

### III.3. Utilisation des bactéries lactiques dans la transformation du lait :

#### III.3.1. Yaourt

Le yaourt est un lait fermenté obtenu exclusivement par la coagulation du lait sous l'action de deux bactéries : *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* (Tableau).

Ces bactéries doivent être vivantes dans le produit et leur nombre doit dépasser dix millions par gramme de yaourt à la date limite de conservation.

**Tableau : Composition recommandée et optionnelle des ferments du yaourt.**

<b>Composition standard recommandée par la FDA</b>	<b>Ferments additionnels du yaourt</b>
<i>Streptococcus salivarius ssp. thermophilus (St.)</i>	<i>Lactobacillus acidophilus</i>
<i>Lactobacillus delbruckii ssp. bulgaricus (Lb.)</i>	<i>Lactobacillus casei</i>
	<i>Lactobacillus helveticus</i>
	<i>Lactobacillus jugurti</i>
	<i>Lactobacillus lactis</i>
	<i>Bifidobacterium longum</i>
	<i>Bifidobacterium bifidum</i>
	<i>Bifidobacterium infantis</i>

La principale préoccupation des industriels est d'obtenir régulièrement un produit de bonne qualité. Cet objectif implique:

- Un ajustement de la qualité du lait utilisé;
- La connaissance des propriétés des cultures bactériennes employées;
- La maîtrise des différentes étapes de la fabrication du yaourt.

En effet, ces trois paramètres affectent le déroulement normal de la fermentation du yaourt. Les propriétés fermentaires aromatiques et épaississantes des bactéries lactiques du yaourt confèrent au produit final ses caractéristiques organoleptiques. Les résultats de recherche ont montré que la production d'acide et la production d'acétaldéhyde de la culture mixte de *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus* sont beaucoup plus importantes que celles des cultures pures, on peut également observer un effet synergique marqué sur la consistance et la viscosité du produit lorsqu'on emploie des cultures épaississantes bonnes productrices d'exopolysaccharides (EPS).

- **Circuit de fabrication**

Le yaourt est issu d'un mode de fabrication bien précis. Ce n'est en effet que sous certaines conditions qu'un lait fermenté peut porter l'appellation de yaourt ou yoghourt.

#### a) De la traite à la laiterie

La matière première du yaourt est le lait, comme pour tous les produits laitiers. Le traitement de cette matière première entre donc dans le cycle de fabrication du yaourt. Le lait nécessaire à la fabrication du yaourt est collecté dans des fermes laitières, où les vaches sont élevées et traites, en respectant des règles d'hygiène strictes. Le lait ainsi collecté par camions-citernes isothermes prend ensuite la direction de laiterie, où il sera analysé pour vérifier sa qualité.

**b) La pasteurisation**

Si cette étape de pasteurisation n'est pas obligatoire à l'obtention d'un yaourt, elle est toutefois effectuée le plus souvent afin d'éliminer les micro-organismes présents dans le lait et indésirables pour l'homme. La pasteurisation consiste à chauffer le lait jusqu'à une température de 72°C pendant 15 secondes.

