

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions le Dieu, notre créateur de nous avoir donné la force, la volonté et le courage afin d'accomplir ce travail modeste.

Nous adressons le grand remerciement à notre encadreur Madame SARI TRIQUI Lamia Maitre de conférences à l'université de Tlemcen d'avoir acceptée de diriger ce travail et pour ses conseils et ses directives du début à la fin de ce travail.

Nous remercions monsieur BELKAID Fayçal Maitre de conférences à l'université de Tlemcen pour tous ses conseils avisés.

Nous remercions également mesdames et messieurs les membres du jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de siéger à notre soutenance.

Finalement, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à nos familles qui nous ont toujours soutenues et à tous ceux qui ont participé à la réalisation de ce mémoire, ainsi qu'à l'ensemble des enseignants qui ont contribué à notre formation.

Dédicace

Nous dédions ce modeste travail à :

Nos chers parents : Que nulle dédicace ne puisse exprimer ce que nous leurs devons, pour tous leurs sacrifices, leur bienveillance, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de nos études. Que ce travail soit témoignage de notre profond amour et notre grande reconnaissance « Que Dieu vous garde ».

Nos chères sœurs et nos chers frères : pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral, Nous leur dédions ce modeste travail en témoignage de notre grand amour et notre gratitude infinie.

Toutes nos Familles : à nos familles Bahri, Abdelhadi pour leur soutien tout au long de notre parcours universitaire. Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infailible.

Tous nos amis : Pour leur aide et leur soutien moral durant l'élaboration du travail de fin d'études.

Résumé

Le présent travail est porté sur l'amélioration d'une chaîne logistique agroalimentaire cas d'étude entreprise RIO

Ce travail s'est déroulé en quatre phases, nous avons initialement réalisé une étude de la chaîne de production actuelle et l'avons comparée aux chaînes de production d'autres sociétés afin de profiter des atouts et améliorer les faiblesses de l'entreprise. La deuxième phase c'est l'étude technique qui sert à modifier la méthode de préparation et standardisation du lait de yaourt de la reconstitution de lait en poudre vers le lait cru par la modification de la chaîne de production en ajoutant des nouvelles stations de production et la sélection des machines en utilisant les méthodes d'aide à la décision. Dans la troisième phase, nous avons utilisé la méthode MOORA pour privilégier les meilleurs collecteurs de lait cru. Finalement, nous avons réalisé une étude financière de nos propositions pour sélectionner la meilleure alternative en termes de coûts d'investissement et de délais de récupération.

Abstract

The present work focuses on the improvement of the agro-food supply chain case study "RIO" yogurt producer.

This work took place in four phases, we initially carried out a study of the current production chain and compared it to the production chains of other companies. To take advantage of the strengths and improve the weaknesses of the company.

The second phase is a technical study that is used to modify the method of preparation and standardization of yogurt milk from the reconstitution of powdered milk to raw milk by modifying the production chain and adding new production stations. And the selection of machines uses decision support methods.

In the third phase, we used the MOORA method to favor the best raw milk collectors, and in the last phase, we carried out a financial study of our proposal to select the best alternative in terms of investment costs and recovery delay.

ملخص

يهدف العمل الحالي على تحسين دراسة حالة سلسلة الإمداد الغذائي الزراعية، تم تنفيذ هذا العمل خلال أربع مراحل: قمنا في البداية بدراسة سلسلة الإنتاج الحالية ومقارنتها مع سلاسل الإنتاج للشركات الأخرى. من أجل تهمين نقاط القوة وتحسين نقاط الضعف. المرحلة الثانية هي الدراسة الفنية من أجل تغيير طريقة تحضير حليب الزبادي من إعادة تكوين الحليب المجفف إلى الحليب الخام عن طريق تعديل سلسلة الإنتاج، بإضافة محطات إنتاج جديدة. واختيار الآلات باستخدام طرق دعم القرار. المرحلة الثالثة استخدمنا طريقة Moora من أجل اختيار أحسن جامعي الحليب. أخيرا قمنا بدراسة مالية لاقتراحاتنا من أجل اختيار أفضل بديل فيما يتعلق بتكلفة الاستثمار ووقت الاسترداد.

MOTS CLES

Amélioration de chaine logistique agroalimentaire, Fabrication de yaourt, Moora, AHP, Topsis, sélection des fournisseurs.

Table de matière

INTRODUCTION GENERAL	16
Chapitre I : Cadre théorique	18
I.1 Introduction.....	19
I.2 Définition et règlementation de yaourt	19
I.3 Historiques	19
I.4 Vertus de yaourt.....	21
I.5 Spécialités laitières de type yaourt.....	22
I.5.1 Définition de spécialités laitières	22
I.5.2 Les différents types de spécialité laitiers	23
I.5.3 Composition chimique des spécialités laitières type yaourts.....	24
I.6 Matière utilisée pour la fabrication de yaourt	25
I.6.1 Le Lait frais.....	25
I.6.2 Poudre de lait	25
I.6.3 Les ferments lactiques du yaourt	26
I.6.4 Aromes et fruits.....	27
I.7 Les différents types de yaourt	27
I.7.1 Point de Vue technique	28
I.7.2 Point de Vue de teneur en matière grasse	28
I.7.3 Point de Vue des additive autorisé.....	28

I.8	Fabrication et transformation du yaourt.....	28
I.9	Description de lieu de stage	29
I.10	Ligne de production de RIO	30
I.11	Organigramme de la Société.....	31
I.12	Processus de fabrication.....	31
I.12.1	Fabrication à base de lait en poudre :.....	32
I.12.1.1	La reconstitution du lait.....	32
I.12.2	Fabrication à base de lait cru	32
I.12.2.1	La réception du lait	35
I.12.2.2	Standardisation	36
I.12.2.3	Pasteurisation.....	38
I.12.2.4	Homogénéisation	38
I.12.2.5	Ensemencement.....	39
I.12.2.6	Étuvage / brassage	39
I.12.2.7	Conditionnement	41
I.12.2.8	Stockage.....	42
I.12.3	Les méthodes de standardisation	42
I.12.3.1	Standardisation par concentration du lait	42
I.12.3.2	Standardisation par enrichissement de lait	48
I.13	Conclusion	51

Chapitre II : Choix technologique	52
II.1 Choix technologie	53
II.1.1 Station de réception.....	55
II.1.2 L'écumeuse centrifugeuse à assiette.....	56
II.1.3 Homogénéisateur	58
II.1.4 Incorporateur (Disperseur de poudre dans le lait).....	59
II.2 La sélection des machines grâce aux outils d'aide à la décision	59
II.2.1 Premier outil matrice de décision	60
II.2.1.1 Définition de matrice de décision.....	60
II.2.1.2 Principe de matrice de décision	60
II.2.1.3 Identifiez la décision.....	60
II.2.1.4 Listez les différents choix.....	61
II.2.1.5 Définir les critères d'évaluation	61
II.2.1.6 La pondération de chaque critère.....	61
II.2.1.7 Notation des choix	61
II.2.1.8 Mise en pratique la matrice de décision	61
II.2.2 Deuxième outil processus d'analyse hiérarchique AHP	63
II.2.2.1 Principe de la méthode AHP	64
II.2.2.2 Mise en pratique AHP	65
II.3 Troisième outil Topsis	82

II.3.1	Définition de la méthode topsis	82
II.3.2	Principe de la méthode Topsis	82
II.3.3	Mis en pratique de la méthode TOPSIS.....	84
II.3.3.1	Choix pour Les écrémeuses centrifugeuses :.....	85
II.3.3.2	Choix pour Les homogénéisateurs:	88
II.3.3.3	Choix pour Station de réception :	90
II.4	Conclusion :	93
Chapitre III : La sélections des collecteurs de lait cru		94
III.1	INTRODUCTION	95
III.2	La sélection des fournisseurs	95
III.2.1	Les critères de sélection des fournisseurs	95
III.3	La méthode Moora.....	98
III.3.1	Définition de Moora.....	98
III.3.2	Principe de la méthode.....	99
III.3.3	Mis en Application.....	101
III.3.4	Approach point de reference	105
III.3.4.1	Mis en application	106
III.3.5	La forme multiplicative complète	108
III.3.6	Multimoora	109
III.3.6.1	La méthode moosra	110

III.4 Conclusion	112
Chapitre IV : Etude financier	113
IV.1 Introduction.....	114
IV.2 L'investissement.....	114
IV.2.1 Le délai de récupération.....	114
IV.2.2 L'amortissement	114
IV.3 Coûts de production	115
IV.4 Détermination des dépenses initiale de l'investissement.....	115
IV.5 Détermination des charges	116
IV.6 Détermination de l'amélioration	118
IV.6.1 Le délai de récupération.....	119
IV.7 Conclusion	119
Conclusion générale et perspectives	120
Conclusion générale	121
Perspectives	123
Références	126

Liste des Tableaux

Tableau I.1	Tableau des valeurs nutritionnelles de yaourt pour une portion de 100g	22
Tableau I.2	tableau de composition chimique essentiel des spécialités laitières	24
Tableau I.3	Un tableau catégorisant les types de produits fabriqués dans le RIO	30
Tableau I.4	Caractéristiques physiques du Lait	36
Tableau I.5	Caractéristiques chimiques du lait	36
Tableau II.1	les caractéristiques techniques d'incorporeur	59
Tableau II.2	Matrice des données de station de réception	61
Tableau II.3	Matrice de décision pour la sélection de Station de réception	62
Tableau II.4	Matrice des données de machine "écrémeuse"	62
Tableau II.5	Matrice de décision pour La sélection d'écémeuse	62
Tableau II.6	Matrice des données de machine Homogénéisateur	63
Tableau II.7	Matrice de décision pour la sélection d'homogénéisateur	63
Tableau II.8	Matrice des données de station de réception.	67
Tableau II.9	Matrice de décision de sélection de station de réception	67
Tableau II.10	tableau de résultat de choix d'une station de réception par la méthode AHP	71
Tableau II.11	Matrice des données de machine écrémeuse	72
Tableau II.12	Matrice des données de machine homogénéisateur	77
Tableau II.13	La résultat de sélection de machine homogénéisateur par la méthode AHP	81
Tableau II.14	Matrice des entrées de machine écrémeuses	86

