

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES



Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.AGRO/2023

Polycopie pédagogique

Matière

Technologie des industries agro-alimentaires I (IAA1)

Niveau

3^{EME} ANNEE LICENCE

Spécialité

Technologie agroalimentaire et contrôle de qualité

Réalisé par

Dr FERHOUM Fatiha

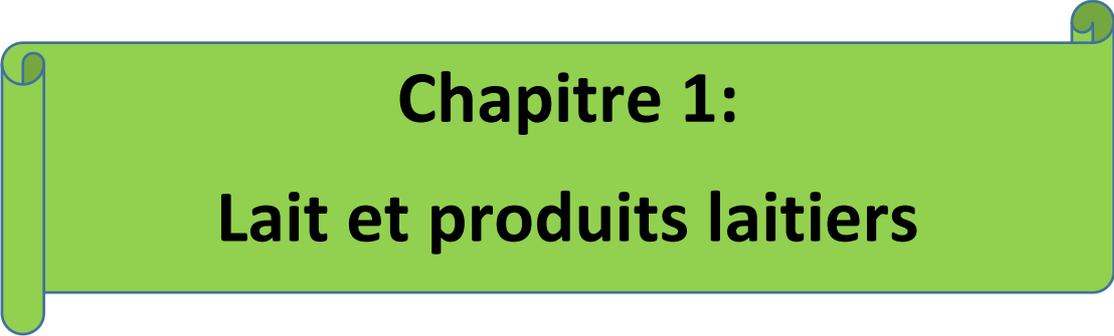
SOMMAIRE

Chapitre I : Lait et produits laitiers	
I.1. Définition du lait cru	02
I.2. Composition biochimique de lait	02
I.3. Facteurs de variation de la composition.....	05
I.4. Caractéristiques du lait.....	05
I.4.1. Caractéristiques organoleptiques.....	05
I.4.2. Propriétés physico-chimiques de lait	06
I.5. Techniques Laitières.....	06
I.5. 1. Lait de consommation.....	06
I.5.2. Définition des lait de consommation en fonction du taux de matière grasse	06
II.5.3. Définition des lait de consommation en fonction du traitement thermique appliqué	06
I.6. Technologie de fabrication du Yaourt	11
I.7. Techniques beurrières.....	13
I.8. Techniques fromagères.....	14
I.9. Technique de fabrication des crèmes glacées	16
I.10. Traitements et utilisation des sous-produits de la transformation du lait.....	17
Chapitre II : Industrie du sucre	
II.1. Introduction	19
II.2. Betterave à sucre.....	19
II.3. Procédé de transformation.....	20
II.3.1. L'extraction du jus de betterave.....	20
II.3.2. Epuration.....	21
II.3.3. Evaporation (concentration) du jus :	23
II.3.4. Cristallisation du sirop.....	24
II.4. Raffinage du sucre de canne.....	24
Chapitre III : Corps gras et industrie des huiles	
III.1. Introduction.....	26
III.2. Rappels sur les lipides.....	26
III.3. Propriétés chimiques des corps gras.....	27
III.4. Technologie des corps gras (Huilerie).....	29
III.5 . Raffinage.....	32
III.6. Margarinerie.....	36
III.7 . Technologie de fabrication de l'huile d'olive.....	38
Chapitre IV : boissons	
IV.1. Introduction.....	39
IV.2. Aperçu économique de secteur des boissons en Algérie.....	39
IV.3. Définition d'un jus.....	40
IV.4. Classification des jus.....	40
IV.5. Ingrédients autorisés dans les jus de fruits et nectars	40
IV.6. Fabrication d'un jus du fruit.....	41
IV.7. Les boissons gazeuses	42
IV.7.1. Composition moyenne d'une boisson gazeuse.....	43
IV.7.2. Procédés de fabrication des boissons gazeuses.....	44

L'industrie agroalimentaire est née au même temps que l'agriculture [1]. L'industrie alimentaire ou la transformation des aliments, c'est-à-dire l'ensemble des procédés mis en œuvre « du champ à l'assiette » pour passer de matières premières végétales ou animales à des aliments, répond à deux buts principaux :

- ❖ Transformer : produire des aliments comestibles c'est-à-dire consommables sans risques et agréables à manger à partir d'ingrédients bruts ;
- ❖ Stabiliser : permettre la conservation des ingrédients ou des aliments au-delà de leurs périodes de récolte dans des conditions optimales de sécurité [2]

Les industries alimentaires sont aujourd'hui des industries de haute technologie. Elles doivent donc maîtriser trois composantes majeurs de leurs activités qui se caractérisent toutes trois par leur grande complexité

A green horizontal banner with rounded corners and a slight 3D effect, resembling a scroll. It has a darker green vertical bar on the left side and a small circular detail at the top right corner.

Chapitre 1:

Lait et produits laitiers

I.1. Définition du lait cru

Selon le Congrès international de Genève 1908, c'est le produit total de la traite complète et ininterrompue d'une femelle saine, bien nourrie et surmenée. [3].

C'est un produit qui n'a pas été stocké après avoir été refroidi à la ferme. Il doit être bouilli avant utilisation (car il contient des agents pathogènes). Il doit être réfrigéré et consommé dans les 24 heures [4]. Il doit être collecté dans de bonnes conditions d'hygiène et présenter toutes les garanties sanitaires. Il peut être commercialisé tel quel. [5]

Structure du lait

Le lait est constitué de Trois phases [4]

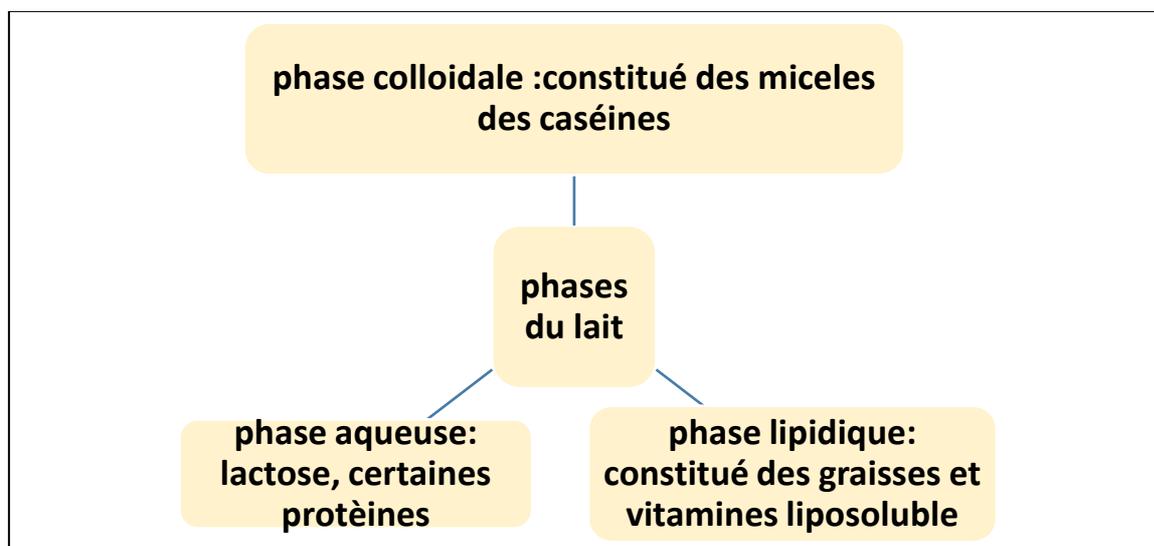


Fig.1 : Structure du lait

I.2. Composition biochimique de lait : selon [7,8] la composition moyenne du lait cru est illustrée dans le tableau 1.

Tableau.1 : Composition du lait

Constituant du lait	Teneur en gramme par litre
Eau	90,2
Constituant salins minéraux	6,9
Gaz dissous	0,1
Constituant organique	1,7
Lactose	49
Matière grasse	38
Caséine	32
Protéines dites solubles	26
constituants azotés non protéiques	6
Autres constituants	

Eau : C'est le composé le plus abondant, il existe sous deux états :

- L'eau extra micellaire représente environ 90 % de l'eau totale.
- L'eau intramicellaire constitue environ 10% de l'eau totale

Matières grasses : la figure 1 et le tableau 2 résume la composition de la matière grasse du lait [10]

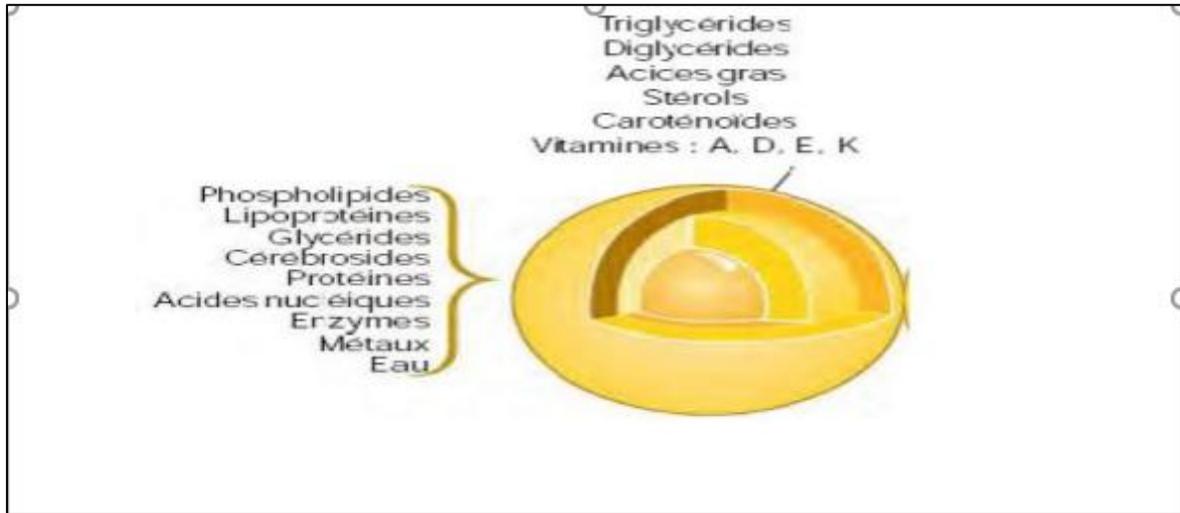


Fig.2 : composition d'un globule gras

Tableau. 2 : Matière grasse du lait [9].

Composants		Teneurs (1)%	
Substances lipidiques	Glycérides	Triglycérides	96
		Di glycérides	2
		Monoglycérides	0,1
	Glycérophospholipides et sphingolipides		1
	Cérides	0,03	
Stérides	0,04		
Substances non lipidiques et liposolubles(2)	Acides gras libres	0,15	
	Substances insolubles : Cholestérols et autres composants	0,4	

Matières azotés : on distingue :

- Les caséines, qui constituent 80 % de toutes les protéines,
- Les protéines sériques, qui représentent 20 % de toutes les protéines.

Caséines : Le caséinate de calcium est d'une masse molaire maximale de 56 000 g mol⁻¹, forme une dispersion colloïdale dans le lait. Le diamètre des micelles protéiques est d'environ 0,1 µm (Figure 2). La composition de la caséine naturelle est la suivante : 94 % de protéines, 3 % de calcium, 2,2 % de phosphore, 0,5 % d'acide citrique et 0,1 % de magnésium [11 ;12].

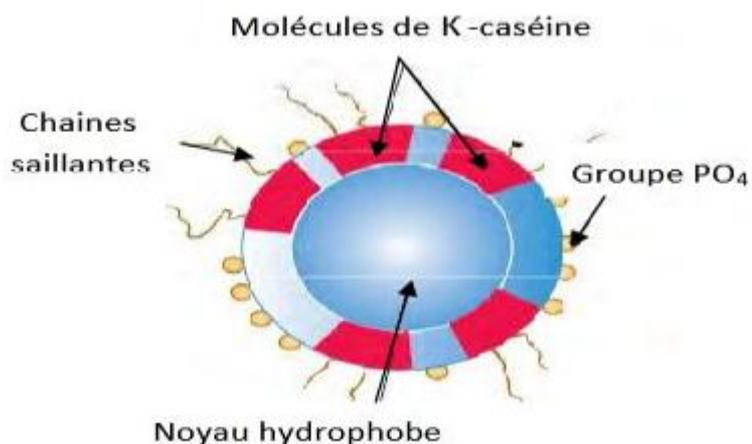


Figure2 : Structure d'une sub-micelle caséique (Bylund, 1995).

Vitamines : ils sont très variable, et étroitement liées aux enzymes, car elles jouent le rôle de coenzyme associé aux protéines apoenzymes. On a deux catégories principales :

- Vitamines hydrosolubles (vitamines du groupe B et vitamine C).
- Les vitamines liposolubles (vitamines A, D, E et K) [12].

Minéraux : Le lait contient des quantités importantes de divers minéraux. (Tableau. 3.)

Tableau.3 : Composition minérale du lait.

<i>Eléments minéraux</i>	<i>Concentration (mg.kg⁻¹)</i>
Calcium	1043-1283
Magnésium	97-146
Phosphate inorganique	1805-2185
Citrate	1323-2079
Sodium	391-644
Potassium	1212-1681
Chlorure	772-1207

Lactose : le glucide le plus abondant dans le lait. Il est fermenté facilement par les bactéries lactique et facilite ainsi les transformations du lait

Enzymes : Le lait contient principalement trois groupes d'enzymes :

- Les hydrolases,
- Les déshydrogénases
- Les oxygénases.

I.3. Facteurs de variation de la composition

Les facteurs de variation du lait sont résumés dans la (figure 3).

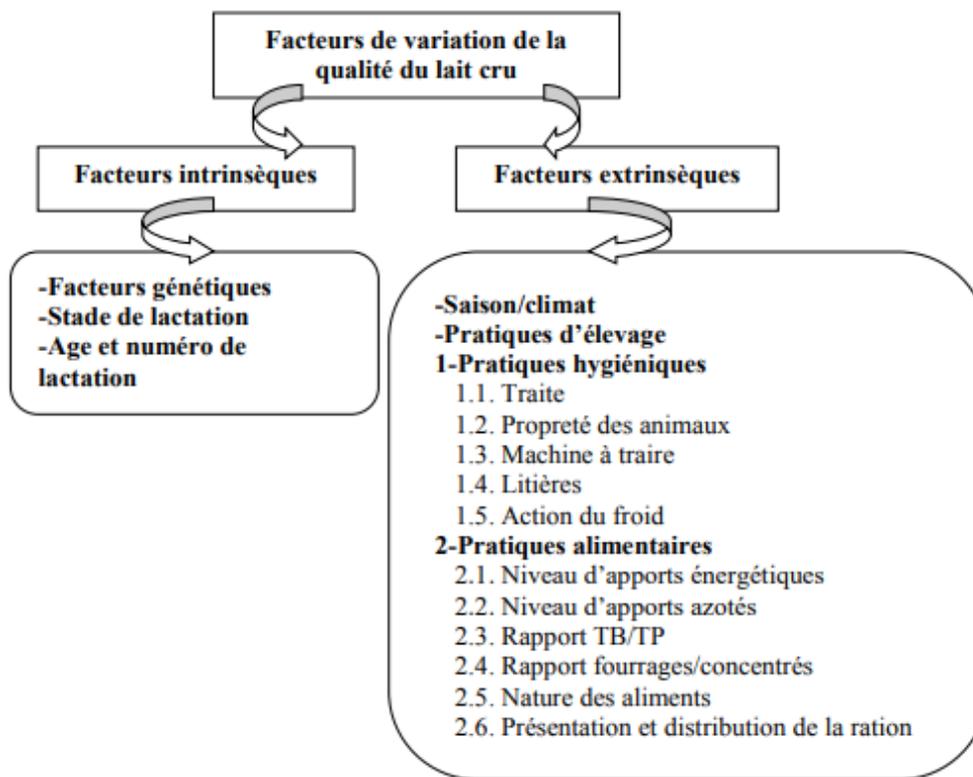


Fig. 3. Facteurs de variation de la composition du lait

I.4. Caractéristiques du lait

I.4.1. Caractéristiques organoleptiques

- **Couleur** : le lait a une couleur blanc porcelaine. Son abondance en graisse et en β -carotène lui confère une teinte légèrement jaunâtre [13].
- **Odeur** : le lait corrige l'odeur animale grâce à la graisse qu'il contient. Ils sont liés à l'environnement de traite et à la nutrition [13].

- **Goût** : Le goût est légèrement sucré en raison de la forte teneur en lactose. Il se développe en fonction du régime alimentaire de l'animal [14].

I.4.2. Propriétés physico-chimiques de lait [14]

- **Le pH** : il varie selon l'espèce animale et les conditions environnementales ainsi que l'alimentation, il est de l'ordre de 6,5 et 6,8.
- **La densité** : la densité est de l'ordre de 1,032 à 20 C°. Elle varie en fonction des matières grasses, et la teneur en extrait sec soluble.
- **L'acidité titrable** : généralement l'acidité de lait est comprise entre 15°D et 18°D.

I.5. Techniques Laitières

I.5. 1. Laits de consommation

Le lait de consommation est caractérisé par un traitement thermique pour le conserver et une teneur en matières grasses [16].

I.5.2. Définition des laits de consommation en fonction du taux de matière grasse

Lait entier standardisé : lait avec une teneur en matière grasse d'au moins 3,50% m/m.

Lait entier non standardisé : lait dont la teneur en matière grasse n'a pas été modifiée après la traite par ajout ou retrait de matière grasse laitière ou par mélange avec du lait dont la teneur naturelle en matière grasse a été modifiée. Toutefois, la teneur en matière grasse ne doit pas être inférieure à 3,50 % (m/m).

- **Le lait demi-écrémé** : Il s'agit de lait traité thermiquement dont la teneur en matières grasses est réduite à un niveau d'au moins 1,50 % (m/m) et d'au plus 1,80 % (m/m).
- **Lait écrémé** : il s'agit d'un lait traité thermiquement dont la teneur en matière grasse ne doit pas dépasser 0,50% (m/m).

II.5.3. Définition des laits de consommation en fonction du traitement thermique appliqué

• **Lait cru destiné à la consommation humaine directe (non transformé)** : Dans le règlement (CE) n° 853/2004, le lait cru est défini comme le lait produit à partir de la sécrétion des glandes mammaires des animaux de ferme, qui n'a pas été chauffé au-dessus de 40 °C et n'a pas été traité de manière similaire. Par conséquent, ce lait n'a été transformé que par refroidissement mécanique.

• **Lait frais microfiltré** : L'appellation « lait frais microfiltré » est réservée au lait obtenu à partir de lait cru par microfiltration, et auquel peut avoir été ajoutée de la crème traitée thermiquement ou d'effet similaire. Ce lait a une réaction positive au test de phosphatase. Il

est emballé et refroidi immédiatement après le traitement afin de le porter le plus rapidement possible à 6 °C. Le lait frais microfiltré peut être conservé au réfrigérateur.

• **Le lait pasteurisé** : L'appellation « lait pasteurisé » est réservée au lait :

a) obtenu par un traitement à température élevée de courte durée (au moins 72 °C pendant 15 secondes ou une combinaison équivalente) ou par pasteurisation utilisant différentes combinaisons de durée et de température pour obtenir un effet équivalent ;

b) refroidi immédiatement après la pasteurisation et porté à une température maximale de 6 °C dès que possible;

c) montre une réaction négative au test de la phosphatase.

