

Année Universitaire : 2011-2012

Filière ingénieurs

Industries Agricoles et Alimentaires



Rapport de stage PFE

Titre : Etablissement d'un plan de charge et planification pour une production maximal.

Réalisé par:

ANNOUR YOUSSEF

Encadré par:

- Mr. EL HASNAOUI ABDELHADI DOMAINE DOUIET
- Mr. CHOUAIB IHSSANE FST Fès

Présenté le 25 Juin 2012 devant le jury composé de:

- Mr. A. EL HASNAOUI DOMAINE DOUIET
- Pr. B. IHSSANE FST Fès
- Pr. H. SOUHA FST Fès
- Pr. N. BENCHEMSI FST Fès
- Pr. O. SQALLI FST Fès
- Pr. S. SEFRIOUI FST Fès

Stage effectué à : Domaine Royal Douiet.

Remerciement

Je tiens tout d'abord à remercier vivement Madame le professeur B.IHSSANE pour avoir accepté de diriger ce travail et pour ses conseils précieux.

Il m'est particulièrement agréable d'adresser mes remerciements les plus sincères à Mr. EL OUDGHIRI, directeur de l'usine « Oued Njaa », de m'avoir offert l'opportunité de passer ce stage au sein de cette prestigieuse structure.

Mes remerciements vont aussi à l'ensemble du personnel du domaine de douiet, et en particulier Mr A. EL HASNAOUI, mon encadrant, de m'avoir aidé, orienté, conseillé tout au long de mon stage, ainsi qu'à Mr. EL ASSRI et Mr. JAKANI pour leur coopération et l'appui qu'ils m'ont apporté durant la période de stage.

Et surtout merci pour toutes et tous qui ont participé de près ou de loin pour accomplir ce travail dans les meilleures conditions.

Introduction

La planification est pratiquée depuis la nuit des temps, et c'est très tôt que l'homme a su l'importance de la planification mais d'après des évidences historiques cette dernière pratiquée autrefois se basée sur des méthodes simple et intuitives pour la réalisation des objectifs.

La vrai naissance de la planification est l'après deuxième guerre mondiale ou il fallait proposer un plan d'action global et procéder par suit à la reconstruction des plans à court terme sans y avoir cohésion. L'expansion économique des années 60 était derrière la naissance de la planification stratégique qui a vite fait son triomphe dans les années 70. Depuis, le concept de la planification ; et vu son importance ; a fait le sujet de plusieurs recherches qui visaient à anticiper ; en utilisant l'organisation et en se basant de plus en plus sur des données scientifiques ; des situations le plus souvent économique.

On peut définir la planification comme une manière de se protéger contre l'instabilité de l'environnement, mais aussi comme un moyen pour introduire de la rationalité dans les processus de décisions.

La planification d'entreprise est une procédure formalisée de prise de décision, par laquelle l'entreprise élabore une représentation voulue de son état futur et les modalités de mise en œuvre correspondantes. On distingue :

- ❖ la planification stratégique (grandes orientations du développement, nature des domaines d'activité, intensité de l'engagement).
- ❖ la planification opérationnelle (traduction en programmes d'actions pour les unités de l'entreprise).

Ainsi qu'on peut définir la planification d'une manière plus technique comme étant l'organisation dans le temps de la réalisation d'objectifs :

- ❖ dans un domaine précis.
- ❖ avec différents moyens mis en œuvre.
- ❖ et sur une durée (et des étapes) précise(s).

La caractéristique principale de la planification est souvent la dimension temps.

Outre la dimension principale qui est le temps, la planification prend forme selon autres dimensions que sont le périmètre des objectifs du projet, les ressources et la manière ou encore le chemin : (quand, quoi, qui et comment).

Tout le jeu de la planification est d'optimiser ces quatre paramètres sachant que les ressources sont souvent limitées, le temps c'est de l'argent et la qualité est exigée sans reproche.

Le Groupe Douiet ; qui fait partie des domaines agricoles les plus célèbres au Maroc ; envie de suivre l'évolution du marché et répondre de plus en plus aux besoins de ces clients à travers l'ultime marque de « Chergui », installa une nouvelle usine de transformation laitière à « Oued Njaa » à quelques kilomètres de la ville de Fès. Depuis, l'ancienne usine est consacrée à la production du fromage.

Les investissements dans la nouvelle usine se poursuivent, en plus des cinq conditionneuses, deux autres machines de conditionnement (SERAC 9000 unités/heure et ARCIL 10000 unités/heures) doivent se mettre en production avant l'été 2012 la période caractérisée par le maximum des ventes le long de l'année.

A savoir que la production au département des produits laitiers du Groupe Douiet passe par deux grandes étapes, la préparation et le conditionnement une grande problématique se pose :

Avec les mêmes équipements de la salle de préparation, peut-on préparer suffisamment de produits pour maintenir en production 24h/24h les sept conditionneuses ?

Si non quels investissements au niveau de la salle de préparation à proposer pour se faire ?

Ou bien encore, faut-il trouver une situation intermédiaire entre minimum d'investissement et maximum de production ?

Répondre à ces questions et anticiper l'état futur de la chaîne de production fera l'objectif principal de mon projet de fin d'étude, pour ceci, nous suggérons de planifier pour la future production en passant par une étude détaillée sur l'ensemble des équipements de la production qui va mener par suite à l'établissement d'un plan charge, dont l'objectif est de produire le maximum possible.

Partie I

Produits laitiers de l'usine " Oued Njaa " et technologie de transformation

I/Généralités sur le lait et le yaourt :

A/ le lait :

Le lait est un liquide blanc, légèrement visqueux, dont la composition et les caractéristiques physico-chimiques varient selon les espèces animales, et même selon les races dans la même espèce. Ces caractéristiques varient également au cours de la période de lactation, ainsi qu'au cours de la traite ou de l'allaitement.

Selon la réglementation Marocaine (décret N° 2-00-425 du 7 décembre 2000 relatif au contrôle de la production et de la commercialisation du lait et des produits laitiers), au sens du présent décret on entend par :

Lait : le produit de la sécrétion mammaire normale, obtenu par une ou plusieurs traites, sans aucune addition ou soustraction.

La dénomination de lait, sans aucune indication, est réservée au lait de vache. Et pour tout autre lait, cette dénomination doit être accompagnée de l'indication bien apparente de l'espèce animale dont il provient.

1/ Composition chimique du lait :

Les principaux constituants de la matière sèche totale sont :

a/ Les glucides :

Le sucre principal du lait est le lactose, disaccharide constitué par l'association d'une molécule de glucose et d'une molécule de galactose. Ainsi que des traces d'autres glucides. Le lactose a un faible pouvoir sucrant comparé à ceux du saccharose et du glucose.

Le lactose est un sucre fermentescible. Il est dégradé en acide lactique par des bactéries lactiques ce qui provoque un abaissement du pH du lait entraînant sa coagulation; celle-ci est indispensable pour la fabrication de fromages et de laits fermentés.

b/ La matière grasse

La matière grasse dont la concentration varie en fonction des conditions d'élevage, est présente dans le lait sous forme de globules gras, émulsionnés dans la phase aqueuse.

Cette matière grasse est constituée principalement de composés lipidiques. Le trait commun aux lipides est la présence d'acides gras qui représentent 90 % de la masse des glycérides ; ils sont donc les composés fondamentaux de la matière grasse.

c/ Les protéines.

La caséine (80 %), les protéines solubles (19 %) et des enzymes (1 %) constituent la fraction essentielle des protéines.

Le lait constitue donc une importante source de protéines pour l'homme, en particulier pour l'enfant. Sa teneur en protéines est une caractéristique essentielle de sa valeur marchande.

d/ Les oligo-éléments

Le lait est une bonne source d'oligo-éléments. Il est riche particulièrement en calcium, en phosphore et On y trouve également du magnésium, du potassium et du sodium.

B/ le yaourt :

1/ Définition :

Le yaourt est un lait fermenté. Il résulte de la fermentation du lait par deux bactéries lactiques. Cette fermentation conduit à la coagulation du lait, le coagulum est ferme, sans exsudation de lactosérum. Il peut être consommé en l'état ou après brassage lui donnant une consistance crémeuse ou liquide.

Le codex Alimentarius, norme N° A-11 (a) (1975) définit le yaourt comme suit :

« le yaourt est un produit laitier coagulé obtenu par fermentation lactique grâce à l'action de *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus* à partir du lait frais ainsi que du lait pasteurisé (concentré, écrémé, partiellement écrémé ou enrichi en extrait sec) avec ou sans addition (lait en poudre entier ou écrémé..). Les bactéries lactiques du produit final doivent être viables et abondants ».

2/ bactéries et substrat de fermentation :

Les deux bactéries associées dans la préparation du yaourt ont pour rôle principal d'abaisser le pH du lait au point isoélectrique de la caséine (pH = 4.6) de façon à former un gel (ou coagulum). Outre le goût acidulé qu'elles donnent au gel, elles lui assurent une saveur caractéristique due à la production des composées aromatiques.

Le *Lactobacillus bulgaricus* ne produit que de l'acide lactique au cours de la fermentation du lactose. Il se développe bien à la température de 45 à 50°C en acidifiant fortement le lait jusqu'à 1.8% (pH voisin de 4.5), voire, avec certaines souches, jusqu'à 2.7% d'acide lactique (pH de 3.8 à 3.6)

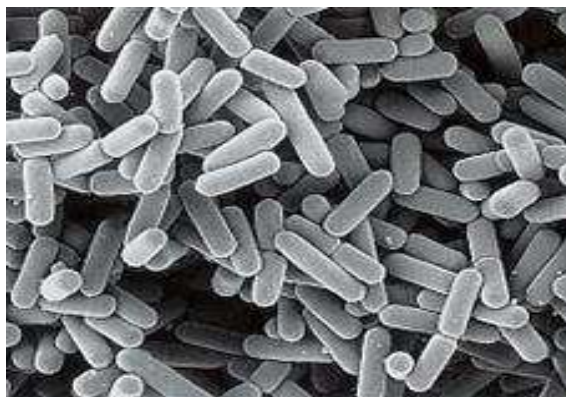


Figure 1 : *Lactobacillus bulgaricus*

Le *Streptococcus thermophilus* se développe bien de 37 à 40°C, mais croit encore à 50°C. Thermorésistant, il survit au chauffage à 65°C pendant 30 minutes ou à 74°C pendant 15 secondes. Nettement moins acidifiant que les bacilles, il produit généralement de 0.5 à 0.6% d'acide lactique (pH voisin de 5.2). Certaines souches sont capables de supporter un pH de 4.3 à 3.8.