Tableau II.15 Résultat de choix de machine écrémeuse	88
Tableau II.16 Matrice des entrées de machine homogénéisateur.	88
Tableau II.17 Résultat de choix de machine Homogénéisateur	90
Tableau II.18 Matrice des entrées de Station de réception	91
Tableau III.1 critères de sélection des fournisseurs et leurs poids selon Dikson et weber	97
Tableau III.2 Tableau représente la matrice de décision de problème.....	101
Tableau III.3 la matrice de décision normalisé	102
Tableau III.4Tableau de matrice décision normalisée et pondéré.....	103
Tableau III.5 Performances globales des alternatives	104
Tableau III.6 Matrice normalisé.....	106
Tableau III.7 Écarts par rapport aux points de référence	107
Tableau III.8 Le degré d'utilités	109
Tableau III.9 La résultat de Multimoora	110
Tableau III.10 tableau de classement selon la méthode Moosra.....	111
Tableau IV.1 La matrice des charges de production.....	115
Tableau IV.2 Les prix initial des machines.....	115
Tableau IV.3 Cout total des charge Osmose	117
Tableau IV.4 Cout total des charge Evaporateur	117
Tableau IV.5 Cout total des charges pour enrichissement par lait concentré	117
Tableau IV.6 Cout total des charges pour enrichissement par lactosérum	118

Tableau IV.7 Cout total des charges pour enrichissement par lait en poudre.....	118
---	-----

Tableau IV.8 Délais de récupération.....	119
--	-----

La Liste des figures

Figure I.1 Un schéma représentant la ligne de production actuelle de Rio.....	31
---	----

Figure I.2 L'organigramme d'entreprise RIO	31
--	----

Figure I.3 Schéma de processus de fabrication de yaourt à base de lait cru	33
--	----

Figure I.4 Schéma de processus de fabrication de yaourt à base de lait en poudre	34
--	----

Figure I.5 La réception de lait - Mesure en volume.....	35
---	----

Figure I.7 Réception de lait- Mesure au poids sur un pont-basculé.....	36
--	----

Figure I.6 Réception du lait via une cuve de pesée.....	36
---	----

Figure I.8 Schéma de fonctionnement de maillon de standardisation	37
---	----

Figure I.9 Infographie montre les différents types de yaourt à l'étape de conditionnement ...	41
---	----

Figure I.10 schéma de fonctionnement d'évaporateurs à flot tombant	43
--	----

Figure I.11 schéma de fonctionnement d'évaporateur pompe à chaleur	45
--	----

Figure I.12 Principe de fonctionnement de l'OSMOS INVERSE	46
---	----

Figure I.13 Exemple de module tubulaire à intégrer dans un système d'osmose inverse	47
---	----

Figure I.14 illustration montre le processus de filtration par l'osmose.....	47
--	----

Figure II.1 Illustration schématise le processus de production du yaourt avec les différentes technologies	54
--	----

Figure II.2 illustration schématise la station de réception de lait cru.....	55
--	----

Figure II.3 Vue en coupe d'un tank réfrigéré	56
--	----

Figure II.4 Vue en coupe d'une écrémeuse	56
Figure II.5 Vue en coupe des éléments constitutifs d'une écrémeuse	57
Figure II.6 vue en coupe d'un homogénéisateur.....	58
Figure II.7 Le tableau de Saaty	64
Figure II.8 Schéma de décomposition en structure hiérarchique pour la sélection de station de réception.....	67
Figure II.9 Schéma de décomposition hiérarchique pour la sélection de machine écrémeuse	72
Figure II.10 La décomposition en structure hiérarchique de sélection de machine homogénéisateur	77
Figure III.1 Carte des zones de collection de nos fournisseurs candidat	98

Liste des abréviations

SARL	Société à responsabilité limitée
IAP	Inhibiteurs des protéines d'apoptose
WPNI	Indice d'azote des protéines de lactosérum
MG	Matière grasse
D°	Dégréé Dornic
CL	Chaine logistique
ESD	Extrait sec dégraissé
CIP	NEP en français, Nettoyage en place
FAO	L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
AHP	L'analyse hiérarchique des procédés
TOPSIS	Technique de préférence d'ordre par similitude avec la solution idéale
MOORA	Optimisation multi-objectifs sur la base de l'analyse des ratios
MOOSRA	Optimisation multi-objectifs sur la base d'une analyse de rapport simple
Kcal	Kilo calorie

INTRODUCTION GENERAL

Durant ces dernières années, le domaine de l'agroalimentaire est devenu un véritable pôle d'excellence. L'agroalimentaire constitue aujourd'hui d'un vrai domaine d'investissement, notamment en raison de volume important d'emplois directs et indirects et pour le but de garantir la sécurité alimentaire et pour la participation dans la croissance et le développement économique d'un pays. Notamment pour le cas de l'Algérie, ou le secteur agro-alimentaire est de plus en plus solliciter et encourager par les industries agro-alimentaires, qui assure la réalisation et la transformation des aliments consommables telle que les céréales, le café, l'huile, le sucre, les produit laitiers... etc

La production des produits laitier est l'une des piliers de l'agroalimentaire (fromage, beurre yaourt) qui connue un grand progrès technologique dans leur processus de fabrication et de type de matière première à utilise. Dans ce secteurs l'aliment qui as flambé sa dernière année est : le yaourt qui est apparu comme un produit laitier très digeste par sa grande valeur nutritionnelle et qui est apprécié pour son gout et sa texture. Le yaourt est un produit qui est consommé à tout âge et pur tous types d'individus et même conseillé pour certaine pathologie notamment chez les personnes allergiques au lait.

L'industrie laitière Algérienne reste très classique il dépendant plus de 70% de produit fini comme une spécialité laitière à base de lait en poudre et non pas un vrai yaourt. Ceci engendre une mauvaise qualité des produits commercialise dans le marché algérien par contre il se distingue par un marché à potentiel de croissance élevé de la demande. A cause de la culture de consommation de la société algérienne, la forte démographie, l'urbanisation et l'amélioration du pouvoir d'achat de la population. Ce qui nous incités à réaliser ce travail dans le but d'améliorer la qualité des produits dans un cadre compétitive et face à un marché très concurrentiel dans l'objective de proposer à une entreprise yaourtière de meilleure alternative qui permette de maximiser la qualité de produit tout en minimisant les couts d'investissement.

L'idée fondamental de cette étude est de concevoir un projet qui sera rentable pour l'investisseur plus précisément la chaine logistique de l'entreprise RIO. Cette étape permet de déterminer les différents composantes économique, sociale, juridique commerciales, avec une description et une analyse de faisabilité qui permettras la réalisation du projet à savoir le mettre en œuvre, la réalisation de la phase d'investissement, la réalisation de la phase de production, le contrôle

et le rééquilibrage du projet. Pour une bonne préparation d'un projet qui étudie la faisabilité d'une organisation industrielle il est nécessaire d'effectuer une étude des différentes phases dans projet. Le présent travail est structure sous forme de quatre chapitres.

Chapitre 1 : Cadre théorique

Chapitre 2 : Choix de technologie

Chapitre 3 : La sélections des collecteurs

Chapitre 04 : étude d'investissement

Nous verrons dans le premier chapitre qu'il est nécessaire de voir une vision globale sur l'entreprise et quelques notions sur le yaourt, ses composants, sa valeur nutritionnelle et les différentes étapes de fabrication.

Dans le deuxième chapitre nous avons présente l'étude technique concernant notre proposition d'amélioration et de changement au niveau du processus de fabrication suivie par La sélection des machines grâce aux outils d'aide à la décision.

Ce changement implique une nouvelle matière première qui est le lait cru alors nous devons également présente dans le troisième chapitre les critères de sélection des fournisseurs de lait cru et l'une des nouvelles méthodes le plus efficaces dans la sélection et le classement des meilleurs fournisseurs.

Finalement dans le dernier chapitre nous avons faire une analyse financière concernant notre investissement dans les nouvelles machines pour déterminer la rentabilité de chaque proposition afin de choisir la meilleure alternative.

Chapitre I : Cadre théorique

I.1 Introduction

Il est bien connu que les produits laitiers frais fermentés, sont des aliments de grande consommation dans tous les pays. Car ces produits ont rapidement suscité de l'intérêt en raison de leurs propriétés organoleptiques agréables (viscosité, acidité et douceur).

Les laits fermentés sont des produits laitiers transformés par une fermentation essentiellement lactique qui conduit à l'acidification et à la gélification du lait. Cela permettrait une meilleure conservation de lait, matière première rapidement périssable. Ils s'agissent d'un produit à la portée de tous qui constituent une alternative intéressante à la consommation de lait et de fromage : le "yaourt". Quelles sont les techniques de fabrication cette substance, ses types et quelle est sa valeur nutritive ?

Dans ce chapitre, nous vous présenterons quelques notions sur le yaourt, ses composants, sa valeur nutritionnelle et les différentes étapes de fabrication de cette substance en tant que le produit laitier fermenté le plus fréquemment consommé en Algérie (en raison de cette abondance de matières nutritives, soit à l'état frais soit après séchage qui fait prolonger sa durée de conservation.

I.2 Définition et réglementation de yaourt

Le yaourt est un produit laitier coagulé, obtenu par fermentation lactique grâce au développement des seules bactéries lactiques thermophiles spécifiques dites *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*, à partir de lait et de produits laitiers tels que (lait pasteurisé, du lait reconstitué ou recombinaison pasteurisé, écrémé ou non, du lait concentré ou du lait sec écrémé ou non, ou de la crème pasteurisée ou un mélange de deux ou plusieurs de ces produits). (1)

I.3 Historiques

Au paléolithique, la coagulation du lait sont découverts par hasard. Elle devient un précieux procédé de conservation, son origine remonte au début de l'agriculture et d'élevage, il y a environ 10 000 ans.

L'année 1542, le roi François première souffre d'une infection intestinale, il sait qu'il existe un laitage mystérieux. Sultan Sulaiman el Qanoni a été envoyé une médecine pour le soigner ; le roi guérit au bout de quelques semaines et le secret de sa guérison était le merveille produit blanc. Après, le médecin repart à Constantinople emportant avec lui le secret de la fabrication de son breuvage -du yaourt au lait de brebis-.

Le yaourt tombe dans l'oubli pendant plusieurs siècles. En tant que produit laitier. À la fin du XIXe siècle, Metchnikoff (1845-1916), prix Nobel en 1908, remarque qu'il y a une relation entre le yaourt et la longévité des montagnards du Caucase et des Balkans. Il découvre, les bienfaits du yaourt sur les désordres intestinaux des nourrissons.

1912 : une première génération de sociétés commerciales voit le jour, comme l'industriel Aram Deukmedjian, certainement l'un des premiers fabricant en France. Le yaourt est proposé dans les pharmacies de la capitale, mais on le trouve également dans quelques crémeries.

Le yaourt se produit en 1917 par Isaac Carasso à Barcelone selon des procédés industriels et à l'origine de développement du yaourt aux pays occidentaux. Et en 1929, son fils crée la société Danone.