**c) L'ensemencement**

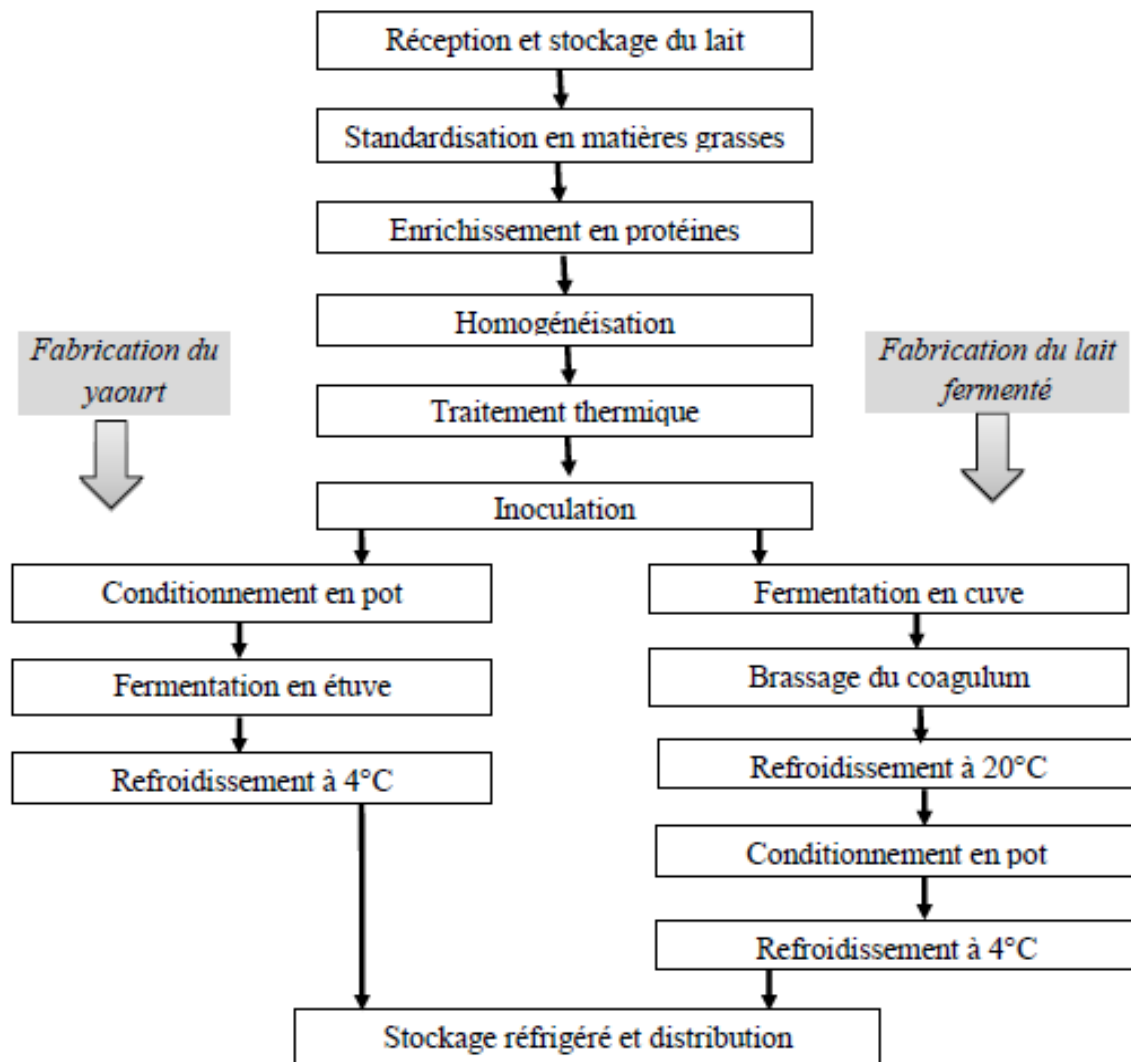
Avant d'êtreensemencé, le lait est refroidi et maintenu à une température de 43°C, température à laquelle les enzymes présents dans les ferments lactiques effectueront au mieux leur tâche. L'ensemencement consiste ainsi à introduire des ferments lactiques spécifiques dans le lait, afin que celui-ci prenne une nouvelle consistance. Les règles de fabrication d'un yaourt sont ainsi strictes : pour faire un yaourt on doit introduire deux types de ferments lactiques, le *Lactobacillus bulgaricus* et le *Streptococcus thermophilus*.

**d) L'étuvage**

Une foisensemencé, le lait est mis en pots. Les pots fermés entrent ensuite en salle chaude pendant 3 heures afin de permettre aux ferments de se multiplier et d'ainsi transformer le lait en yaourt.

**e) Les ferments lactiques du yaourt**

Ces ferments lactiques ont donc pour propriété de faire fermenter le lait afin d'obtenir du yaourt. Ils « digèrent » le lactose et produisent de l'acide lactique. Ces bactéries contenues dans les ferments lactiques doivent demeurer vivante au moment de la consommation du yaourt. Elles facilitent le transit, notamment celui des personnes digérant difficilement le lactose. On attribuerait ainsi aux yaourts des vertus digestives qui seraient bénéfiques dans les cas de troubles intestinaux et dans la prévention de certaines diarrhées.



**Figure 1 : Diagramme général de fabrication des yaourts et des laits fermentés.**

Les deux principaux types de yaourt sont le yaourt brassé et le yaourt ferme. Les Figures 1– 2 montrent les différentes étapes de production des yaourts et laits fermentés et des deux types de yaourt respectivement.