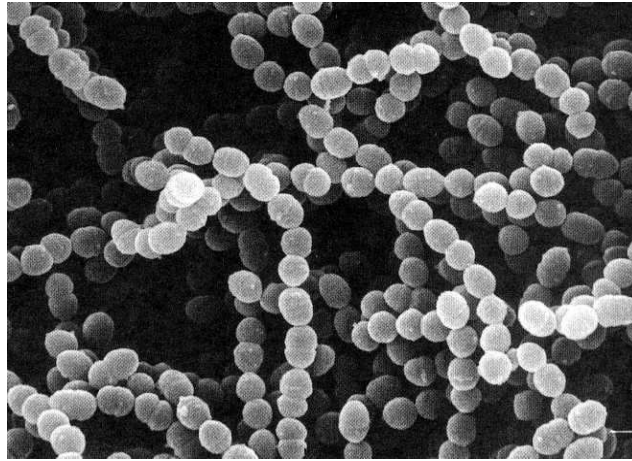
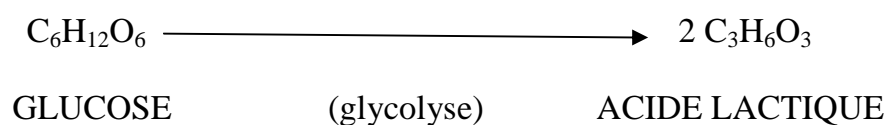
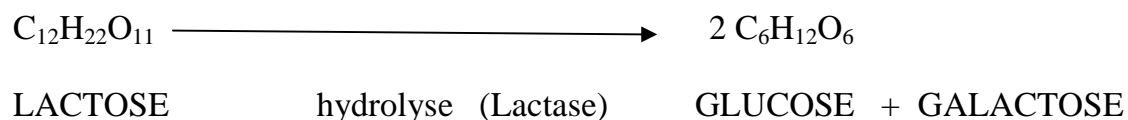


Figure 2 : *Streptococcus thermophilus*

Ces deux espèces sont microaérophiles. Elles vivent en symbiose dans le yaourt. Elles produisent plus d'acide lactique cultivées ensemble que séparément.

Pour se développer, les bactéries ont besoin d'acides aminés et de peptides directement utilisables. Or, le lait n'en contient que de faibles quantités permettant seulement de démarrer leur croissance. Ensuite, le lactobacille, par son activité protéolytique, attaque la caséine qui libère les peptides permettant au streptocoque de poursuivre sa croissance. De son côté, le streptocoque stimule le lactobacille par production d'acide formique. Lorsque l'on ensemence du lait avec les bactéries du yaourt, le pH entre 6.6 et 6.8 est favorable au streptocoque qui assure le départ de la fermentation lactique. L'acidité, en se développant, devient défavorable au streptocoque qui est alors relayé par le lactobacille qui poursuit son activité fermentaire jusqu'à un pH de l'ordre de 4.3 à 4.2.

Ces deux bactéries sont utilisées industriellement pour la fabrication du yaourt. Elles transforment le lactose en acide lactique :



Quand le pH du lait atteint une valeur proche de 5, il y a flocculation des caséines qui sont des protéines du lait et formation d'un gel homogène : c'est le yaourt.

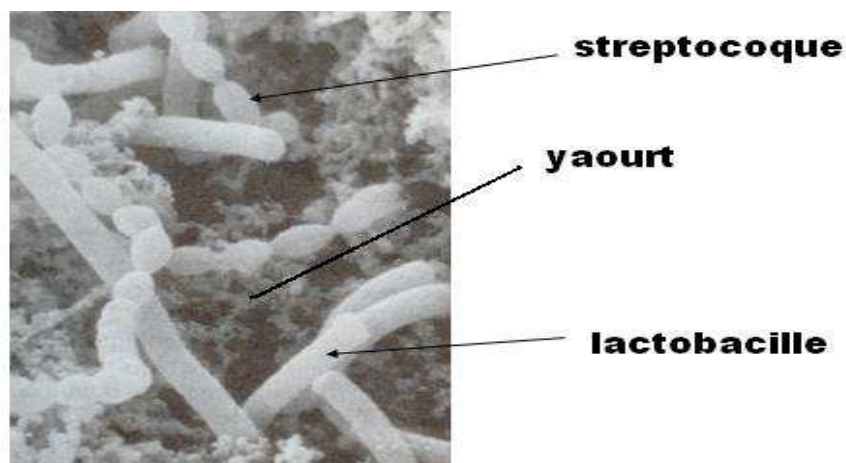


Figure 3 : Observation microscopique d'un yaourt

3/ Valeurs nutritionnelles du yaourt:

Les compositions nutritionnelles des laits fermentés (yaourt) sont très variables et dépendent essentiellement du taux de matières grasses du lait utilisé et des ingrédients ajoutés au moment de la fabrication, le yaourt est très bénéfique pour la flore intestinale.

Les ferments lactiques du yaourt contribuent à l'équilibre de la flore intestinale. Ils sont d'ailleurs traditionnellement conseillés aux personnes qui suivent un traitement antibiotique.

Le bifidus actif, un ferment naturel contenu dans certains yaourts, est un atout précieux pour le système digestif quand il est consommé quotidiennement. Il permet notamment de réguler le transit intestinal.

Le yaourt contient également plusieurs vitamines très importantes pour notre santé. En effet au lait entier, les yaourts sont plus riches en vitamines A et D. Ceux à 0 % MG possèdent les mêmes qualités mais avec un minimum de calories. La vitamine A est bonne notamment pour la vision et la peau et la D aide à fixer le calcium indispensable à la construction et au renouvellement osseux. Les vitamines du groupe B (B2, B12) contenus dans le yaourt interviennent essentiellement dans le métabolisme énergétique.

C/ Approche économique :

L'analyse des marchés mondiaux des produits laitiers en 2011, selon la FAO « **la production laitière mondiale a augmenté d'environ 2.5 % soit 16 millions de tonnes** » mais moins que la demande mondiale. L'essentiel de la croissance s'est fait en Asie (10 millions de tonnes) qui représente désormais 40% de la consommation mondiale. L'excellente conjoncture a stimulé la production dans la plupart des grands bassins laitiers : Argentine, Nouvelle-Zélande, Etats Unis, Union européenne. L'essentiel des suppléments de production collectés dans les bassins excédentaires a été transformé en ingrédients laitiers qui ont été expédiés dans les bassins déficitaires (Asie, Afrique). Les échanges ont

progressé fortement (+6%), notamment les échanges de poudre de lait (grasse ou maigre), cependant ils ne représentent que 7% de la production mondiale.

En Afrique, la production a augmenté de 1% pour atteindre 38 millions de tonnes, principalement du fait de gains enregistrés au **Kenya** et au **Mali**. En général, les producteurs commerciaux de lait en Afrique ont ressenti l'effet de la hausse des prix de l'alimentation du bétail, qui limite la croissance de la production.

Selon la direction marchés, étude et prospective de France/AgriMer qui fournit des cotations hebdomadaires et mensuelles pour les filières viandes, pêche, céréales et vin ainsi que des relevés de prix de produits laitiers. Le coût du fromage, du yaourt et d'autres produits laitiers en particulier la poudre de lait (entier 26% et écrémé 0%) vont croître continuellement pendant la période de l'été de l'année 2012.

Les importations des pays africains ont diminué depuis l'année 2011, en raison de volumes d'exportation moins importants que la moyenne à destination de **l'Algérie**, deuxième plus gros importateur au monde, et à la suite d'efforts du gouvernement pour accroître la production nationale de lait. Des volumes d'importation importants à destination de **l'Égypte** compenseront, dans une certaine mesure, la baisse enregistrée en Algérie.

Dans le Maroc le marché des produits laitiers est un potentiel de croissance très fort, comme témoigne le bureau d'étude Belge « Nielsen ».

Le Maroc et avec seulement 32 litres de lait consommés par habitant chaque année, il se place parmi les pays où l'on consomme le moins ce produit et ses dérivés. Le revers de la médaille recèle une marge de croissance très importante pour les opérateurs.

Avec un chiffre d'affaires annuel de plus de 10 milliards de DH, un rythme de croissance de 7,6% en moyenne sur les cinq dernières années et surtout une moyenne annuelle de 16% de croissance pour les produits dérivés sur les cinq dernières années, le marché des produits laitiers au Maroc présente des opportunités d'affaires considérables.

Le marché des produits laitiers au Maroc demeure assez oligopolistique avec l'existence d'un nombre limité d'offres à taille significative (7 au total) et où deux entreprises détiennent à elles seules plus de 76% des parts de marchés.

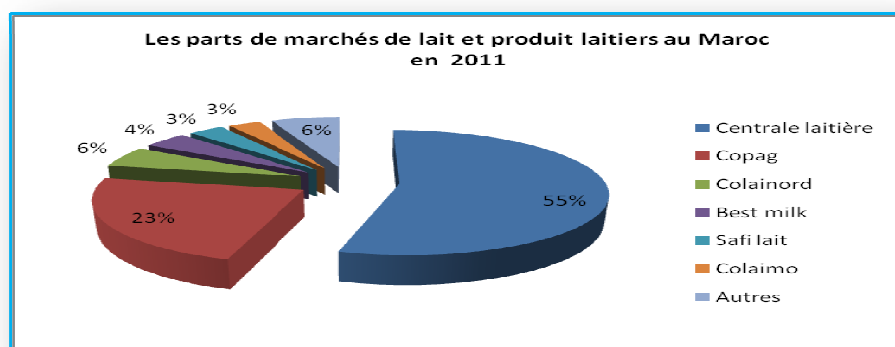


Figure 4 : Les parts de marchés de lait et produit laitiers au Maroc en 2011 selon les chiffres fournis par le cabinet d'études Nielsen.

En ce qui concerne les produits laitiers au Maroc on distingue deux grandes familles de produits laitiers : le lait d'un côté et ses dérivés de l'autre (yaourt, fromage et beurre). Schématiquement, la quantité produite de lait représente le double de ce qui est en dérivés. Le même schéma de marché vu précédemment pour le lait peut être reproduit pour les autres produits laitiers, notamment les yaourts.

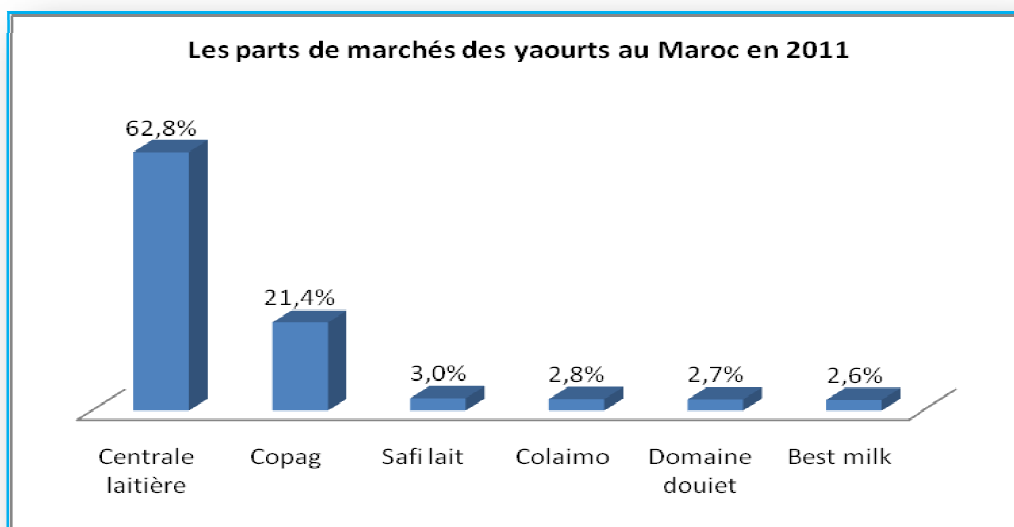


Figure 5 : Les parts de marchés des yaourts au Maroc en 2011 selon les chiffres fournis par le cabinet d'études Nielsen.