Le yaourt traditionnellement dit nature et ferme, c'est-à-dire constituait essentiellement de laits fermentés, dans les années soixante sont apparus du yaourt sucré, aromatisé et aux fruits. Qui sont aujourd'hui majoritaires sur le marché.

I.4 Vertus de yaourt

En tant qu'aliment riche en nutriments et issu de la fermentation du lait, le yaourt contribue à satisfaire les recommandations quotidiennes d'humain. Le yaourt est un aliment prédigéré, qui contient beaucoup de nutriments, comme des glucides, des protéines, des lipides, des minéraux et des vitamines y compris :

- Calcium, nutriment impliqué dans la formation
- Osseuse et possiblement dans la prévention de l'ostéoporose et celle de l'obésité.
- Protéines d'excellente qualité, aide à former et réparer les muscles
- Les vitamines et les minéraux sont essentiels pour le fonctionnement du corps.
- Acides linoléiques conjugués stimule le système immunitaire et possède des propriétés anticancérigènes.

10^8 bactéries vivantes avec de la lactase, améliorent la digestion du lactose contenu dans le yaourt. (2).les bactéries lactiques favoriseraient le développement d'anticorps et de cytokines, qui protègent contre les agents pathogènes. Ainsi qu'ils peuvent favoriser plusieurs réactions enzymatiques. Comme ils sont bénéfiques sur la digestion du lactose, la diarrhée, des maladie inflammatoires de l'intestin, et possiblement des ulcères gastriques et des lipides sanguins (mauvais cholestérol).

Pour 100g de yaourt nature :

Un pot de yaourt nature possède la même valeur nutritive qu'un verre de lait environ de 4à5g de protéine, 5à 20% de glucides selon qu'il soit sucré ou non et des lipides à un taux variable de 1 jusqu'au 5 grammes.

La composition du lait subit un certain nombre de modifications pendant la fermentation. Certains de ces changements font un meilleur produit nutritionnel que le lait.

Tableau I.1 *Tableau des valeurs nutritionnelles de yaourt pour une portion de 100g*

Valeurs nutritionnelles pour 100 g	
Énergie (kCal)	71 kCal
Protéines	4,73 g
Lipides	2,79 g
Glucides	6,68 g
Eau	84,73 g

I.5 Spécialités laitières de type yaourt

Les produits laitiers fermentés n'appartenant pas aux yaourts sont répertoriés dans le groupe des spécialités laitières, ces dernières étant additionnées de gélatine ou d'amidon pour plus de cohérence. (3)

I.5.1 Définition de spécialités laitières

La dénomination de spécialité laitiers ou de préparation laitiers peut être utilisée en cas d'utilisation de matière première non laitière (amidon, gélatine, etc.) afin que cet ajout reste dans la quantité maximale nécessaire pour obtenir l'impact technique souhaité dans le produit fini. (4)

I.5.2 Les différents types de spécialité laitiers

Il existe plusieurs types de spécialités laitières qui diffèrent selon le goût et la texture :

Selon le goût

- Les spécialités laitières sucrés, ils sont additionnés de sucre.
- Les spécialités laitières aux fruits, ils sont additionnés de fruits.
- Les spécialités laitières aromatisées, ils contiennent des arômes naturels renforcés par un produit de synthèse.

Selon la texture

- Les spécialités laitières fermes qui sont coagulés en cuve avant la mise en pot.
- Les spécialités laitières brassés qui sont coagulés en cuve et brassés avant la mise en pot.
- Les spécialités laitières à boire de texture est liquide.

I.5.3 Composition chimique des spécialités laitières type yaourts

La composition chimique essentiel des spécialités laitières est illustrée dans le tableau ci-dessous

Tableau I.2 tableau de composition chimique essentiel des spécialités laitières

Constituants	Teneur moyenne	Constituant	Teneur moyenne
Eau (g/100g)	84,4	Cholestérol (mg/100g)	Traces
Protéines (g/100g)	3,1	Magnésium (mg/100g)	11
Protéinesbrutes, Nx6.25 (g/100g)	3,04	Phosphore (mg/100g)	81
Glucides (g/100g)	4	Potassium (mg/100g)	142
Lipides (g/100g)	1,7	Calcium (mg/100g)	112
Sucres (g/100g)	-	Manganèse(mg/100g)	Traces
Amidon (g/100g)	-	Fer (mg/100g)	0,1
Fibres (g/100g)	0	Cuivre (mg/100g)	0,01
Alcool (g/100g)	0	Zinc (mg/100g)	0,3
Polyols totaux (g/100g)	0	Sélénium(μ g/100g)	1
Acidesorganiques (g/100g)	1	Iode (μ g/100g)	11
AG saturés (g/100g)	0,624	Rétinol (μ g/100g)	Traces
AG mono-insaturés (g/100g)	0,289	Beta-Carotène (μ g/100g)	7
AG polyinsaturés (g/100g)	0,0372	Vitamine D (μ g/100g)	Traces

I.6 Matière utilisée pour la fabrication de yaourt

I.6.1 Le Lait frais

La principale matière première pour la fabrication de yaourt est le lait dont, pour l'essentiel, le de vache. Il constitué d'environ 88% d'eau et de 12% de matière sèche contenant des glucides, des protéines, des lipides et des minéraux.

Le lait est un liquide de couleur blanche produit par les femelles de mammifères pendant la période de lactation, qui suit la parturition, et destiné à nourrir les petits lors de l'allaitement. Le lait est sécrété par les cellules sécrétrices des glandes mammaires ou mamelles (appelée « sein » chez la femme et « pis » chez les mammifères domestiques).

Selon le codex Alimentarius « Le lait est la sécrétion mammaire normale d'animaux de traite obtenue à partir d'une ou de plusieurs traites, sans rien y ajouter ou en soustraire, destiné à la consommation comme lait liquide ou à un traitement ultérieur ». (5)

I.6.2 Poudre de lait

Selon le codex Alimentarius standard 207-1999 les poudres de lait sont définie comme « produit laitiers qui peuvent être obtenus par l'enlèvement partiel de l'eau du lait » ils se compose essentiellement de matière sèche du lait et d'un très faible taux d'humidité (de 2 à 5%). Le lait en poudre ou lait déshydraté ou lait sec est le produit obtenu directement par élimination de l'eau du lait (1)

Les poudres commercialisées sont en réalité de trois types, classées selon l'intensité du traitement dedéshydratation (et le degré de dénaturation qu'il génère) opéré : poudre « low heat », medium heat et « high – heat ». Le degré de dénaturation est exprimé par l'indice d'azote protéique (IAP ou WPNI enanglais) enmilligrammes de protéines sériques non dénaturées par gramme de poudre considérée. (6) ; (7)

Les poudres ayant été préparées avec un traitement thermique bas (low heat, WPNI égal ou supérieur à 6) contiennent une faible quantité de protéines dénaturées et sont utilisées dans des produits où les propriétés de solubilité, de gélification et d'émulsion sont recherchées. Il s'agit

des poudres de meilleure qualité convenant aussi bien à la préparation du lait de consommation que celui destiné à la fromagerie ainsi qu'à la fortification du yaourt ((8); (7)

Les poudres type *medium-heat* (WPNI compris entre 1,5 et 5,9) possèdent une bonne capacité d'hydratation et d'activité de surface. Elles sont utilisées notamment dans les fabrications de crèmes glacées, desserts congelés...etc (7) ; (6)

Enfin, les poudres *high-heat* (WPNI inférieur à 1,5) sont hautement dénaturées et peu solubles. Cetype de poudre trouve une utilisation dans les produits structurés (boulangerie, biscuiterie, et confiserie) (7) ; (6)

En plus de l'intensité du traitement thermique suivi, il y a lieu de signaler que la qualité de la poudre du lait peut varier aussi selon le type de séchage subi qui peut être fait sur cylindres procédé Hat maker ou par atomisation. Le chauffage brutal qui se produit dans le premier cas entraîne des modifications de la structure physico-chimique du produit conduisant à une faible solubilité et générant un goût de cuit et des réactions de brunissement. Il est admis que la poudre préparée par atomisation (procédé *Spray*) présente de meilleures caractéristiques et aptitudes technologiques. (Anonyme, 1995).

I.6.3 Les ferments lactiques du yaourt

La production de yaourt repose essentiellement sur l'action de bactérie lactiques thermophiles sur les composants du lait qui serve à l'obtention d'un coagulum (gel) de lait.

La réglementation impose que seule l'utilisation des deux souches *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus* donne légalement droit à l'appellation "yaourt", L'utilisation d'autres souches comme *Bifidobacterium sp.* Va permettre d'obtenir un aliment proche du yaourt, mais avec des caractéristiques de texture et de flaveur spécifiques.

Lactobacillus bulgaricus, est une bactérie thermophile ne produit que de l'acide lactique au cours de la fermentation du lactose. Cette bactérie joue un rôle important dans le développement des qualités organoleptiques et hygiéniques du yaourt. Il se développe bien à la température de 45 °C à 50 °C en acidifiant fortement le lait jusqu'à 1,8 % (pH voisin de 4,5), c'est à dire. Elle apporte au yaourt son acidité. (9)

Streptococcus thermophilus, on le trouve dans les laits fermentés et les fromages, il se développe bien de 37 °C à 40 °C, son rôle consiste à *développer les arômes* (10)

La fonction clé de *Streptococcus thermophilus* est la fermentation du lactose dans le lait en acide lactique et, en plus de ses effets acidifiants, il est responsable de l'apparition du lait fermenté. Il augmente la viscosité du lait en développant des polysaccharides (composés galactose, ainsi que de petites quantités de rhamnose, arabinose et mannose).

I.6.4 Aromes et fruits

Arômes, Sont soit des arômes naturels (obtenus soit par extraction, soit grâce aux biotechnologies), soit ils sont composés de matière première artificielles. Peuvent être additionnés en cours de conditionnement pour les yaourts fermes et en tanks pour les yaourts brassés et à boire. Quel que soit le type de yaourt, les arômes sont additionnés après pasteurisation.

Fruits, sur sucre c'est-à-dire des fruits réduits en morceaux ou en purée, additionnés de sucre et traités thermiquement La proportion de fruit est habituellement d'environ 15% dont environ 50% de sucre.

I.7 Les différents types de yaourt

Le yaourt peut être se trouver dans une large variété selon la technologie de production, la teneur en matière grasse et les ajouts autorisés.

I.7.1 Point de Vue technique

On distingue deux types de yaourt :

- **Yaourt fermes**, dit aussi (yaourt en pot, étuver ou traditionnel), ce type est fermenté dans le pot et à bonne température après le conditionnement jusqu'à l'obtention d'un certain taux acidité, avec une texture ferme à surface lisse.
- **Yaourt brassé**, dit (à boire) le laitensemencé est maintenu en cuve dans une température adéquate, ce type est étuver avant le conditionnement, il se présente avec une texture presque fluide.

