La floraison débute ensuite, suivie de la production de graines. Ces deux éléments entraînent une baisse du taux de sucre, et la canne est donc généralement récoltée juste avant la floraison ou à son début. Un ou deux effeuillages des feuilles mortes avant la récolte sont parfois pratiqués, afin de faciliter le travail des coupeurs.

Traditionnellement, les champs de canne à sucre sont brûlés afin de faire fuir les serpents et autres animaux venimeux, et faciliter l'accès des coupeurs à des champs éclaircis et des tiges de cannes débarrassées de leurs feuilles mortes. Ces feux spectaculaires brûlent intensément et s'éteignent très rapidement. Les coupeurs sectionnent la tige de la canne juste au-dessus du premier nœud, l'étêtent, et la coupent parfois en deux si elle est trop longue. La concentration en sucre est maximale dans la partie basse de la tige. Les têtes sont laissées au champ, auquel ils rendent une partie des nutriments en se décomposant. Des boutures peuvent aussi y être taillées. Les tiges de cannes sont ensuite rassemblées et chargées sur un camion qui les transporte jusqu'à l'usine qui est toujours proche des exploitations, car la dégradation du taux de sucre de la canne coupée est rapide : 2,4 points de richesse en 10 jours. Cette dégradation s'accompagne d'une perte de poids de l'ordre de 1 % par jour

La récolte de la canne à sucre peut être mécanisée, divers types d'appareils existent, depuis la petite faucheuse mécanique auto-tractée jusqu'à du matériel lourd. Ces grosses machines à couper la canne présentent généralement de deux à quatre fuseaux en hélices qui attrapent les rangées de tiges de cannes. Le bas et le haut des tiges sont coupés et les cannes sont portées par un tapis roulant vers le côté où elles sont déposées dans un camion. Les cannes coupées par ces machines se dégradent plus rapidement qu'avec des coupeurs manuels, et doivent être rapidement transportés à l'usine. Ce type d'exploitation permet la récolte rapide de grande quantité de canne, et réduit le coût de main d'œuvre dans les pays où les salaires horaires sont élevés. Elle permet également la récolte des cannes sans brûler les champs, ce qui laisse beaucoup de matière organique dans le champ pour la plantation suivante et

forme un paillis empêchant la repousse des herbes concurrençant les jeunes rejets de canne.

Les rendements des champs de canne sont très variables, et dépendent fortement des pratiques agricoles et des conditions naturelles (richesse des sols et climat). Les petites exploitations traditionnelles obtiennent généralement des rendements de l'ordre de 40 tonnes de canne par hectare, les vastes exploitations dotées de matériel et de bonnes technicités produisent des rendements allant de 60 à 80 tonnes à l'hectare. Les rendements mondiaux sont en constante augmentation, avec une moyenne d'environ 65 tonnes de canne à l'hectare. Certaines exploitations obtiennent des rendements dépassant les 100 à 130 tonnes de canne à l'hectare.

## Repousse

---

Un amendement en fumier ou compost est traditionnellement réalisé sur le pied de la canne coupée qui va produire des rejets. Un champ de canne est exploité de 2 à 10 ans avant d'être replanté. De grandes exploitations très productives replantent après 2 à 3 coupes pour éviter une baisse de rendement. Des exploitations familiales ou traditionnelles exploitent le champ pendant les 10 ans et coupes de sa durée de vie maximale, malgré la baisse de rendement. Certaines exploitations bien gérées parviennent à faire 5, 7 et jusqu'à 10 récoltes sans baisse trop pénalisante du rendement, voire avec une augmentation du rendement au cours des premières coupes.

## 6.2. Traitement



Transport des cannes vers la sucrerie.

La canne récoltée, sous forme de tronçons de tiges, est transportée dans une unité de transformation, le plus souvent une sucrerie, pour être traitée. Les tiges sont broyées dans un **moulin** et produisent un liquide sucré, le jus de canne ou **vesou**, ainsi qu'un résidu fibreux, la **bagasse**. Le vesou fait l'objet d'une **évaporation**, conduisant au **sirop**, lequel est **clarifié** puis **concentré** pour en **extraire** le sucre cristallisé brut, la **cassonade**. Celle-ci donne le **sucre**

**roux**, qui sera ensuite éventuellement transformé en **sucre blanc** dans une raffinerie.

Fabrication du sucre.

Le sucre que renferment les tiges de canne est du **saccharose**. Ce saccharose est l'un des produits de la photosynthèse (transformation de l'énergie lumineuse en énergie chimique). La canne accumule ce sucre dans ses tiges comme réserve énergétique. La quantité de saccharose contenue dans la canne est en moyenne de **12 à 15 %**. Pour extraire et concentrer ce sucre, la canne doit être soumise à un traitement qui s'est complexifié avec les années. Aujourd'hui, le processus s'est grandement mécanisé et permet d'obtenir un produit d'une grande **pureté**.

Voici les principales opérations pour extraire le sucre de la canne :

1. **Préparation** : d'abord, les cannes sont déchiquetées mécaniquement afin de faciliter le broyage.
2. **Extraction** : Le jus est extrait par broyage ou par diffusion. Dans le cas du broyage, on utilise des moulins dits « conventionnels » ou des MillMax. Dans le cas de la diffusion, on opère par **lixiviation**.
3. **Clarification** : le vesou qui contient un grand nombre d'impuretés est épuré par tamisage, par chauffage et par ajout de chaux (chaulage).
4. **Évaporation** : le jus clair est chauffé à différentes températures dans des évaporateurs à pression réduite. L'eau s'élimine sous forme de vapeur et on obtient le sirop.
5. **Cristallisation** : dans des chaudières, le sirop est chauffé à 55 °C et à pression réduite. Il se transforme en masse pâteuse, la **masse cuite** qui renferme des cristaux de sucre et un liquide visqueux appelé **liqueur- mère**.
6. **Malaxage-Turbinage** : la masse cuite est malaxée et turbinée dans une centrifugeuse afin de séparer les cristaux de sucre et le sirop d'égout. On obtient le sucre de premier jet.
7. **Première reprise des égouts** : les sirops d'égout sont malaxés et turbinés à nouveau pour obtenir le sucre de deuxième jet.
8. **Deuxième reprise des égouts** : les sirops d'égout sont malaxés et turbinés une seconde fois. On obtient le sucre de troisième jet et la **mélasse**. Le sucre de troisième jet peut être refondu pour être mélangé en premier jet.
9. **Séchage** : les cristaux de sucre sont **séchés**.
10. **Emballage** : les cristaux de sucre sont finalement mis dans des sacs. Dans les pays producteurs, le sucre roux obtenu est souvent vendu

et consommé tel quel. Pour obtenir le sucre blanc, le sucre roux doit subir une série d'opérations de **raffinage** en usine.

### 6.3. Sous-produits

---

#### 6.3.1. Bagasse

---

La bagasse est composée des résidus fibreux issus du broyage (écrasement) de la canne à sucre coupée pour l'extraction du jus de canne. La bagasse représente environ 30 % du poids de canne coupée amenée en usine. Son taux d'humidité se situe entre 40 et 50 %, et elle contient encore une petite quantité de sucre résiduel. La bagasse séchée est composée pour moitié de cellulose, l'autre moitié étant principalement de l'hémicellulose et de la lignine.