II/ Technologie de transformation :

Dans un but de produire le maximum possible et de répondre aux questions précédemment posées la connaissance des produits de l'unité « Oued Njaa » du groupe Douiet et leur technologie de transformation est d'une importance cruciale.

1/ la matière première principale :

Le lait cru est la matière première principale, c'est un lait qui n'a subi aucun traitement technologique.

2/ la réception du lait :

La réception du lait est l'avant première étape du procédé de fabrication.

a- Collecte du lait :

La collecte se fait à partir des domaines: douiet, bouderra, kouacem et Sid lkamel comme le montre le tableau suivant :

Fournisseur	Volume (en litres)	Fréquence
DOMAINE DOUIET	10000	2 fois/jour
BOUDERRA	19000	1 fois/jour
SID LKAMEL	2000	1 fois/jour
CAPRIN DOUIET	1300	1 fois/jour

Tableau 1 : Fournisseurs du lait cru de l'unité de production « oued Njaa »

b- Contrôle à la réception :

Une fois stocké dans les tanks de réception (50 m³), le lait subit des tests physico-chimiques nécessaires pour se renseigner sur la qualité du lait à savoir :

- pH ; MG ; EST ; MP ; température.
- Test sensoriel : analyse gustative, olfactive et visuelle du produit (goût, couleur et odeur).
- Test d'antibiotique.

c- Refroidissement et stockage :

Après le dégazage le lait subit un refroidissement à 4°C – 6°C afin de limiter le développement des germes puis il est stocké dans des cuves adiabatiques.

3/ Procédé de fabrication :

Les opérations mises en œuvre pour le traitement et la transformation des produits laitiers au sein du DPL (département des produits laitiers) comportent plusieurs étapes se basant sur des phénomènes physiques, microbiologiques et ayant chacune un rôle bien déterminé.

➤ **La thermisation :**

La thermisation est un léger chauffage que subit le lait (de 72 à 80 °C pendant quelques secondes) dont le but principale est de réduire la charge microbienne présente dans le lait cru réceptionné. Ceci pour pouvoir stocker ; sans risque d'altération ; à une température entre 2 et 6°C le lait thermisé pendant une période qui peut aller jusqu'à 72 heures.

➤ **L'écémage :**

Séparer la matière grasse du lait permet d'obtenir la matière première pour fabriquer de la crème et du beurre. L'écémage est aussi une technique utilisée dans les filières de fabrication des produits laitiers pour standardiser la matière grasse. On obtient ainsi un lait et des produits à teneur garantie en matière grasse. L'écémage est effectué mécaniquement en séparant le lait et la crème par centrifugation.

➤ **La standardisation :**

La **standardisation** est un processus par lequel on réfère un indice à une norme, Le taux de matière grasse et des protéines sont les deux les plus concernés par ce processus.

Pendant cette étape on écrème le surplus de la matière grasse pour le lait entier et les yaourts à boire, et on enrichit les yaourts brassés et fermes. Par ajout de la poudre du lait 1% (poudre du lait écrémé) pour faire augmenter le taux des protéines.

➤ **L'homogénéisation :**

C'est un procédé qui consiste à faire éclater, par pression, les globules de matière grasse en fines particules. Celles-ci ne remontent pas à la surface, mais se répartissent de façon homogène dans le lait. Ce traitement est appliqué aux laits de consommation et aux laits destinés à la fabrication des yaourts.

➤ **La pasteurisation :**

La **pasteurisation** du lait peut être brièvement définie comme étant le chauffage du lait à une température inférieure au point d'ébullition pendant un laps de temps suffisant pour détruire :

- Tous les micro-organismes d'origine pathogène qui peuvent être présents dans le lait de manière à permettre l'usage en toute sécurité pour la consommation humaine.
- Une portion d'organismes adventices non pathogènes, mais susceptible de provoquer des altérations de divers ordres, de là le lait se conserve dans toutes les conditions raisonnables de température pendant un temps suffisamment long pour en permettre le transport, la distribution et la consommation comme lait en nature ou l'utilisation pour des traitements ou fabrication ultérieurs.

D'où la nécessité de ralentir le développement des micro-organismes restant par un traitement subséquent (refroidissement).

➤ **Ensemencement :**

Le lait refroidi à la température d'incubation (37°C à 45°C) estensemencé avec des ferments lactiques sélectionnés (bactéries lactiques thermophiles ou mésophiles) selon le produit voulu.

➤ **Incubation :**

Pendant cette étape les bactéries lactiquesensemencées prend un certain temps pour transformer le lactose en acide lactiques (fermentation lactique), et coaguler le lait.

4/ Conditionnement et stockage :

La salle de conditionnement est équipée de 5 machines de conditionnement :

- RG GALDI 250 et VARIOPACK (VPB) : pour les lebens, RAIB, lait entier et écrémé.
- ARCIL 1 et ARCIL 2 : pour les yaourts (ferme et brassé).
- SERAC : pour les jus lactés et les yaourts à boire.

Le stockage se fait dans des frigos dont la température est entre 2 et 6°C.

III/ La gamme des produits :

La gamme des produits fabriqués à l'unité « Oued Njaa » du Domaine Douiet est très diversifiée du point de vue composition, texture et arôme. Mais d'un point de vue technologique nous pouvons les regrouper en deux grandes catégories :

Les produits non fermentés (jus lactés, lait entier et écrémé):

Les produits non fermentés sont des produits dont le procédé de transformation ne contient pas l'étape de fermentation, c'est pour cette catégorie de produits qu'on ne trouve pas d'étape d'incubation et le conditionnement vient directement après la pasteurisation comme le montre les diagrammes de fabrication.

Le jus e fruit lacté

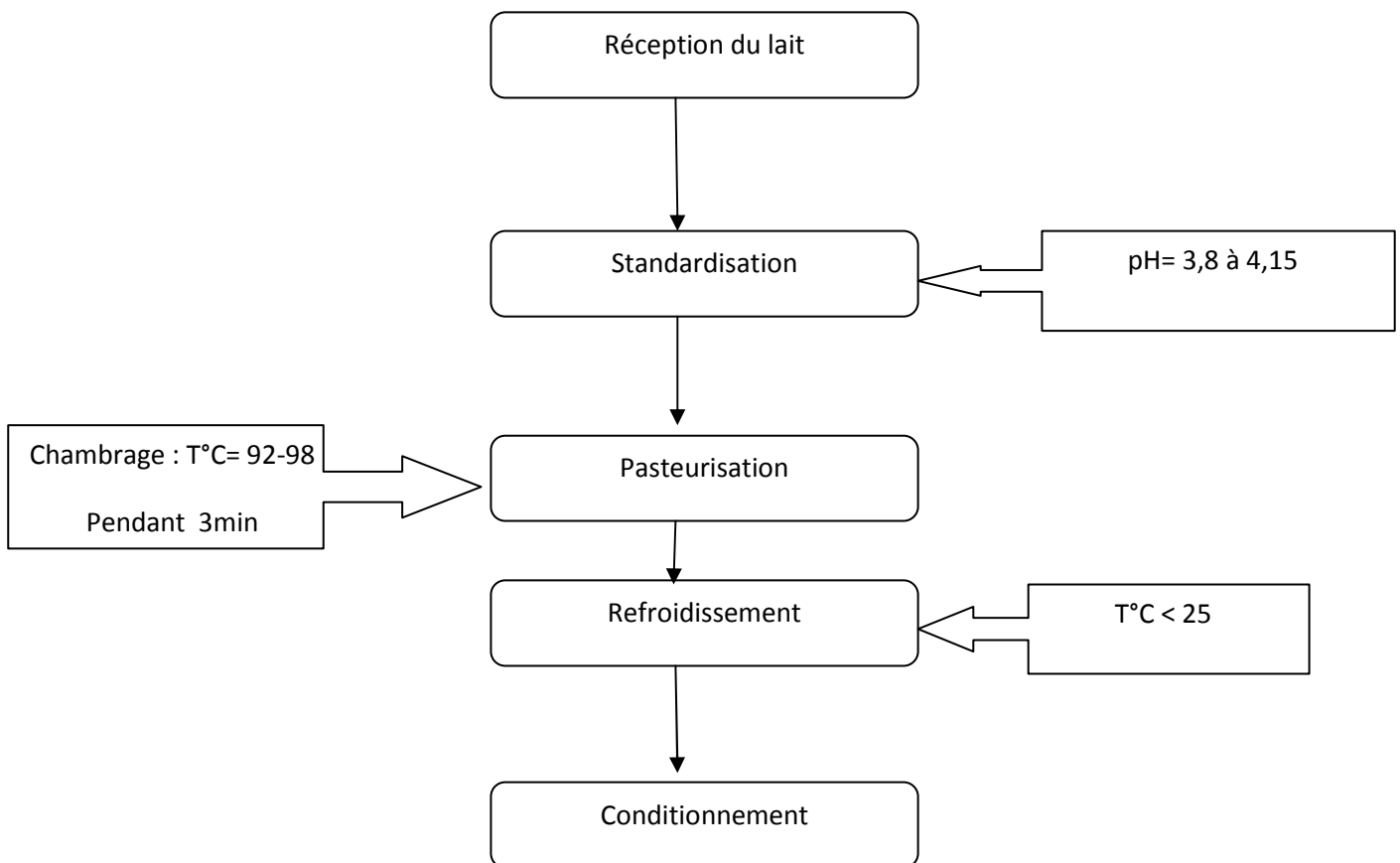


Figure 6 : Diagramme de fabrication de jus de fruit lacté

Le lait pasteurisé :