- Il existe trois types de pasteurisation différents selon la durée et la température de pasteurisation.

a. Basse température (LTLT) : Elle consiste à chauffer le lait dans des récipients ouverts à 62-65 °C pendant 30 minutes La pasteurisation n'est plus utilisée dans l'industrie laitière. **B.**

Haute température (HTST) : Cette pasteurisation se fait à une température de 71-75°C pendant 15-40 secondes.

c. Pasteurisation flash L'échelle est de 80-90°C pendant 1-2 secondes.

La durée de conservation est 7 jours.

La Figure 4 représente le schéma technologique de procédé de pasteurisation de lait

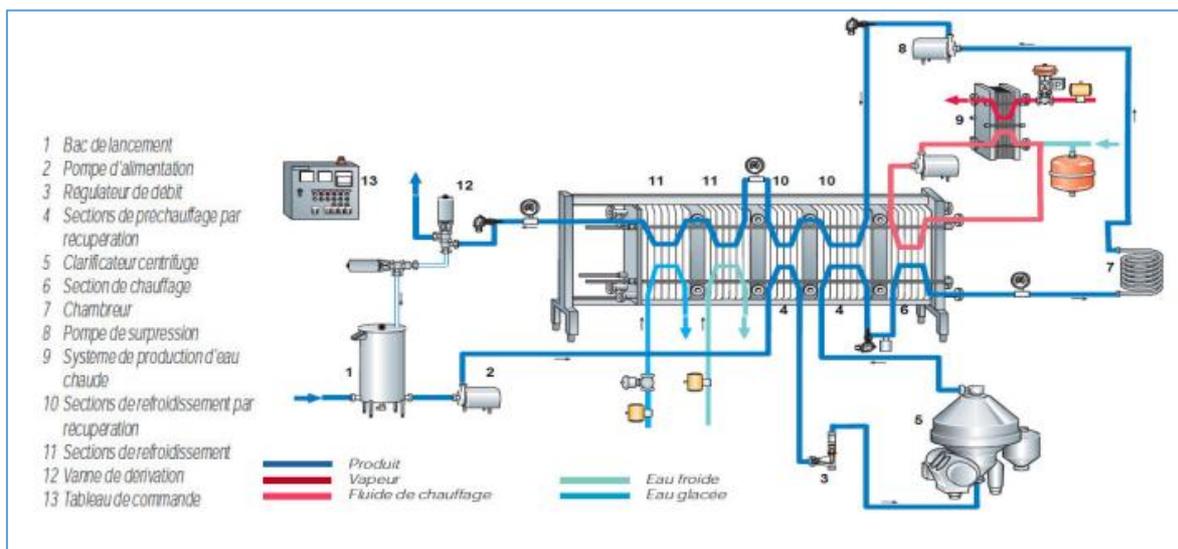


Fig.4 : Procédé de fabrication du lait pasteurisé

Remarque : le lait cru avant de passer à la pasteurisation il doit subir un contrôle, une épuration et une standardisation

• **Le lait stérilisé**

C'est un lait conditionné dans un récipient hermétique puis traité thermiquement (figure 5).

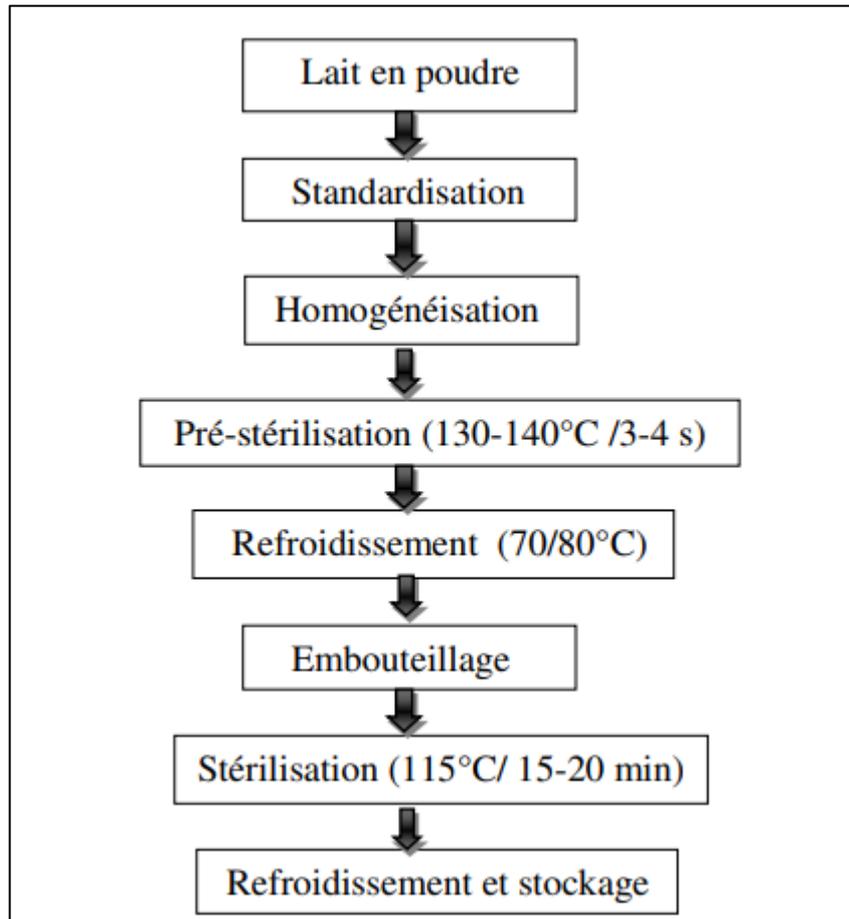


Fig.5 : Etapes de fabrication du lait stériliser

Lait stérilisé UHT

Le procédé dit à ultra haute température est également un procédé à long terme qui raccourcit le temps de chauffage : les propriétés aromatiques du lait sont mieux préservées qu'avec une simple stérilisation. Cela signifie que le lait est rapidement chauffé pendant 2 à 4 s à 135°C, puis conditionné dans un environnement stérile. La figure 6 représente le procédé de stérilisation UHT.[14]

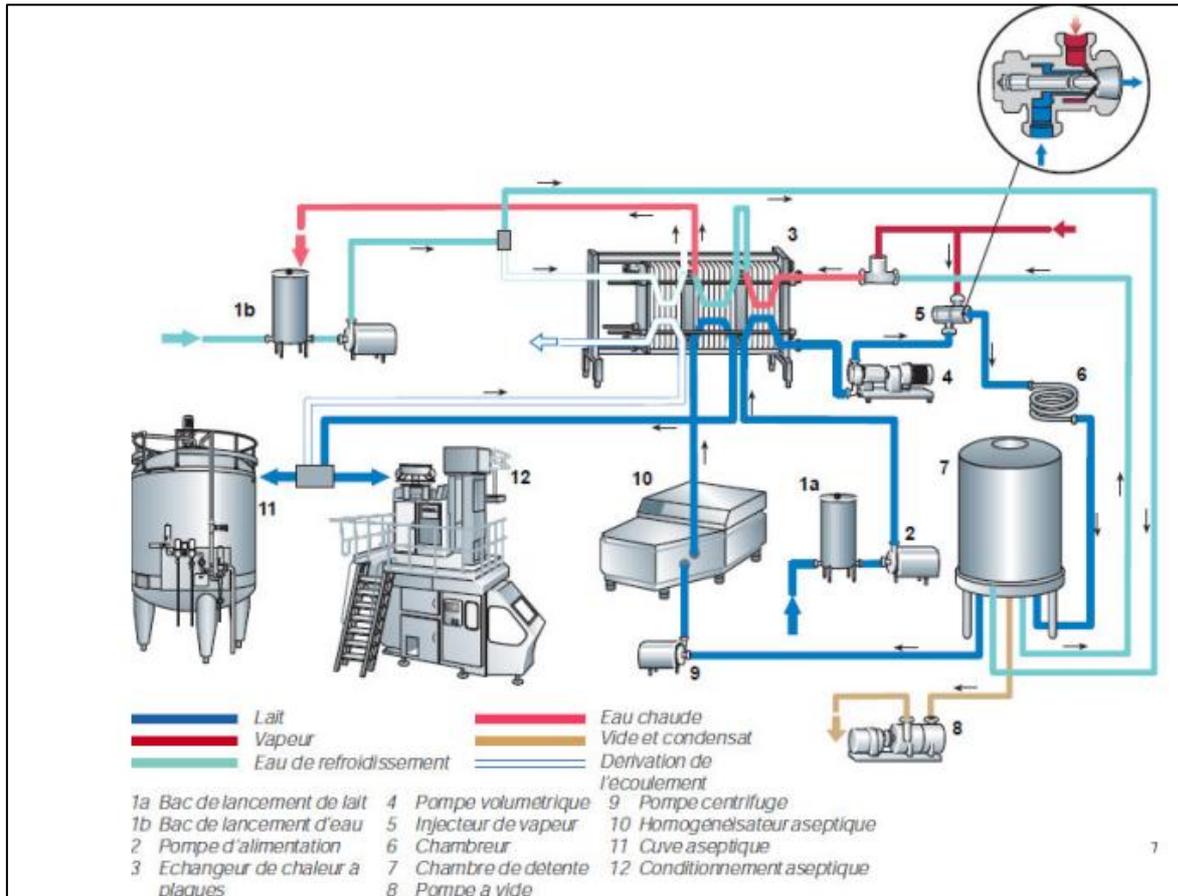


Fig. 6 : Procédé de stérilisation UHT

Lait en poudre

Le lait en poudre est un produit obtenu en éliminant la quasi-totalité de l'eau par le chaud ou le froid. Il s'agit d'un bon procédé de conservation où le développement des micro-organismes est difficile en raison de la faible teneur en eau. Deux types de procédés sont utilisés pour l'obtenir :

-Procédé des cylindres ou HATMAKER

Le lait tombe entre deux cylindres (figure 7) chauffés à la vapeur pendant 2 à 3 secondes jusqu'à une température de 140 à 150 °C. Sèche rapidement, forme un fin film laiteux qui s'enlève à l'aide d'un grattoir. L'inconvénient de ce procédé est la modification des structures physico-chimiques lors d'un traitement thermique sévère.

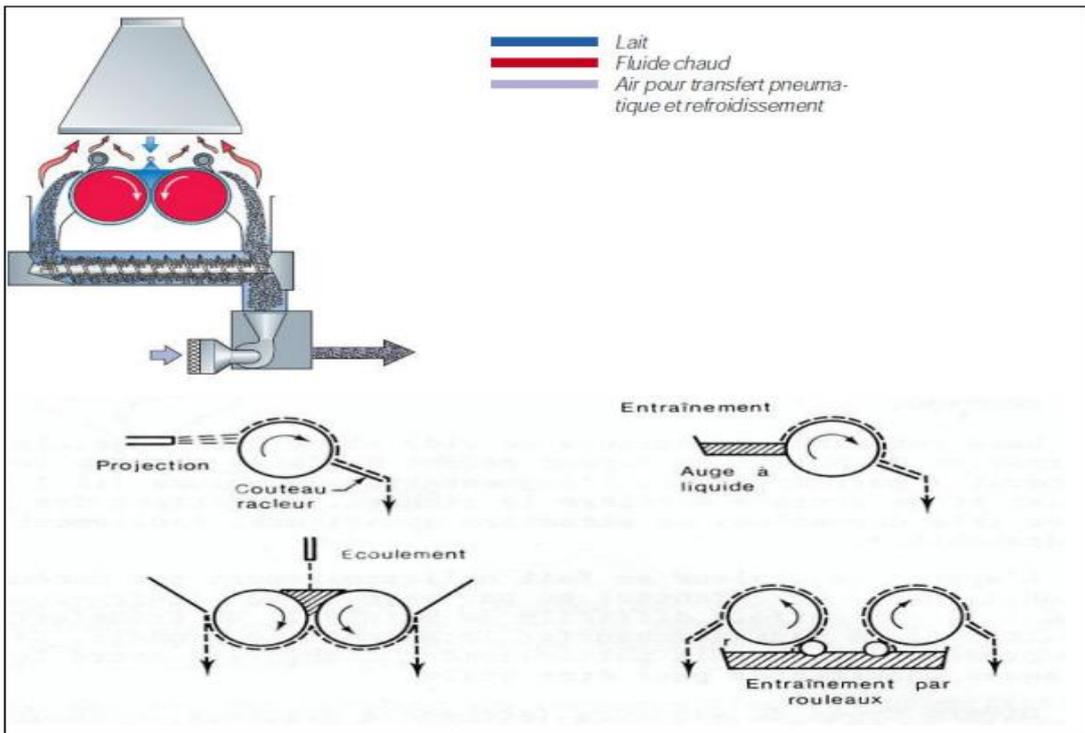


Fig. 7 : procédé de séchage par cylindres

-Procédé de pulvérisation : Le lait est pulvérisé sous forme de brouillard dans une grande chambre traversée par un courant d'air chaud (figure 8) . Une déshydratation immédiate est obtenue, le lait en poudre tombe au fond sous l'effet de la gravité.

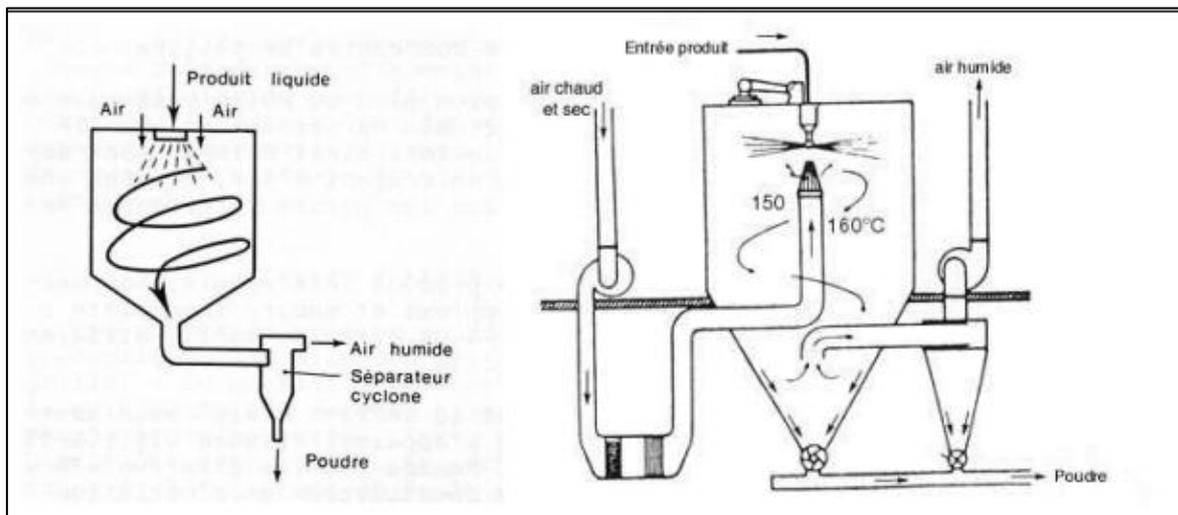


Fig. 8 : procédé brouillard

Le diagramme de la figure 9 représente les étapes de la fabrication de lait en poudre

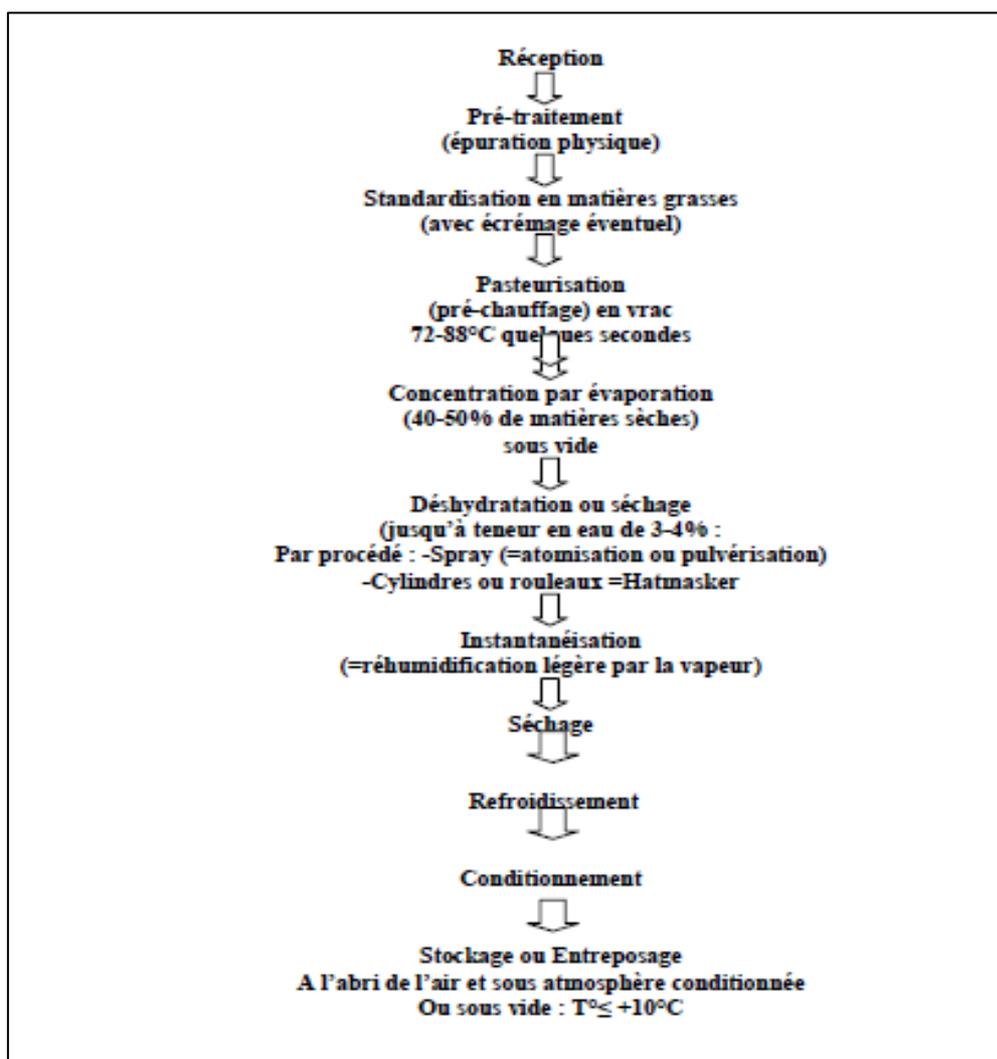


Fig.9 : Etapes de fabrication du lait en poudre

I.6. Technologie de fabrication du Yaourt [10]

C'est un lait fermenté par bactéries lactiques thermophiles spécifiques *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*. Ces dernières doivent vivre dans le produit fini à raison d'au moins 10 millions de bactéries par gramme de lait. Il existe plusieurs procédés de fabrication de yaourt qui présente deux étapes primordiales :

Inoculation.

Deux bactéries lactiques sont responsables de la fermentation du lait :

- *Lactobacillus bulgaricus*, qui donne de l'acidité au yaourt ;
- *Streptococcus thermophilus*, qui développe le goût.