La production mondiale de bagasse se situe entre 250 et 350 millions de tonnes par an. Environ 60 % de cette production est utilisée comme combustible dans les sucreries, pour chauffer les fours et pour la production d'électricité (production de vapeur par combustion dans une chaudière reliée à un turbo-alternateur), servant à l'alimentation énergétique de l'unité de transformation, qui fonctionne pratiquement en autosuffisance énergétique. En dehors des sucreries, la bagasse peut-être aussi brûlée dans des centrales à bagasse pour la production de chaleur et d'électricité. L'excédent de bagasse non utilisée comme combustible peut servir à la fabrication de papier, des panneaux de particules, de la litière pour les animaux, servir de nourriture pour le bétail, être valorisé comme base de compost, etc.

Comme combustible, la bagasse est généralement entreposée pour être séchée, la décomposition du sucre résiduel entraînant une réaction exothermique qui aide à son séchage. Pour la production de papier, la bagasse est conservée humide, afin de faciliter les opérations suivantes : les résidus de sucre et la moelle de surface qui enrobe la tige de canne doivent en effet être retirés avant la transformation en papier.

Comme aliment pour le bétail, la bagasse est souvent trempée de mélasse, un autre sous-produit de la fabrication du sucre. Elle est généralement réservée au bétail adulte, alors que sa digestion par de jeunes veaux peut être énergétiquement peu rentable. Divers traitements ont été tentés pour améliorer la digestibilité de la bagasse par le bétail, par exemple en la broyant ou en la trempant dans un bain de soude à 2 % afin de dissoudre la lignine et rendre la cellulose plus accessible aux enzymes digestifs.

---

### 6.3.2. Jus de canne

---

Le jus de canne est extrait par passage des tiges de canne à sucre dans une presse. Ce jus appelé vesou contient 70 % d'eau, 14 % de saccharose, 14 % de matière ligneuse et 2 % d'impuretés. Il est consommé comme boisson dans de nombreux pays, souvent accompagné d'un peu de jus de citron et de glace pilée (*guarapa*). De petites presses à main mécaniques existent pour cet usage et servent dans le cadre familial, dans la restauration ou par les vendeurs des rues.

En sucrerie, le jus de canne fait l'objet d'une évaporation, conduisant au sirop, lequel est clarifié puis concentré pour en extraire le sucre cristallisé brut, la cassonade. La cassonade donne le sucre roux, qui peut être commercialisé directement ou transformé en sucre blanc dans une raffinerie. Le vesou peut également faire l'objet d'une fermentation et d'une distillation, pour obtenir le rhum agricole.

Dans de nombreux pays d'Amérique du Sud ou d'Asie, le jus de certaines variétés de canne à sucre est également porté à haute température pour produire un aliment très commun, désigné par de nombreuses appellations différentes, dont l'une des plus courantes est *panela*, ou *jaggery* dans le sous-continent indien. Le même type de procédé est utilisé pour produire le sirop de canne, mais la cuisson est plus courte : il s'agit essentiellement de jus de canne dont une partie de l'eau a été évaporée.

Le jus de canne ainsi pressé est ensuite filtré par une petite passoire.

### 6.3.3. Mélasse

---



Mélasse noire et très visqueuse issue de l'extraction maximale du sucre cristallisé présent dans le jus de canne.

La mélasse est le résidu liquide après extraction du sucre du jus de la canne. La mélasse est encore très sucrée, noirâtre et visqueuse. Elle contient encore une faible quantité de sucre, de la vitamine B6 et des minéraux (calcium, magnésium, potassium et fer). Elle peut faire l'objet d'une fermentation et d'une distillation, pour produire le rhum industriel. La mélasse peut également être fermentée et distillée pour la production d'alcool pur ou d'éthanol, à des fins pharmaceutiques ou, de plus en plus, de biocarburant, carburant aux

véhicules (de façon de plus en plus importante notamment au Brésil). Cette fermentation peut aussi permettre la production d'acétone, de glycérol et d'acide citrique.

La mélasse est aussi utilisée pour l'alimentation humaine ou pour l'alimentation du bétail (souvent en mélange avec la bagasse). Elle est aussi utilisée comme aliment de base pour la culture de levure de boulanger.

La mélasse peut servir ralentir la solidification (prise) d'une coulée de ciment Portland afin que la coulée suivante lui colle bien malgré un délai de quelques jours. Sans ralentisseur de prise la coulée suivante ne collera pas sur un ciment trop solidifié.

La mélasse peut également servir d'engrais, notamment comme amendement dans les champs de canne à sucre.

## UNITE 7. TECHNOLOGIE DE TRANSFORMATION DES GRAINES VETEGALES

### 1. Introduction générale

Il est important avant d'aborder ce module, de préciser sur les compositions chimiques de graines végétales.

Tableau 14. Composition et structure de graines végétales

	<b>Protéines (%)</b>	<b>Lipides (%)</b>	<b>Glucides (1) (%)</b>	<b>Fibres (2) (%)</b>	<b>Cendres (%)</b>	<b>Eau (%)</b>
<b>Graines de céréales</b>						
- Blé	7 – 8 <sup>(3)</sup>	1.5 – 2	60 – 69	2 – 2.5	1.4 – 2 <sup>(4)</sup>	8 – 18
- Maïs	7 – 12 <sup>(5)</sup>	4 – 8	67 – 72	2	1.5 – 1.8	11
- Riz (paddy séché)	7.5 – 9	2	63	9	6	12
<b>Graines de légumineuses</b>						
≈	≈ 26	1.2	≈ 61	6.5	4	
- Haricot	≈ 27	1.5	≈ 60	2 – 6	3	
- Petit poids	35 – 50	22	≈ 15	≈ 10	5	
- Soja	25 – 30	48	12	3	3	
- Arachide						

(1) Par différence, fibre non comprise ; (2) cellulose, hémicellulose, pentosane, et autres polysaccharides insolubles même en solution acide ou alcaline ; (3) La teneur relative en lysine décroît lorsque la teneur en protéines s'élève ; (4) P = 0,36%, Ca = 0,05%, Fe = 0,005% ; (5) jusqu'à 15 % de protéines pour certaines variétés récentes à bon rendement ; (6) Composition par rapport à la matière sèche

Tableau 15. Types de protéines de graines végétales

<b>Type de protéines</b>	<b>Solubilité</b>	<b>Exemples de protéines particulières</b>
<b>Albumines (diverses graines végétales)</b>	Solubles dans l'eau	- Leucosine - Enzymes de masse moléculaire 20 000 à 50 000
<b>Globulines (diverses graines végétales)</b>	Insolubles dans l'eau Solubles dans des solutions diluées de sels neutres	- Arachine (arachide) - Conarchines (arachide) - Edestine (orge, blé) - Légumine (poids, haricot) - Vicilline (poids, aricot= - Glycinines (soja)
<b>Prolamines (céréales seulement)</b>	Soluble dans les solutions d'éthanol	- □-gliadine (blé) - Zéine (maïs) - Hordéine (orge)
<b>Glutéines (céréales seulement)</b>	Partiellement solubles seulement dans les acides ou alcalis dilués (souvent acide acétique) ou aussi dans les solutions d'urée ou de guanidine (coupent les liaisons hydrogènes)	- Glutéines - Avéine (avoine) - Glutéline du riz (80 % de protéines présentes)

## 2. Industrie du blé

### i. Introduction

**Blé:** la composition influence les caractéristiques fonctionnelles technologiques. *Triticum vulgare* (3 x 14 chromosomes): blé tendre, adapté pour la panification, pâtisserie et biscuiterie. *Triticum durum* (2 x 14 chromosomes): blé dur, adapté pour la fabrication des pâtes alimentaires.