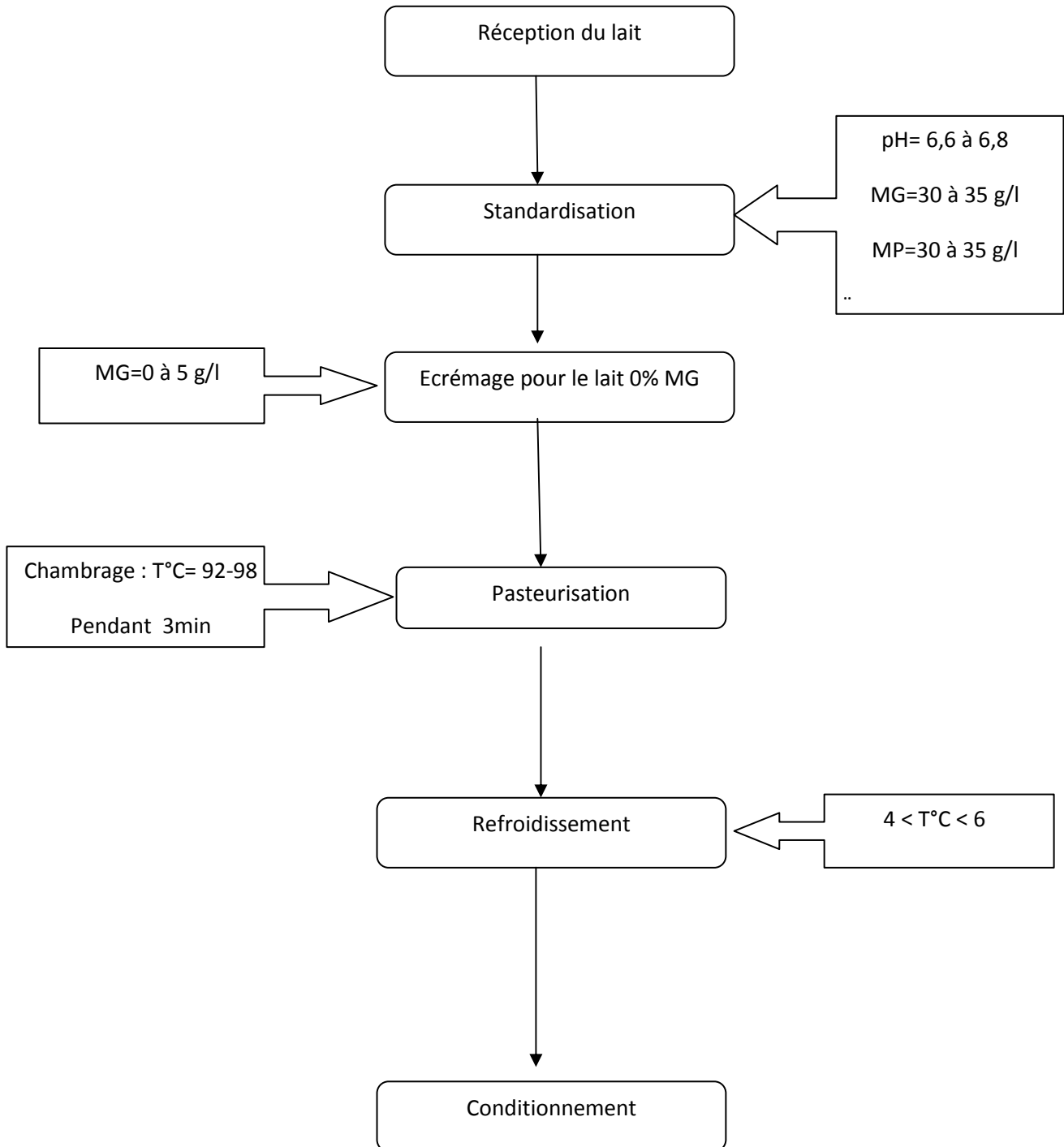


Figure 7 : Diagramme de fabrication du lait pasteurisé

Les produits fermentés (yaourts à boire, brassé, ferme, leben et RAIB aromatisé) :

Les produits fermentés sont des produits dont le procédé de transformation est caractérisé par l'étape d'incubation ou se passe la fermentation comme le montre les diagrammes de fabrication.

Le yaourt à boire :

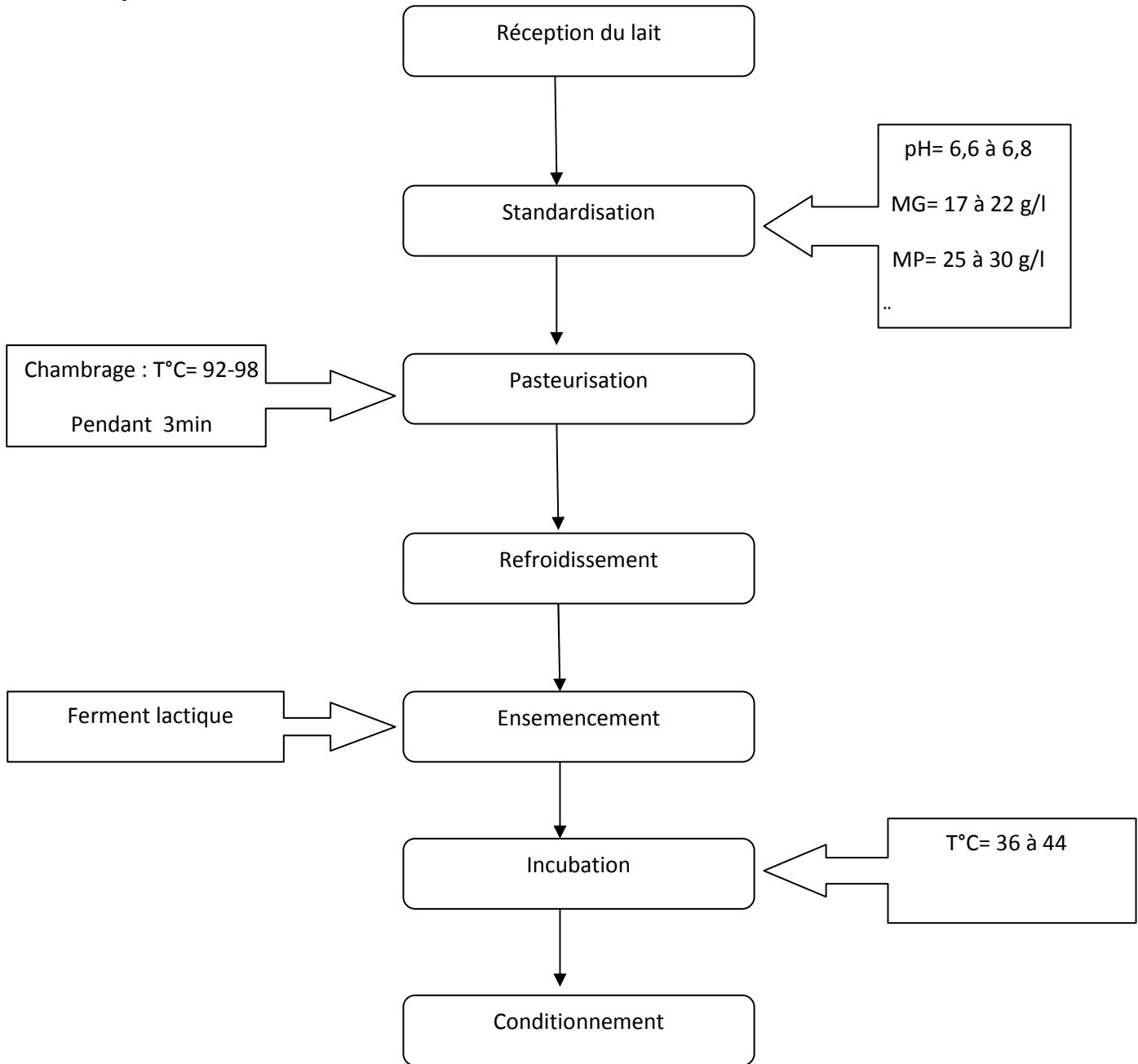


Figure 8 : Diagramme de fabrication du yaourt à boire

Le leben et RAIB aromatisé :

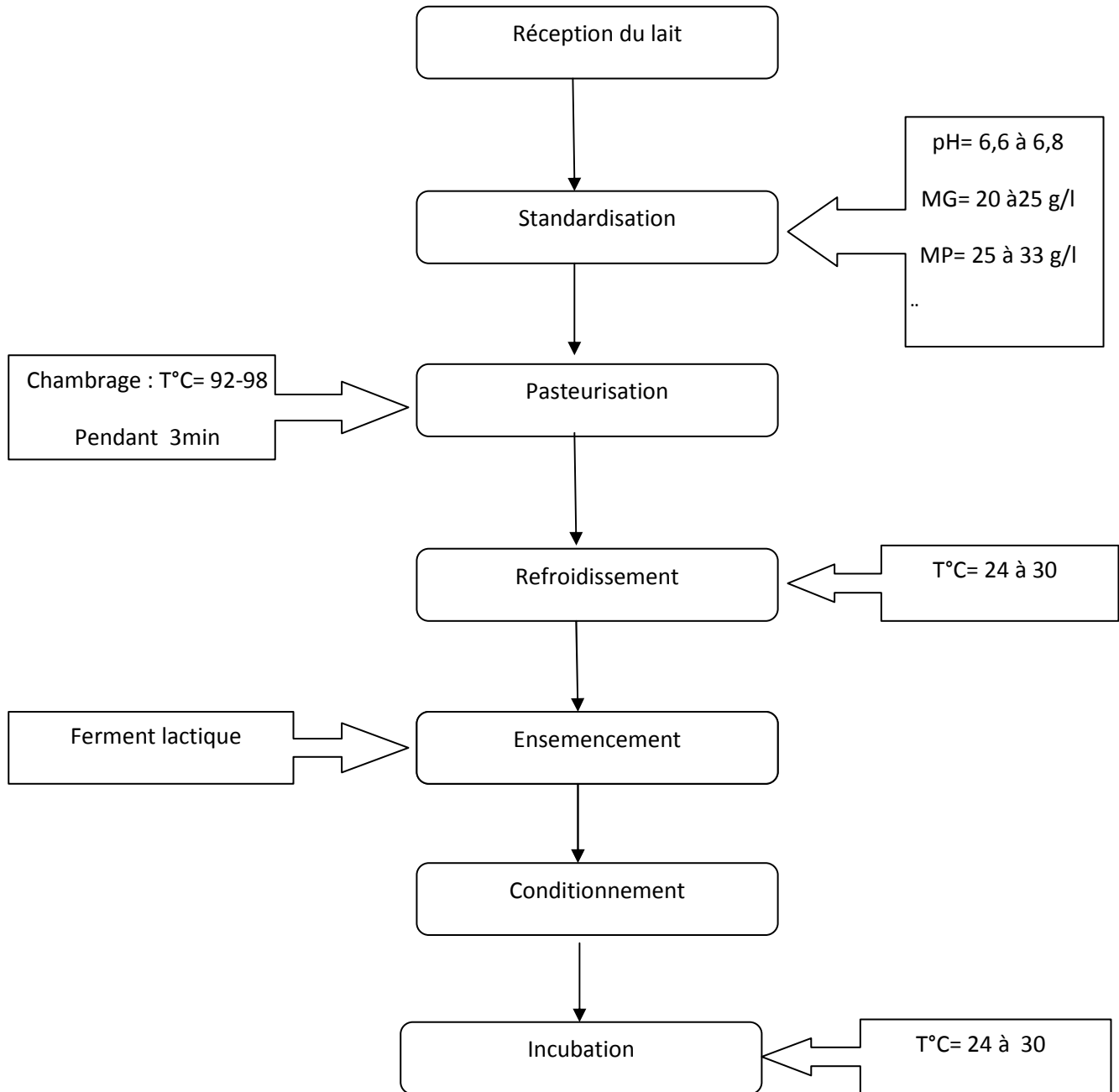


Figure 9 : Diagramme de fabrication du leben et RAIB aromatisé.