I.7.2 Point de Vue de teneur en matière grasse

Au sens du présent arrêté, on entend par :

Yaourt gras : le produit dont la teneur minimale en matière grasse laitière est égale à 3% masse par masse.

Yaourt partiellement écrémé : le produit titrant moins de 3% masse par masse, mais plus de 0,5% masse par masse de matière grasse laitière.

Yaourt écrémé : le produit dont la teneur en matière grasse laitière est inférieure à 0,5% masse par masse. (1)

I.7.3 Point de Vue des additifs autorisés

Yaourt sucré : le yaourt tel que défini, auquel ont été uniquement ajoutés un ou plusieurs sucres. Le ou les sucres ajoutés sont l'hydrate de carbone et/ou de l'édulcorant autorisé par la réglementation en vigueur.

Yaourt aromatisé : le yaourt tel que défini, auquel ont été ajoutés des aliments aromatisants ou d'autres substances aromatisants.

I.8 Fabrication et transformation du yaourt

La réalisation du yaourt est déterminée par un processus de fabrication bien défini avec des phases et des normes de fabrication standard. Cela dit il peut y avoir plusieurs paramètres

différents selon la capacité de production, les fournisseurs de matière première potentiel la situation climatique ...etc. dans cette session nous allons présenter les différents processus de fabrication et pour ne pas trop s'éloigner du cas étudié nous commençons par une brève présentation de l'entreprise RIO qui sert de cadre applicative a notre étude.

I.9 Description de lieu de stage

La société RIO est une société SARL (depuis juin 2004) sise à Tlemcen au capital de 5,000,000 DA a structure et revêt un caractère familial. Elle a été créée en 1999 par M. Abdelaziz BABA AHMED, Cette entreprise est versée dans la production de yaourts tels que brassé, aromatisé qui n'existe pratiquement pas sur le marché algérien. Le succès fut immédiat et a encouragé M. BABA AHMED à poursuivre dans cette voie des marchés de niche, pour se démarquer en permanence des concurrents. Pour faire connaître sa marque sans faire de publicité, RIO a innové en jouant sur les goûts et les emballages. Il fut ainsi le premier à faire les yaourts aux fruits des bois et des pots de carton de 500g.

La société emploie actuellement 24 salariés, RIO dispose aujourd'hui d'une gamme de yaourts assez complète avec une cinquantaine de références, couvrant maintenant quatre familles :

Yaourt brassé : à base de fruits : (Fraise, Pêche, Abricot, Fruit des bois, Banane, Pruneau, Poire, Pomme et cerise). Ou seulement aromatisés : (Fraise, Pêche, Abricot, Banane, vanille, cocktail).

Yaourt fermes (étuvés) : à base de fruits : (Fraise, Pêche, Abricot, Fruit des bois, Banane, Pruneau, Poire, Pomme et cerise). Ou aromatisés : (Fraise, Pêche, Abricot, Fruit des bois, Banane, Pruneau, Poire, Pomme, cerise, melon, vanille, cocktail, citron et nature sucré). Ou au bifidus (fraise, Abricot, Banane, vanille).

Spécialités laitières : avec des fruits : (Fraise, Pêche, Abricot, Fruit des bois, Banane, Pruneau, Poire, Pomme et cerise). Ou aromatisés : (Fraise, Pêche, Abricot, Fruit des bois, Banane, Pruneau, Poire, Pomme, cerise, melon, vanille, cocktail, citron et nature sucré).

Lait concentré : nature ou caramélisé

Actuellement RIO produit 07 types de produit le yaourt ferme (fruits, Aromatisés), spécialités laitières et laits concentrés.

Tableau I.3 Un tableau catégorisant les types de produits fabriqués dans le RIO

Famille	Type	Poids en grammes
Yaourt	Aux Fruits	400, 380, 360, 320, 200, 320 (coquillage)
	Aromatisés	
	Au bifidus	380
Spécialité Laitiers	Aux fruits	400, 380, 360, 320, 200, 320 (coquillage)
	Aromatisés	
Lait concentré	Nature	125,250
	Caramélisés	

I.10 Ligne de production de RIO

La matière première principale de RIO est le lait en poudre, pour la fabrication de yaourt à partir de lait en poudre il faut par conséquent la reconstitution de lait en poudre pour passer à les autre maillon clé de ce processus, après la reconstitution, il est nécessaire de procéder à la **pasteurisation** et à l'**homogénéisation** du lait, lequel, pour les yaourts et produits fermentés est traité selon des températures et des durées bien définie. Puis l'étape de fermentation qui nécessite des réservoirs de fermentation dit aussi les cuves de maturation son équipée d'un agitateur et un système de réfrigération. Et enfin le conditionnement par des machine semi-automatique pour remplir et fait la soudure des couvercles du pots. Le schéma suivant montrer la ligne de production actuelle d'entreprise RIO.

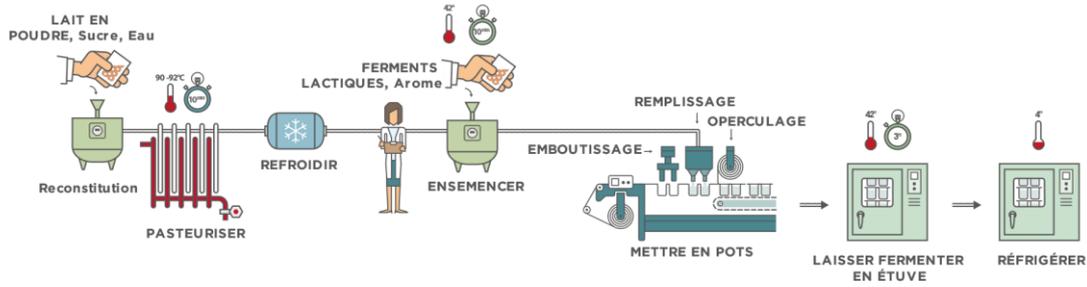


Figure I.1 Un schéma représentant la ligne de production actuelle de Rio

I.11 Organigramme de la Société

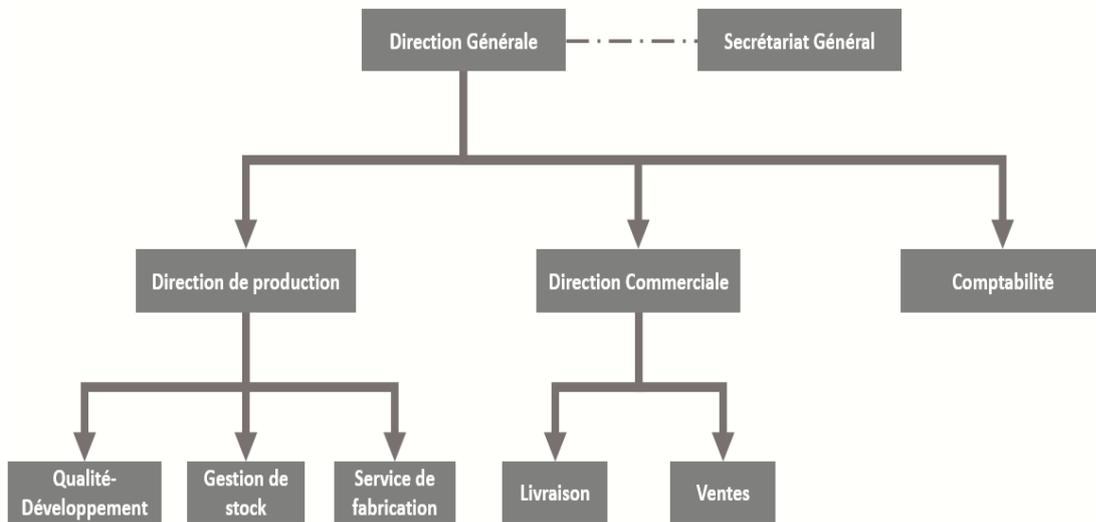


Figure I.2 L'organigramme d'entreprise RIO

I.12 Processus de fabrication

La fabrication de yaourt nécessite un séquençement d'opérations concaténé pour la réalisation du produit « yaourt ». Le processus de fabrication dépend de la nature de lait (lait cru, lait concentré, lait en poudre, babeurre de lait ou bien une combinaison de plusieurs types).

I.12.1 Fabrication à base de lait en poudre :

Pour la ligne production de yaourt à base de lait en poudre (cas actuel de notre entreprise) la première étape est la reconstitution de lait et les étapes successive sont les mêmes avec celles de ligne de production de lait cru sauf la réception.

I.12.1.1 La reconstitution du lait

Pour reconstituer un liquide proche du lait originel (s'il n'a pas été dégraissé), il suffit de rajouter la bonne quantité d'eau tiède et une quantité de sucre. Un kilogramme de poudre permet de reconstituer de 6 à 7 kilos de liquide. L'eau utilisée pour reconstituer le lait doit être de bonne qualité (bactériologiquement et chimiquement). (11)

- Mode d'emploi

Le lait reconstitué (eau, poudre du lait, sucre...etc.) est maintenu sous agitation pendant (1h) afin de permettre une meilleure réhydratation des ingrédients.

Pour obtenir une teneur de MG dans les tolérances, on utilise deux types de poudre de lait 26% et 0% avec des proportions prédéfinies selon le type de produit désirée.

I.12.2 Fabrication à base de lait cru

Il consiste en un volume déterminer de lait cru, entier ou partiellement écrémé, de bonne qualité bactériologique, exempt d'antibiotique et autres agents antimicrobiens, qu'on enrichit légèrement en extrait sec par l'une ou l'autre des techniques suivants (12):

- Addition de poudre de lait entier ou écrémé.
- Addition de lait concentré par évaporation ou par osmose inverse.
- Addition de rétentats de lait lactosérum.
- Concentration directe par évaporation, osmose inverse.