Fermentation

Le lait inoculé, éventuellement additionné de sucre ou d'arômes naturels, est versé dans les pots de yaourt. Les pots sont scellés et placés dans une étuve à une température de 43 °C à

45°C pendant 2 à 3 heures en vue de la fermentation. Les figures 10, 11 et 12 représente les procédés de fabrication du yaourt ferme et brassé

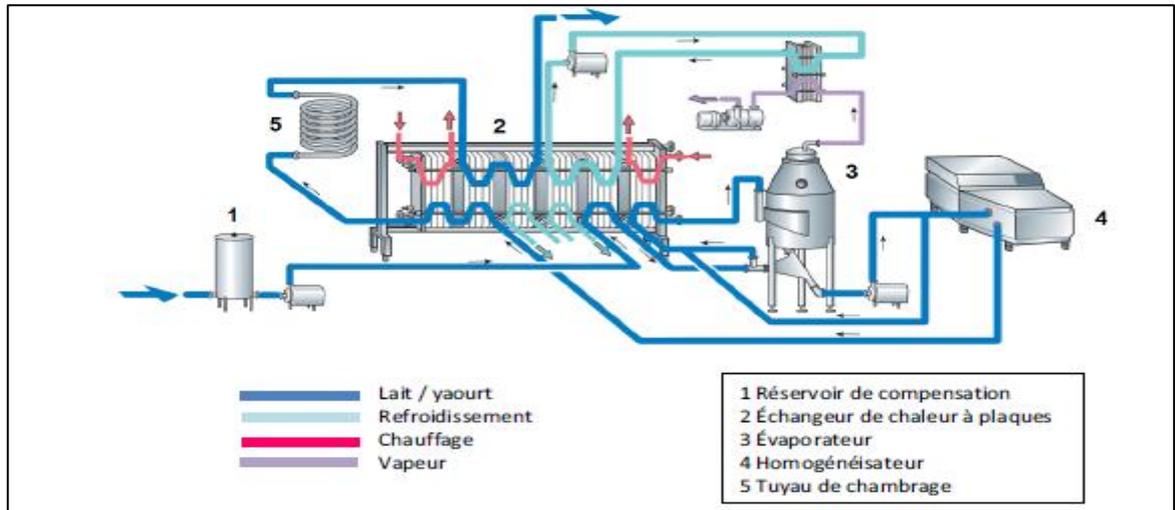


Fig 10 : Prétraitement général pour un lait destiné à la fabrication du yaourt

Remarque : on peut utiliser un enrichissement en lait en poudre a la place d'évaporation.

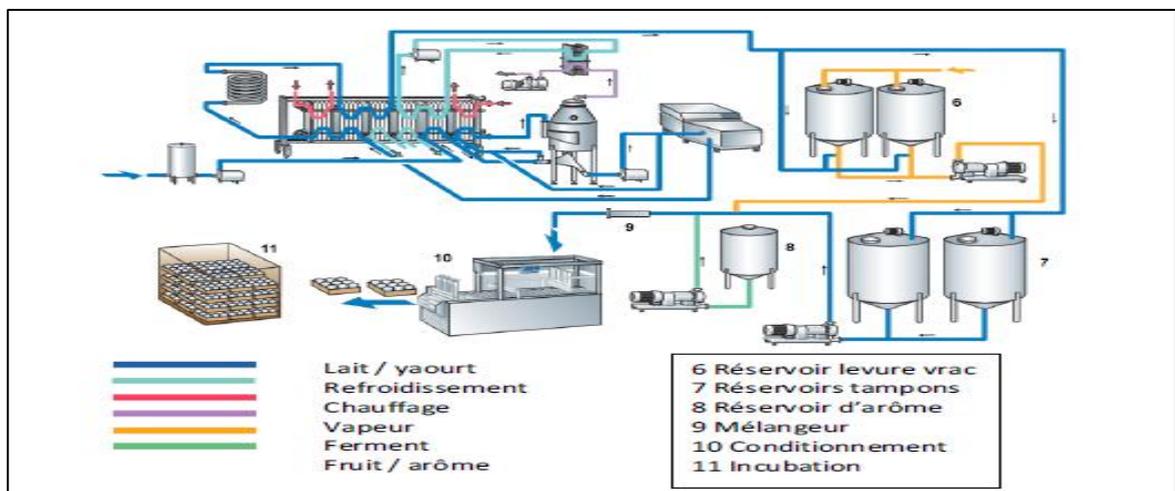


Fig.11 : procédé de fabrication de yaourt ferme

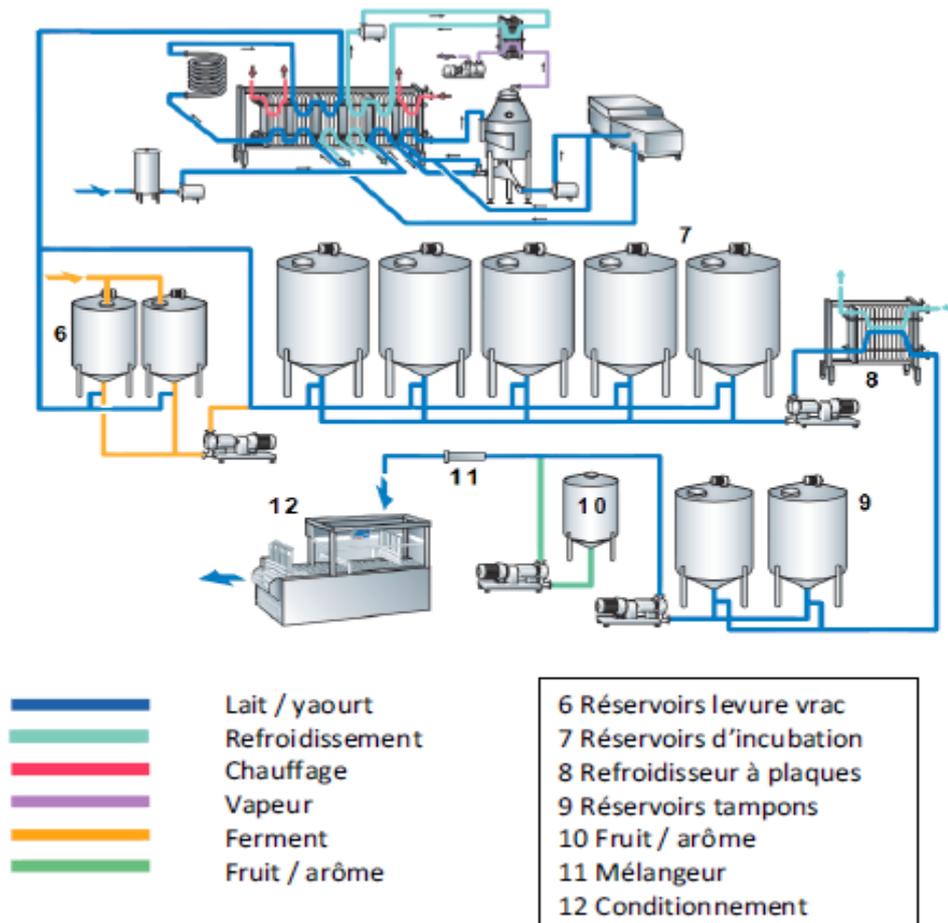


Fig. 12 : Étapes de la production de yaourt brassé

I.7. Techniques beurrières.[15]

Le beurre est le produit du barattage de crème de lait pasteurisée ou crue et maturée. Le beurre est un produit obtenu à partir du lait, principalement sous forme semi-solide. 100 g de beurre contiennent au moins 82 % de matières grasses, 16 % d'eau et 2 % de matières sèches. Aucun conservateur ou arôme n'est autorisé.

Technologie de fabrication du beurre

La fabrication de beurre passe par plusieurs étapes qui sont présentées sur la figure 12.

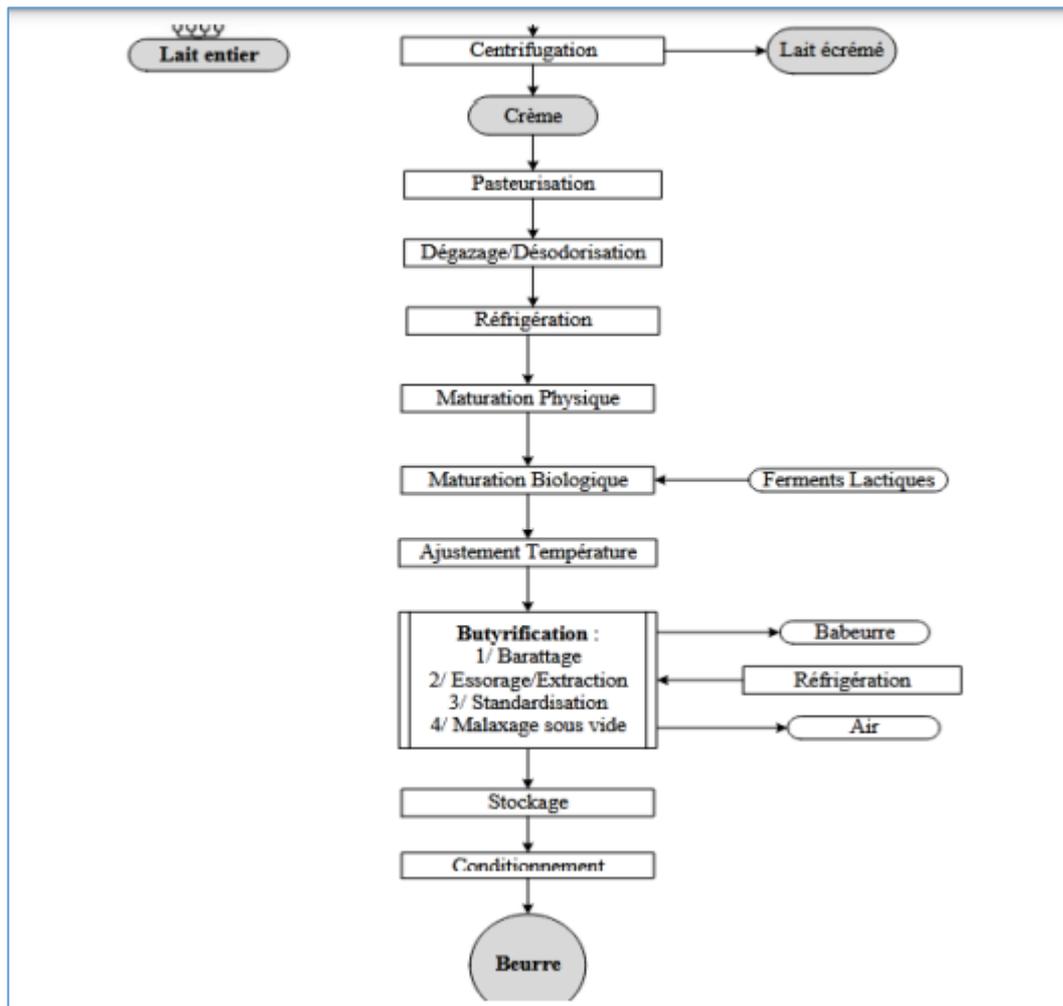


Fig. 12 : Etapes de fabrication du beurre

I.8. Techniques fromagères

L'objectif de l'industrie fromagère est de transformer le lait en un produit durable avec un goût différent dû à différentes actions microbiennes et enzymatiques. Le caillé du lait et l'égouttage du caillé obtenu est en réalité une sorte de concentration, qui est un conservateur, à laquelle il faut ajouter l'acidification de la fermentation lactique, qui empêche la pénétration du fromage par putréfaction. bactéries Ce double principe de séchage et d'acidification se retrouve plus ou moins clairement dans la fabrication de tous les fromages.

Définition du fromage

Selon la norme Codex, le fromage est un produit affiné ou non, de consistance molle ou mi-dure, dure ou très dure, qui peut être recouvert, et dans lequel le rapport protéine de lactosérum/caséine ne dépasse pas celui du lait. Le fromage est obtenu par caillage complet du lait sous l'influence de caillé ou d'autres agents précipitants appropriés et par élimination partielle du lactosérum résultant de ce caillé.

Classification des fromages

Ils sont classé selon différentes critères (figure 13):

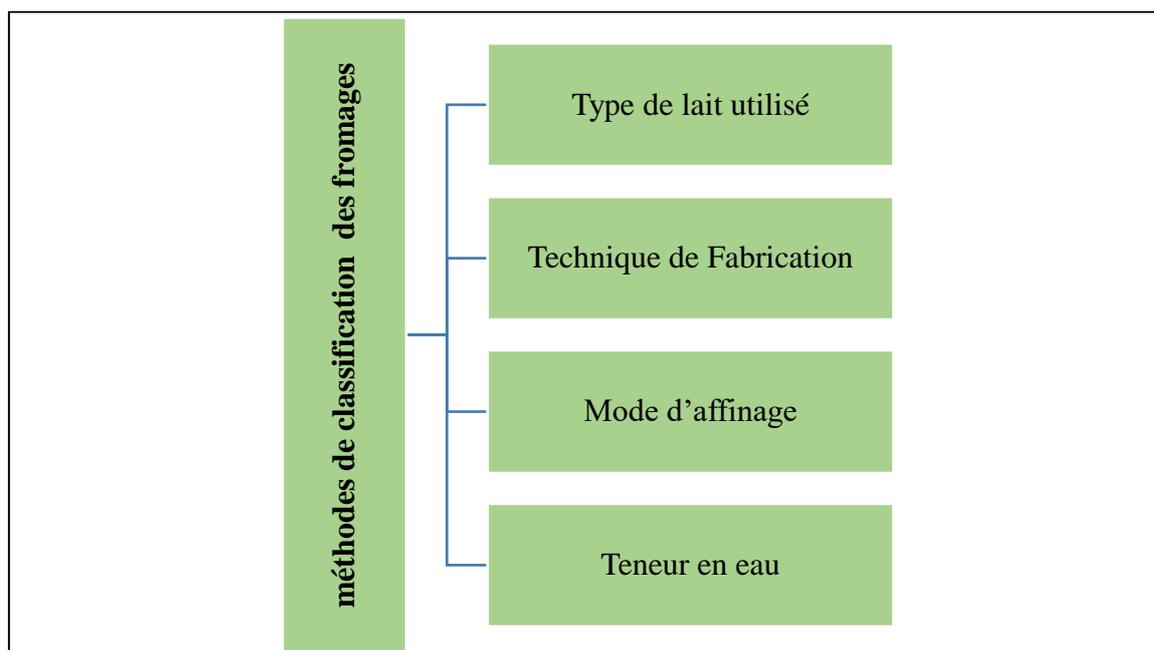


Fig.13 : Classification des fromages

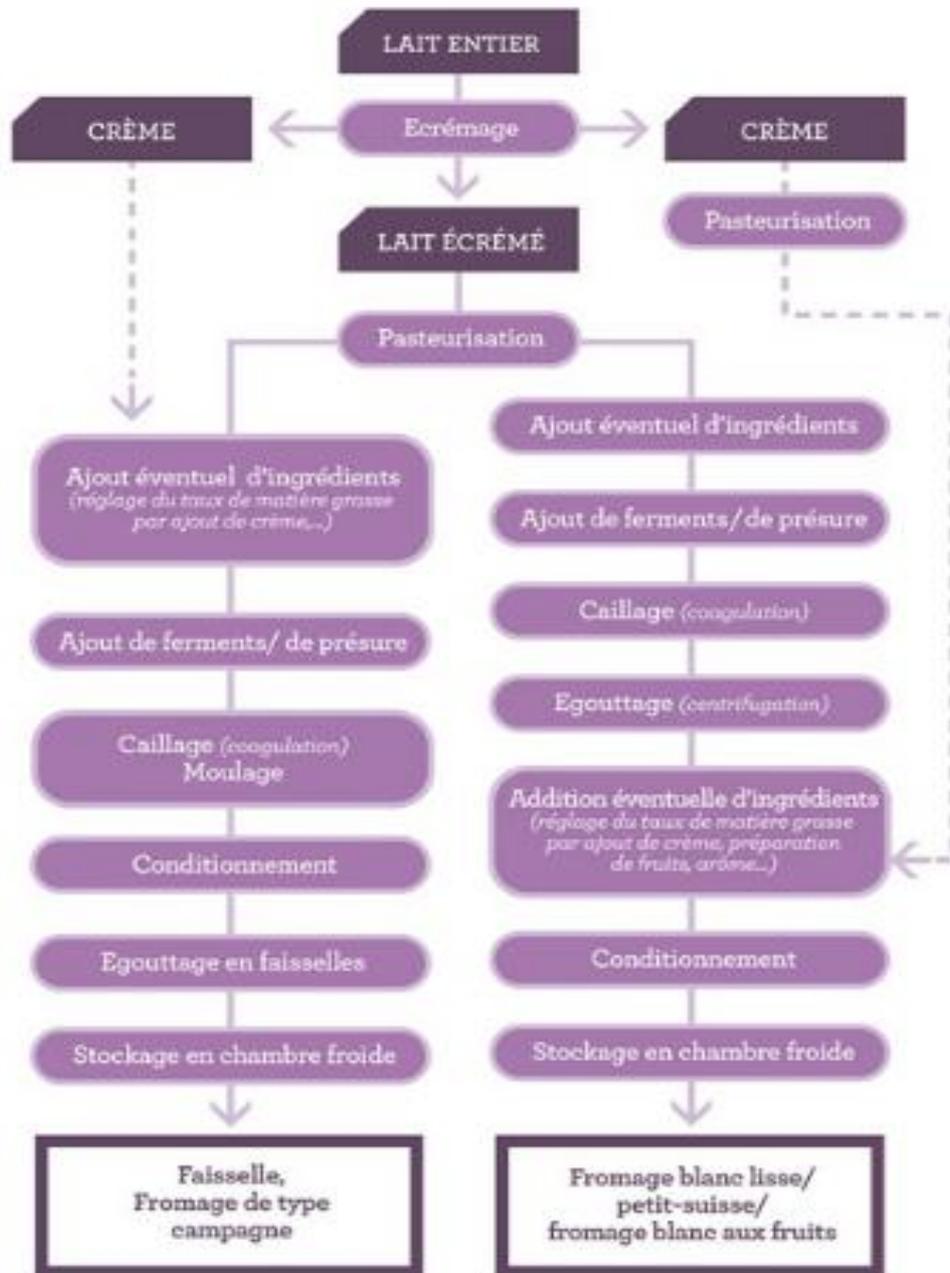
Valeur nutritionnelle des fromages [12]

Grâce à des protéines de haute valeur biologique et au complexe vitaminiqe phosphore-calcium, le fromage est à la fois un aliment protecteur pour les adultes et un aliment de croissance pour les jeunes. Il est généralement bien mieux toléré que le lait et plus facile à digérer.

Processus d'élaboration du fromage

. Le tableau ci-après résume les étapes de fabrication du fromage .

Étapes	Description de l'étape
1. Caillage	Utilisation des ferments lactiques et la présure pour la coagulation
2. Egouttage	Séparation de caillé et le petit lait
3. Moulage	Mise en forme des fromages
4. Salage	Pour le gout et maîtriser le développement des MO spécifique
5. Affinage	C'est la période de maturation



I.8. Technique de fabrication des crèmes glacées [12 ;16]

Il s'agit d'une mousse partiellement congelée qui contient environ 50 % d'air en volume (la teneur en air dépend du type de glace). Les bulles d'air maintiennent en suspension le réseau de graisse globulaire partiellement fondue et de cristaux de la glace, le tout dispersé dans une phase aqueuse appelée continue, qui contient des sucres, des protéines et des stabilisants.