Le yaourt ferme :

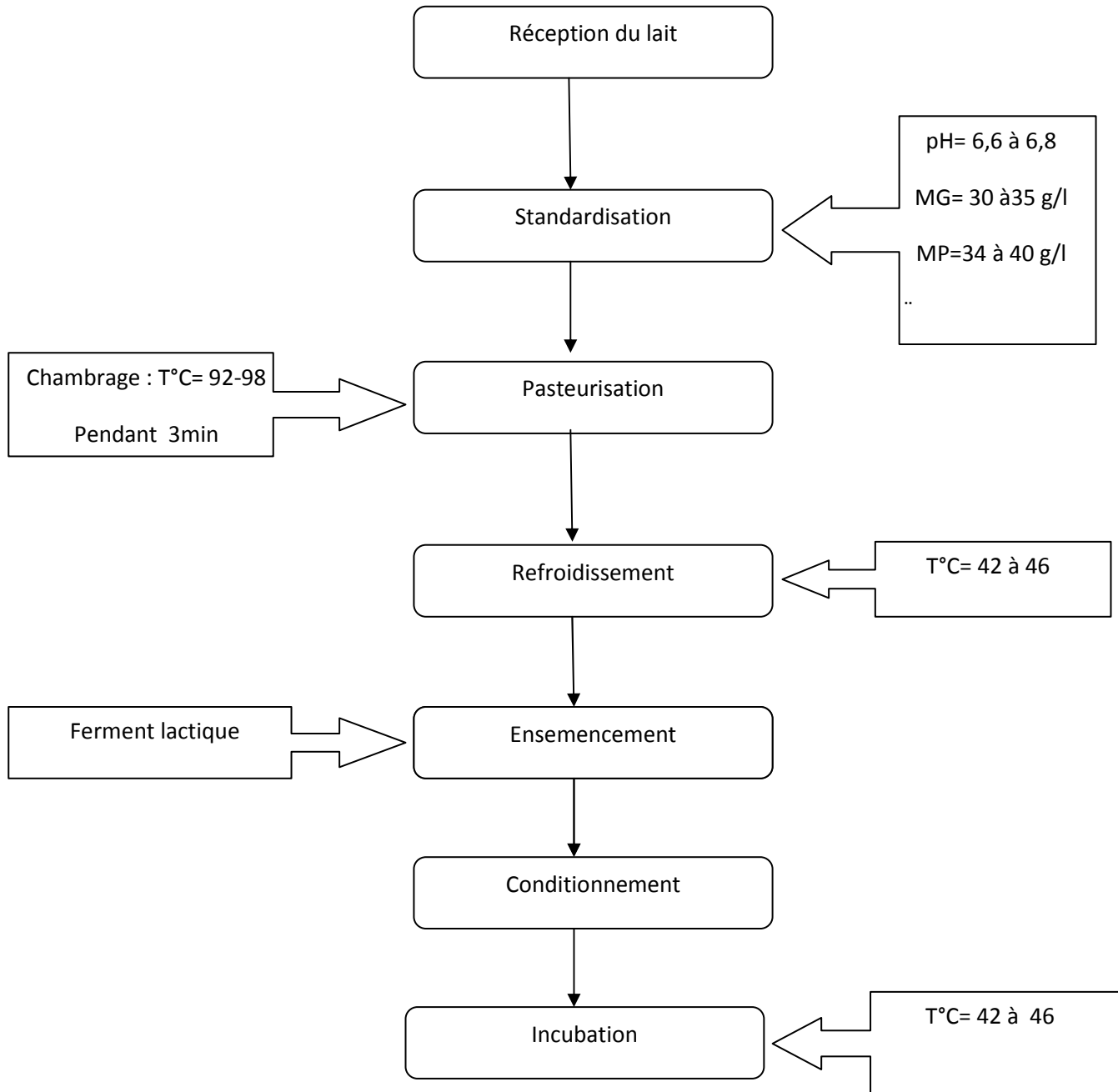


Figure 10 : Diagramme de fabrication du yaourt ferme.

Le yaourt brassé :

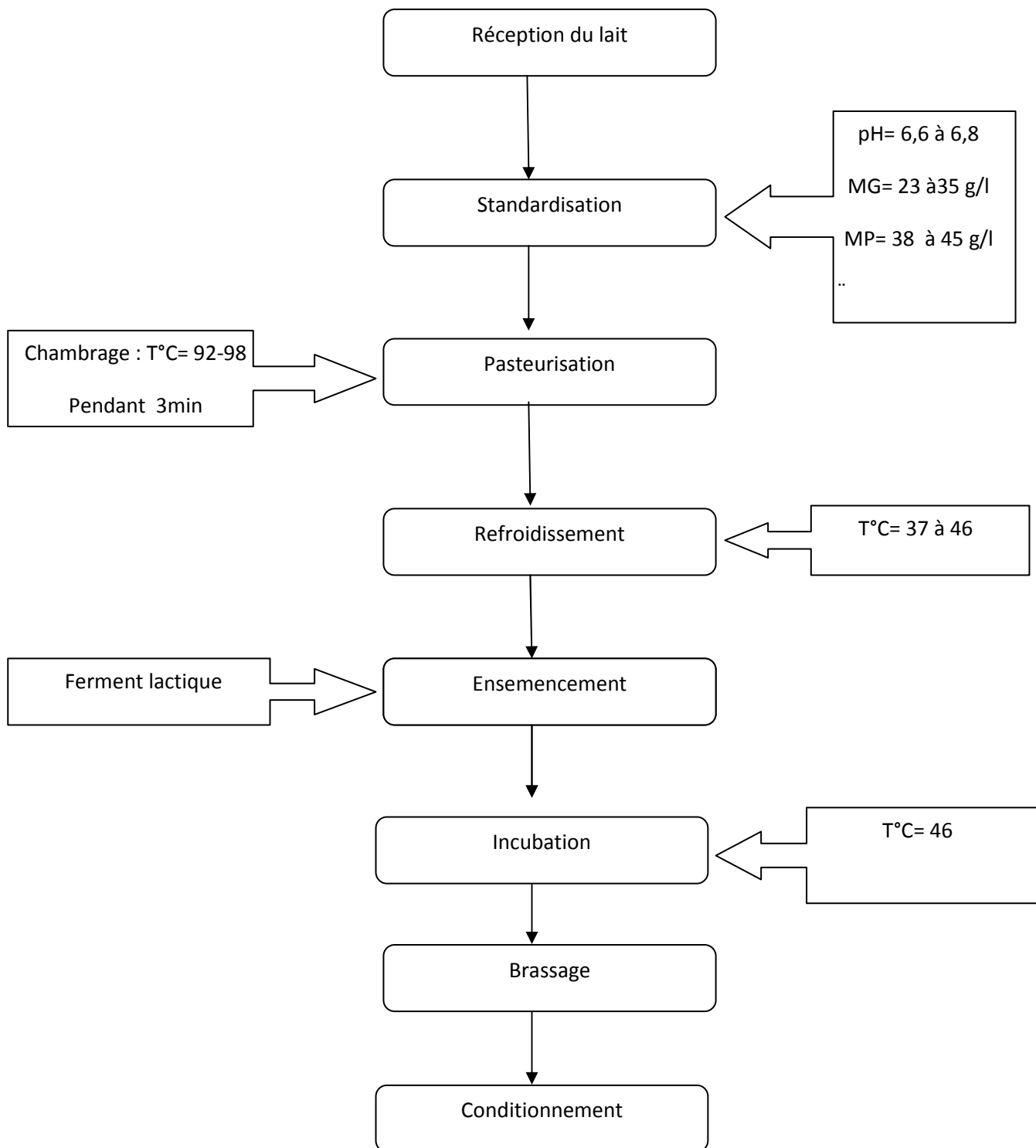


Figure 11 : Diagramme de fabrication du yaourt brassé

Partie 2

Etablissement d'un plan de charge

Et

Planification pour une production maximale

I/ Méthodologie et démarche scientifique adoptée.

La gestion de la production est l'ensemble des activités qui participent à :

- ✚ la conception.
- ✚ la planification des ressources de la production (matérielles, financières, ou humaines).
- ✚ l'ordonnancement.
- ✚ l'enregistrement des activités de production.
- ✚ le contrôle des activités de production de l'entreprise.

L'ensemble de ces activités doit être réalisé dans le respect des procédures établies (implicitement ou explicitement) par l'entreprise et tenir compte à la fois de la qualité de ses produits et services.

L'objectif est d'optimiser les processus de valeur ajoutée en améliorant de manière continue les flux allant des fournisseurs aux clients.

Pour tout ingénieur technicien chargé des opérations de transformation dans les ateliers, Le cœur de la gestion de production est la planification des ressources liées directement à l'atelier de production, ainsi que l'ordonnancement qui définit l'ordre dans lequel les opérations de production doivent se succéder.

1/ Planification de la production :

La planification des opérations consiste à définir, en fonction des délais et des priorités, les dates de début et de fin des opérations d'un ordre donné (OT = Ordre de Travail ; OF = ordre de fabrication, OM = Ordre de maintenance, OA = Ordre d'achat ...).

a/ Niveau 1 : Le Plan Industriel et Commercial (P.I.C.)

Conçu au niveau stratégique de l'entreprise, le PIC est une représentation future des activités de production et vente des produits fabriqués. Il permet de prévoir sur un horizon de deux à trois ans l'évolution du marché et donc de la demande. De ce fait, le PIC aide à prendre des décisions à long termes sur la gestion de l'ensemble des ressources et aide à trouver l'adéquation entre ces ressources, les moyens financiers et les objectifs de vente.

La grande particularité du PIC réside dans la nature des données qui le composent. Le plan industriel et commercial utilise des grandes masses d'information, il traite les produits par familles et non pas individuellement ou par références finales.

Les informations chiffrées fournies par le PIC sont par la suite déversées dans les différents plans de chaque fonction de l'entreprise : plan d'approvisionnement, plan financier, plan d'investissement, plan de recrutement et formations... et aussi, le Plan Directeur de Production (PDP).

b/ Niveau 2 : Le Programme Directeur de Production (P.D.P.)