**Broyage:** du fait de la composition et de la structure de l'albumen, on distingue le blé vitreux (hard) et le blé farineux (soft).

### Qualité de la farine:

- Farine de force (strong) où l'abondance et la qualité du gluten déterminent une forte absorption d'eau et une élasticité élevée de la pâte boulangère, particulièrement favorable à la rétention de gaz, en panification.
- Farine faible (weak), généralement plus pauvre en protéines, se prête bien à l'utilisation en biscuiterie et en pâtisserie.

### i. Farine de blé

#### (1) Représentation schématique

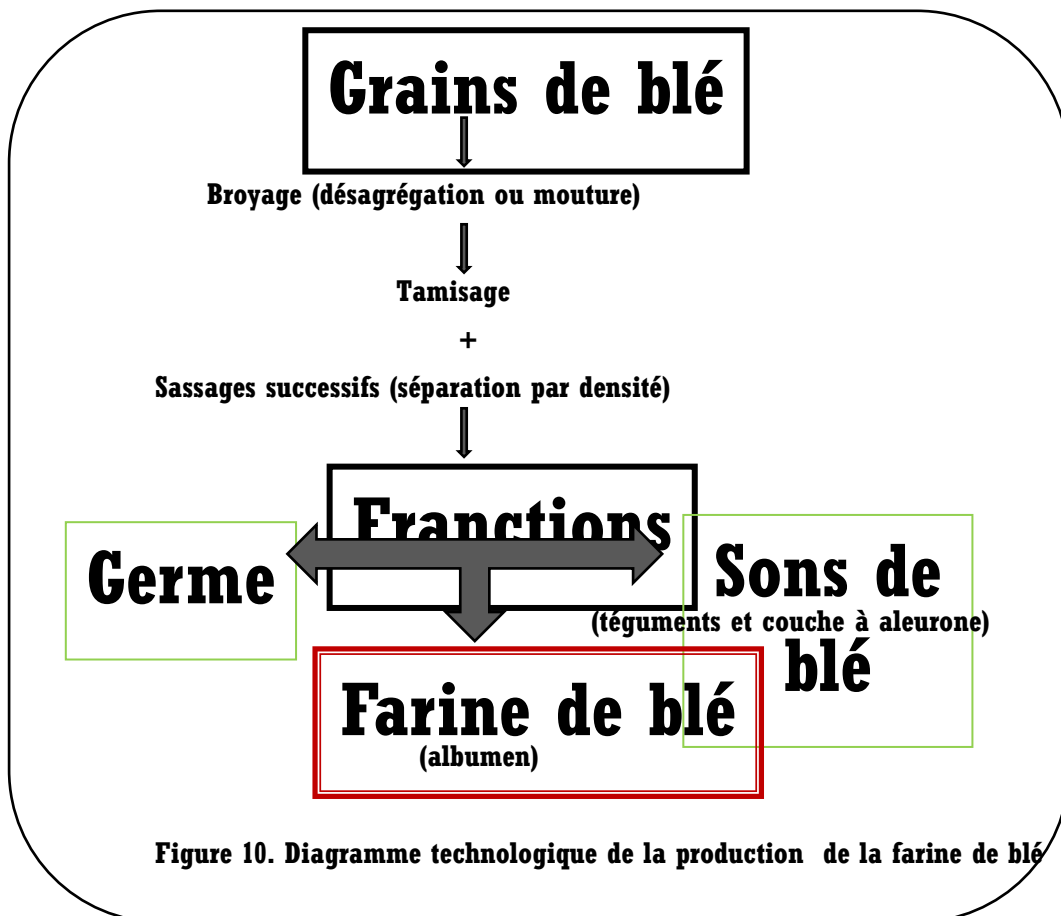


Figure 10. Diagramme technologique de la production de la farine de blé

### (1) Taux d'extraction

Pour le taux d'extraction de 85 %, il y a seulement élimination surtout de la couche externe. Pour le taux d'extraction de 70 %, la partie majeure du germe est également éliminée. La farine de faible taux d'extraction exhibe de meilleures caractéristiques organoleptiques et fonctionnelles.

### (2) Meunerie

Au taux d'humidité de 15 à 17%, le son est relativement dur et élastique et l'albumen mou et friable. Ceci facilite de détacher l'un de l'autre.

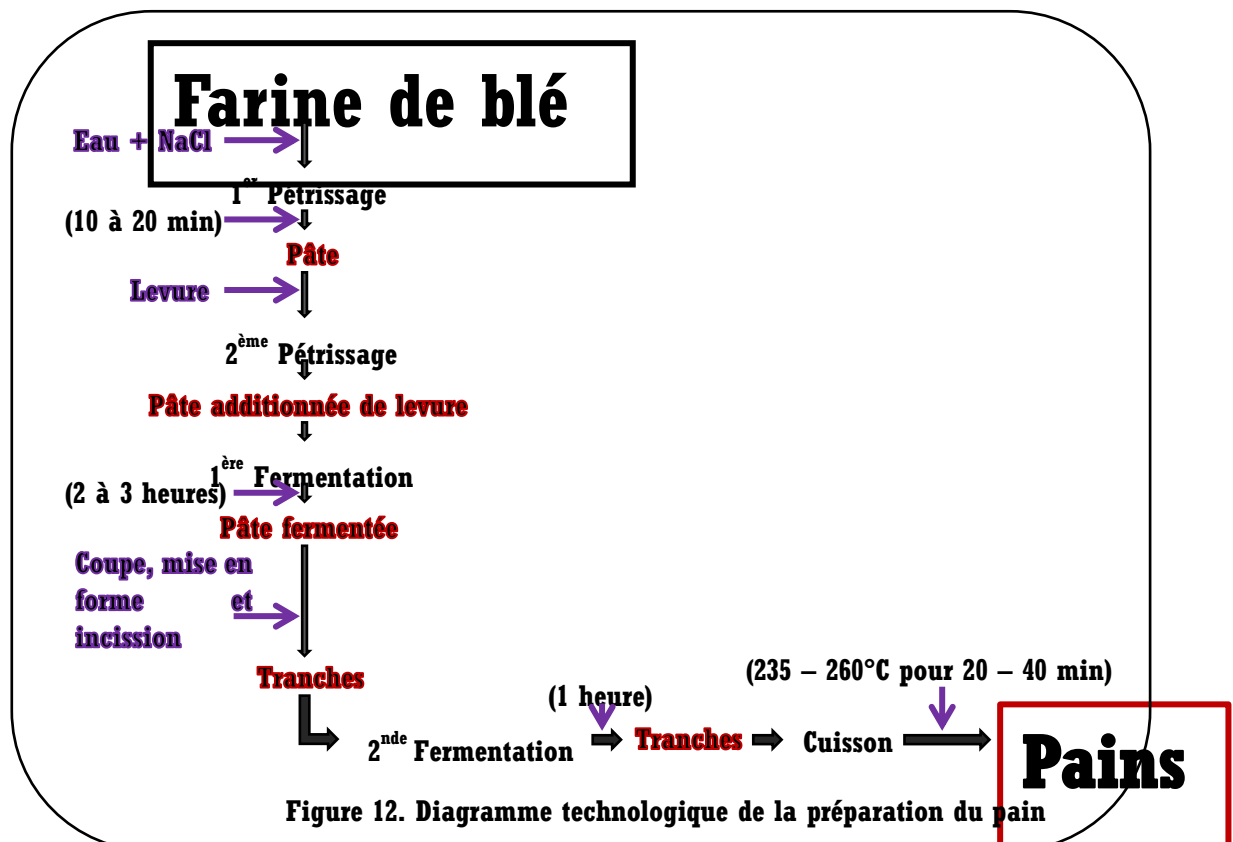
Mouture: passage entre paire de cylindres cannelés. Pour mouture de blé tendre on utilise ultérieurement des cylindres lisses (convertissage) pour réduire les semoules en farines.