On peut schématiser le processus de fabrication de yaourt à base de lait cru par la figure **I.3.3**

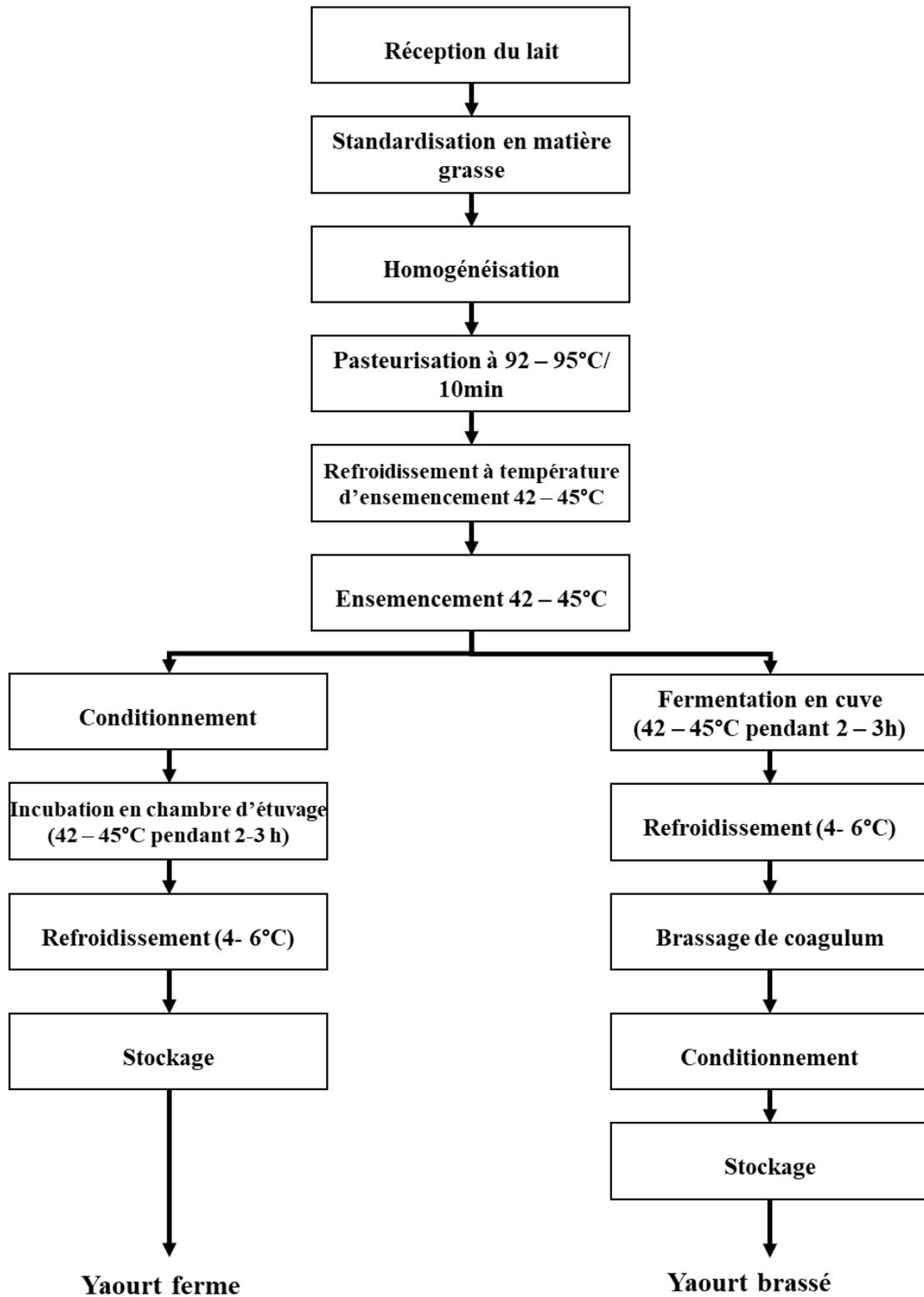


Figure I.3 Schéma de processus de fabrication de yaourt à base de lait cru

Cette figure représente le fonctionnement standard de la chaîne logistique yaourtière. Il existe un autre type de chaîne yaourtière avec des étapes intermédiaires ajoutées selon la nature et les caractéristiques de produit à obtenir et de matière à utiliser.

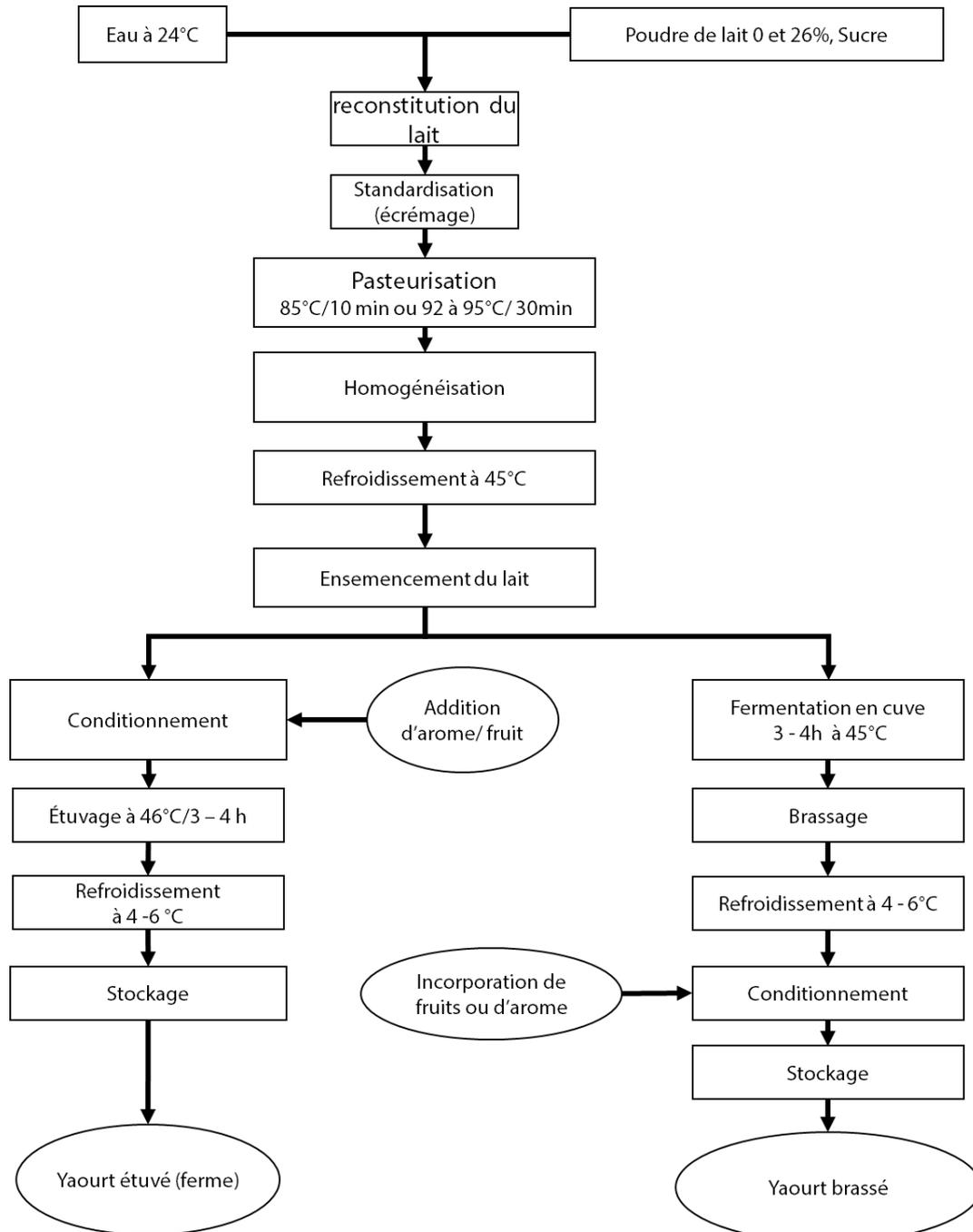


Figure I.4 Schéma de processus de fabrication de yaourt à base de lait en poudre

Cela (figure I.4) dit les fonctionnements de base d'une chaîne logistique yaourtière reste inchangé et standard pour les maillons clés de la chaîne. Et qui sont déterminé comme suit :

Dès la réception du lait auprès des collecteurs. Des analyses sont effectuées pour évaluer les caractéristiques physico-chimiques de la matière reçue. Après cette phase, la matière sera expédiée vers un système de standardisation afin d'obtenir les normes adéquate en teneur de matière grasse exigé pour le lancement de la production. Puis l'étape de pasteurisation commence afin de détruire les germes pathogènes, suivi d'une homogénéisation pour réduire la taille des globules de lait et stabilisé l'émulsion de MG, puis ensemencement par les ferments lactiques qui provoques la fermentation de lait. L'étape d'étuvage est effectuée pendant 3 heures à une température environ 42 à 45°C, avant d'arrivée la dernière étape qui concerne au stockage de produit dans une température de 4°C. Les étapes sont décrites sont détaillées dans la section suivante.

I.12.2.1 La réception du lait

Le lait cru, collecté au plus tard 72h après la traite, arrive en camion-citerne réfrigérés à l'unité de production. Cette étape permet l'acceptation ou le refus de quantité réceptionnée, pour cela, le lait est soumis à plusieurs tests physico-chimique _voir le tableau I.4 et I.5_ selon des normes bien définie.

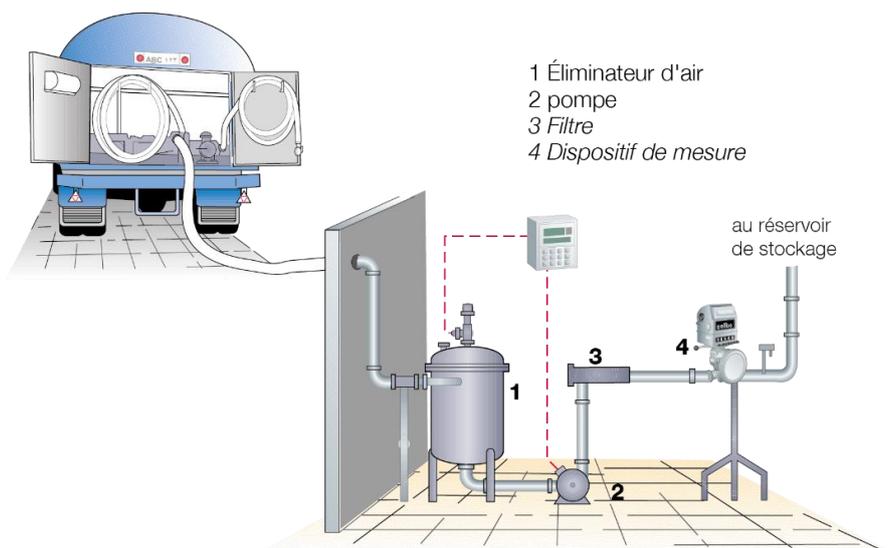


Figure I.5 La réception de lait - Mesure en volume.



Figure I.7 Réception de lait- Mesure au poids sur un pont-bascule.