Alors que le Plan Industriel et Commercial propose une vision à long terme des activités, le PDP reprend les données commerciales du PIC sur un horizon plus court et les convertit en données de production. Les prévisions chiffrées de chaque famille de produit sont décomposées par produits finis et les quantités de chaque produit fini sont affectées à l'aide de clefs de répartition.

En résumé, Le PDP, programme Directeur de production sert pour chaque référence finale à déterminer les besoins bruts, les dates réelles de ces différents besoins sur l'horizon de planification et équilibrer les stocks sur la base de données de planification.

c/ Niveau 3 : Le Plan de Charge (plan de fabrication et planning d'atelier)

Après calcul des besoins en produits finis, et sur la base de la nomenclature de chacun, les besoins en composants nécessaires pour la fabrication sont à leur tour calculés. Les matières et composants ainsi évalués peuvent être approvisionnés de deux manières :

- Approvisionnement externe : Un achat sera effectué auprès de fournisseurs.
- Approvisionnement interne : Les composants sont fabriqués par les ateliers ou livrés par le stock déjà constitué.

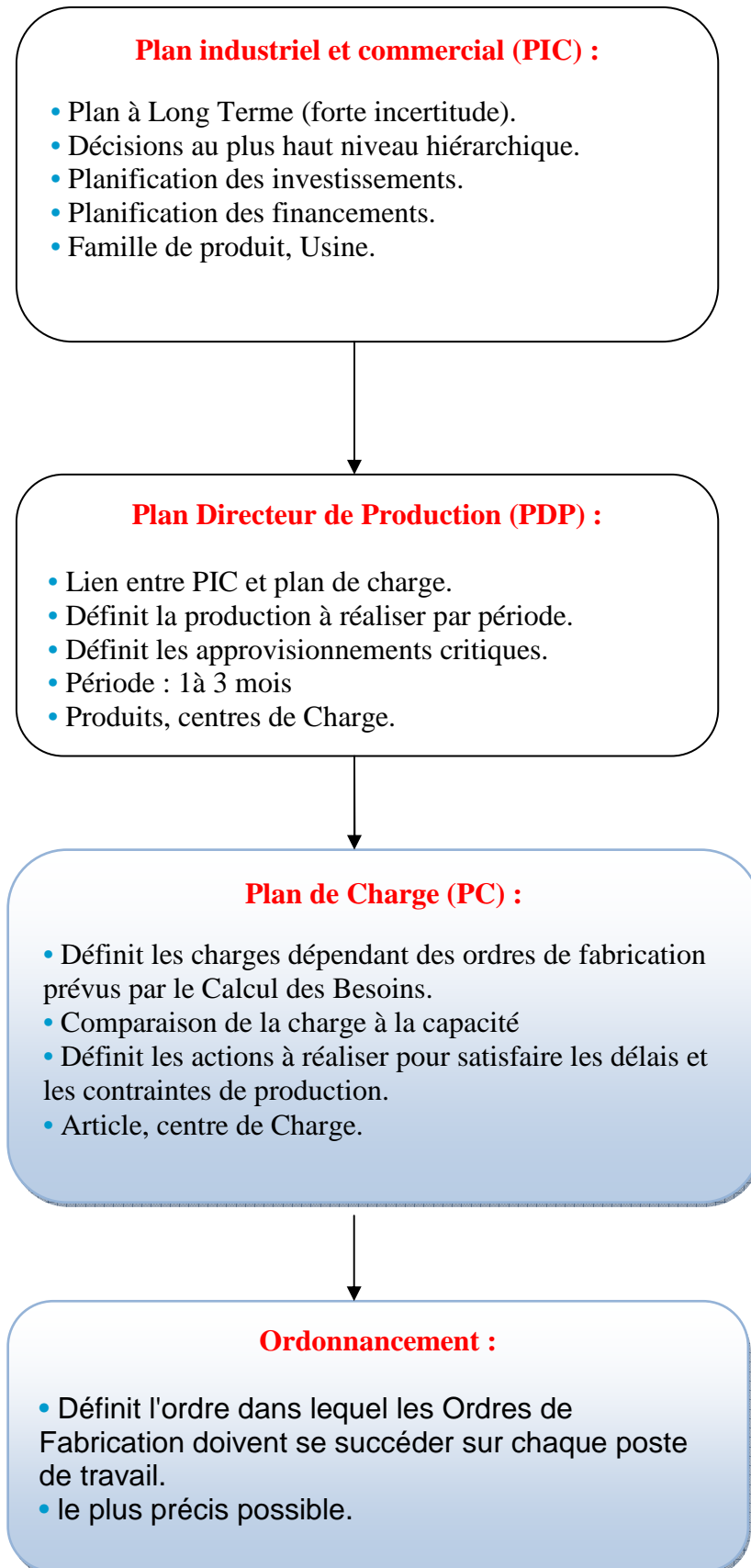
Pour les composants à fabriquer, et sur la base des gammes d'opérations, un plan de charges est réalisé. Le plan de charge détermine l'adéquation entre la quantité de travail à affecté et la capacité nominale des ressources de production.

Le plan de charge est l'outil de pilotage des ateliers. Il contient des informations détaillées sur la nature et les quantités de composants à fabriquer, les dates de lancement. Le planning est fait sur un horizon (quelques semaines) encore plus court que celui de PDP.

Ordonnancement :

L'ordonnancement est la technique de régulation et de classement du passage des opérations de fabrication dans l'atelier, d'une manière générale « c'est l'ensemble des actes de gestion visant à l'établissement d'un ordre de déroulement des opérations de production ».

Dans la suite voici un schéma résumant les niveaux de la planification de la production industrielle.

Figure 12 : Les niveaux de la planification de la production industrielle

Nous allons mener cette étude dans un but de répondre clairement aux questions précédemment posées ; de ce fait ; nous nous sommes intéressés au dernier niveau de planification celui de l'établissement du plan de charge, ainsi nous allons établir un plan d'ordonnancement qui va définir par suite l'ordre dans lequel les opérations de production se succéderont.

Le diagramme de Gantt sera notre outil pour la représentation de l'ordonnancement. Il consiste à traduire une gamme opératoire par des segments de droite (ou en bâtons) représentant chaque opération et proportionnels à leur durée. Ce diagramme est une méthode très efficace lorsqu'il s'agit de lister des tâches, ainsi il rend plus simple le suivi de l'avancement de la planification.

Et comme première étape pour la réalisation du plan de charge considéré dans son concept général comme « l'adéquation entre la quantité de travail à affecté et la capacité nominale des ressources de production ». Nous devons étudier en détail les données et contraintes de production.

II/ Données et contraintes de production :

1/ Les pasteurisateurs :

La salle de préparation est équipée de deux pasteurisateurs de capacités différentes, le premier (qu'on note A4) de capacité 15000 l/h est destiné à pasteuriser les grandes quantités, alors que le deuxième (qu'on note A5) de capacité relativement faible 5000 l/h est destiné à pasteuriser des quantités moins importantes.

Ces pasteurisateurs sont reliés principalement d'une part avec la ligne du nettoyage numéros 3, et d'autre part avec les cuves par l'intermédiaire des circuits permettant l'entrée des produits à pasteuriser et la sortie des produits pasteurisés.

Les circuits reliant les pasteurisateurs et les cuves sont représentés dans le tableau ci-dessous :

	Pasteurisateur A4 (15m ³ /h)		Pasteurisateur A5 (5m ³ /h)	
	entrée	sortie	entrée	sortie
Tank 04	+	-	+	-
Tank 05	+	-	+	-
Tank 06	+	-	+	-
Tank 07	+	-	+	-
Tank 08	+	-	+	-
Tank 09	+	-	+	-
Tank 10	+	-	+	-
Tank 11	+	-	+	-
Tank 12	+	-	+	-
Tank 13	-	-	-	-
Tank 14	-	-	-	-
Tank 15	-	+	-	-
Tank 16	-	+	-	-
Tank 17	-	+	-	-
Tank 18	-	+	-	+
Tank 19	-	+	-	+
Tank 20	-	+	-	+
Tank 21	-	+	-	+
Tank 22	-	+	-	+
Tank 23	-	+	-	+
Tank 24	-	+	-	+
Tank 25	-	+	-	+
Tank 26	-	+	-	+

Tableau 2 : Possibilités de passage des produits depuis et vers les pasteurisateurs.

Avec :

- ❖ + : il y a possibilité de passage des produits entre la cuve et le pasteurisateur.
- ❖ - : il n'y a pas possibilité de passage des produits entre la cuve et le pasteurisateur.

2/ Les Cuves :

Les cuves constituent l'équipement le plus présent le long de la chaîne de production, elles sont utilisées pour différentes opérations :

- ✓ Stockage du lait et des préparations.
- ✓ Incubation.
- ✓ Stockage tampon.

La caractéristique principale qui différencie les cuves autre que leurs emplacements est la capacité. Cette dernière se mesure en unité de volume le plus souvent en mètre cube (m³) ou en litre (l).

Capacité en m ³	Numéros de la cuve
50	01 – 02
25	04 – 05 – 06
15	07 – 08 – 09 – 10 – 11
12	12
6	19 – 20 – 21 – 24 – 25 – 26

Tableau 3 : Capacités des cuves en m³

3/ Les lignes de nettoyage :

Le nettoyage et la désinfection sont parmi les opérations les plus importantes de l'industrie agro-alimentaire et particulièrement l'industrie laitière et ce pour diverses raisons :

La qualité des produits finis est souvent influencée par des goûts étrangers dus à des développements microbiens. Ces développements se font au dépend de résidus du produit présent dans l'appareil ou dans un récipient après utilisation.

Les souillures peuvent renfermer des microorganismes pathogènes et, par conséquence, constituer une source de contamination très dangereuse pour les produits finis.

De ce fait l'unité de transformation laitière oued Njaa dispose de 5 lignes de nettoyage réparties comme suit :

Lignes de nettoyage	Equipements
Ligne 1	Tanks (01, 02, 03) – thermiseur – ligne de dépotage.
Ligne 2	Tanks (04, 05, 06, 07) – mélange 01 – mélange 02.
Ligne 3	Tanks (08, 09, 10, 11, 12) – pasteurisateur A4 – pasteurisateur A5.
Ligne 4	Tanks (15, 16, 17, 18, 19, 20, 21) – ARCIL 1 – ARCIL 2 – SERAC 1 – ligne de refroidissement.
Ligne 5	Tanks (22, 23, 24, 25, 26) – RG 250 – VPB.

Tableau 4 : Lignes de nettoyage

Les opérations de nettoyage et désinfection peuvent être divisées en trois types :

Nettoyage complet

- Passage de l'eau récupérée du dernier nettoyage
- Circulation de l'acide.
- Circulation de la soude.
- Rinçage avec de l'eau propre.

Nettoyage semi complet

- Passage de l'eau récupérée du dernier nettoyage
- Circulation de la soude.
- Rinçage avec de l'eau propre.

Désinfection

- Passage de l'eau chaude.