- **le yaourt "ferme"** : conditionné en pots après mélange des ingrédients, passe à l'étuve à 45°C pendant 3 h puis en chambre froide pour stopper l'acidification et éviter l'exsudation du sérum ; ou après brassage lui donnant une consistance crémeuse ou liquide ;
- **le yaourt "brassé"** : est préparé en vrac. Le caillé est brassé puis refroidi avant d'être conditionné en pots qui seront stockés au froid ;
- **le yaourt "à boire"** (ou liquide) est battu après avoir été brassé puis conditionné et stocké au froid. Selon le type de yaourts, l'adjonction de sucre, colorants, arômes ou fruits, pulpe de fruits (dans la limite de 30 % en poids du produit fini) se fait avant ou après la fermentation.

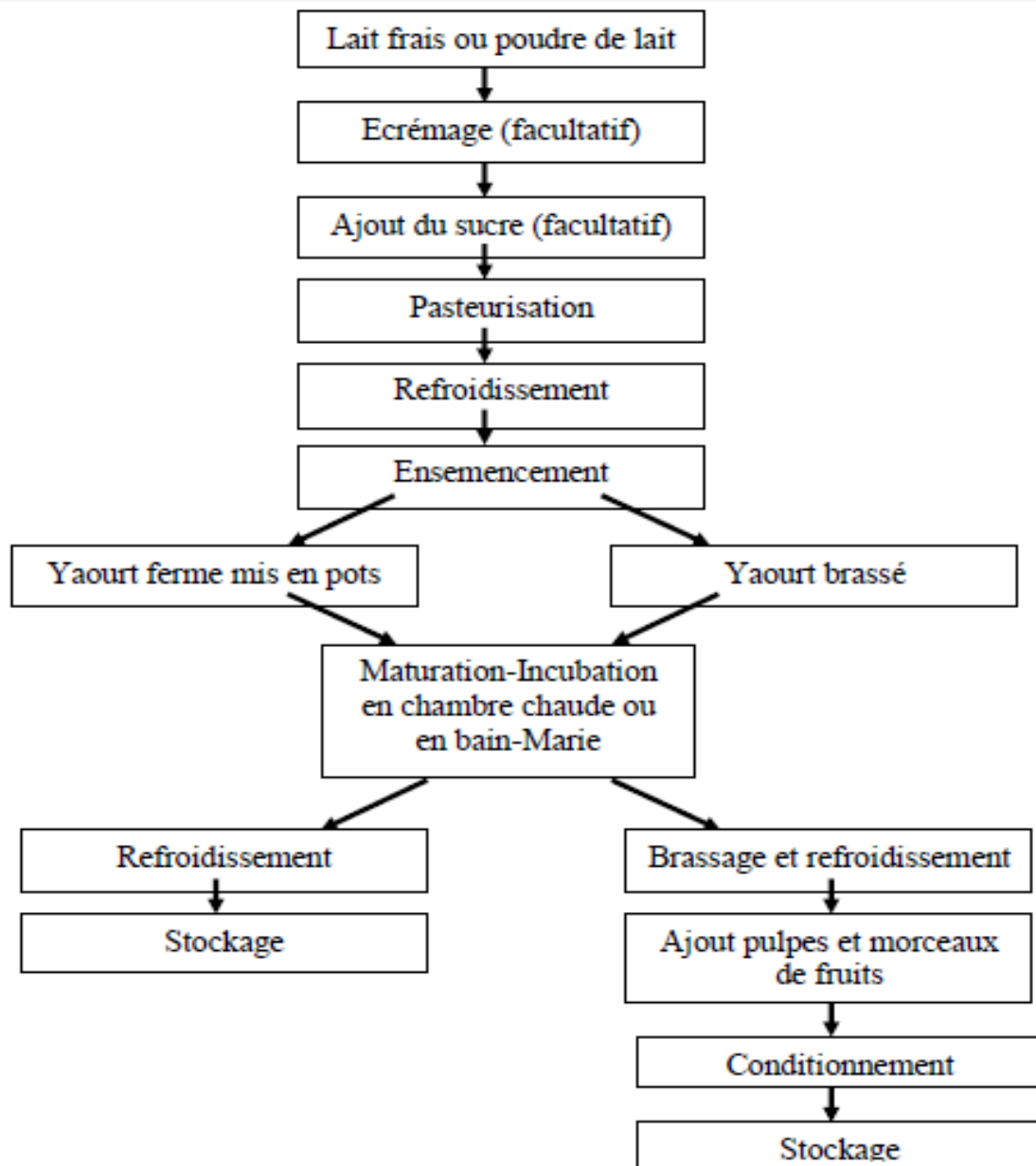


Figure 2: Diagramme simplifié de la production du yaourt.