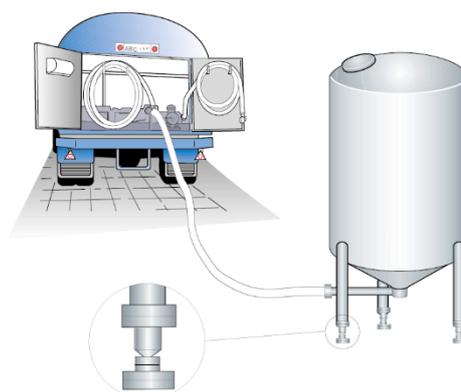


Figure I.6 Réception du lait via une cuve de pesée

Tableau I.4 Caractéristiques physiques du Lait

Couleur	Caractéristiques du lait.
Aspect	Absence de souillure, lait non caillé.
Odeur	Caractéristiques du lait

Tableau I.5 Caractéristiques chimiques du lait

Acidité	≤ 18
Densité	>1028
Matière grasse	>30
Test amidon	Négative
Test antibiotique	Négative

Une fois le lait accepté ce dernier sera transféré dans des tanks stérilisés afin de lui maintenir à une température inférieure à 4.5°C selon la référence qui est une valeur exigée pour la conservation de lait, à ce stade de la chaîne.

Cette étape est l'étape décisive qui permet d'influencer sur la qualité du yaourt.

I.12.2.2 Standardisation

La Standardisation est une étape importante puisqu'elle concerne la normalisation de la qualité de lait relative à la qualité de yaourt souhaitée, cette étape nous permet de prédire et conservé une qualité constante du yaourt au cours de l'année.

Pour cela, le lait est tout d'abord écrémé, puis mélangé avec la crème dépend d'exigences de yaourt et éventuellement sucré, puis en enrichi le lait avec la poudre de lait pour atteindre le ESD souhaité.

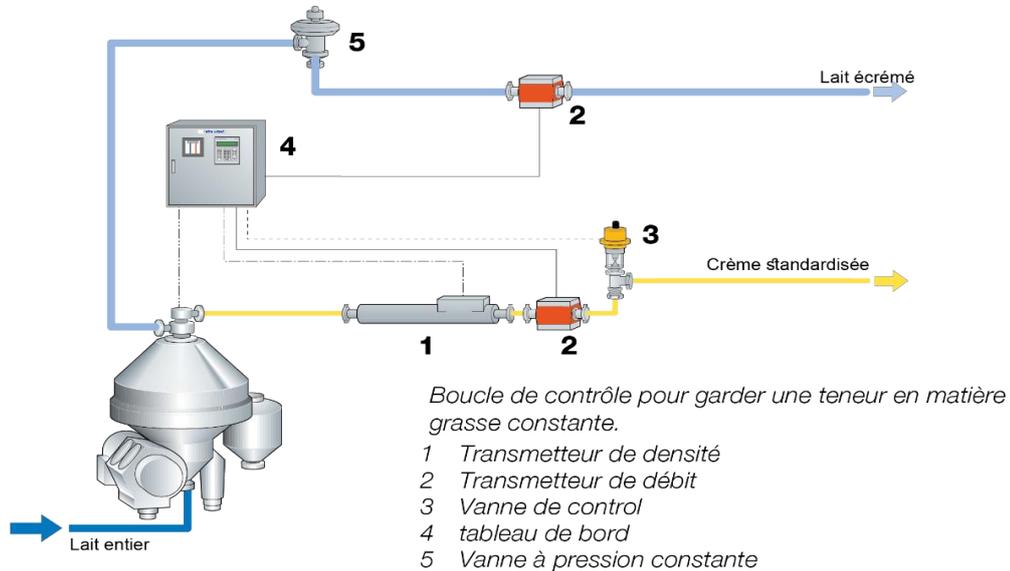


Figure I.8 Schéma de fonctionnement de maillon de standardisation

Lorsque le lait arrive à l'usine, Ce processus d'ajustement implique généralement la réduction de la teneur en MG et l'augmentation des solides totaux. La teneur en matières grasses est réduite en utilisant une écrémeuse (un appareil qui repose sur la centrifugation pour séparer les matières grasses du lait). Pour la fabrication de yaourt, la teneur en ESD est augmentée à 132g/L. Cela se fait soit en évaporant une partie de l'eau, soit en ajoutant du lait concentré ou du lait en poudre. L'augmentation de la teneur en solides améliore la valeur nutritive du yaourt, facilite la production d'un yaourt plus ferme et améliore la stabilité de la substance laitière fermentée jusqu'à ce qu'elle devienne du yaourt.

Cette étape est assimilée à l'amélioration de la composition de produit pour l'ajoute du sucre selon les proportions et un descriptif précis ou le tous seront mélangé et mixé avant d'entamée la prochaine étape de pasteurisation.

I.12.2.3 Pasteurisation

La pasteurisation consiste à éliminer la plupart des micro-organismes pathogènes du lait, elle permet de garantir la qualité sanitaire des produits, mais conditionnent également leur durée de vie et leurs caractéristiques technologiques et nutritives précisément la texture. Elle améliore par exemple la stabilisation des laits fermentés et la coagulation enzymatique, tout en évitant de modifier ses caractéristiques organoleptiques et nutritionnelles.

Une bonne méthode de pasteurisation du lait consiste en un chauffage de lait par le principe d'échange thermique à l'aide d'un Pasteurisateur tubulaire à une température de 85°C ou 90 à 92°C après il passe au chambrage dans lequel le lait séjourne pendant 30 ou 10 minutes respectivement selon la température utilisée.

I.12.2.4 Homogénéisation

Ce procédé stabilise l'émulsion de la matière grasse du lait. Sachant que la nature du lait a tendance à crêmer, c'est-à-dire que la matière grasse se sépare du liquide et remonte à la surface. L'homogénéisation du lait stabilise l'émulsion de la matière grasse du lait afin d'éviter cette séparation. Le procédé consiste à faire éclater les globules de matière grasse en fines particules. Ainsi, celles-ci ne remontent pas à la surface, mais se répartissent de façon homogène et confèrent au lait une texture crémeuse, Après cette étape, le lait aura un nouveau nom, qui est "lait de yaourt". (13)

L'homogénéisation est une procédée uniquement mécanique. Pour schématiser, le lait est forcé à travers de petites ouvertures à haute pression et les globules gras sont brisés en raison des forces de cisaillement. Les particules de matière grasse sont réduites à un diamètre de 1 à 5 microns (1 micron la millième partie d'un millimètre), cette réduction élimine la force ascendante des particules de graisse et le lait garde son aspect homogène. Cela, rien ne change, la quantité de MG et le goût restent les mêmes. Rien ne change, la quantité de MG et le goût restent les mêmes.

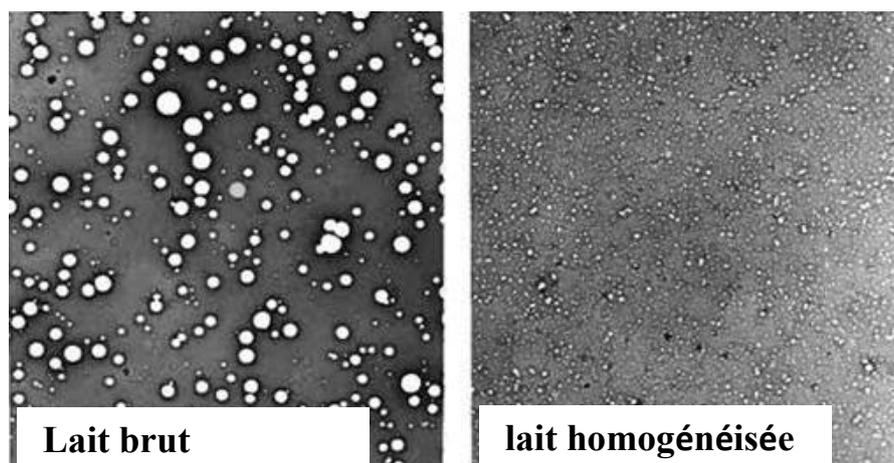


Figure I.9 Observation microscopique de lait avant et après l'homogénéisation

I.12.2.5 Ensemencement

En effet, le lait de yaourt contient des glucides, en particulier du lactose (disaccharide composé d'un galactose et d'un glucose), qui va être utilisé par les bactéries qui, en retour, vont produire et libérer de l'acide lactique. Cette étape va produire un changement de texture (coagulation des protéines du lait) et de saveur. Elle apporte les deux catégories suivantes de ferments (bactéries) lactiques vivantes qui provoquent la fermentation du lait :

- ✓ *Lactobacillus bulgaricus*, qui apporte au yaourt son acidité
- ✓ *Streptococcus thermophilus*, qui développe les arômes

Avant l'ajoute des ferments lactiques, il faut baisser la température de lait de yaourt à une température de 42 à 46°C qui est la température optimale pour le développement des deux bactéries. Une bonne agitation est nécessaire pour rendre parfaitement homogène le mélange lait ferment.

I.12.2.6 Étuvage / brassage

Dépend de type du yaourt à réaliser, soit une incubation au niveau des chambres chaudes (dans le cas de la ferme de yaourts) soit une fermentation est effectuée.

Phase d'étuvage

Dans le cas des yaourts étuves (dit aussi en pot, fermes ou traditionnels), le lait ensemencé est rapidement reparti en pots en plastique (polyvinyle). Dans le cas des yaourts sucrés, aromatisés, aux fruits, à la confiture... etc. l'apport des additifs se fait avant le remplissage des pots.

Après le conditionnement de yaourt, les pots sont transférés vers une chambre chaude pour incubation qui dure environ de 2 à 3 heures. L'acidification dépend de la température et de la durée d'étuvage. Les pots sont maintenus dans l'étuve jusqu'à l'obtention d'une acidité de 0,75 (au minimum) à 1% environ d'acide lactique, soit 75 à 100D°. La caille obtenue dans ces conditions doit être ferme, lisse et sans exsudation de sérum.

Brassage

Pour faire des yaourts brassés, le lait ensemencé est maintenu en cuve à la même température que dans le cas des pots (entre 42 et 46 °C) jusqu'à ce que l'acidité appropriée soit obtenue. On procède par la suite au découpage et au brassage du caillé pour le rendre onctueux. Ce traitement, ce qui doit être fait avec prudence afin de ne pas induire de transformations indésirables, le but est de rendre le caillé lisse. Elle doit être effectuée avec prudence en choisissant l'un des processus suivants :

- Agitation mécanique à l'aide d'un brasseur à turbine ou à hélice.
- Passage du gel à travers un tamis.
- Homogénéisation à une basse pression.

Une fois cette procédure terminée, le caillé est refroidi instantanément et rapidement à une température inférieure à 10 °C. La réfrigération dans le réservoir est effectuée trop lentement et peut entraîner une sur-acidification. C'est pour cette raison qu'elle doit être réalisée par passage dans un échangeur-réfrigérant à plaques ou tubulaire. Le brassage du caillé au cours de la réfrigération améliore l'onctuosité du produit.