Procédé de fabrication des crèmes glacées

La fabrication de la crème glacée passe par plusieurs étapes qui sont résumé dans la figuré ci-après

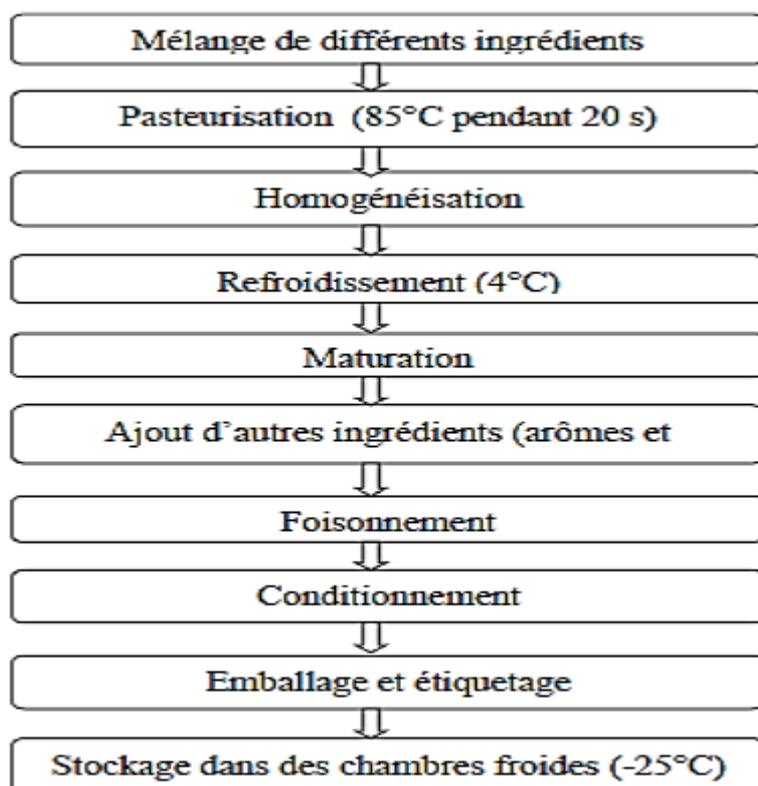


Fig. 13 : Etapes de fabrication des crèmes glacées

I.9 Traitements et utilisation des sous-produits de la transformation du lait

Aujourd'hui, le lactosérum est un sous-produit de la transformation des produits laitiers, notamment de l'industrie fromagère. Il représente au moins 85 pour cent du lait transformé en fromage. Son recyclage est un enjeu à la fois économique et écologique, en plus ce produit présente une composition riche en protéines, en lactose et en vitamines hydrosolubles.

Définition du lactosérum

Le terme lactosérum fait référence au liquide translucide jaune verdâtre qui se sépare du caillé après séparation des caséines par coagulation acide ou par un procédé enzymatique utilisant de la présure ou de la chymosine.

Séparation des principaux constituants de lactosérum

a. récupération des protéines

L'extraction des protéines de lactosérum se fait par les techniques suivantes

- Thermo coagulation
- Ultrafiltration
- Précipitation
- Des techniques chromatographiques.

b. Extraction du lactose

L'extraction du lactose se fait par ultrafiltration, la cristallisation.

6.3. Utilisations du lactosérum

- a. Usage agricole
- b. Usage alimentaire
- c. Usage pharmaceutique et cosmétique

Chapitre 2 : Industrie du sucre

II.1. Introduction

Le sucre (saccharose) est produit à partir de la betterave sucrière ou de la canne à sucre. L'industrie de fabrication du sucre passe par plusieurs ateliers :

- L'atelier de lavage élimine les impuretés extérieures à la matière première ;
- L'extraction par diffusion limite le transfert des impuretés dans le jus ;
- L'épuration calco-carbonique précipite une partie des impuretés dissoutes ;
- La concentration par évaporation multiple-effet élimine une partie de l'eau du jus ;

La première partie de ce chapitre situe rapidement quelques notions sur la production de la betterave et la composition de celle-ci, Ainsi que les étapes de fabrication du sucre.

II.2. Betterave à sucre

Selon [17], les racines de la betterave sucrière (*Beta vulgaris* L.) contient beaucoup de saccharose, à partir de laquelle est fabriqué le sucre de table. Cette plante est bisannuelle et a une durée de vie de deux ans.



Fig. racine de la betterave a sucre

La composition chimique [18]

Le tableau ci-après représente la composition moyenne des racines de la betterave sucrière

Matière sèche	35%
Eau	76,5 %
Saccharose	70 % de la matière sèche
Substances solubles et insolubles	30% de la matière sèche

II.3. Procédé de transformation

L'industrie du sucre est un procédé d'extraction et de purification qui comporte les étapes suivants réception, stockage, lavage, découpage, diffusion, purification, concentration et la cristallisation du saccharose (figure.2) [17; 19]. .

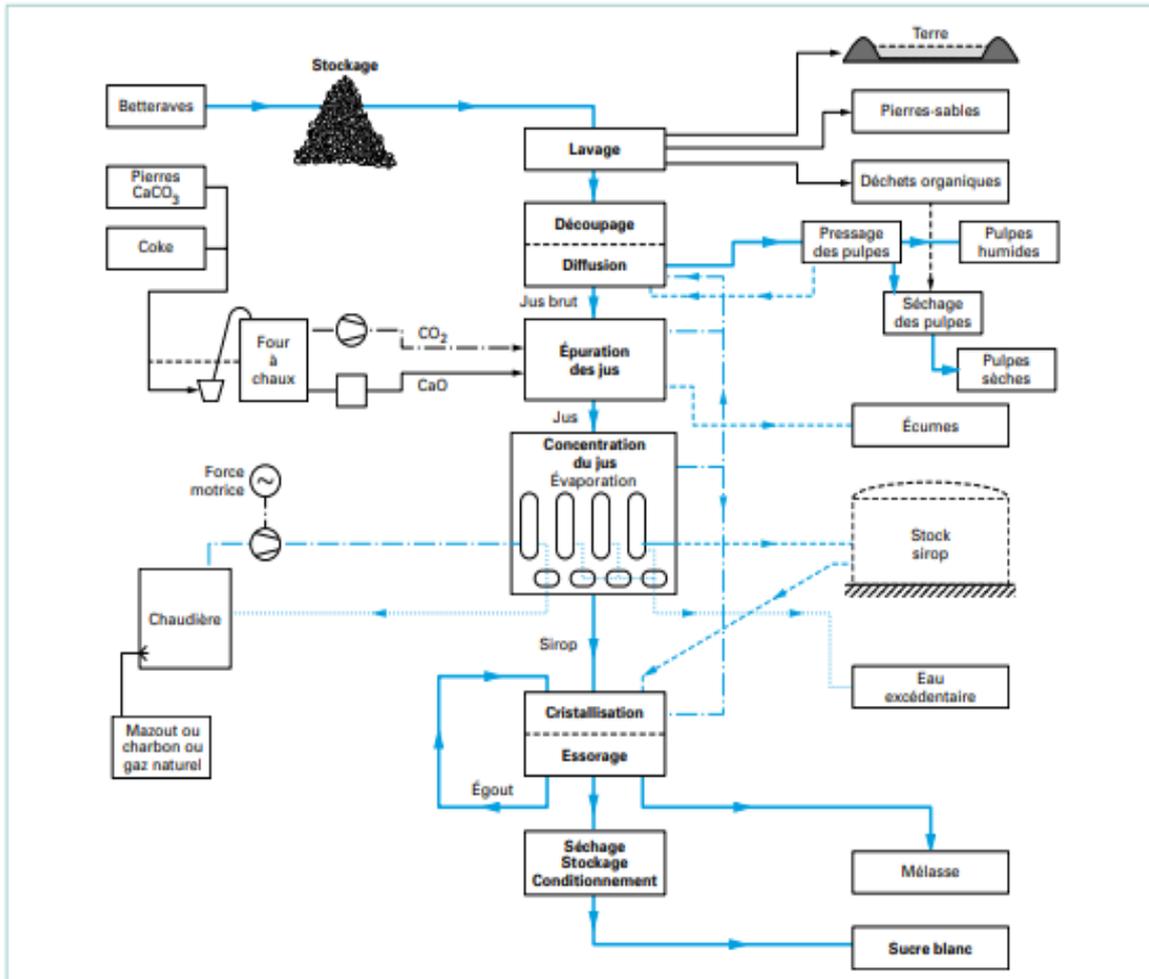


Fig.2 : Etapes de fabrication du sucre à partir de la betterave

Opérations préliminaires à l'extraction.[20]

Réception : qui comporte deux analyses : la tare du sol et la teneur en sucre

Blanchiment : pour l'élimination de la terre, les feuilles, les racines, l'herbe et les cailloux.

Coupe racine : dans cette étape la racine de la betterave es coupe en morceaux striés.

II.3.1. L'extraction du jus de betterave

L'extraction se fait par l'eau chaude [21]. Pour l'extraction proprement dite, on doit effectuer une blanchiment rapide a (90-95°C) pendant quelques minutes 2 à4 minute pour assurer une

bonne perméabilité. Puis une extraction à contrecourant est réalisée dans le diffuseur a une température de 70 à 75 °C (Fig. 3). L'extraction se termine quand on atteint un équilibre de concentration entre l'environnement interne et externe [21 ; 17].

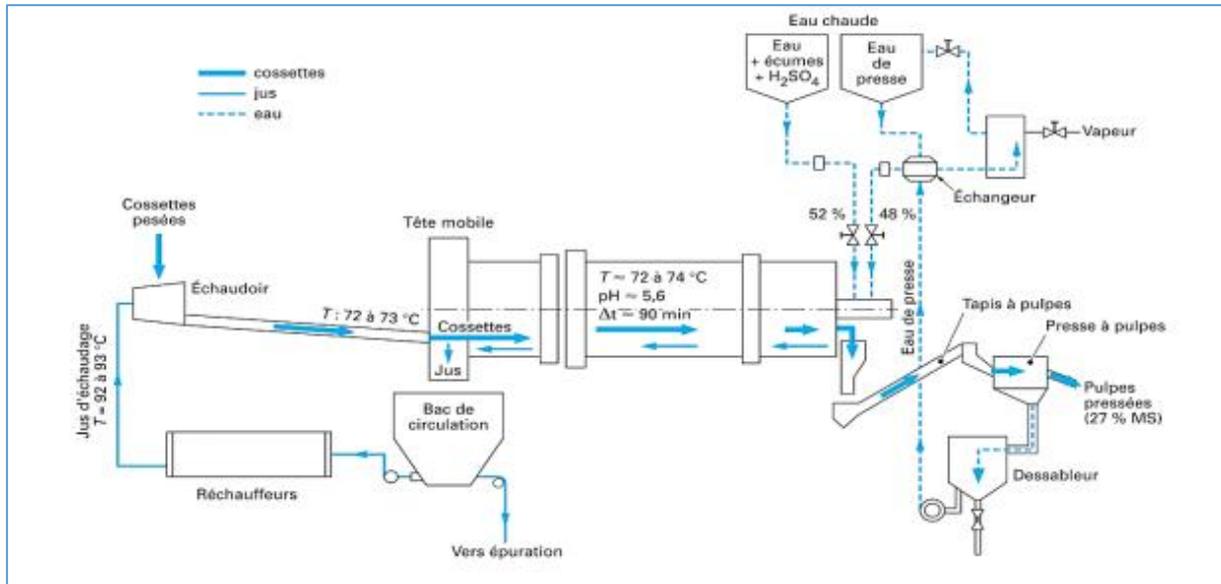


Fig. 3 : Schéma de l'extraction contre-courant en sucrerie betteravière

Le temps d'extraction est de 60 à 90 minutes. A la fin de l'extraction, nous obtenons des pulpes, qui contient environ 0,2 à 0,3 % et une humidité de 88 à 90 %. Ces derniers sont utilisés comme aliment de bétail après séchage. Le jus brut obtenu contient environ 84 % d'eau, 14,5 % de saccharose et 1,5 % d'impuretés. [17].

II.3.2. Epuration

L'objectif principal du processus de purification est de séparer les composants non sucrés de l'eau diffuse (jus sucré) par précipitation, suivie d'une sédimentation ou d'une filtration. Par conséquent, les gens purifient souvent le jus par chaulage (ajout de chaux - CaO) et carbonatation séquentielle (ajout de dioxyde de carbone - CO₂) [17].

Les impuretés présentes dans les jus de fruits frais sont : les minéraux solubles, les acides organiques, sucres réducteurs, composés phénoliques et caramel, etc.),

La présence de ces impuretés complique le processus de concentration et de cristallisation.

La figure 4 montre les principales réactions du processus de raffinage calco-carbonique en sucrerie.

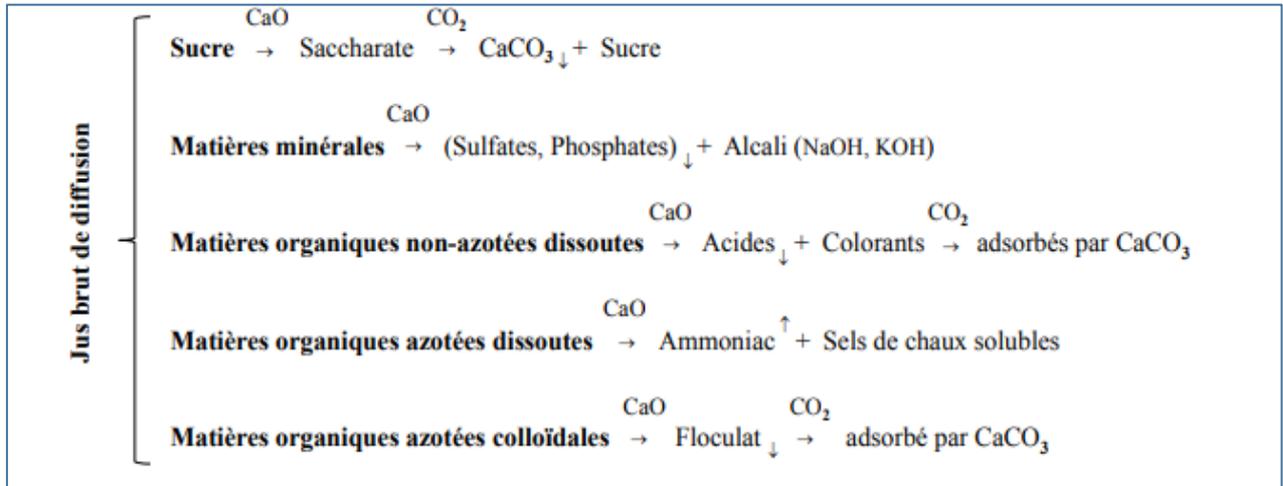


Fig. 4. Principales réactions dans la purification calco-carbonique

Procédure de l'épuration calco-carbonique

Le processus de raffinage Calco-carbone se déroule en six étapes principales : l'étape de prétraitement progresse, chaulage lourd, première carbonatation, puis première lixiviation et deuxième carbonatation, puis deuxième lixiviation (fig. 5 et fig 6).

La figure représente un diagramme d'épuration calco-carbonique avec les conditions technologiques.

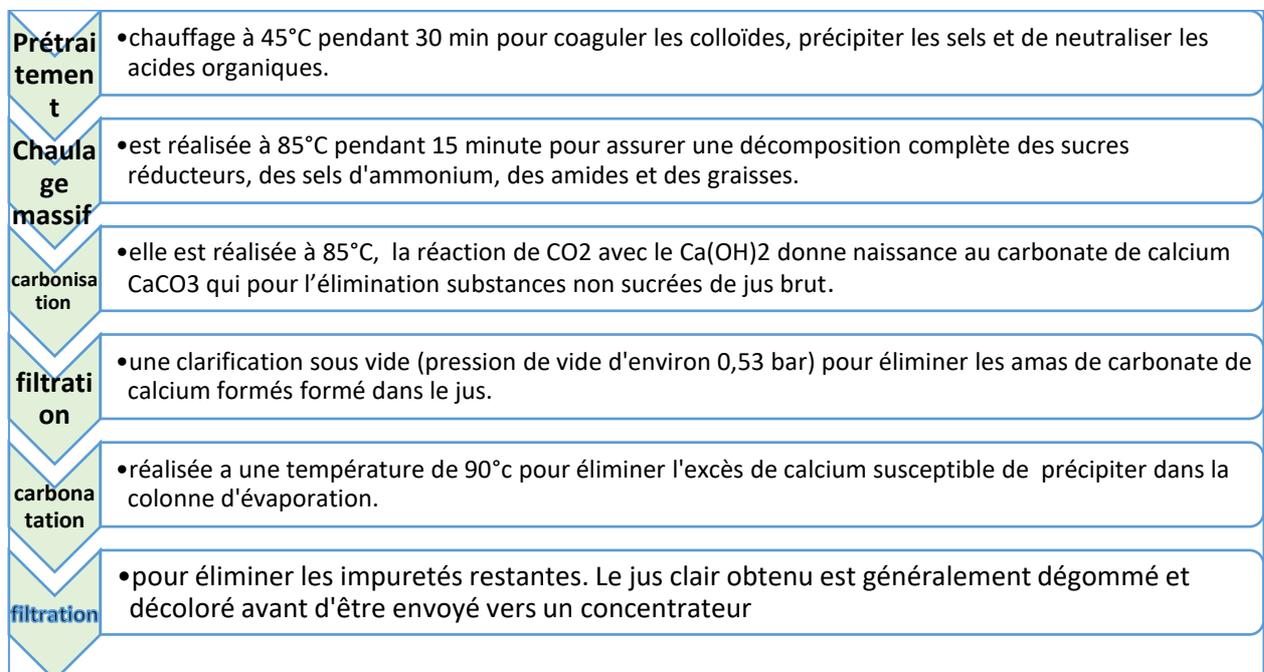


Fig.5 : Etapes de purification calco-carbonique [21 ; 17].