### (3) Maturation de la farine

Entreposage de la Farine améliore les propriétés fonctionnelles et est liées à la formation d'une bonne pâte. Ce phénomène déterminant ne trouve pas encore des explications biochimiques. La maturation est probablement liée à l'oxydation de des groupements sulfhydrile ou au réarrangement de certains ponts disulfure du gluten. Les changements le plus net sont augmentation de l'élasticité de la pâte, et la meilleure rétention de gaz lors de la fermentation. Les ponts disulfures stables constituent un facteur essentiel de l'élasticité.

## ii. Panification

### Procédés de panification



Pétrissage permet l'absorption d'eau et le développement de l'élasticité et de l'extensibilité du gluten, probablement par oxydation des groupements sulfhydryle et réarrangement des ponts disulfures.

Fermentation produit un dégagement d'anhydride carbonique, et la pâte gonfle par formation de poches de gaz retenues entre membranes minces de gluten. La durée max de maturation de la pâte (pétrissage – fermentation) pour l'obtention de bonnes propriétés rhéologiques fonction de la force de farine. La tolérance au pétrissage est plus grande avec des farines fortes.

Cuisson coagule certaines protéines et fixe ainsi la structure spongieuse de la mie.

Durée de la préparation du pain: 4 à 8 heures

Panification continue (continuous dough making) est un procédé de boulangerie industrielle, consistant en une chaîne de panification où le temps de fabrication est réduit à 2 - 3 heures et la durée de fermentation très courte. Un liquide de fermentation (plus facile à pomper et à doser automatiquement que la levure pressée) est directement mélangé à la farine. La pâte est automatiquement pétrie, extrudée, coupée et cuite.

#### (4) Fermentation

Pendant la fermentation, le glucide présent dans la pâte est transformé en éthanol et anhydride carbonique par la levure *Saccharomyces cerevisiae*. Le pain frais contient environ 0,3 % d'éthanol. La production du CO<sub>2</sub> commence lentement puis s'accélère, en raison de la multiplication de la levure. Une telle formation graduelle de gaz est souhaitable car une augmentation plus rapide du volume de la pâte provoquerait la rupture. Une température de 23 à 28°C est généralement adoptée pour la fermentation, est en majeure partie produit par attaque enzymatique des granules d'amidon endommagés (qui représentent environ 10% des granules d'amidons totaux).

#### (5) Cuisson

La cuisson du pain à une température externe de 230°C environ, souvent avec injection de vapeur d'eau dans le four. La température de la pâte reste un peu inférieure à 100°C, sauf en surface où se produit un durcissement par dessiccation (croûte) et un brunissement non enzymatique. Ce brunissement est accompagné de la formation de composés odorants (maltol en particulier). En biscuiterie, où des quantités élevées de saccharose et parfois d'autres sucres sont ajoutés à la pâte, on doit veiller à ce que le brunissement non enzymatique ne soit pas excessif:

On sait en effet qu'il réduit la digestibilité nutritionnelle des protéines et la disponibilité nutritionnelle de la lysine (cette disponibilité baisse de 10 à 15%). La cuisson du pain provoque d'autre part une gélatinisation partielle des granules d'amidon et par conséquent une certaine augmentation de leur digestibilité. La chaleur provoque aussi une perte de vitamine B1 de l'ordre de 15%; davantage si le pH de la pâte a été élevé par addition de bicarbonate. Pendant la cuisson, les levures sont tuées et les amylases inactivées. La chaleur a aussi pour effet de coaguler les protéines de la pâte en particulier les albumines et les globulines. La structure spongieuse du pain se trouve ainsi figée.

À la fin de la cuisson, la teneur en eau de la pâte est de 45% environ. Il faut éviter qu'une déshydratation ne se produise lors du refroidissement car elle provoquerait un durcissement de la pâte et un amollissement de la croûte. En panification industrielle, on utilise, pour le refroidissement, de l'air à l'humidité contrôlée. Lorsque le pain est emballé dans un sachet plastique non perforé, un transfert d'eau se produit de la mie à la croûte et entraîne un défaut de texture.

## (6) Rasseiment du pain

Pendant le pétrissage de la pâte et lors de la cuisson, une partie de l'amylose est extraite des granules d'amidon. Au cours du refroidissement qui suit immédiatement la cuisson, cette amylose cristallise. Cet état caractérise le pain frais.

### 3. Autres aliments dérivés des céréales

#### i. Biscuiterie et Pâtisserie

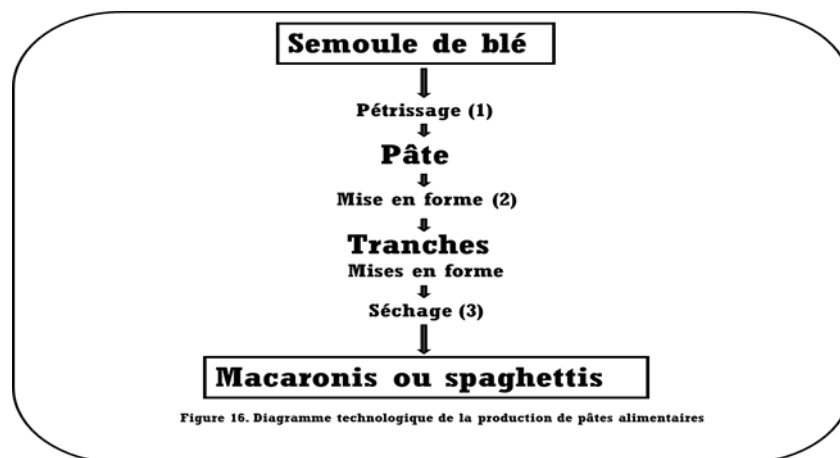
Pour la pâte: farine préparée à partir de blés tendres et doivent être extensive et élastique. Le gluten joue le rôle moins important que l'amidon. La Particularité de biscuiterie est en ce que l'on utilise moins d'eau, la gélatinisation de l'amidon moins complète, la pâte est généralement laminée entre des rouleaux.