I.12.2.7 Conditionnement

Une fois que le procédé de fabrication de yaourt à entamée toutes les étapes précédentes, Les yaourts, conditionnée dans des pots en plastique dans des conditions des hygiènes et de manipulation bien précise, qui permet de conserver l'aliment jusqu'à sa date de périsabilité.

Ce procédé peut être effectué selon plusieurs manières et selon le type de produit à réaliser.

- ✓ **Le yaourt nature**, est constitué seulement de lait de yaourt et conditionné directement dans des pots.
- ✓ **Yaourt aromatisée**, pour ce type y a deux manières pour l'ajout d'arômes, soit dans la cuve d'ensemencement pour un lot d'un seul gout ou directement dans les pots en cas de variation de gout par lot.
- ✓ **Yaourt aux fruits** : le remplissage de yaourt aux fruits dans les pots se fait en deux manières différentes : la première en mélangeant le yaourt et les fruits dans un cuve avant les remplit. Et la seconde en plaçant les fruits et le yaourt dans le pot séparément à l'aide de deux groupes de doseurs l'un pour met les fruits dans le pot et le deuxième pour le lait de yaourt afin de donner une saveur et une vue esthétique du pot.

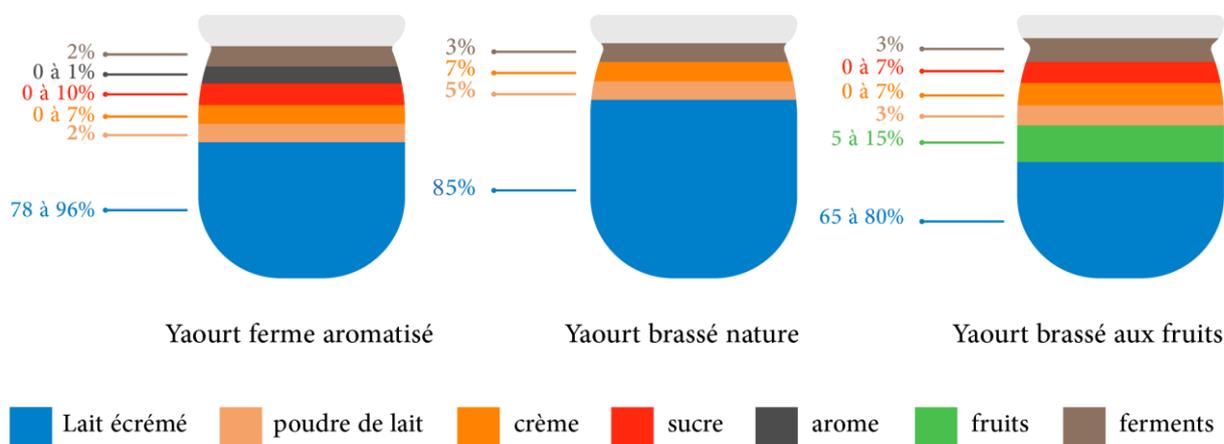


Figure I.10 Infographie montre les différents types de yaourt à l'étape de conditionnement

I.12.2.8 Stockage

A la sortie de l'étuvage le produit passe par le dernier maillon de la chaîne qui concerne le stockage. Dans cette étape, le produit final est soumis à un choc thermique avec une température de (entre 4 et 8 °C) pour inhiber l'action des ferments et arrêter l'acidification de yaourt. Maintenant, Le yaourt est prêt à commercialiser, il reste dans une chambre froide à une température de 4 °C jusqu'à la vente.

I.12.3 Les méthodes de standardisation

I.12.3.1 Standardisation par concentration du lait

A. Évaporation sous-vide

L'évaporation sous vide est une technique de concentration qui consiste à éliminer l'eau par ébullition, dans une enceinte sous vide. Toute chaleur délivrée par la suite au liquide peut produire la vaporisation d'une portion de l'eau.

Le procédé d'évaporation est souvent utilisé pour concentrer des produits ou des coproduits liquides issus de l'industrie agro-alimentaire (lait, sérum, vinasses, jus...etc.). Il a pour but l'élimination partielle du solvant (souvent de l'eau) présent initialement dans le produit. La solution concentrée (appelée concentré) devient plus stable (diminution de l'activité de l'eau), plus homogène et plus visqueuse. Le principe du procédé consiste à envoyer de la vapeur d'eau saturée sous vide partiel dans un faisceau tubulaire dans lequel circule le produit. La chaleur nécessaire à la concentration du produit est transmise par condensation de la vapeur de chauffe. Cette opération est sensible à l'encrassement lié à l'augmentation de la viscosité du produit. Cela limite donc le niveau de concentration réellement accessible. (14)

1) Évaporation à flot tombant

C'est une technologie dans laquelle le produit amené en tête de l'évaporateur ruisselle à l'intérieur d'un faisceau de tubes sous l'effet de la gravité. Le faisceau de tubes est chauffé par de la vapeur généralement sous vide, permettant l'ébullition du produit. Le produit et les buées sont ensuite séparés en bas du faisceau de tubes par un séparateur. Celui-ci peut être intégré au faisceau ou dissocié. Les applications typiques des évaporateurs à flot tombant sont la

concentration de produits laitiers (comme le lactosérum, les protéines de lait, le lait écrémé, la crème et le lait hydrolysé), les solutions de sucre, l'urée, l'acide phosphorique et la liqueur noire.

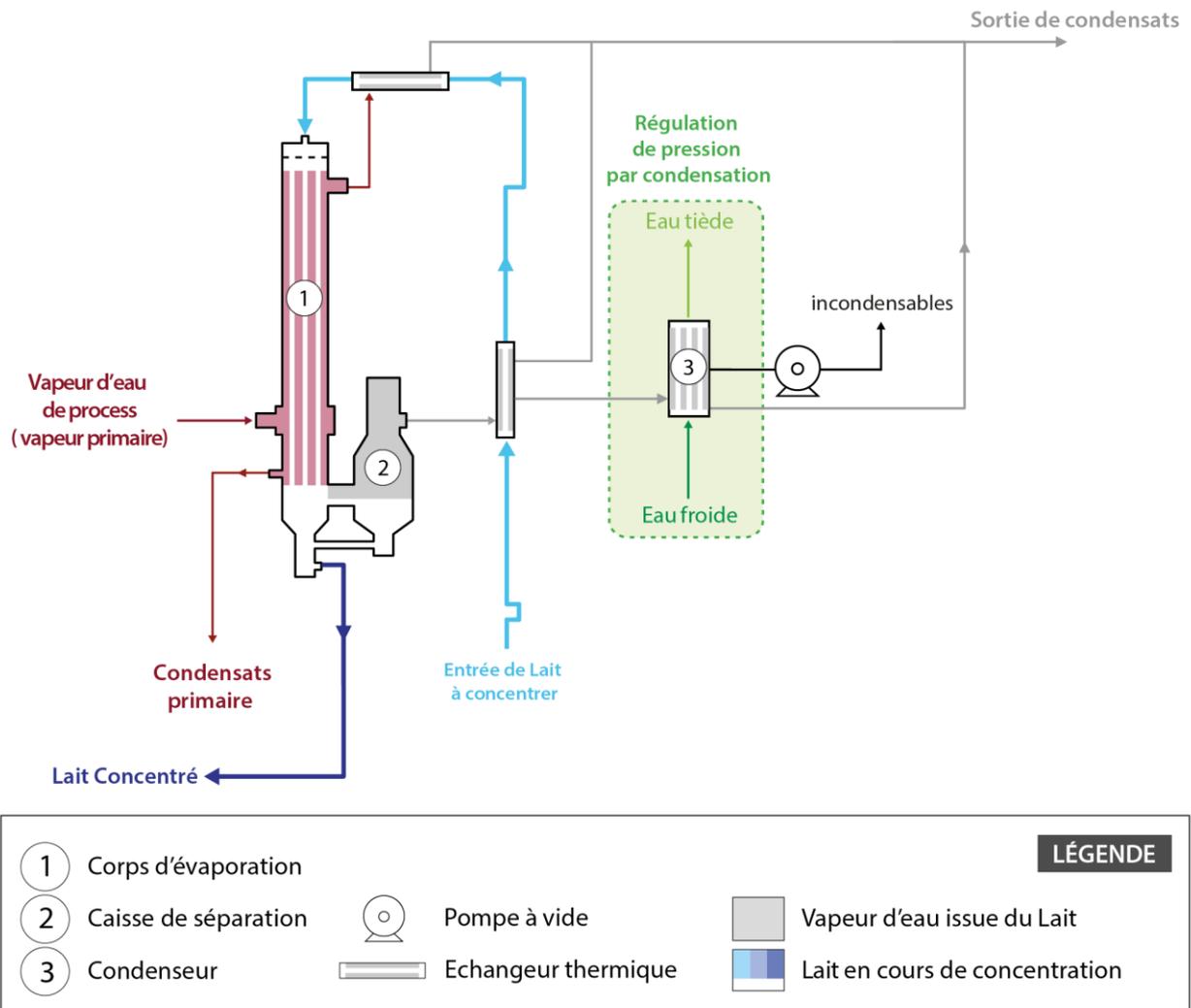


Figure I.11 schéma de fonctionnement d'évaporateurs à flot tombant

- Les avantages d'évaporation à flot tombant

- Coût relativement faible
- Grande surface chauffante dans un seul corps
- Faible rétention du produit
- Petites exigences d'espace au sol
- Bons coefficients de transfert de chaleur à des différences de température raisonnables.

- **Les inconvénients d'évaporation à flot tombant** : Les principaux inconvénients sont :

- Possibilité de blocage de pompe d'évacuation
- Besoins élevés en hauteur
- Généralement non adapté au salage ou au détartrage des matériaux
- La recirculation est généralement requise
- La technologie d'évaporation à flot tombant présente de multiples avantages économiques et industriels. La capacité de ces unités peut aller de 10 kg/h à plus de 100 t/h.
- **Une faible emprise au sol** : les évaporateurs à flots tombants sont installés verticalement, et bénéficient d'une faible emprise au sol. De plus, le séparateur peut facilement être intégré à l'évaporateur pour diminuer encore la surface au sol utilisée.
- **Un faible temps de séjour** : Le produit circule par gravité dans les tubes d'échanges en créant un fin film liquide sur les parois intérieures. En faisant varier le débit de liquide, il est possible de contrôler l'épaisseur de ce film liquide, et d'ainsi réduire le temps de séjour du produit.
- **Coût de fonctionnement réduit** : Les coûts de pompage à la tonne traitée sur un évaporateur à flots tombants sont beaucoup plus faibles que ceux d'un évaporateur à circulation forcée.
- **Investissement réduit** : Le coût de construction d'un évaporateur à flots tombants est plus faible, notamment du fait d'une conception compacte (séparateur et laveur en un seul bloc) et de l'absence de coûts de charpente.
- **Faible moussage** : L'évaporateur à flots tombants est très adapté aux produits sensibles au moussage.
- **Une plus grande sensibilité à l'encrassement** : La technologie de flot tombant est plus sensible à l'encrassement, notamment comparée à l'évaporation à circulation forcée. Elle n'est pas recommandée sur les produits encrassant, proches de la cristallisation ou visqueux.