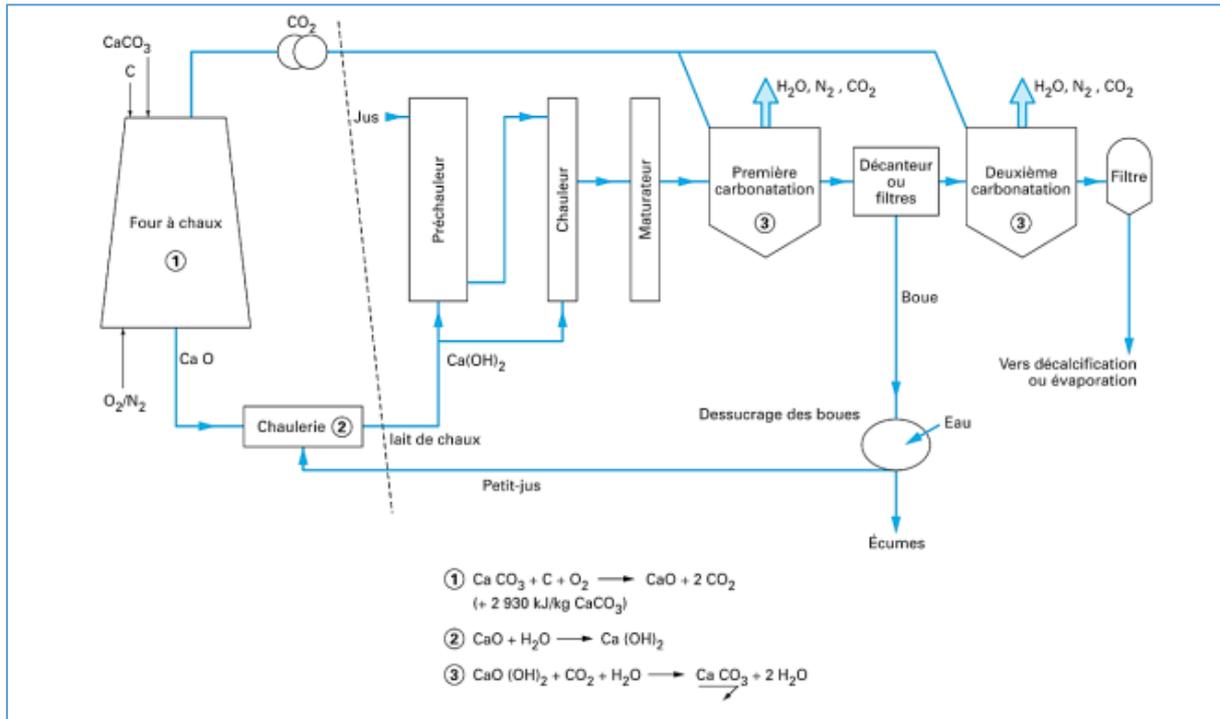


Fig. 6. Schéma de l'épuration calco-carbonique en sucrerie [19]

II.3.3. Evaporation (concentration) du jus :

Cette opération est réalisée pour concentrer le jus jusqu'à l'obtention d'un sirop dont l'extrait sec soluble $\approx 68\%$. La concentration du pur jus est réalisée dans des évaporateurs multi-effets (3 à 5 effets) coordonnés (fig.6). [19]

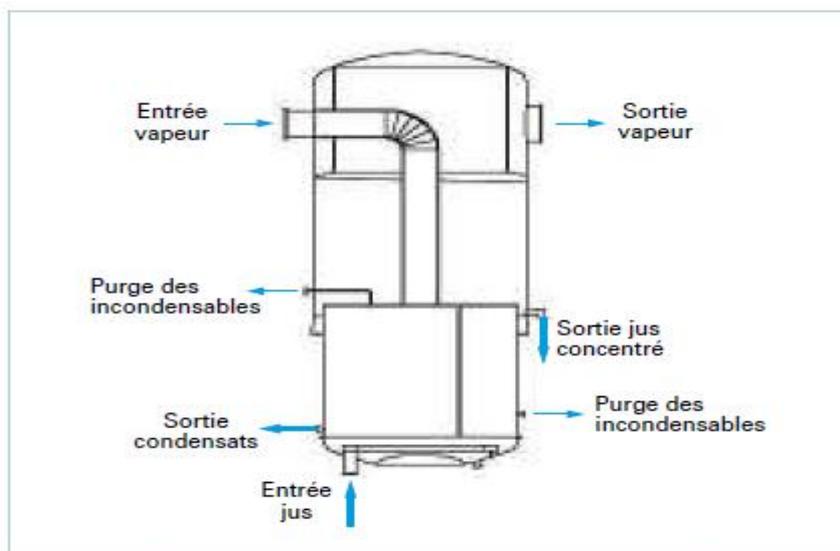


Fig. 7 : Évaporateur à grimpage de 1 000 à 4 500 m².

Les évaporateurs grimpants sont le type le plus classique (fig.6). Le jus est alimenté par le bas. Lorsque le jus atteint la température d'ébullition, de la vapeur se forme qui occupe alors un volume très important et crée le phénomène de remontée du liquide sous forme de film. La hauteur des tubes est limitée à environ 3 m afin que la pression due à la hauteur hydrostatique ne fasse pas trop augmenter la température d'ébullition au fond du tube. La surface d'échange peut donc atteindre 4 500 m² par appareil. Le jus concentré est récupéré par un siphon central et entre dans la caisse suivante par un simple différentiel de pression. [19]

II.3.4. Cristallisation du sirop

Le but de cette étape est de purifier le saccharose sous forme cristalline et les impuretés sont concentrées dans le liquide pour former une solution de résidus résiduaux appelée « mélasse » [22]. La cristallisation implique trois cycles de « douche ». Chaque spray se compose de trois étapes principales : ébullition, mélange et séchage. Le sirop final issu de la sortie de l'évaporateur « liquide standard » est transféré vers le cristalliseur, où il est concentré par évaporation pour l'amener à un état de cristallisation sursaturé (extrait sec soluble $\approx 80\%$). A ce stade, la granulation se fait en ajoutant des cristaux de sucre ($\approx 10\ \mu\text{m}$) à la masse cuite. Pendant la cristallisation, les cristaux ajoutés atteignent une taille de 400 à 800 μm . La masse est ensuite introduite dans un mélangeur pour réduire la saturation et empêcher la formation spontanée de cristaux (nucléation). Après 30 à 60 minutes, la masse obtenue est passée dans un métier à filer pour séparer les cristaux et la liqueur mère « mal égouttée » par centrifugation. Enfin, les cristaux subissent un processus de nettoyage qui consiste à laver les cristaux avec un jet d'eau. Cette étape entraîne une légère redissolution du sucre cristallisé et le sirop résultant du processus de lavage est appelé effluent riche. Le sucre blanc est ensuite séché pour obtenir MS = 99,9%. Il est ensuite examiné, trié et envoyé à l'emballage. Les eaux usées pauvres sont dirigées vers le deuxième robinet, tandis que les eaux usées riches sont renvoyées vers le premier robinet, et ainsi de suite. [19]

II.4. Raffinage du sucre de canne

Sucre roux : est le saccharose partiellement pur, cristallisé à partir de jus de canne à sucre. [23]

Raffinage : Il y a une différence entre sucrerie et raffinerie. Dans une sucrerie, il entre des betteraves sucrières ou de la canne à sucre ; on est extrait le sucre qu'elles contiennent en le

cristallisant. Il sort du sucre blanc ou du sucre roux. En effet dans une raffinerie « le sucre de canne brut qui doit encore être raffiné avant d'être commercialisé ». Seul le sucre blanc de canne est du sucre raffiné. Le sucre de betterave sort naturellement blanc (le sucre blanc de betterave n'est pas raffiné), tandis que le sucre de canne cristallisé avec une coloration qui va du blond au brun, due à des matières organiques et des pigments présents uniquement de la canne.

Les étapes de raffinage sont résumées dans le diagramme de la figure

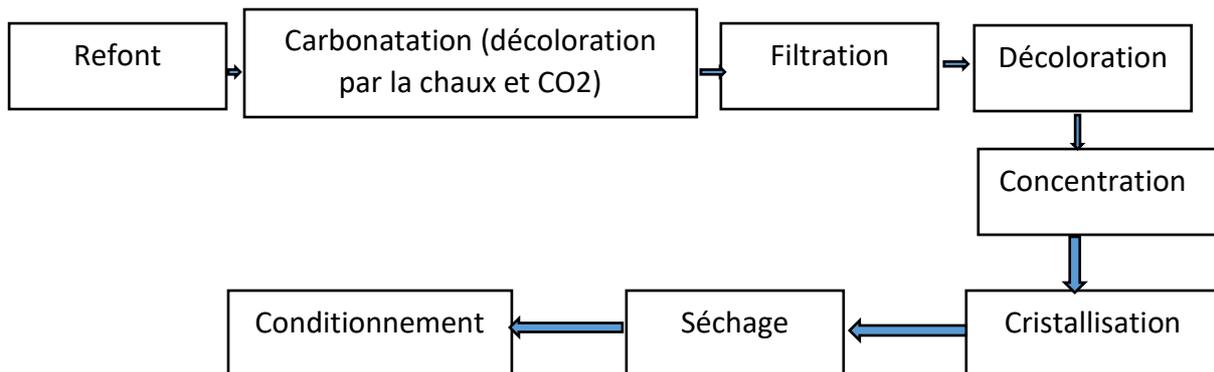
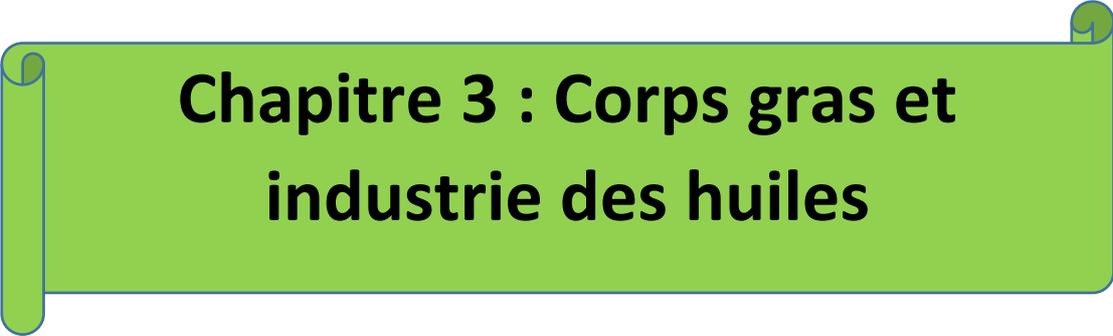


Fig.8 : Etapes de raffinage du sucre roux

A green horizontal banner with rounded corners and a scroll effect on the left and right sides. The text is centered within the banner.

Chapitre 3 : Corps gras et industrie des huiles

III.1. Introduction

Les corps gras sont des aliments riches en lipides. Ils comportent les graisses d'origine végétales et animales.

La technologie des corps gras est une science qui explique plusieurs filières (figure 1) :

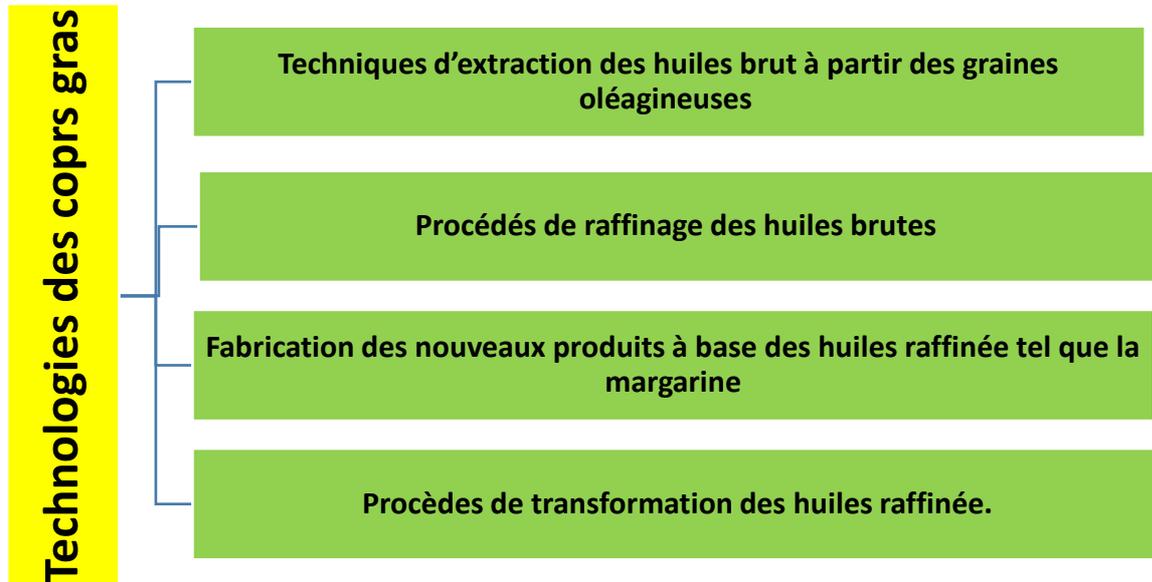


Fig. 1 : Filières de la technologie des corps gras

III.2. Rappels sur les lipides

C'est des molécules organiques insolubles dans l'eau, et solubles dans les solvants organiques apolaires. Ils contiennent au moins un acide gras ou chaîne grasse.

Rôle biologique [24]

Les lipides jouent plusieurs rôles tels que :

- **Rôle énergétique** : les lipides stockés dans le tissu adipeux constituent une excellente réserve énergétique (1g de lipide → 9 Kcal), ils représentent environ 20 % du poids du corps.
- **Rôle structurale** : élément fondamental des membranes biologiques des cellules et organites.
- **Rôle métabolique** : précurseurs de molécules biologique comme les hormones stéroïdes, jouent aussi un rôle dans la régulation métabolique

- **Rôle de transport** : Ils transportent les vitamines liposolubles.
- **Rôle nutritionnelles** : Ils apportent deux acides gras essentiels

Composition des lipides

La graisse est constituée de plusieurs composants différents (figure 2).

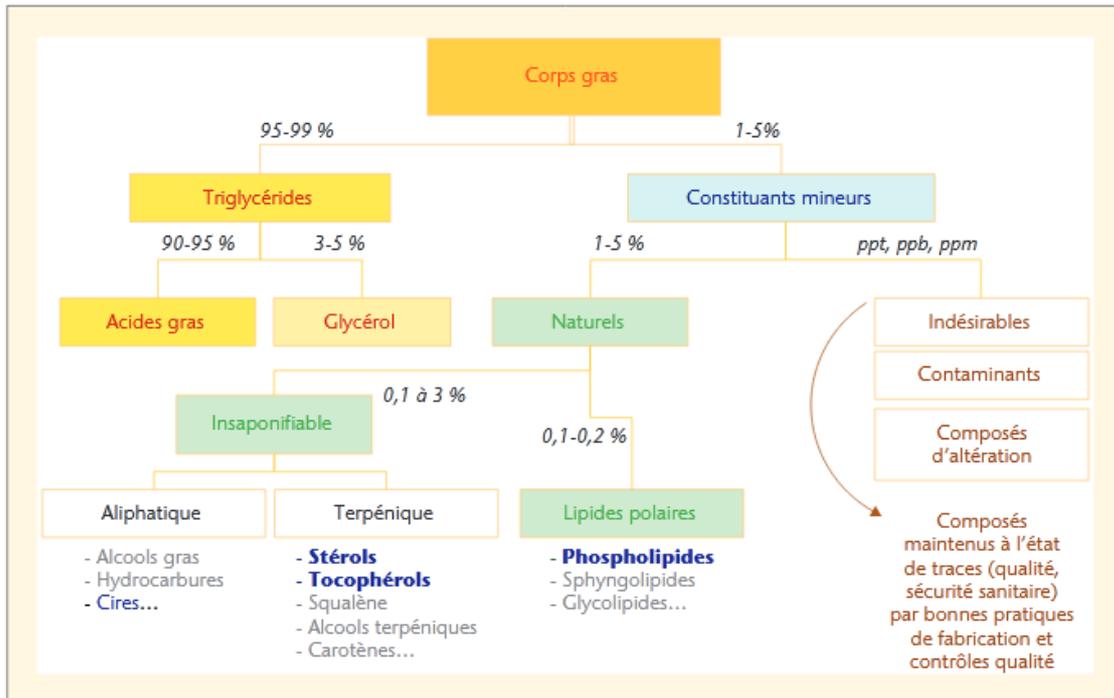
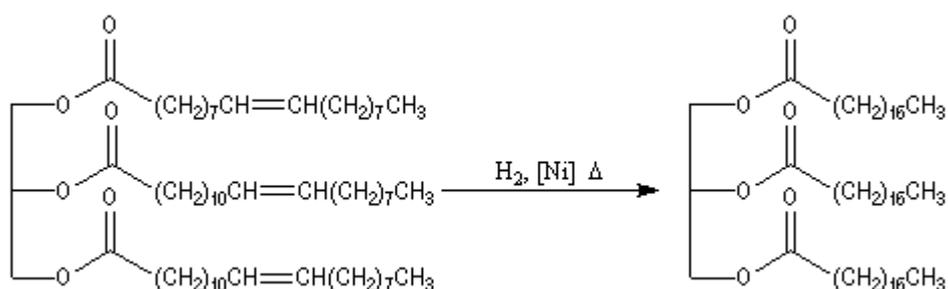


Fig.2 : composition de la matière grasse [25].

III.3. Propriétés chimiques des corps gras

Hydrogénation [26]

L'hydrogénation au sens générale consiste à saturer les doubles liaisons contenues dans un corps gras d'après le schéma général suivant



Cette réaction se déroule à la surface du catalyseur, elle peut être totale ou partielle.

- L'hydrogénation totale : toutes les doubles liaisons sont saturées
- L'hydrogénation partielle : une partie des liaisons sont saturées. Pour l'hydrogénation partielle, on distingue l'hydrogénation sélective et non sélective.

L'hydrogénation a un double objectif :

- ✓ Stabiliser certains corps gras fortement insaturés vis-à-vis l'oxydation ;
- ✓ Mettre au point des bases grasses à haut point de fusion utilisable en margarine.

Le schéma ci-après représente une installation d'hydrogénation, ce réacteur nécessite :

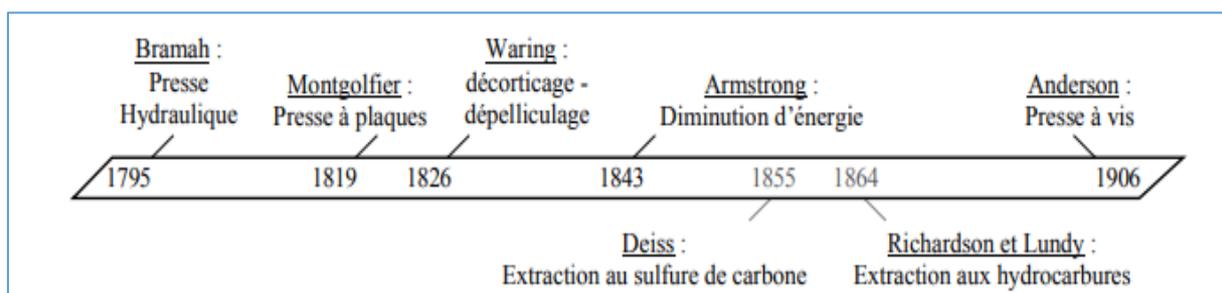
- de l'hydrogène H_2 à degré de pureté élevée
- un catalyseur spécifique
- un corps gras correctement raffiné
- des conditions opératoire précise (la pression d' H_2 , quantité d' H_2 , la quantité de catalyseur, la température et la durée de l'opération)

Saponification

La saponification est une réaction qui permet de produire de savon a bas d'une hydrolyse et une neutralisation des acides gras. [26]

Estérification : c'est une réaction de réarrangement des acides gras sur le glycérol. Dans le but de produire des nouveaux produits plus stable. [26]

III.4. Technologie des corps gras (Huilerie) : quand on parle des huileries, on commence



par l'extraction [27], cette dernière a connu plusieurs progrès (figure 3).

Fig.3 : Evolution du procédé d'extraction des huiles végétales

Les huiles sont extraites à partir des graines et des fruits oléagineux par Trituration ou pression (extraction physique) ou par utilisation des solvants (extraction chimique).