Importants ingrédients pour biscuit et gâteau: saccharose, œufs, lait, lipides et parfois bicarbonate de sodium et protéines. Les lipides (souvent mono et diglycérides) rendent la texture plus souple et lubrifiée, améliorent la rétention d'eau, et surtout permettent la formation de la mousse ou d'émulsion riche en air et stable.

#### ii. Pâtes alimentaires

- (1) Pétrissage à 35°C, 20 min. Volume d'eau 25 – 30% par rapport à la matière grasse. L'addition de faible quantité de poudre de jaune d'œufs rende la pâte ferme et homogène.
- (2) Pour la mise en forme la pâte est extrudées/ forte pression à environ 130 bars.
- (3) Séchage relativement lent afin d'être homogène et ne pas créer des fissures dans les produits; cependant suffisamment rapide pour que des moisissures ne puissent pas se développer.

Durée: 14 – 24 heures, 4 – 5 heures pour les pâtes courtes (dans des enceintes à humidité relativement contrôlée).



## ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DE LA PÂTE

- Utilisation de semoule de blé vitreux (en particulier de blé dur).
- Semoule obtenue par broyage ménagé des grains (permettant d'obtenir par exemple un rendement de 65% de semoule et 10% de farine). Semoule sans son obtenue à partir de blé pauvre en lipoxydase.
- Les pâtes alimentaires sont très stables à l'entreposage.
- Meilleures pâtes alimentaires: aspect brillant et jaune.

- A la cuisson: elles doivent absorber environ 2 fois leur poids d'eau et leur volume est multiplié par 3 ou 4. une cuisson trop prolongée et la gélatinisation de l'amidon excessive entraîne des pâtes collantes.

iii. utilisation du riz

(1) schéma de l'usinage du riz

- (a) séchage: doit être lent, afin de ne pas provoquer de fissures.
- (b) Décorticage: consiste à débarrasser les téguments (glumes ou balle) à l'aide d'un disque abrasifs. Ces disques sont souvent en caoutchouc tournant à des vitesses différentes.
- (c) Polissage: par passage entre cônes abrasifs concentriques, puis par broissage.

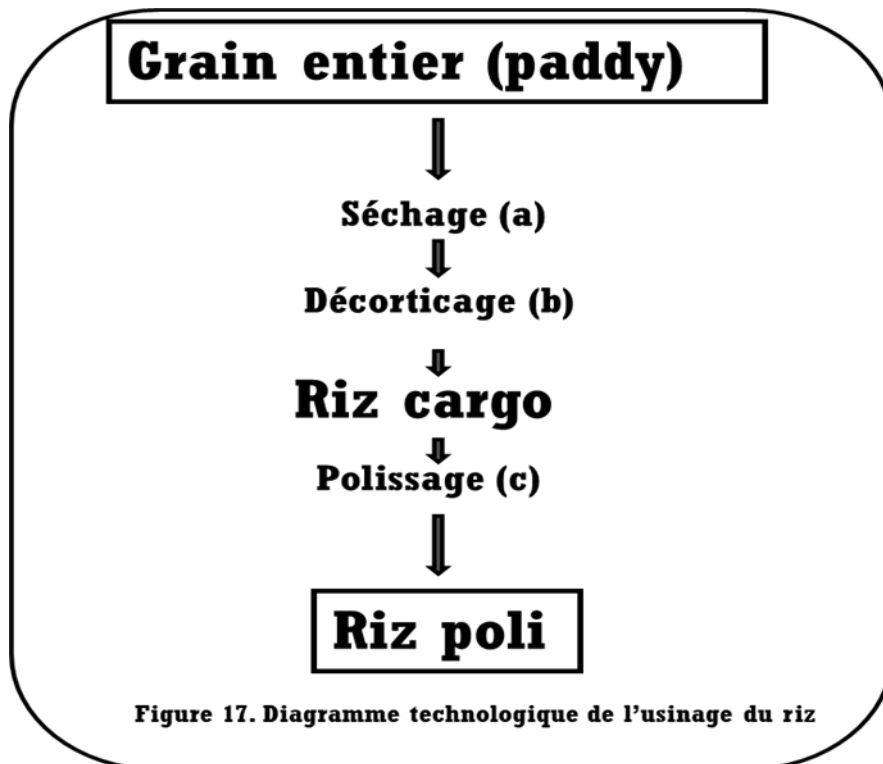


Figure 17. Diagramme technologique de l'usinage du riz

## Unité 7. Fruits et Légumes

---

### 7.1. Introduction

#### i. Composition et propriétés

Les fruits et légumes sont riches en eau. Les fruits contiennent en général plus d'oses et d'acides organiques, et moins d'amidon, des protéines et des sels minéraux que les légumes. La teneur en constituants chimiques divers varie considérablement au cours de la croissance et de la maturation, de l'entreposage après récolte et des traitements.

#### 1. Le rôle nutritionnel

La valeur nutritionnelle des fruits et légumes est fonction de leurs compositions, des quantités consommées et de diversité de choix.

#### Éléments nutritionnels des légumes et fruit:

- Produits riches en amidon (manioc, patate)
- Produits riches en vitamine C (légumes verts, agrumes)
- Produits riches en pigments caroténoïdes (carottes, légumes feuilles, tomates, agrumes)
- Produits riches en thiamine (légumineuses, pomme de terre)
- Produits riches en protéines (légumineuse, kikalakasa)
- Produits riches en fer (légumes feuilles, pomme de terre)

#### 2. Saveur et arôme des fruits et légumes

La saveur et arôme d'un fruit ou de légumes dépend du rapport de la teneur en sucres et en acides organiques, de la richesse de tanins (astringents), et de la présence de nombreux composés plus volatils (esters, aldéhydes, cétones, terpènes, ...)

L'arôme de certains fruits résulte de centaines de tels composés, dont la chromatographie en phase gazeuse révèle la présence mais qui ne sont pas encore tous identifiés; cette composition évolue pendant la maturation, de même que sous l'effet des divers traitements technologiques.

#### 3. Couleur

La couleur des fruits et légumes est due aux pigments localisés dans les plastides, les vacuoles ou le liquide cytoplasmique des cellules, parfois uniquement des cellules épidermiques (certaines variétés de raisins).

Classes de pigments : les chlorophylles: (vertes et liposolubles), les caroténoïdes: (jaunes et orangés, liposolubles), et les anthocyanines: (rouges ou bleues, hydrosolubles). La teneur des fruits et légumes en pigments est complètement modifiée pendant la maturation.