### III.3.2. Fromage

Le but de l'industrie fromagère est de transformer le lait en un produit d'utilisation prolongée et de goût différent grâce à diverses actions microbiennes et enzymatiques. La coagulation du lait et l'égouttage du caillé obtenu, représentent, en effet, une sorte de concentration, qui constitue un moyen de conservation auquel il faut ajouter l'acidification provoquée par la fermentation lactique, qui s'oppose à l'envahissement du fromage par les bactéries de putréfaction. Ce double principe de dessiccation et d'acidification va se retrouver, plus ou moins prononcé dans la préparation de tous les fromages.

- **Circuit de fabrication**

A partir de quelques litres de lait, il est possible de créer toutes sortes de variétés de fromages au goût et aux saveurs bien différentes. Frais, à pâte molle ou dure, au goût corsé ou léger, en matière de fromage, il y en a pour tous les goûts.

#### **a) De la traite à la laiterie**

Comme pour tout produit laitier, la première étape de fabrication du fromage commence à la ferme laitière. C'est là que les fermiers entreprennent la traite des vaches, une traite désormais automatisée grâce à des machines reproduisant le mouvement des mains de l'homme. Une fois le lait traité, il est réfrigéré, afin de le protéger et de le conserver au mieux. Analysé pour vérifier qu'il est conforme aux normes de consommation, le lait est ensuite collecté par des camions-citernes isothermes qui le conduisent jusqu'à la laiterie, là où il sera traité, avant de subir sa transformation en fromage.

#### **b) La pasteurisation, une des étapes possibles**

La pasteurisation est une technique qui vise à débarrasser le lait de certains micro-organismes indésirables. Le lait est ainsi chauffé pendant 15 secondes à 72°C entre deux plaques chauffantes. Le lait destiné à la fabrication du fromage peut passer par cette étape, qui n'est toutefois pas obligatoire, selon que l'on fabrique un fromage à partir de lait cru ou de lait pasteurisé.

#### **c) Le caillage**

Le caillage est l'une des étapes essentielles de la fabrication des fromages. Le but est de laisser le lait coaguler grâce à l'action de la présure (enzyme issue de l'estomac de la vache) et de ferments lactiques. La quantité de ferments lactiques pourra ainsi changer selon le type de fromage souhaité à l'arrivée.

#### **d) Le moulage**

Après l'étape du caillage, on obtient ce que l'on appelle le caillé. Il est placé dans différents moules selon la forme du fromage souhaité.

#### **e) L'égouttage**

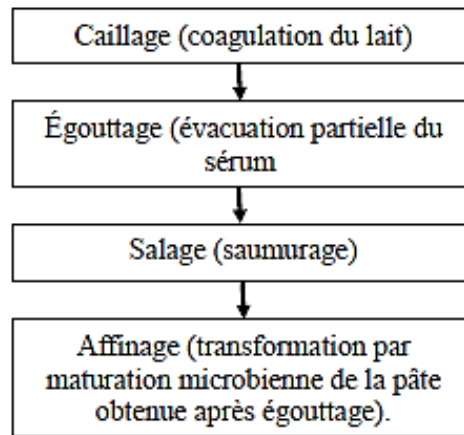
L'étape suivante est l'égouttage du caillé qui a pour finalité de séparer celui-ci du petit lait, ce qui permet de prolonger sa conservation. Les fromages frais et fromages blancs peuvent être consommés à l'issue de cette dernière étape.

#### **f) Le salage**

Pour les autres fromages, il reste encore quelques étapes avant d'arriver au résultat final. Les fromages frais ainsi obtenus sont ainsi démoulés puis salés, soit au sel fin soit dans un bain de saumure saturé. Le salage a trois actions directes sur le fromage : une action antiseptique, une action de conservation et il donne également du goût au fromage.