On distingue plusieurs types d'extraction :

- Extraction au niveau de laboratoire : Extraction à froid (macération) et l'extraction à chaud par le Soxhlet.
- Extraction industriel : extraction par pression (figure 4) et extraction par solvant.

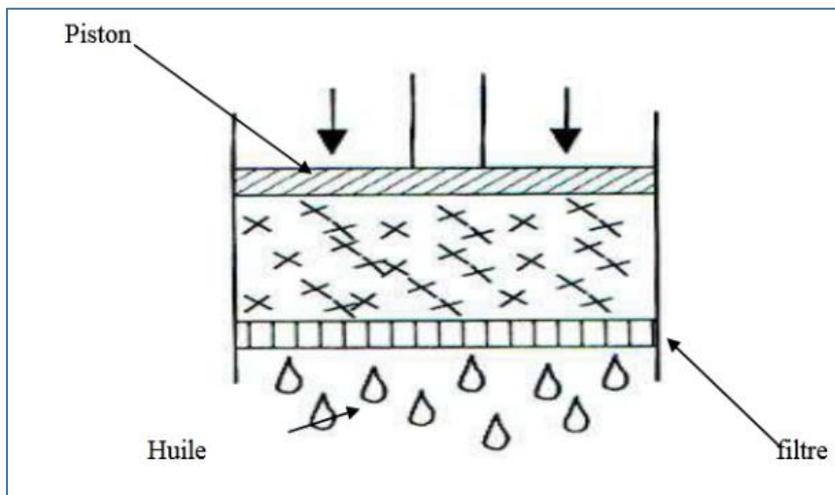


Fig. 4 : Extraction par pression

Procédé général de trituration

L'obtention de l'huile brute passe par plusieurs étapes telles que : la récolte et la conservation des graines, le nettoyage, le séchage, Le dépelliculage, L'aplatissage, La cuisson et l'extraction d'huile. La figure ci-après englobe les étapes de procédé générale de l'extraction des huiles végétales.

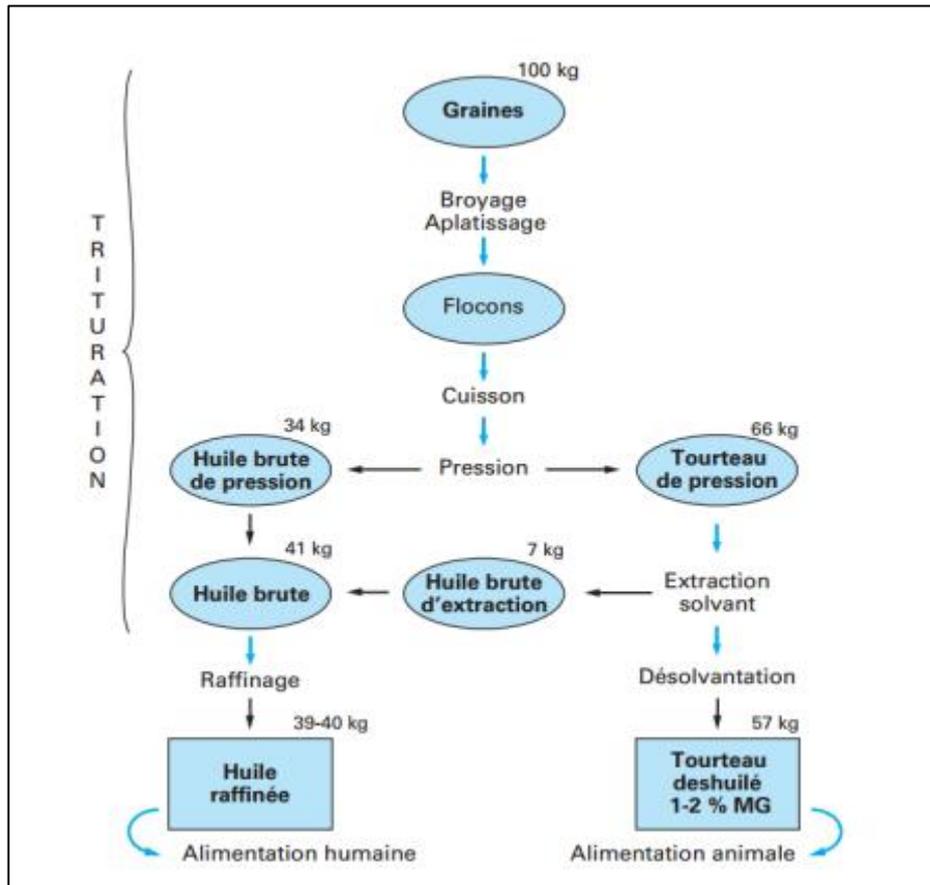


Fig.5 : procédé générale d'extraction des huiles végétale [27]

La récolte et la conservation des graines : la qualité des graines oléagineuses est un paramètre très important pour avoir un bon rendement et bonne qualité des huiles brute. Pour cette raison on doit bien contrôler les conditions de récolte, de stockage, et de transport.

Le nettoyage : L'objectif de cette étape est l'élimination des corps étrangers telles que (tiges, branches, feuilles...). Le nettoyage présente double un intérêt :

- ❖ Avoir une bonne qualité des produits formés (huile et tourteau).
- ❖ Eliminer les matériaux qui peuvent provoquer des risques pour le matériel.

Cette opération est réalisée par un tamiseur (figure 6), qui permet d'éliminer les poussières, sable, fibres... en premier lieu par décantation. Puis Un système pneumatique associer à ce tamiseur permis de récupérer les particules les plus fines et plus légères. Les graines propres passent par une deuxième grille perforée de type épierreur qui élimine les plus gros éléments

(branches, tiges, feuilles...). L'installation est équipée d'aimants pour l'élimination d'éléments métalliques.

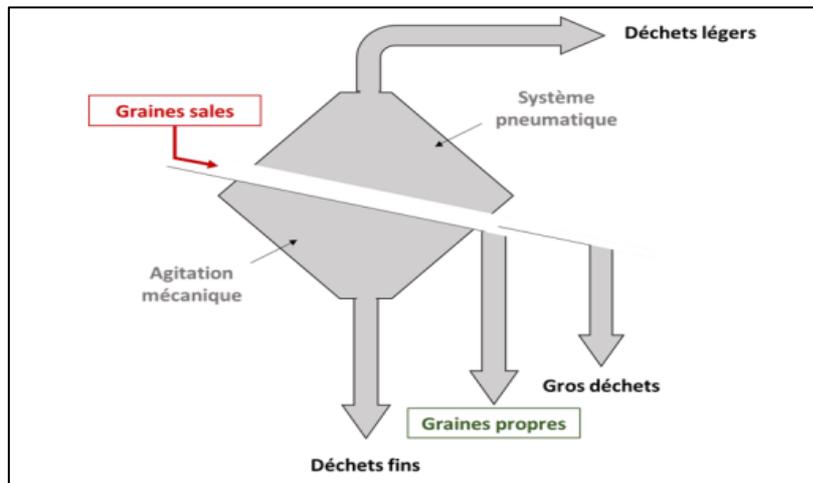


Fig.6 : schéma d'un nettoyeur pour les graines oléagineuses

Le séchage : il est effectué directement après récolte pour réduire la teneur en eau des grains et faciliter la conservation. Il facilite également les étapes de fractionnement, de dépelliculage et de pressage. Il est réalisé par des colonnes d'échanges convectifs verticales de 10 à 15 m de haut (figure 7).

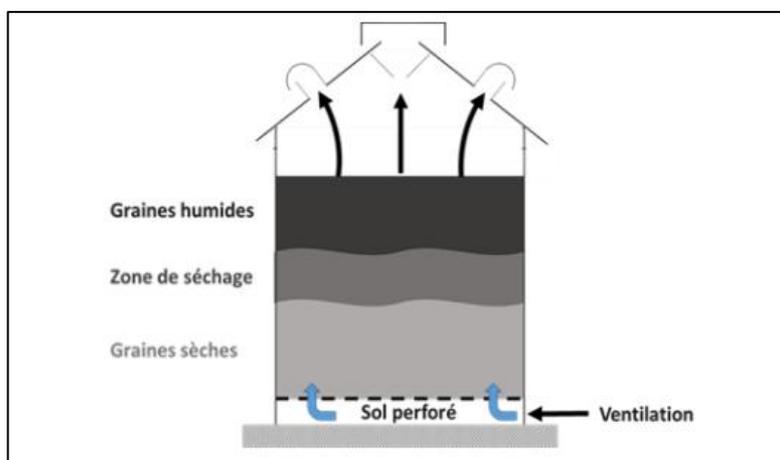


Fig.7 : schéma d'un séchoir pour les graines oléagineuses

Décorticage : élimination des pellicule de l'amande pour améliorer le rendement d'extraction et le contenu en protéines du gâteau de pressage.

Flaconnage : elle augmente la surface de contacts entre la matière et la chaleur lors du la cuisson. L'aplatissage est réalisé par des compresseurs (figure 8).

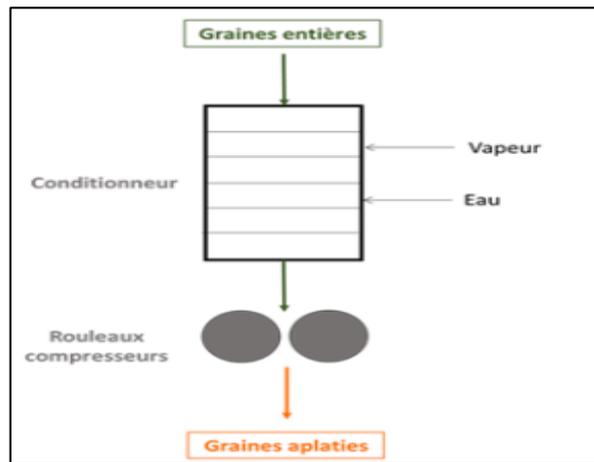


Fig.8 : Installation de floconnage

Traitement thermique : cette opération permet une bonne extraction de l'huile car elle augmente sa fluidification améliorée son écoulement.

III.5 : Raffinage : C'est un ensemble de traitements physiques, chimique et thermique pour la purification de l'huile brute. Les principales étapes de raffinage sont la démucilagination, la neutralisation, le lavage, la décoloration et la désodorisation. [28]

On distingue deux types de raffinage : raffinage chimique et raffinage physique.

Etapes de raffinage

Le procédé se décompose en 5 étapes (Fig.) :

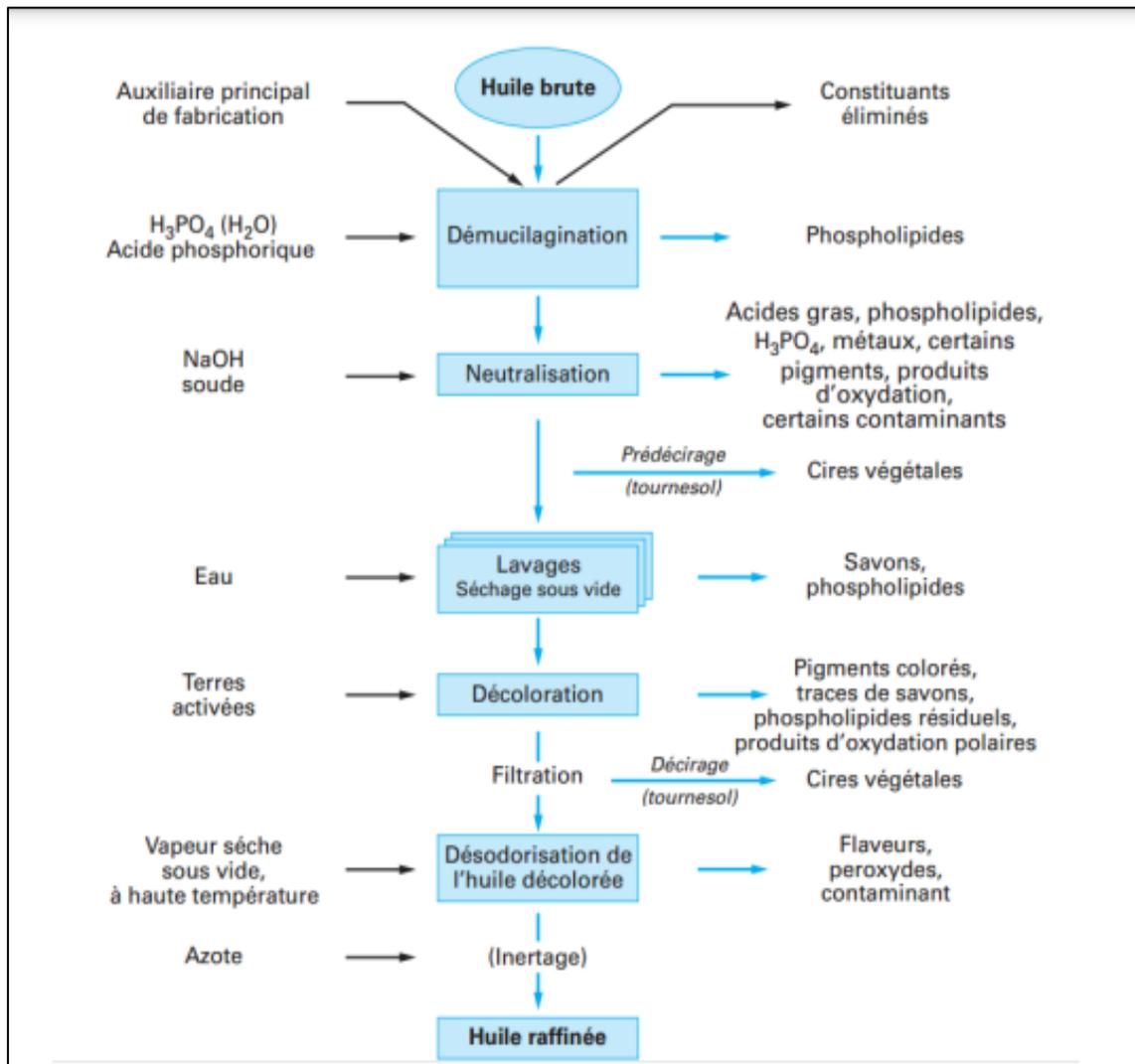
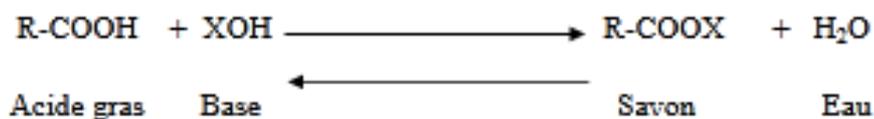


Fig. 9 : étapes de raffinage

1. La démucilagination (ou dégomme) : élimination des phospholipides hydratables ou non hydratables par l'eau en présence d'acide phosphorique dilué (0,1 à 0,3%).

2. La neutralisation : a pour but l'élimination des acides gras libres pour ajuster l'acidité de l'huile. Elle est réalisée par une base à une température de 80 °C selon la réaction suivante



Il est possible de combiner le retrait des phospholipides et la neutralisation (figure 10).

Remarque : l'huile neutralisée sort avec teneur en savon comprise entre 700 et 100 ppm.

3. lavage et séchage : (figure10), son but est l'élimination de l'excès de savon et de soude ainsi que les dernières traces de métaux, phospholipides. Le lavage est réalisé en deux étapes (7 à 10 % d'eau) avec une eau adoucie à 90°C.

Le séchage élimine les dernières traces d'eau. Il est réalisé par une pulvérisation sous vide dans une tour verticale.

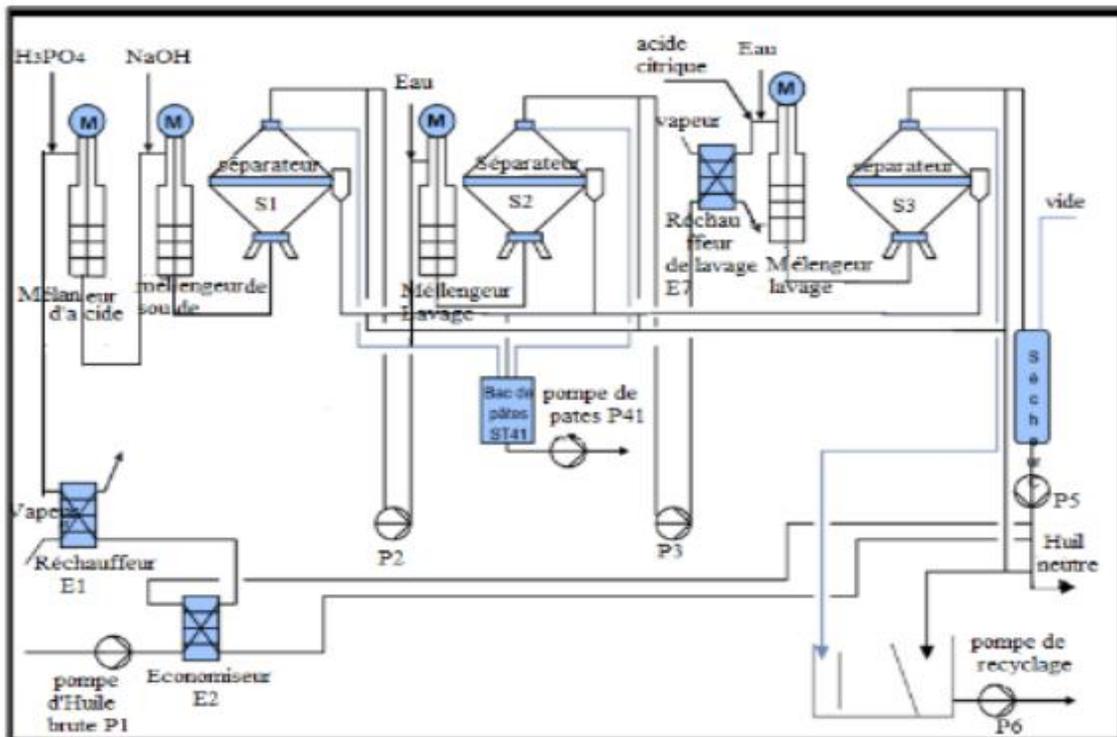


Fig.10 : Atelier de neutralisation

4. La décoloration : Le but de ce procédé (figure 11) est d'éliminer de l'huile les pigments qui nuisent à sa couleur et à sa durée de conservation (pigments chlorophylles et caroténoïdes), qui n'ont été que partiellement éliminés par neutralisation. Les produits d'oxydation primaires et secondaires, les métaux, les savons, les composés phosphatidiques. Après décoloration l'enlèvement total de la terre décolorante de l'huile par filtration est très important car le résidu d'argile agit en tant que pro-oxydant puissant et salit le matériel à l'aval.