A coté du type de nettoyage, la durée du nettoyage constitue le deuxième paramètre responsable de l'efficacité ou non des opérations de nettoyage et désinfection.

Le temps du nettoyage dépend uniquement de l'équipement à nettoyer ou à désinfecter comme le montre le tableau ci-dessous.

Equipement type de nettoyage	SERAC 1 SERAC 2	ARCIL 1 ARCIL 2 ARCIL 3	RG 250 VPB	Cuve 15m ³	Cuve 6m ³	Past A4	Past A5	Ligne de refroidissement
Complet	41 min	45 min	45 min	35 min	35 min	1h 30 min	2h10 min	27 min
Semi complet	28 min	28 min	30 min	21 min	22 min	50 min	1h20 min	18 min
désinfectio n	17 min	15 min	17 min	17 min	17 min	40 min	50 min	15 min

Tableau 5 : Temps de nettoyage d'après l'enregistrement du logiciel du pilotage.

4/ Les machines de conditionnement.

Pour augmenter la qualité (cadence, hygiène, régularité de dosage...) dans un but de productivité, l'unité de transformation « oued Njaa » spécialisée dans la production de produits laitiers utilisent des conditionneuses automatisées.

L'étape du conditionnement s'organise en trois lignes selon le produit à conditionner :

- Ligne cartons : pour le lait entier, le lait écrémé 0%, le leben et Raib.
- Ligne bouteilles : pour le jus 250g, le jus 750g et le yaourt à boire 330g.
- Ligne pots : pour les yaourts à cuillère.

:

Ligne	Machine	Cadence (Unités/heure)
Bouteilles	SERAC 1	4500
Cartons	RG 250	5000
	VPB	5000
Pots	ARCIL 1	10000
	ARCIL 2	10000

Tableau 6 : Cadences des machines de conditionnement

Les machines de conditionnement sont alimentées en produits par des circuits qui font la liaison entre elles et les cuves d'incubation et de stockage tampon selon les possibilités présentées dans le tableau suivant :

	SERAC 1	SERAC 2	RG 250	VPB	ARCIL 1	ARCIL 2
Cuve 15	+	-	-	-	-	-
Cuve 16	+	-	-	-	-	-
Cuve 17	+	-	-	-	-	-
Cuve 18	+	-	-	-	+	+
Cuve 19	+	-	-	-	+	+
Cuve 20	+	-	-	-	+	+
Cuve 21	+	-	-	-	+	+
Cuve 22	+	+	+	+	+	+
Cuve 23	+	+	+	+	+	+
Cuve 24	+	+	+	+	+	+
Cuve 25	+	+	+	+	+	+
Cuve 26	+	+	+	+	+	+

Tableau 7 : Possibilités de l'alimentation des machines de conditionnement par du produit depuis les cuves.

III/ Plan de charge proposé :

Nous allons travailler sur la réalisation du plan de charge selon deux scénarios, ces derniers vont prendre en considération l'ensemble des données et des calculs vus précédemment.

Dans le premier scénario, les investissements ne seront pas permis. Il faut donc se contenter de l'état actuel des équipements de production, alors que dans le deuxième nous avons le droit de proposer des investissements dans un but de renforcer la capacité des équipements de production pour produire le maximum.

1/ Scénario N°1 :

La réalisation de ce premier scénario ; en ne faisant appel à aucun investissement ; va nous être très utile car :

- ✓ Il va nous renseigner en détail sur l'état actuel de la chaîne de production.
- ✓ Il va faire apparaître les points faibles le long de la chaîne de production, autrement dit, les maillons qui nécessitent probablement un renforcement.
- ✓ Il va constituer un plan d'urgence que l'entreprise peut travailler avec, si jamais les investissements proposés ultérieurement (scénario 2) s'avèrent très lourds à court terme.

Le fonctionnement de la chaîne de production est basé sur trois maillons déterminants : les pasteurisateurs, les cuves (incubation et stockage tampon) et les machines de conditionnement.

a/ Capacité nominale des pasteurisateurs :

Les pasteurisateurs nécessitent pour leur bon fonctionnement au moins un nettoyage complet par jour et un semi complet après passage d'un lot de jus. Alors nous estimons que 4h/j de nettoyage par pasteurisateur sont suffisantes.

	En production 20 heures	En nettoyage 4 heures
Pasteurisateur A4 15000 l/h	300 000 litres	0 litres
Pasteurisateur A5 5000 l/h	100 000 litres	0 litres
Total	400 000 litres	0 litres

Tableau 8 : Capacité maximale des pasteurisateurs.

D'après le tableau les pasteurisateurs peuvent assurer une production journalière de 400 000 l.

b/ Capacité nominale des conditionneuses :

Les machines de conditionnement assurent la mise sous emballage des produits fabriqués. Elles nécessitent à leur tour un certain nombre de nettoyages à savoir :

- Un nettoyage complet per jour.
- Un nettoyage semi complet après les produits fortement aromatisés.
- Une désinfection à l'eau chaude avant passage des produits.

De ce fait, nous estimons que 4heures de nettoyage par jour et par machine sont suffisantes pour assurer le déroulement de l'opération du conditionnement en toute sécurité.

La machine ARCIL3 est exclue de ce plan de charge. Il y'a un seul emplacement pour une nouvelle machine, cet emplacement nous allons le réserver par ordre de priorité à la nouvelle machine SERAC2, car cette dernière conditionne le produit représentant la grande valeur marginale (les produits en bouteille : jus et yaourt à boire).

N.B :

- L'emplacement réservé à la SERAC2 est branché avec la ligne 4 du nettoyage et seulement avec les cuves de stockage tampon (T22, T23, T24, T25, T26).
- Les machines ARCIL 1et 2 fonctionnent 16 heures par jour.

La nouvelle machine va se charger du conditionnement de jus 250g et du yaourt à boire 330g, en alternant entre ces produits de telle manière à avoir journée pour YAB et journée pour jus.

Le tableau ci-dessous résume la capacité nominale des machines de conditionnement :

	En production		En nettoyage 4 heures
	Unités/jour	Litres/jour	
SERAC1 (4500 Unités/h)	90 000 (jus 750g)	67 500	0
SERAC2 (9000 Unités/h)	180 000 (jus 250g)	45 000	0
SERAC2 (9000 Unités/h)	180 000 (YAB 330g)	59 400	0
ARCIL1 (10 000 Unités/h)	120000 (YAC 110g)	13200	0
ARCIL2 (10 000 Unités/h)	120000 (YAC 110g)	13200	0
RG250 (5000 Unités/h)	100 000 (RAIB 900g)	90 000	0
VPB (5000 Unités/h)	100 000 (RAIB 900g)	90 000	0
Total journée jus	710000	318900	0
Total journée YAB	710000	333300	0

Tableau 9 : La production maximale en unité et en litre des machines de conditionnement.

D'après le tableau, la capacité maximale des machines de conditionnement est de 318900 l/jour pour la journée jus et de 333300 l/jour pour la journée YAB.

A partir de là, notre objectif de produire le maximum possible se traduit comme suit :

- ✓ 318900 l/jour pour la journée jus.
- ✓ 333300 l/jour pour la journée YAB.

c/ Capacité nominale des cuves :

Les cuves sont un matériel de stockage dont leurs capacités à recevoir, transformer et livrer le produit dépendent de plusieurs paramètres :

- ❖ La nature de l'opération dont la cuve est chargée d'effectuer.
- ❖ La nature de l'opération en amont et l'équipement chargé de cette opération.
- ❖ La nature de l'opération en aval et l'équipement chargé de cette opération.

A cette étape là, et pour se renseigner sur la capacité de l'ensemble des cuves le passage par le plan d'action ou ce qu'on appelle encore l'ordonnancement des opérations de production s'impose.

d/ Ordonnancement des opérations de production :

L’ordonnancement est le fait de mettre les opérations de production dans un ordre donné en précisant le temps du début et de fin de chaque opération et en respectant les contraintes de production.

Pour la réalisation de cette étape critique nous allons nous basé ; en plus de la maitrise des contraintes de production ; sur la connaissance de la technologie de transformation des produits à l’unité « oued Njaa ». Nous utiliserons pour la représentation de l’enchaînement des opérations de production le diagramme de « Gantt ».

Règles de production :

- Les pasteurisateurs doivent être nettoyés au moins avec un nettoyage complet par jour.
- Après la pasteurisation des jus le pasteurisateur doit être nettoyé au moins avec un nettoyage semi complet.
- Les cuves doivent être nettoyés au moins avec un nettoyage complet par jour, et avec au moins un semi complet suivi d’une désinfection avant le remplissage de la cuve par du produit.
- Pour les machines de conditionnement au moins un complet par jour, une désinfection avant un lot de produit et un semi complet suivi d’une désinfection après les produits fortement aromatisés.
- Les équipements appartenant à la même ligne de nettoyage ne peuvent pas être nettoyés au même temps.
- Le temps attribué à chaque opération de la production doit être respecté.

Opération	Pasteurisation		Incubation		Conditionnement								
	A4 (15m3/h)	A5 (5m3/h)	YAB	YAC	ARCIL 1&2&3	SERAC1			SERAC2			RG250	VPB
Quantité(l)						J 250g	J 750g	YAB	J 250g	J 750g	YAB		
15000	01 ^h	03 ^h	06 ^h à 08 ^h	07 ^h à 08 ^h	—	13 ^h 20m	4 ^h 26m	10 ^h	6 ^h 40 m	2 ^h 13m	5 ^h 5m	3 ^h 20m	3 ^h 20m
10000	40 min	02 ^h	06 ^h à 08 ^h	07 ^h à 08 ^h	—	8 ^h 52m	2 ^h 57m	6 ^h 45 m	4 ^h 27 m	1 ^h 29m	3 ^h 22 m	2 ^h 15m	2 ^h 15m
6000	25m	01 ^h 12m	06 ^h à 08 ^h	07 ^h à 08 ^h	5 ^h 27m	—	—	—	—	—	—	1 ^h 20m	1 ^h 20m
5000	20 min	01 ^h	06 ^h à 08 ^h	07 ^h à 08 ^h	4 ^h 33m	4 ^h 27m	1 ^h 29m	3 ^h 2 m	2 ^h 14 m	45m	1 ^h 41 m	1 ^h 7m	1 ^h 7m

Tableau 10 : Le temps des différentes opérations de production par équipement et par quantités préparés.

Les temps de pasteurisation et d'incubation sont des données tirés des enregistrements du logiciel de pilotage.

Le temps de conditionnement est calculé en utilisant la formule suivante :

$$x, y = \frac{Q}{C \cdot P}$$

Avec :

- Q : quantité à préparer en Kg.
- C : cadence machine en unité/h.
- P : poids du produit fini en Kg.
- **x, y** : le temps du conditionnement exprimé en nombre décimal ($x, y \in D$).

Le temps sera par suite égale à : x heures (0,y*60) minutes.