Les fruits et légumes peuvent aussi être le siège de réaction de brunissement enzymatique et non enzymatique

#### 4. Texture

La texture des fruits et légumes résulte de la nature des cellules du parenchyme et divers autres éléments structuraux.

- La rigidité: due en partie aux microfibrilles cristallines de cellulose, résidu sec et aux microfibrilles d'hémicelluloses divers, de xylanes, de lignines (polymères de phénols).
- La turgescence: confère aux fruits et aux légumes leur fermeté et leur succulence, dépend de l'eau retenue dans les cellules par osmose, qui peut atteindre 96% du poids du tissu.

La texture est influencée également par les gels d'amidon, et par les gels de pectines de la lamelle intermédiaire qui assure le lien entre parois cellulaires voisines.

#### iv. Maturation et Métabolisme Post-récolte

##### 1. Données du problème

Fruits et légumes récoltés:

- Arrêt de l'apport en eau et nutriment
- Arrêt de la photosynthèse
- Maintenance de la respiration dans les tissus
- Maintenance de diverses réactions enzymatiques (y compris la synthèse de pigments et enzymes)
- Poursuite de la croissance dans certains cas

La respiration des tissus végétaux consiste en l'oxydation des hydrates de carbone; elle provoque une perte de matière sèche et souvent aussi une diminution de la saveur sucrée.

La respiration consomme de l'oxygène, d'où nécessité d'aérer les fruits et légumes entreposés. La respiration en anaérobiose entraîne la formation d'éthanol, toxique pour le tissu (taches brunes internes de pommes, noires de pommes de terre) et désagréable du point de vue gustatif. La respiration dégage de l'anhydride carbonique, produit de l'eau et entretient la transpiration du tissu; il faut éviter que cette eau ne s'accule à la surface des fruits et légumes, car elle favorise le développement des microorganismes. La respiration dégage de la chaleur; nécessité de ventiler les locaux d'entreposage et de maintenir une humidité de 85 – 95% pour limiter l'évaporation de l'eau contenue dans les fruits et légumes. La respiration du tissu après la récolte constitue ainsi le facteur limitant de la conservation des fruits et des légumes à l'état frais. On sait que la réfrigération peut permettre de prolonger considérablement la durée de conservation; elle doit toutefois être appliquée dans des conditions précises, car tout fruit ou légume ne supporte sans dommage qu'une certaine zone de température.

La plupart de fruits peuvent mûrir sur la plante; toutefois, pour des raisons technologiques et économiques, certains fruits sont souvent cueillis avant complète maturité. La maturation se produit pendant le transport et l'entreposage.

La maturation artificielle améliore parfois les caractères organoleptiques du fruit à condition d'être effectuée à une température bien appropriée. Toutefois, le fruit mûri sur une plante est de qualité élevée qu'un fruit mûri artificiellement. D'ailleurs la maturation artificielle ne convient pas à tous les fruits (ex les agrumes).

Les fruits parvenus à maturité sont exposés à se détériorer, soit du fait de maladies physiologiques, soit suite à l'attaque des microorganismes.

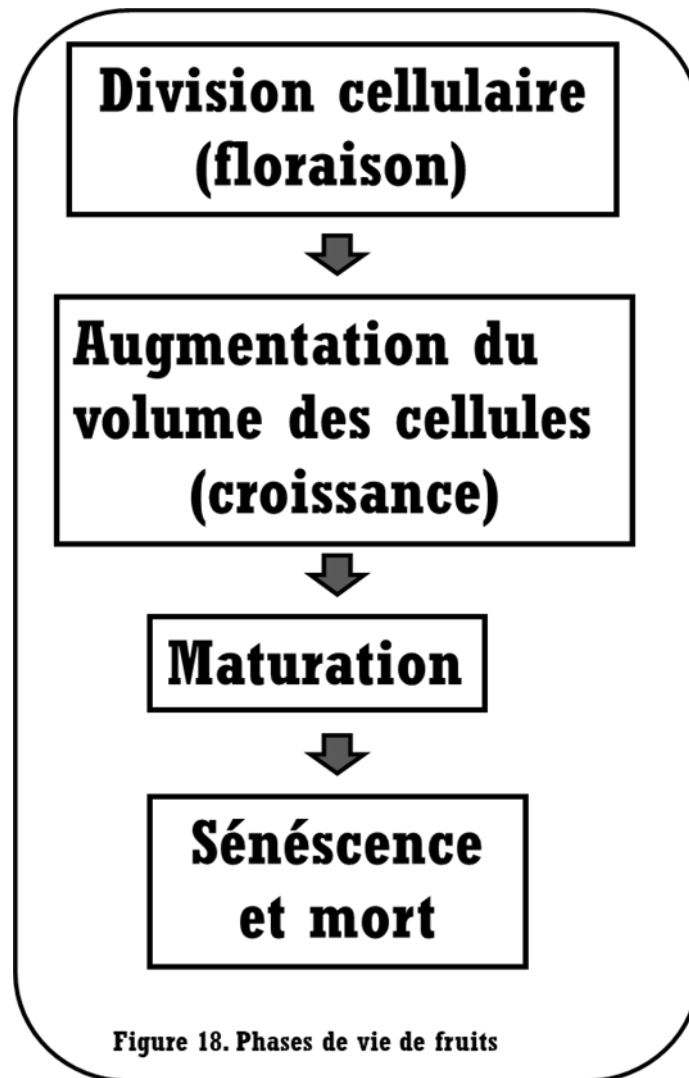
Au stade de maturité optimale (du point de vue organoleptique) fait suite rapidement la désorganisation et la sénescence du tissu: ramollissement excessif, brunissement enzymatique, etc.

##### 2. Phase de vie de fruits

Les phases de vie de fruits comme la pomme et les agrumes sont assez lentes, en raison de l'activité respiratoire faible. Pour certains fruits, les deux dernières phases sont très courtes.

Du point de vue métabolisme, la phase de maturation serait une période de différenciation du tissu, accompagnée de la synthèse spécifique de certaines enzymes responsables de changement de couleur, texture et saveur.

La période de différenciation est rapidement suivie de la désorganisation de l'appareil métabolique du tissu.



Suivant leur comportement après récolte, pour les fruits récoltés avant maturité on distingue deux groupes:

- Les fruits du 1<sup>er</sup> groupe (abricot, pêche, poire, tomate, certains melons, l'avocat, la banane) présentent un accroissement temporaire de l'activité respiratoire, appelé 'pic climactérique', qui coïncide en général avec les principales modifications de couleur, de texture et de flaveur caractérisant la maturation. Le pic climactérique survient soit sur la plante, soit lors de maturation après récolte, et constitue un repère commode bien qu'incomplet pour l'évaluation de l'état de maturité de certains fruits; il n'est pas provoqué par une modification des conditions ambiantes, mais est dû à des réactions endogènes encore mal connues. Le pic climactérique, donc la présence d'oxygène, sont indispensables pour que la maturation se produise. Les fruits qui présentent le plus nettement le pic climactérique (fruit du 1<sup>er</sup> groupe), sont justement ceux que l'on récolte souvent avant maturation.
- Les fruits du 2<sup>ème</sup> groupe (raisin, cerise, fraise, figue, agrumes, ananas, la plupart des légumes, ...) ne présentent pas de pic climactérique; leur respiration progresse plus lentement, et on les laisse en général mûrir sur la plante. Ce qui mérite d'être souligné c'est que le 2<sup>ème</sup> groupe comprend divers végétaux à activité respiratoire élevée.