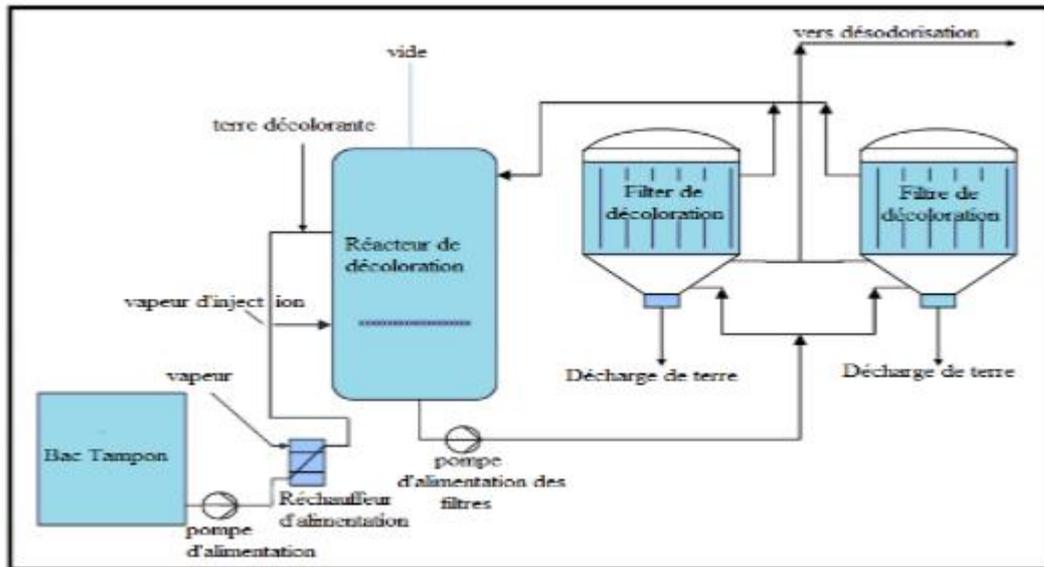


Fig.11 : atelier de décoloration des huiles végétales

5.La désodorisation : La désodorisation est obtenue en éliminant des substances telles que les aldéhydes et les cétones, qui provoquent souvent des odeurs désagréables, par distillation sous vide (2 à 9 torr) avec une petite quantité de vapeur à une température de 160-260 °C. (figure 12)

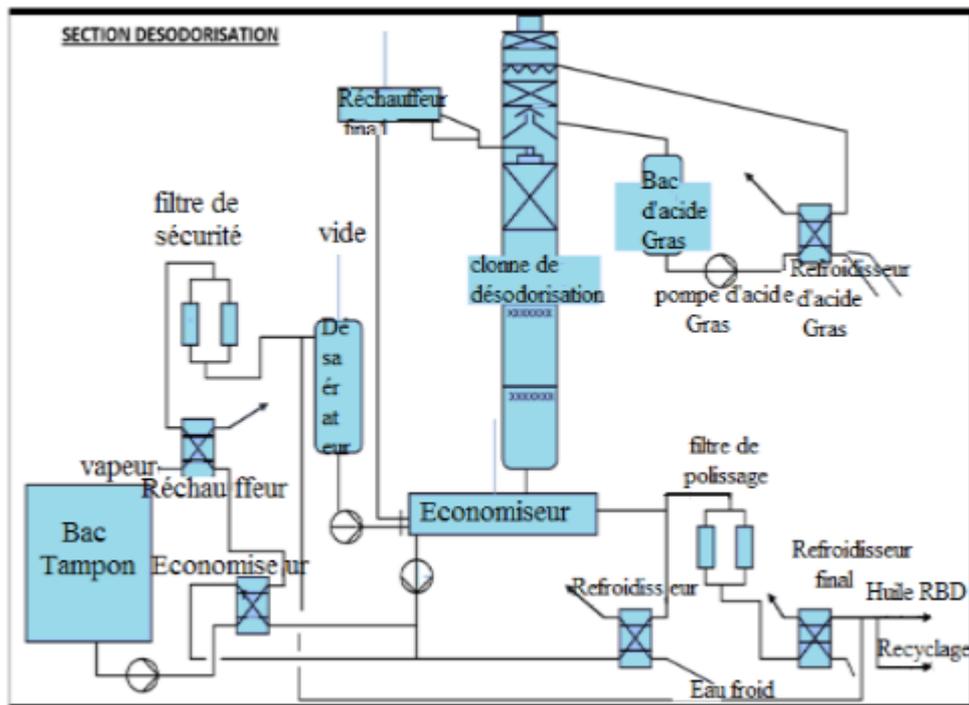


Fig.12 : Atelier de désodorisation des huiles végétales

III.6. Margarinerie

La margarine est une émulsion de type eau dans huile (E/H) qui contient deux phases importantes : Phase continue : phase grasse (80%). Phase dispersive : phase aqueuse. Il contient également des additifs (lécithines, monoglycérides, sel, colorants, antioxydants, conservateurs, vitamines).[29]

Composition de la margarine

La composition de la margarine est résumée dans le tableau ci-après

Matières grasses	<ul style="list-style-type: none"> ❖ MG d'origine végétale tels que : <ul style="list-style-type: none"> -huiles liquides : arachides , tournesol, colza..... -huiles concrètes : noix de coco et l'huile de palme. ❖ MG d'origine animale <ul style="list-style-type: none"> huiles de poisson hydrogénées, de saindoux et de matières grasses d'origine laitière
Emulsifiants :	lécithines de soja, des mono et di-glycérides
Colorants	caroténoïdes de l'huile de palme ou de β -carotène de synthèse
Aromes	diacétyle
Vitamines	vitamines A, D et E.
Sel	Sel alimentaire
Correcteur de pH	l'acide ascorbique (de 2g/kg).

Fabrication de la margarine

Elle comprend les étapes suivantes (figure) :

- Préparation de la partie grasse
- Préparation de la partie aqueuse
- Préparation de l'émulsion
- Pasteurisation
- Refroidissement et cristallisation
- Malaxage
- Emballage, conditionnement et Etiquetage

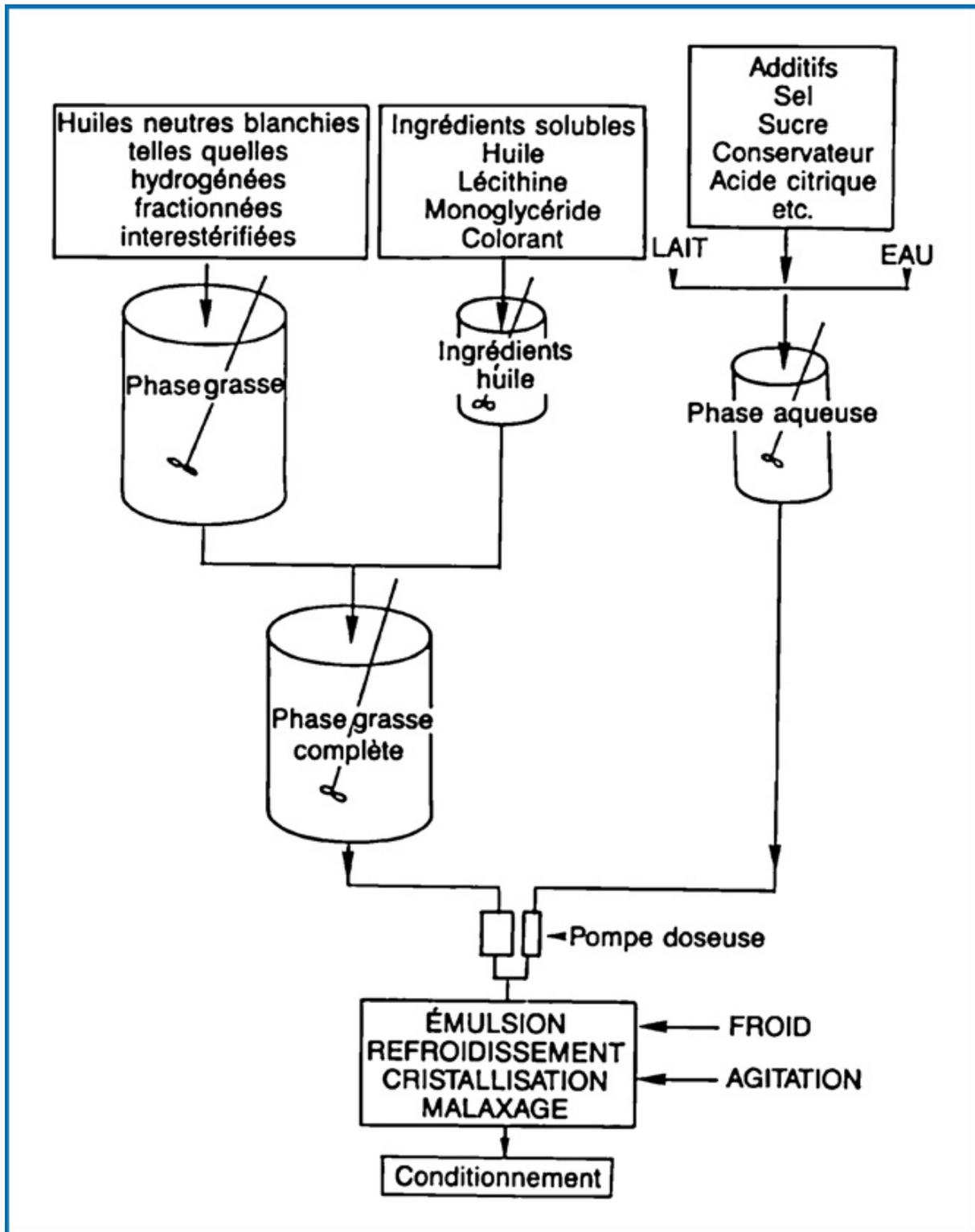


Fig. 13 : Diagramme de fabrication de la margarine. [28]

III.7 : Technologie de fabrication de l'huile d'olive

Récolte : Elle se pratique de novembre à février, selon les régions et le climat. La cueillette manuelle est la procédure la plus appropriée pour obtenir la meilleure huile. Dans les grandes oliveraies, on utilise une "machine à secouer", qui fait trembler l'arbre et les olives tombent dans des filets tendus sous l'arbre.

Nettoyage

Après réception des olives, elles sont triées et grossièrement nettoyées des feuilles, branches et lichens.

Broyage

La méthode d'extraction de l'huile des vacuoles des cellules de l'olivier est le broyage. Ce dernier se fait avec des broyeurs mécaniques en inox. Augmenter la température est utile pour augmenter le rendement. La mention « extraction à froid » est en effet un des critères de qualité de l'huile, et pour conserver cette appellation, il faut veiller à ce que la température de la pâte lors du broyage soit toujours inférieure à 27 °C.

Malaxage

Pour faciliter l'extraction et libérer le plus d'huile possible, on pétrit jusqu'à l'obtention d'une pâte lisse. Ce dernier facilite ainsi la fonte des petites gouttelettes d'huile. De bonnes conditions de mélange sont de 30 à 45 minutes à une température de 30°C.

Séparation de l'huile

L'huile est séparée par des procédés sous pression (conduites normales et surpressions) ou par centrifugation (conduites continues à deux et trois étages).

Filtrage, stockage, conditionnement et étiquetage de l'huile

Après centrifugation, le produit finale est filtrée avec un filtre EUR (filtres à disques avec pompe aspirante) puis stockée. En fait, même si l'huile d'olive résiste assez bien à l'oxydation, elle absorbe facilement les odeurs et les goûts de l'environnement. Ses propriétés sensorielles peuvent alors être modifiées, c'est pourquoi des récipients en acier inoxydable sont utilisés.

Chapitre 4 : Boissons

IV.1. Introduction

L'industrie des boissons représente Cinq groupes (figure 1)

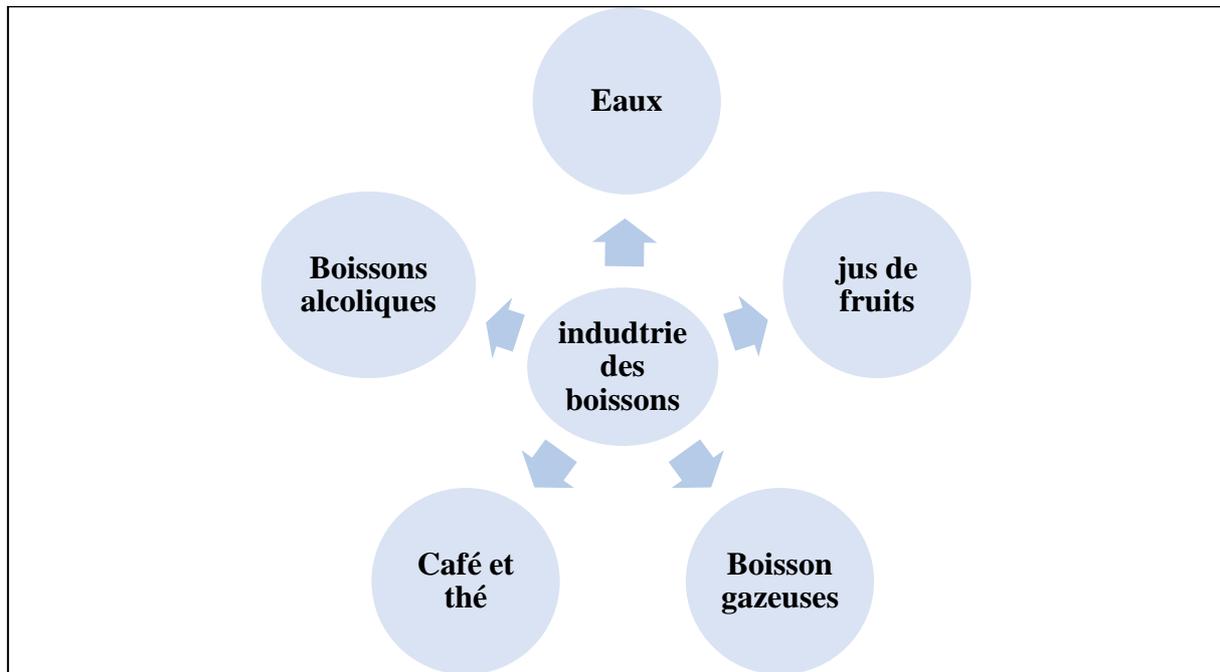


Fig.1 : Principales transformation de l'industrie des boissons

IV.2. Aperçu économique de secteur des boissons en Algérie

Selon [25], le secteur des boissons représente une croissance et un dynamisme significatifs pour l'économie algérienne. Les boissons rafraîchissantes sans alcool (BRSA) sont l'une des industries les plus dynamiques avec plus de 700 entreprises associées à l'APAB (Association des fabricants de boissons d'Algérie), dont plus de 30 sont de grandes entreprises leader avec plus de 80 parts de marché. des entreprises telles que : Ifri, NCA Rouiba, Hamoud Boualem, Fruicade, etc. Ce secteur représente 7% de la production totale de l'ensemble de l'industrie agroalimentaire en 2018, avec plus de 700 millions de litres produits annuellement pour les seuls jus et nectars. Selon le PDG de l'APAB (2017), ce segment couvre 98% du marché du pays et importe seulement 2 boissons. Un segment avec un chiffre d'affaires total du secteur de 250 à 260 milliards DA avec 20 000 postes de travail directs et près de 60 000 postes indirects. Cependant, en raison de la présence de nombreuses entreprises et marques, il existe une surcapacité dans ce secteur, estimée à plus de 66 pour cent, excluant les producteurs informels qui concurrencent les boissons commercialisées.

IV.3. Définition d'un jus

C'est le contenu fluide extractible des cellules ou des tissus. La Norme générale du Codex (CODEX STAN 247-2005) définit le jus de fruit comme un liquide non fermenté mais fermentescible obtenu à partir d'un fruit sain et mûre. Selon le Codex Alimentarius, le jus est produit par des méthodes mécaniques et sa couleur, son odeur et son goût doivent être caractéristiques du fruit dont il est issu.[26]

IV.4. Classification des jus

On distingue trois catégories de jus qui sont résumé dans la figure qui ci-après

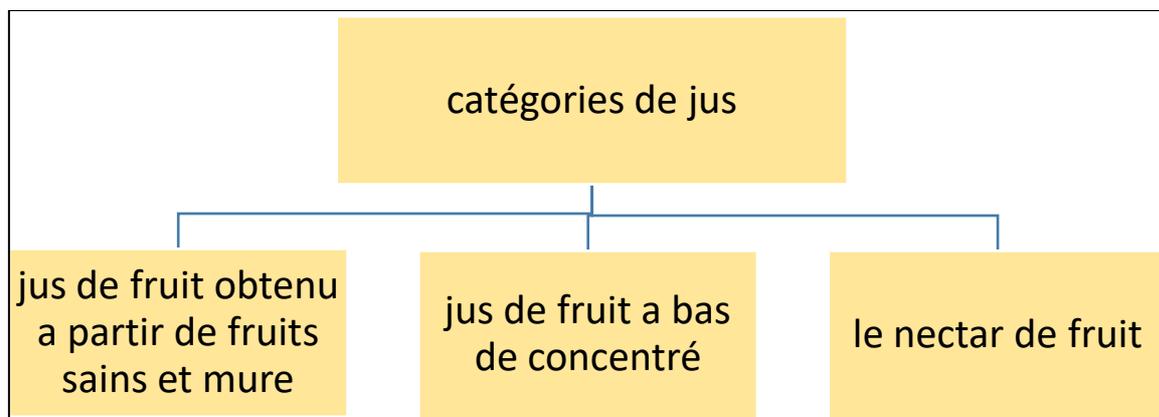


Fig.1. Classification De Jus

IV.5. Ingrédients autorisés dans les jus de fruits et nectars : La catégorie des jus de fruits et nectars est une catégorie alimentaire simple et peu transformée : très peu d'ingrédients sont autorisés, ces dernier son résumé dans le tableau 1

Tableau 1 Ingrédients autorisés dans les jus de fruits et nectars.			
	Jus de fruits	Jus de fruits à base de concentré	Nectars de fruits
Colorants et conservateurs	Interdits		
Vitamines et minéraux	Autorisés, selon le règlement CE 1925/2006		
Sel, épices, herbes aromatiques	Uniquement dans le jus/nectar de tomate, considéré comme un jus/nectar de fruit à partir du 28 octobre 2013		
Jus de citron et jus concentré de citron	Autorisés, avec un maximum de 3 g/L, dans le but d'acidifier le produit		
Additifs	Autorisés, en nombre et en quantité limités, conformément au règlement 1333/2008. Il s'agit essentiellement de l'acide ascorbique et de l'acide citrique. D'autres additifs sont autorisés au cas par cas : acide malique (jus d'ananas); carbonate de calcium et tartrate de potassium (jus de raisin), pectine (jus d'ananas et de passion) Acide lactique; pectine (nectars ananas et passion)		
Sucres et édulcorants	À partir du 28 octobre 2013, l'addition de sucres ne sera plus autorisée dans les jus de fruits et jus de fruits à base de concentré		Sucre et/ou miel : possible jusqu'à 20% en poids; édulcorants

IV.6. Fabrication d'un jus de fruit

La fabrication d'un jus de fruit passe par plusieurs étapes selon l'espèce et la qualité de la matière première. [27]

- **Lavage et calibrage** : les fruits sont réceptionnés et sélectionnés à l'entrée de la ligne de pressurage. Ils sont ensuite automatiquement lavés et calibrés, puis dirigés vers des extracteurs ou des broyeurs adaptés à leur taille ;
- **Extraction du jus** : le jus est extrait par pressurage mécanique ou broyage selon le type de fruits ;
- **Raffinage, Centrifugation et Filtration** : Il s'agit d'une étape de séparation physique visant à éliminer les graines, les fibres grossières ou la pulpe et d'autres contaminants ; elle varie selon le produit et l'opérateur. Dans le cas du jus d'orange, la purification du jus est réalisée par séparation physique par tamisage des composants fibreux grossiers. Le jus récolté ne contient que de la pulpe finement préparée. Une centrifugation est ensuite effectuée pour ajuster la teneur en pulpe fine du jus.
- **Traitement de stabilisation microbiologique** : La pasteurisation des jus de fruits utilise des échelles de temps et de température relativement basses, permettant aux jus de fruits de conserver leur saveur et leur valeur nutritionnelle tout en assurant une durée de conservation de plusieurs mois. Les normes de stérilisation varient selon les entreprises et sont déterminées en fonction de l'équipement et des processus de production.
- **Emballage** : L'emballage joue un rôle important dans la protection et la conservation du produit. Protège de l'oxydation, des micro-organismes, de la chaleur et de la lumière. Cela facilite également le transport, l'échange et le stockage. Les fabricants proposent cinq principaux types d'emballages : les briques ondulées, les bouteilles en plastique, les bouteilles en verre, les boîtes métalliques et les « cheer packs » (bouteilles souples aluminisées avec bouchons refermables). Le conditionnement peut être réalisé à chaud comme à froid.