La représentation des opérations de production en utilisant le diagramme de Gantt prendra la forme suivante :

e/ Résultats :

Les premiers résultats à tirer de l'ordonnancement :

- ✓ Pour la journée YAB, et au contraire de la ligne 5 qui présente un temps libre de 06heures 40 minutes, la ligne 4 du nettoyage est quasiment épuisée avec seulement 2heures 30minutes de temps libre.
- ✓ Il ya des cuves non utilisés ou peu utilisés.
- ✓ La production journalière en litre est :

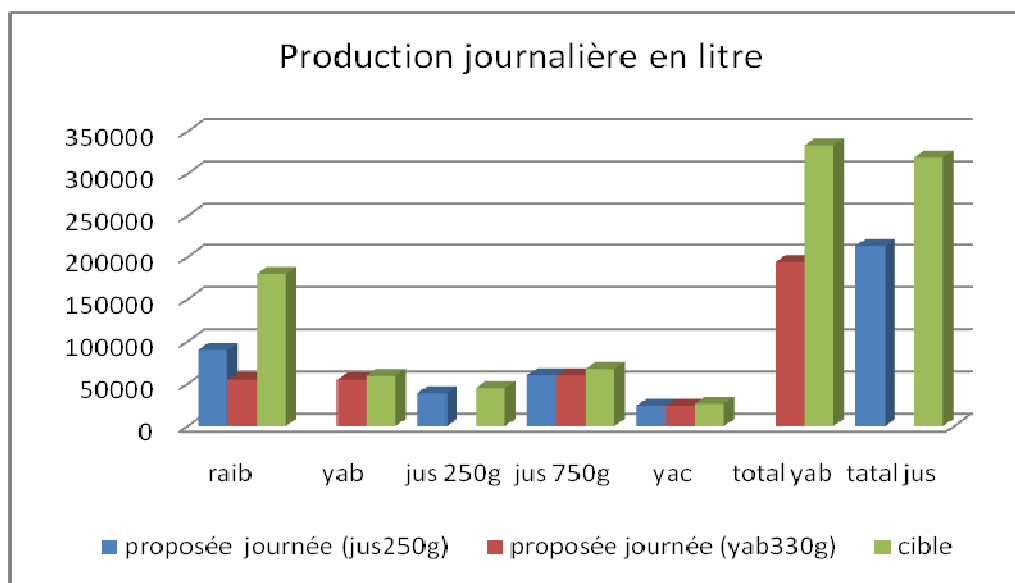


Figure 13 : Graphe représentant la production cible comparer à celle journalière proposée.

D'après le graphe nous constatons clairement que l'ordonnancement proposé :

- ✓ A conduit à une production journalière (RAIB) au dessus de sa production journalière cible.
- ✓ A respecté les données du marché en menant à une production journalière satisfaisante pour l'ensemble des produits : YAC 110g, YAB 330g, jus 250g et jus 750g.
- ✓ A conduit à une production journalière totale au dessous de la production journalière cible (58.2% pour la journée YAB et 66.79% pour la journée jus).

2/ Scénario N°2 :

Dans ce deuxième scénario nous reprenons les capacités nominales des pasteurisateurs et des conditionneuses en ajoutant cette fois la machines ARCIL3.

N.B : ARCIL3 aura une production journalière cible de 13 200 l/jour comme c'est le cas pour les deux autres ARCIL1 & 2.

De ce fait, la production journalière cible est définie comme suit :

- Journée YAB 330g : 346500 l/jour.
- Journée jus 250g : 332100 l/jour.

D'après le premier scénario, produire les quantités cible nécessite un renforcement au niveau des maillons faibles détectés.

a/ Investissements proposés :

Les cuves :

Lors de la première planification il ya certaines cuves non exploitées ou peu exploitées, donc c'est fort probable qu'on n'aura pas besoin d'ajouter des cuves, en revanche, on peut renforcer la capacité nominale des cuves par ajout des circuits supplémentaires de telle manière à ce que toutes les machines de conditionnement soient reliées à toutes les cuves (incubation, stockage tampon).

La ligne 4 du nettoyage :

Pour palier à l'épuisement rencontré au niveau de la ligne 4 du nettoyage nous suggérons de placer les machines SERAC 2 et ARCIL3 dans la ligne 5 du nettoyage.

b/ Ordonnement des opérations de production :

L'ordonnement des opérations de production dans ce deuxième scénario va prendre en considération les investissements proposés pour renforcer les maillons faibles de la chaîne de production.

La représentation des opérations de production en utilisant le diagramme de Gantt prendra la forme suivante :

c/ Résultats :

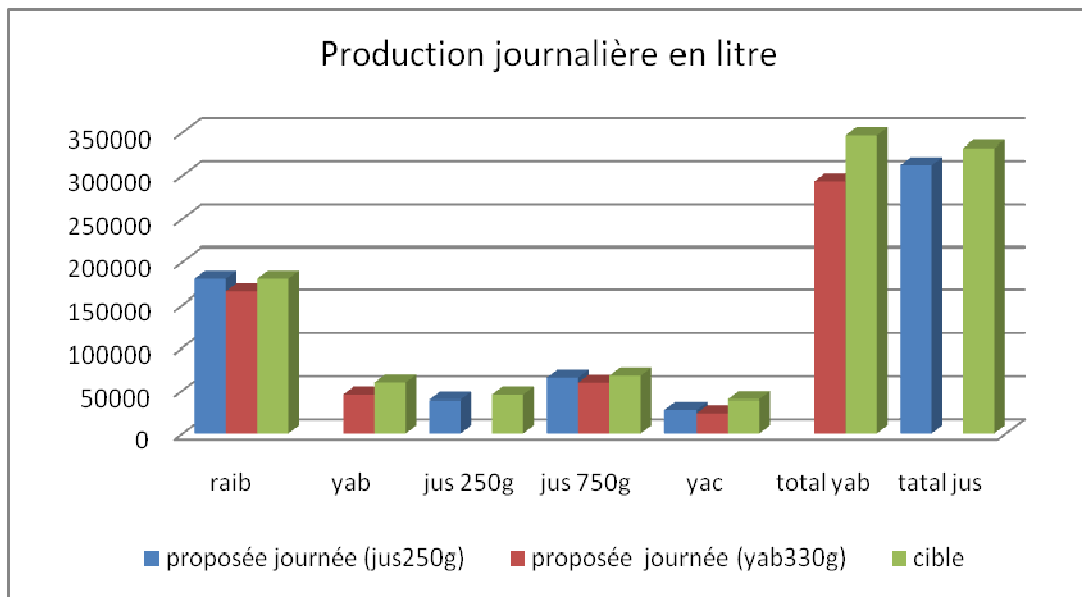


Figure 14 : Graphe représentant la production journalière cible comparer à celles proposées.

- ✓ A conduits à une production journalière totale légèrement au dessous de la production journalière cible (84.55% pour la journée YAB et 93.94% pour la journée jus).

CONCLUSION

La réalisation de ce présent travail s'est basée sur l'évaluation de l'état présent des équipements déterminants de la production (pasteurisateurs, cuves d'incubation et de stockage tampon et machine de conditionnement), la détection et le renforcement des maillons faibles probables dans un but de produire le maximum possible, en respectant les données du marché et les contraintes de la production.

L'établissement d'un plan de charge composé de deux scénarios était le résultat auquel nous avons abouti, et qui se présente comme suit :

Scénario 1 (sans investissement) :

- ✚ La production journalière moyenne est de 203500 l/jour, ce qui représente 62.40% de la production journalière cible.
- ✚ Le chiffre d'affaire mensuelle prévisionnel selon ce premier scénario dépassera 48 Million de Dirham.

Scénario 2 (avec investissement) :

La chaîne de production nécessite :

Un renforcement au niveau des circuits qui font la liaison entre les cuves (d'incubation et de stockage tampon) et les machines de conditionnement.

L'installation de deux emplacements sous la ligne 5 de nettoyage pour les deux nouvelles machines.

- ✚ La production journalière moyenne est de 302500 l/jour, ce qui représente 89,15% de la production journalière cible.
- ✚ Le chiffre d'affaire mensuelle prévisionnel selon ce deuxième scénario dépassera 72 Million de Dirham.

En plus de ces résultats, ce présent travail constituera un document dont l'entreprise peut se référencier pour le suivi des opérations de production, ainsi que lors de toutes modifications le long de la chaîne de production.

LISTE DES ABRÉVIATIONS

DPL : département des produits laitiers.

EST : extrait sec total.

J 250g : jus 250g.

J 750g : jus 750g.

MG : matière grasse.

MP : matière protéique.

Past : pasteurisateur.

pH : potentiel hydrogène.

PC : plan de charge.

PDP : plan directeur de production.

PIC : plan industriel et commercial.

T22 : Tank 22.

T°C : température en degré Celsius.

YAB : Yaourt à boire.

YAC : yaourt à la cuillère.

BIBLIOGRAPHIE

Francois blondel. Gestion de la production.2007. 5^{ème} edition.DUNOD.la page 37(segmentation de la planification et de l'ordonnancement).

Francois blondel. Gestion de la production.2007. 5^{ème} edition.DUNOD.la page 206 (représentation graphique diagramme de Gantt).

François M. Luquet.Lait et produits laitiers VACHE.BREBIS.CHEVRE (transformation et technologie). 1990.2^{ème} edition.LAVOISIER.la page 43(le yaourt).

SOMMAIRE

Introduction	1
Partie 1 : Produits laitiers de l’usine « Oued Njaa » et technologie de transformation	3
I/ Généralités sur le lait et le yaourt	4
A/ Le lait.....	4
B/ Le yaourt.....	5
C/ Approche économique.....	7
II/ Technologie de transformation	9
1/ La matière première principale.....	9
2/ La réception du lait.....	9
3/ Procédé de fabrication.....	10
4/ Conditionnement et stockage.....	11
III/ La gamme des produits	12
Partie 2 : Etablissement d’un plan de charge et planification pour une production maximale	18
I/ Méthodologie et démarche scientifique adoptée	19
1/ Planification de la production.....	19
a/ Niveau 1 : plan industriel et commercial.....	19
b/ Niveau 2 : plan directeur de production.....	20
c/ Niveau 3 : plan de charge.....	20
II/ Données et contraintes de production	22
1/ Les pasteurisateurs.....	22
2/ Les cuves.....	23

3/ Les lignes de nettoyage.....	24
4/ Les machines de conditionnement.....	25
III/ Plan de charge proposé.....	27
1/ Scénario 1.....	27
a/ Capacité nominale des pasteurisateurs.....	27
b/ Capacité nominale des conditionneuses.....	28
c/ Capacité nominale des cuves.....	29
d/ Ordonnancement des opérations de production.....	30
e/ Résultats.....	36
2/ Scénario 2	36
a/ Investissement proposé.....	37
b/ Ordonnancement des opération de production.....	37
c/ Résultats.....	42
Conclusion.....	43
Liste des abréviations.....	44
Bibliographie.....	45