Exemple: banane et tomate:

- Fruits cueillis verts, à l'état adulte

- Dans le cas des bananes qui doivent être réfrigérées (12°C) pendant le transport, la maturation est conduite à 17 – 21°C et à une humidité de 85%; la peau commence à jaunir au bout d'environ 3 jours. Parallèlement l'amidon du fruit est transformé en oses, et passe ainsi de 20 à 2% en 6 jours.
  - Des tomates sont laissées mûrir à la température ordinaire.
3. Modifications chimiques pendant la maturité

Les modifications caractéristiques de la couleur, texture et saveur résultent de réactions indépendantes. Il est possible d'empêcher ces réactions chez la poire avec un inhibiteur de la synthèse protéique (actinomycines) sans pour autant supprimer l'apparition de pic climactérique. Cependant, il est difficile de trouver un indicateur unique de la maturité des fruits.

## ii. Entreposage Réfrigéré

### 1. Données du problème

À l'air et température ordinaire, nombreux fruits dépassent rapidement la maturité optimale et entre dans la sénescence. C'est pour prolonger la conservation à l'état frais que l'on recourt à la réfrigération ou aux atmosphères contrôlés (conditionnées ou dirigées).

### 2. Paramètres d'entreposage

La réfrigération, de façon générale, retarde et ralentit la maturation et plus spécialement les réactions liées à la respiration. Pour les fruits fragiles, refroidissement à l'air ou l'eau (ou parfois évaporation sous vide) immédiatement après la récolte. Les températures basses conduisent au risque de développement fongique moindre, mais celui de maladies physiologiques accrues.

Notes :

- Phénomène du brunissement enzymatique ou non pour certains fruits exposés longtemps à des températures basses.
- Processus de maturation d'un fruit peut présenter des caractères différents selon la température d'entreposage.
- Pour la maturation complémentaire, des températures supérieures à 30 – 35°C sont à éviter car elles ne permettent pas le fonctionnement adéquat des systèmes enzymatiques et peuvent même provoquer la mort du tissu.

### Température d'entreposage de quelques fruits

Produit	Température d'entreposage (°C)	Durée approximative de conservation

<b>Carotte</b>	<b>-1 à +1</b>	<b>4 – 6 mois</b>
<b>Concombre</b>	<b>7 à 10</b>	<b>1 – 2 semaines</b>
<b>Chou</b>	<b>0</b>	<b>2 – 4 mois</b>
<b>Épinard</b>	<b>0</b>	<b>2 – 6 mois</b>
<b>Haricot vert</b>	<b>0</b>	<b>1 – 3 semaines</b>
<b>Laitue</b>	<b>0</b>	<b>1 – 3 semaines</b>
<b>Oignon</b>	<b>0 à 3</b>	<b>6 semaines</b>
<b>Petit pois</b>	<b>0</b>	<b>1 – 3 semaines</b>
<b>Pomme de terre</b>	<b>5 à 10</b>	<b>4 – 8 mois</b>
<b>Avocat</b>	<b>5 à 10</b>	<b>2 – 4 semaines</b>
<b>Banane</b>	<b>11 à 15</b>	<b>1,5 – 3 semaines</b>
<b>Citron</b>	<b>11 à 15</b>	<b>1 – 4 mois</b>
<b>Orange</b>	<b>4 à 6</b>	<b>Jusqu'à 6 mois</b>
<b>Tomate</b>	<b>0</b>	<b>1 – 3 semaines</b>

Pour les conservations de plus longue durée: 2 méthodes

- (1) 1<sup>ère</sup> méthode exige des chambres froides rigoureusement étanches. Mise en régime gazeux en utilisant la respiration du végétal (il faut alors 3 – 4 semaines à froid pour abaisser jusqu'à 2% la teneur en oxygène), soit l'injection d'azote. L'atmosphère est ensuite stabilisée par divers moyens (simple aération, aération + élimination du CO<sub>2</sub> par absorption chimique ou adsorption physique, échanges gazeux sélectifs au travers d'une bactérie de diffusion (fondée sur la perméabilité sélective aux gaz de certaines membranes d'élastomère de silicone).
- (2) 2<sup>ème</sup> méthode: utilisation des entrepôts frigorifique ordinaire. Cette méthode fait appel à des récipients spéciaux que l'on place dans les chambres froides (sacs de polyéthylène pourvu de fenêtre de diffusion en élastomères de silicones, ou conteneur avec orifices calibrées et dispositifs pour adsorber l'anhydride carbonique. La respiration de végétaux et les échanges gazeux au travers de la fenêtre de diffusion créée, à l'intérieur du sac, une atmosphère de composition stable, dont l'humidité relative est maintenue à un niveau élevé (90 – 93%) grâce à la respiration des fruits et légumes. Régler le système avec une grande précision et ne conviennent que pour une seule variété à la fois.

#### v. Traitements des Fruits et Légumes avant Conservation industrielle

##### 1. Nettoyage et lavage

- Élimination des impuretés : terre ou sable, résidus de produits phytosanitaires, pierres, morceaux de bois ou feuilles.
- Élimination d'une partie de la charge microbienne.

On distingue:

- Le nettoyage à sec
- Le lavage par immersion dans l'eau

- Le lavage par agitation dans l'eau

On utilise parfois de l'eau chlorée pour le nettoyage.

## 2. Triage par grosseur et par couleur

### Triage par grosseur

- Fruits : la grosseur n'est généralement pas liée à la qualité gustative et joue essentiellement du point de vue de la présentation.
- Légumes: la grosseur constitue un critère de qualité traditionnelle.
- Uniformité de taille s'est révélée utile, voire indispensable pour de nombreux traitements mécaniques (dénoyautage, éboutage, pelage, pressage).
- Le triage par grosseur souvent imposé par des normes réglementaires.

### Triage d'après la couleur

- La couleur est l'indice de maturité, signe d'altération et préférence de consommation.
- Le triage d'après la couleur s'effectue à l'œil nu ou par des appareils automatiques munis des cellules photoélectriques.

Le triage se faisant à la fois par grosseur ou d'après la couleur à l'inconvénient de fractionner les produits en un nombre excessif de catégories.

## 3. Parage

Le parage est l'opération consistant à éliminer des éléments non comestibles ou indésirables (écossage, éboutage, etc).

Utilisation des appareils automatiques conçus pour une opération déterminée.

## 4. Pelage

En principe, le pelage fait partir de l'opération de parage.