Le diagramme ci-après représente les étapes principales de la fabrication d'un concentré de jus.

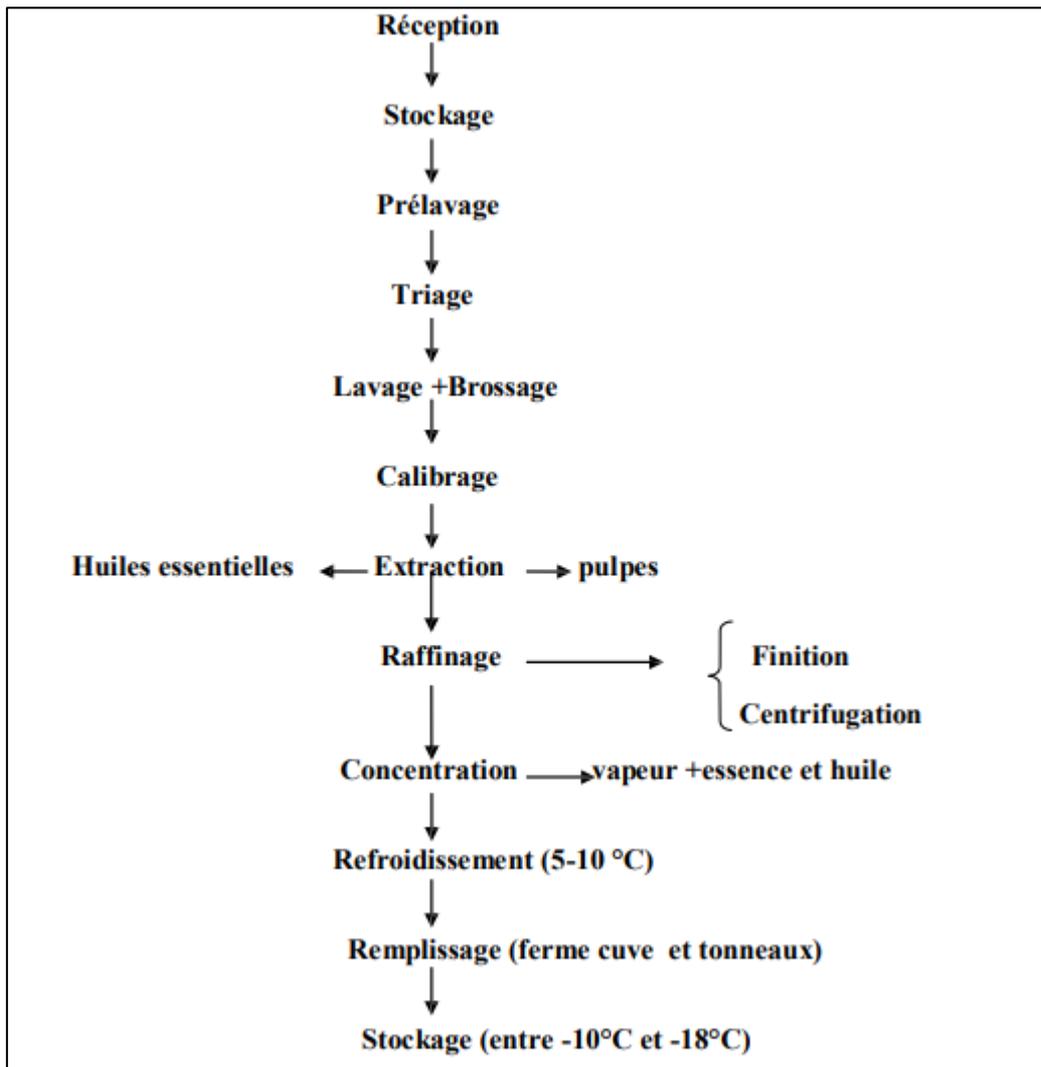


Fig. 2 : Etapes de fabrication d'un concentré de jus

Remarque : l'étape de l'**extraction** englobe le broyage et le pressurage et l'étape de **raffinage** englobe la pasteurisation et la désaération.

IV.7. Les boissons gazeuses

Les boissons gazeuses sont des boissons non alcoolisées qui n'ont pas été fermentées ou qui ne contiennent pas plus de 0,5 % d'alcool résiduel après le début de la fermentation. Dans cette famille on retrouve plusieurs catégories, les plus importants sont illustrés dans la figure 2 :

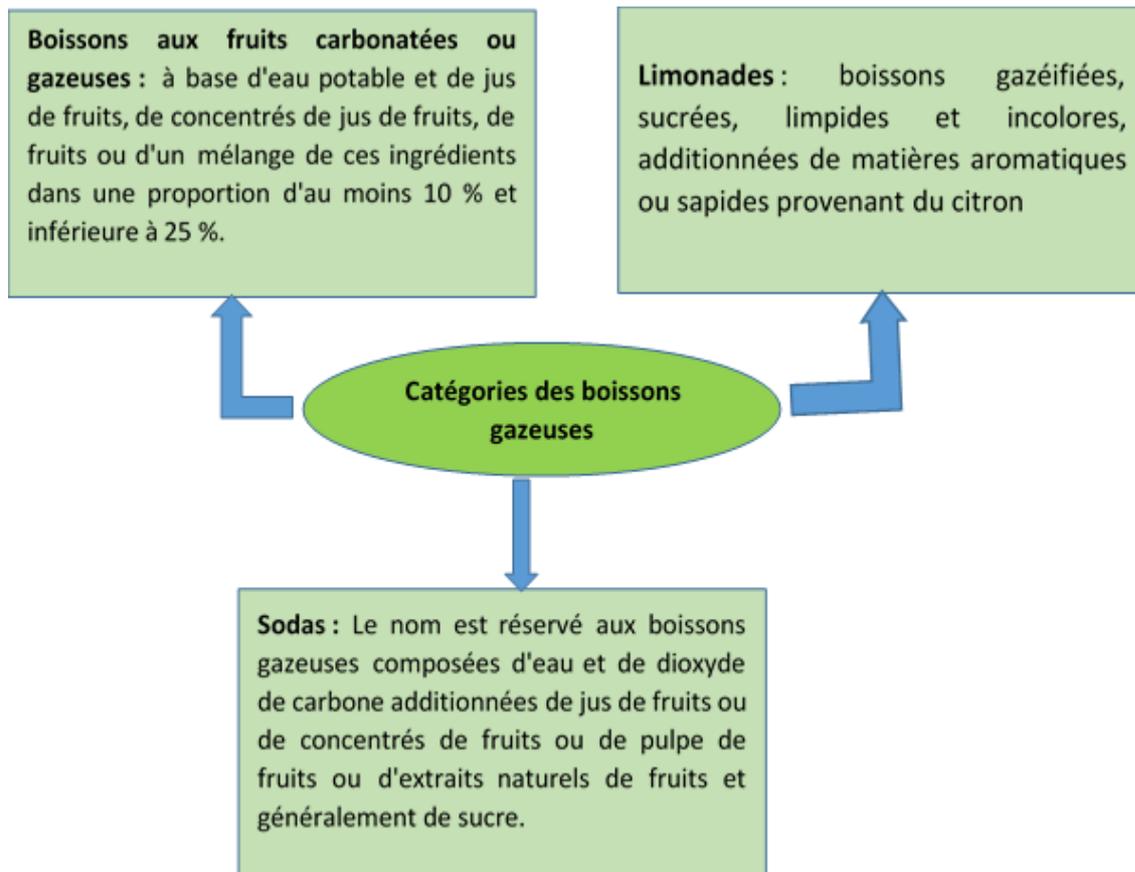


Fig. 3 : principales catégories des boissons gazeuses

IV.7.1. Composition moyenne d'une boisson gazeuse.

La composition moyenne d'une boisson gazeuse est résumé dans le tableau ci-après :

Eau	L'eau utilisé doit être stable chimiquement et microbiologiquement
Sirop	C'est du saccharose dans l'eau, parfaitement incolore et d'un pouvoir rotatoire dextrogyres.
Colorants	On les utilise pour se rapprocher a la couleur du fruit. La quantité ajoutée varie entre (0,1-0,8 mg/l). Jaune (curcuma E100(ii)), Vert (chlorophylle E140(i)),

	Orange et rouge (caroténoïde E160),
Aromes	De petites quantités sont ajoutées et correspondent au goût caractéristique de la boisson et ce malgré l'effet du sucre et de l'acide sur l'arôme final.
Acide citrique	Le E330, il est utilisé comme antioxydant et acidulant
Dioxyde de carbone CO2	Un gaz incolore, d'un goût piquant

IV.7.2. Procédés de fabrication des boissons gazeuses

la figure 4 représente les étapes de fabrication des boissons gazeuses.

Remarque Le prémix est un dispositif utilisé pour gazéifier le sirop qui est mélangé avec l'eau traitée carbonatée. Il est composé de trois parties : la désaération, la carbonatation et une étape d'attente

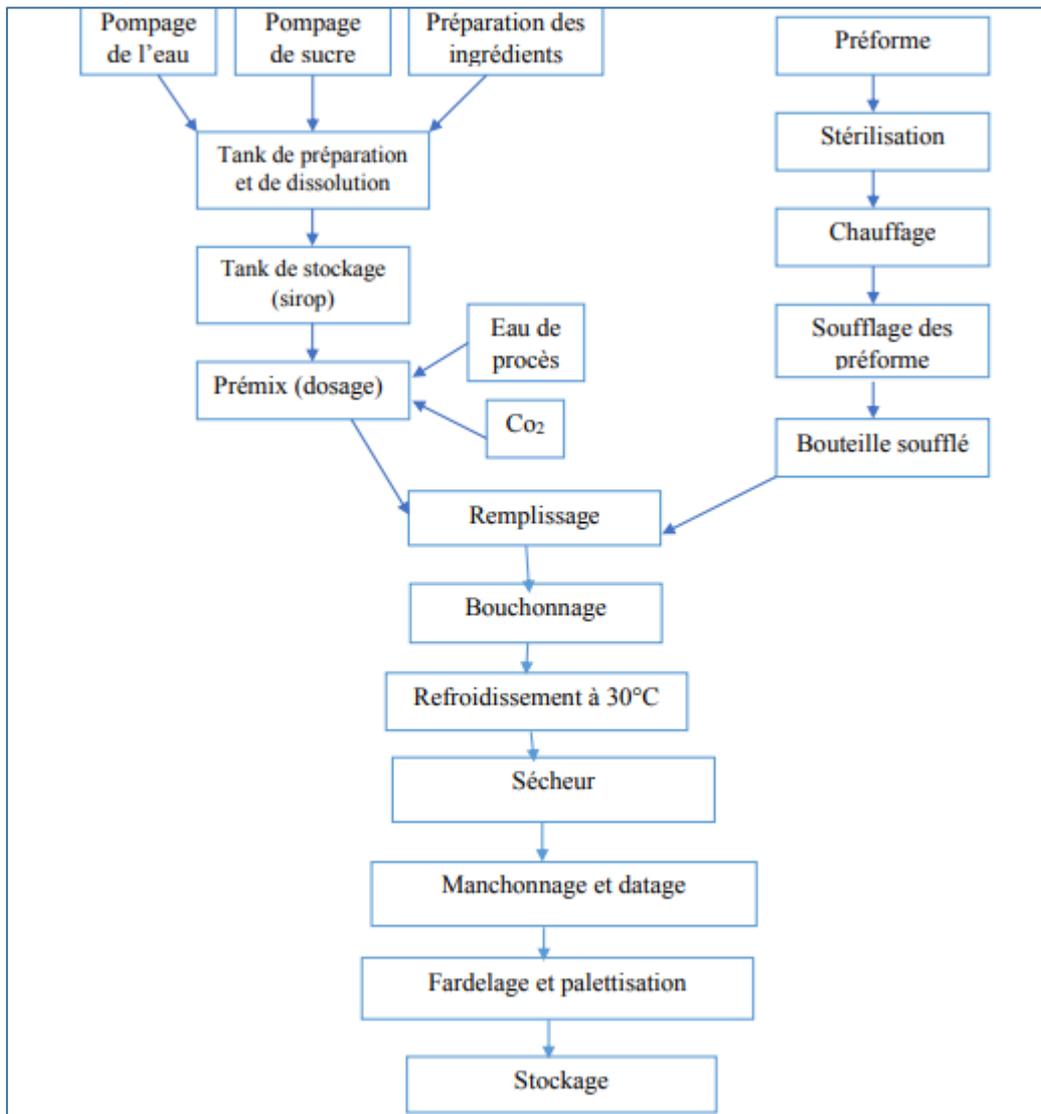


Fig.4 : diagramme de fabrication d'une boisson gazeuse

Références Bibliographiques

- [1]. **Rastoin, J. L. (2000).** Une brève histoire de l'industrie alimentaire. *Économie rurale*, 255(1), 61-71).
- [2]. **Renard, C. M. (2022).** Transformation des aliments: comment se sont développés procédés et produits. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 57(3), 169-181.
- [3]. **Pougheon S. et Goursaud J., (2001).** Le lait caractéristique physicochimiques In DEBRY G., Lait, nutrition et santé », Tec et Doc, Paris : 6(566 pages).
- [4]. **Adrian J., Potus J. et Frangne R., (2004).** « La science alimentaire de A à Z ». 2^{ème} édition, Tec et Doc, Lavoisier : 79 (477 pages).
- [5]. **Vignolles, ML, Jeantet, R., Lopez, C. et Schuck, P. (2007).** Matières grasses libres, matières grasses de surface et poudres laitières : interactions entre procédé et produit. Une critique. *Le Lait* , 87 (3), 187-236.
- [6]. **Luquet F., (1986)** « lait et produits laitiers, vache, brebis, chèvre, V3. ED ». Abrégé de biochimie alimentaire. 18. Mathieu J.,(1998). « Initiation à la physicochimie du lait ». Tec et Doc, Lavoisier, Paris: 3-190 (220 pages).
- [7]**Franworth, E., & Mainville, I. (2010).** Les produits laitiers fermentés et leur potentiel thérapeutique, Centre de recherche et de développement sur les aliments, Saint-Hyacinthe. *En ligne* << [http: www. dos. transf. edwa. pdf](http://www.dos.transf.edwa.pdf).
- [8]. **Favier, J. C. (1985).** Composition du lait de vache. II. Lait de consommation. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 20(5), 355-363.
- [9]. **DePeters, EJ, Medrano, JF et Reed, BA (1995).** Composition en acides gras des matières grasses du lait de trois races de bovins laitiers. *Revue canadienne des sciences animales* , 75 (2), 267-269.
- [10]. **Walstra, P., Geurts, T.J., Noomen, A., Jellema, A., van Boekel, M.A.J.S., Dairy Technology. (1999)** « Principles of Milk Properties and Processes ». Marcel Dekker, New York, USA, pp. 107–147.
- [11]. **Veisseyre R. (1979).** « Technologie du lait constitution, récolte, traitement et transformation du lait ». 3^{ème} édition. Edition la maison rustique, Paris
- [12]. **Agabriel, C., Coulon, J. B., Marty, G., Bonaiti, B., & Boniface, P. (1993).** Effets respectifs de la génétique et du milieu sur la production et la composition du lait de vache. Etude en exploitations (1). *INRA Productions animales*, 6(3), 213-233.
- [13]. **Vignola C.L., (2002).** « Science et technologie du lait –Transformation du lait ». École polytechnique de Montréal, ISBN: 29-34 (600pages).
- [14] **Coulon, J. B., Chilliard, Y., & Rémond, B. (1991).** Effets du stade physiologique et de la saison sur la composition chimique du lait de vache et ses caractéristiques technologiques (aptitude à la coagulation, lipolyse). *INRAE Productions Animales*, 4(3), 219-228.
- [15]. **Beal, C., et Sodini, I. (2012).** Fabrication des yaourts et laits fermentés. Techniques de l'Ingénieur (F 6315). Paris- France : Pp16

- [16]. **Boutonnier, J. L., Tirard-collet, P.,(2002).** « Produits laitiers glacés, in : LapointeVignola, C.(Ed.), Science et technologie du lait : transformation du lait » Presses Inter Polytechnique, Fondation de Technologie Laitière du Québec, pp. 417-442.
- [17]. **Almohammed, F. (2017).** *Application des électrotechnologies pour une valorisation optimisée de la betterave à sucre dans un concept de bioraffinerie* (Doctoral dissertation, Compiègne).
- [18]. **Bardy, C. (1881).** *Sucre de betterave, fabrication, raffinage et analyse: conférences.* Imprimerie nationale.
- [19]. **DECLoux, M. (2002).** Procédés de transformation en sucrerie (Partie 1). *Techniques de l'ingénieur. Agroalimentaire, 3(F6150), F6150-1.*
- [20]. **Mathlouthi M. et Barbara R. (2001).** « L'extraction du sucre. CEDUS ». Centre d'étude et de documentation du sucre pp1-11-14.
- [21]. **Arzate, A. (2005).** Extraction du sucre de betterave. *ACER centre de recherche de développement et de transfert technologique en agriculture.*
- [22]. **Bourré, M. (1997).** *Cristallisation du saccharose dans la production de sucre dur d'érable* (Doctoral dissertation, Université Laval).
- [23]. **Punidades, P. (1990).** *Microfiltration tangentielle sur membrane minérale de produits sucrés* (Doctoral dissertation, École Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaires).
- [24]. **Karlesking A.,(1992).** « Manuel des corps gras ». Technique et Documentation. Paris. Pp. : 938-989.
- [25]. **Bessaoud, O., Pellissier, J. P., Rolland, J. P., & Khechimi, W. (2019).** *Rapport de synthèse sur l'agriculture en Algérie* (Doctoral dissertation, CIHEAM-IAMM).
- [26]. **Jeantet R., Croguennec T., Schuck P. et Brule G., (2007).** « Science des aliments technologie des produits alimentaires ». Tec et doc, Lavoisier : 17 (456pages). 16.
- [27]. Braesco, V., Gauthier, T., & Bellisle, F. (2013). Jus de fruits et nectars. *Cahiers de Nutrition et de Diététique, 48(5), 248-256.*