#### **g) L'affinage**

L'étape finale de la fabrication du fromage est l'affinage. Sa durée varie de quelques jours à quelques mois selon les variétés de fromages. Dans ce que l'on appelle des caves d'affinage, le fromage mûrit, c'est-à-dire fermente, sous le contrôle de fromagers experts, qui régulent la température et l'humidité des caves. Phase complexe de la fabrication du fromage, elle demande savoir-faire et patience.



**Figure 3 : Étapes essentielles de transformation du lait en fromage**

Il existe environ 4000 variétés de fromages dans le monde, toutes élaborées en quatre étapes selon un même procédé. Les interventions particulières que l'on effectue à certaines étapes déterminent telle ou telle variété. Par conséquent, on a pu classer les fromages en un nombre restreint de catégories. Il y a eu plusieurs classifications parmi lesquelles celle de Keilling (1947) est la plus appropriée, tant elle est simple et pratique. Cette classification repose sur des différences technologiques qui déterminent les catégories de fromages décrites dans le Tableau suivant :

**Tableau 4: Classification des différents types de fromages et micro-organismes utilisés dans leur fabrication**

Type de fromage	Description	Micro-organismes utilisés
<b>Fromages à pâte fraîche</b>	Fromages peu égouttés qui n'ont pas été affinés Les (taux d'humidité supérieur à 60 %), il y'a juste coagulation des protéines du lait sous l'effet des ferments lactiques (acidification). Ces fromages se consomment rapidement après leur fabrication. Les cheddars frais et le ricotta font partie de cette catégorie de pâte	Lactococcus lactis, Lactococcus lactis cremoris, Lactococcus lactis diacetylactis.
<b>Fromages à pâte ferme</b>	Constitués d'une pâte compacte (la pâte est égouttée et pressée pour en retirer le plus de petit-lait (lactosérum) possible avant d'être cuite ou semi-cuite), renfermant un peu moins d'eau que les fromages frais (taux d'humidité se situe entre 35 et 45 %), mais contenant plus de sels minéraux dont les sels de calcium notamment. Dans cette catégorie, on distingue : - les fromages à pâte ferme non cuite (Edam, Saint-Paulin, etc.) - les fromages à pâte ferme cuite (Gruyère, Conti, etc.)	Lactococcus lactis cremoris, Streptococcus thermophilus, Lactobacillus casei, levures, moisissures diverses.
<b>Fromages à pâte molle</b>	Leur texture est crémeuse, onctueuse et fondante parce que leur taux d'humidité varie entre 50 % et 60 % et qu'ils contiennent habituellement entre 20 % et 26 % de matières grasses. Ces fromages ayant subi un affinage relativement prolongé (protéolyse et lipolyse intenses par la flore de surface) après une fermentation lactique (ex. Camembert).	Lactococcus lactis, Lactococcus lactis cremoris, Streptococcus thermophilus, Brevibacterium linens, Geotrichum candidum, Penicillium camemberti, levures.
<b>Fromages à pâte persillée</b>	Les fromages à pâte persillée sont plus communément appelés « bleus » à cause des veines bleuâtres ou verdâtres qui sillonnent la pâte. ils se caractérisent par l'incorporation au lait caillé d'un champignon (le <i>Penicillium glaucum roqueforti</i> ou le <i>Penicillium candidum</i> ) pour permettre le développement de moisissures dans la pâte. Afin de faciliter la circulation de l'air dans la pâte et de favoriser le développement des veines de moisissures, on transperce les meules avec de longues aiguilles (ex. Roquefort).	Lactococcus lactis, Lactococcus lactis cremoris, Streptococcus thermophilus, Leuconostoc, Penicillium roqueforti, levures
<b>Fromages fondus</b>	Constitués d'un mélange de fromage(s), de beurre, de crème et de lait, pasteurisé (95°C) ou stérilisé (125°C). Appelés aussi fromages remaniés, ils sont de nombreux types dont certains sont obtenus après récupération des fragments de fromages à pâte ferme tel que le Gruyère et qui présentent certains défauts. En réalité, il s'agit plus d'une dissolution suivie d'une dispersion de protéines dans l'eau que d'une fonte qui, correspond au sens physico-chimique du terme, à la désintégration d'une structure solide cristalline par l'apport d'énergie thermique ou l'exercice d'une pression.	Pas d'ajout de ferments Lactiques