- Ananas: éboutés, pelés, débarrasser du trognon et coupé en tranches à l'aide d'une machine entièrement automatique, qui va jusqu'à racler l'intérieur de l'écorce pour en retirer la pulpe, utilisée ensuite pour la préparation de jus.
- Les agrumes: pelés en vue de préparation des segments au sirop, ou de pulpe pour marmelades; dans le 1<sup>er</sup> cas, l'opération est faite à la main, et dans le 2<sup>nd</sup> cas au moyen des machines qui d'une part coupe et tamisent la partie charnue du fruit pour débarrasser des pépins et des parois cellulaires dures.
- Les tomates destinées à la préparation de jus ou de purée, sont en générale échaudées à la vapeur (détacher la peau), qui est ensuite retenue par le tamis de l'extérieur ou la passoire.
- Les tomates destinées pour la conserve de tomate entière, pelées, l'enlèvement de la peau à l'aide de machines. Un certain décollement de la peau est rendu facile par un bref traitement par une solution alcaline.

D'autres méthodes de pelage font appel à une congélation superficielle immédiatement suivie de la décongélation et immersion dans l'huile chaude ou dans la saumure chaude.

## 5. Blanchiment

Le blanchiment est une brève pré-cuisson, à l'eau ou à la vapeur, à laquelle on soumet les aliments végétaux que l'on consomme habituellement à l'état cuit, et que l'on se propose de conserver par appertisation, déshydratation ou congélation.

Les fruits ne sont généralement pas blanchis, à l'exception des pêches, des abricots et des pommes lorsqu'on en prépare des pulpes pour la confiture.

Le blanchiment vise divers buts:

- Attendrir les tissus végétaux de façon à lui permettre de supporter sans dommage les manipulations ultérieures, et à réduire son volume apparent afin d'en faciliter ou rendre possible le conditionnement dans des emballages.
- Éliminer l'air et autre gaz des espaces intercellulaires, pour diminuer les réactions d'oxydation et la pression dans les récipients lors de la stérilisation.
- Accroître la perméabilité des parois cellulaires, ce qui augmente la vitesse de déshydratation et facilite la réhydratation ultérieure.
- Détruire les enzymes pouvant provoquer des détériorations, notamment lors de l'entreposage à l'état déshydraté ou congelé.

## 7.2. Jus de Fruits

### 7.2.1. Préparation

#### 1. Généralités

- Jus de fruits = produit naturel provenant de la pression de fruits sains et mûrs, non fermentés.
- Le jus de fruit ne doit pas comporter, à la suite de fermentation, une teneur en alcool supérieure à 1%.
- Exemples des additifs pour le jus: Anhydride sulfureux < 100 ml/l ; Acide ascorbique < 300 ml/l
- Jus frais: le jus de fruit qui n'a subi aucun traitement physique, ni de stabilisation.
- Jus pur: le jus de fruit où aucune addition d'un produit quelque.
- Jus Edulcoré: le jus de fruit additionné de saccharose dans une proportion ne dépassant pas 50 g/l.
- Jus sucré: le jus de fruit additionné de saccharose dans une proportion supérieure à 50 g/l.
- Jus salé: le jus de fruit additionné de 1 g/l de chlorure de sodium.

#### 2. Matières premières

La qualité du jus est fonction de la qualité des fruits, de la variété (qualité gustative, résistance mécanique, forme, couleur), des conditions culturelles (climat, sol, irrigation, traitement, etc), de l'état de maturité (rapport sucre/acide, critère indispensable) et des méthodes de récolte (moment de récolte).

#### 3. Opérations de fabrication

(a) Traitements préliminaires: lavage, calibrage, parage, inspection, etc)

(b) Extraction du jus : méthodes extraction est fonction de la structure du fruit, sa composition chimique, et les caractères que l'on souhaite (limpidité, viscosité, astringence)

Composés, présents dans le fruit, que l'on souhaite avoir dans le jus, et même protéger contre les altérations: substances aromatiques (esters, aldéhydes, alcools, etc.), sucres, pigments, vitamines, pectines.

On se forcera de n'est pas trop extraire de tanins, autres composés phénoliques astringents, de glucosides amers, d'huiles essentielles (agrumes), de cellulose. Dans les agrumes, divers types de composés susceptibles de provoquer des défauts (flavédo, dans le péricarpe, riche en caroténoïdes, contient des huiles essentielles, sources d'arôme; mais si la teneur en huiles essentielles de l'ordre de 0,02% est considérée comme souhaitable, on se forcera cependant de ne pas dépasser cette proportion.

Une autre catégorie de composés indésirables comprend certains glucosides amers ou leurs précurseurs, localisés surtout dans l'albédo (mésocarpe) et dans la membrane inter-carpellaire, également riche en cellulose et en vitamine C.

Exemples de quelques rendements d'extraction: pomme (65 l/ 100 Kg), tomate (70 l/ Kg), agrume (40 l/ Kg), ananas (50 l/ Kg). Un rendement élevé nuit à la qualité, étant donné qu'il résulte de l'extraction du jus à partir même des portions les moins mûres des fruits, ou d'éléments comme l'écorce ou la peau, riche en substances indispensables.

Température d'extraction: pomme, agrumes, ananas (traités à froid)

Les substances en suspension dans le jus de tomates, d'agrumes et d'ananas sont des fragments de petite taille (0,5 à 500  $\mu\text{m}$ ) de tissus riches en molécules hydratées: cellulose, pectine, protéines. Dans le cas des agrumes ces fragments fixes, par adsorption sur les composés lipidiques, une quantité non négligeable d'huiles essentielles. Les caroténoïdes aussi sont présents dans des particules insolubles, en suspension dans le jus.

Lorsqu'on prépare des jus limpides, la présence de pectine gêne le pressage et les opérations de clarification. Il est donc nécessaire d'ajouter des enzymes d'origine fongique, afin de dégrader et réduire la viscosité du jus.

## BIBLIOGRAPHIE

ADHIAN J. - Valeur alimentaire de l'Arachide et ses dérivés. G.P Maisonneuve et Larose, Paris, 1969

Direction Nationale des Industries - Analyse de l'industrie Malienne des Oléagineux – Perspective d'évolution 24e session CPDCET/Direction Nationale Industries, 1981.

Direction nationale du Génie Rural - Projet de Recensement des Technologies Traditionnelles au Mali - Dossiers techniques, 1984 et 1985 - D.M.A.

Dusabe Yezu , La place du café dans l'économie africaine, Presses universitaires du Zaïre, Kinshasa, 1978

GILLIER P., et SILVESTRE S. - L'arachide - G.P. Maisonneuve et Larose - Paris, 1962.

Guérard R., Normalisation et conditionnement des produits coloniaux d'origine végétale, Editions Georges Frère, Tourcoing ; Belgique, 1948

Ministère de la Coopération française - Evaluation des filières Coton et Mais au Mali - Ministère de la Coopération et développement Français - Paris, 1983.

PARRY G. - Le Cotonnier et ses produits - G.P. Maisonneuve et Larose - Paris Se, 1982.

Projekt - Consult - Etude sur la disponibilité de karité au Mali. Frankfurt, 1983.

Ruysen B. - Le karité au Soudan - Agronomie tropicale, Volume XII - 1957.

Wilboux R., Les caféiers au Congo belge : technologie du café arabica et robusta. Bruxelles, 1956