2) Evaporation avec pompe à chaleur

Le fonctionnement de ce système se base sur le cycle frigorifique d'un gaz, lequel se trouve dans un circuit fermé. Le gaz frigorifique est comprimé grâce à l'action d'un compresseur qui augmente sa pression et sa température. Il circule au travers de l'échangeur de chaleur de l'évaporateur, en chauffant le lait.

Comme le fonctionnement est sous vide, la température d'ébullition est de l'ordre de 40° C. Le liquide réfrigérant abandonne l'échangeur de l'évaporateur et grâce à un robinet détenteur, il se décomprime et se refroidit. En passant par un deuxième échangeur de chaleur, le condensateur permet que la vapeur qui est formée dans l'évaporateur se condense, en même temps que sa température augmente juste avant de passer par le compresseur et ainsi le cycle recommence.

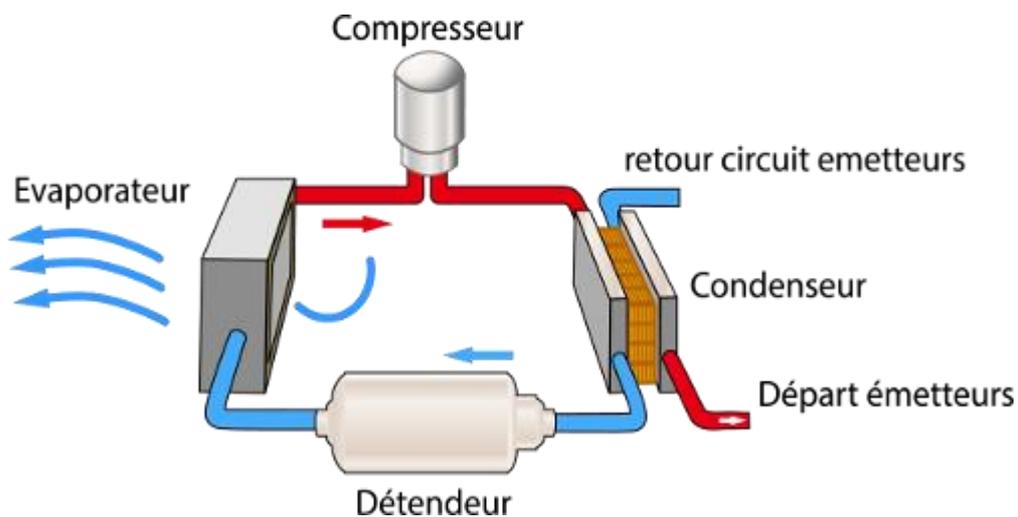


Figure I.12 schéma de fonctionnement d'évaporateur pompe à chaleur

Le même fluide réfrigérant permet d'évaporer le lait, ainsi que de condenser la vapeur générée, le système ne nécessite donc pas d'autres sources de chaleur ou de réfrigération. Cela permet au processus d'être très avantageux d'un point de vue économique et de gestion. Elles bénéficient aussi d'un faible coût de maintenance et sont totalement automatisées, et elles assurent une qualité constante du distillat en offrant une séparation totale des métaux et des surfactants. Ces évaporateurs disposent également d'un système de contrôle de mousse.

- Les avantages de pompe à chaleur

- **Un rendement élevé**, 1 kWh d'électricité génère jusqu'à 5 kWh de chaleur.
- **Certains systèmes sont réversibles** on peut l'utiliser comme un system de refroidissement.

- Inconvénients de pompe à chaleur

- Le cout de maintenance est faible mais les systèmes ne sont pas fiables.
- Un système fermé sans CIP (Nettoyage en place).
- La méconnaissance de la technologie et un recouvrement de l'investissement généralement supérieur à deux ans sont les principales limites à l'utilisation de la pompe à chaleur dans l'industrie. (15)

B. Osmoses inverse

L'osmose inverse permet de concentrer le lait par élimination d'eau. Par définition, le phénomène d'osmose correspond à une migration différentielle de l'eau de la solution la moins concentrée vers la plus concentrée. Le phénomène d'osmose inverse repose donc sur l'application d'une pression supérieure à la pression osmotique du lait afin de provoquer la migration de l'eau dans le sens inverse. Il s'agit du procédé Baro membranaire qui utilise les plus hautes pressions d'opération.

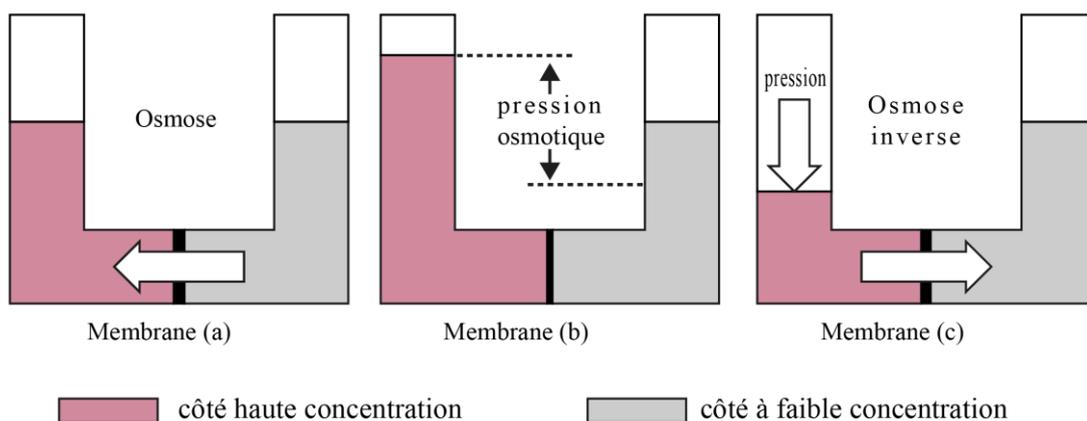


Figure I.13 Principe de fonctionnement de l'OSMOS INVERSE

Dans l'industrie laitière, l'osmose inverse peut-être utilisée pour concentrer le lait et le lactosérum pour des différent produits laitiers (yaourt, fromage, poudre de lait, lait concentré). Le lait peut aussi être concentré en enlevant 70% de son contenu en eau, sans faire appel à des procédés thermiques comme l'évaporation. L'osmose inverse permet de concentrer tous les constituants du lait dans le rétentat (protéine, lactose, minéraux solubles et colloïdaux). (16)

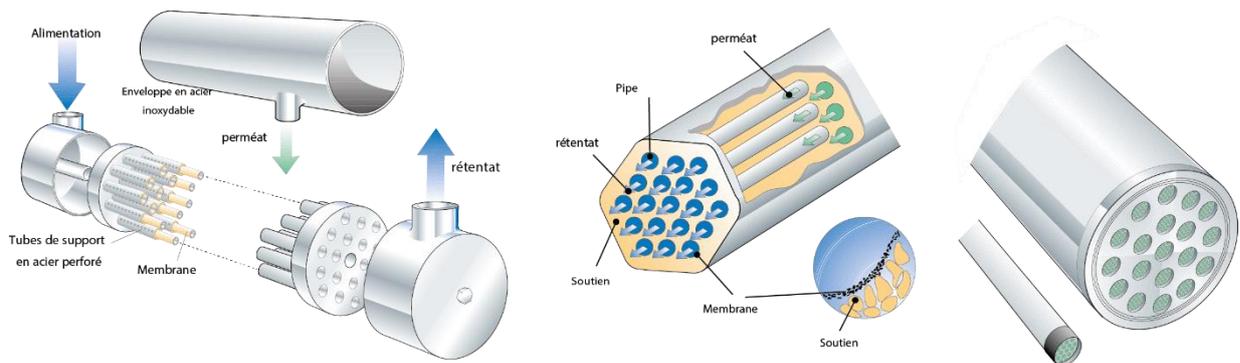


Figure I.14 Exemple de module tubulaire à intégrer dans un système d'osmose inverse

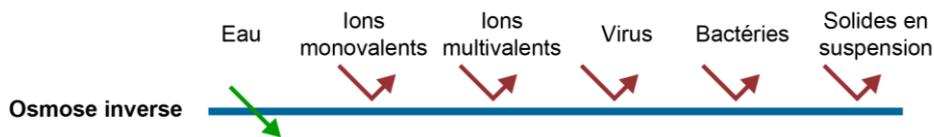


Figure I.15 illustration montre le process de filtration par l'osmose

Les avantages de l'osmose inverse

La concentration du lait par osmose inverse présente plusieurs avantages qui sont :

- Diminution de l'impact environnemental
- Consommation énergétique réduite de 60% en comparaison avec l'évaporation.
- Opération à température ambiante ce qui évite la dégradation de molécules fragile.

- Les inconvénients

- Baisse de la perméabilité et modification de la sélectivité en cas de colmatage des membranes.
- Durée de vie limitée des membranes soit par perte de résistance mécanique soit par suite d'une mauvaise tenue aux réactifs utilisés pour le nettoyage.
- Le membrant est cout très cher.
- Dans la littérature, il est connu que la concentration du lait par osmose inverse modifie les caractéristiques physicochimiques et l'aptitude à la coagulation.

I.12.3.2 Standardisation par enrichissement de lait

C. Addition de lait concentré par évaporation ou par osmose

Concentrer le lait consiste à retirer une partie de l'eau qu'il contient. Dans le procédé initial, cette opération était réalisée sous vide et à température élevée par injection de vapeur dans un évaporateur permettant d'élever le lait à sa température d'ébullition à 239 mbar.

La stabilité du lait peut être assurée par réduction de l'activité de l'eau, il est possible d'y parvenir par élimination partielle de l'eau (environ 60% de l'eau contenue) jusqu'à une teneur en extrait sec de 20% à 30%. (17)

Selon le Codex Stan 281-1971 la composition du lait concentré varie selon s'il est écrémé, partiellement écrémé ou riche en matière grasse.

Le lait concentré doit afficher les teneurs minimales suivantes :

- Matière grasse laitière : 7,5% m/m
- Extrait sec du lait : 25% m/m
- Protéines du lait dans l'extrait sec dégraissé : 34% m/m

Le lait concentré écrémé:

- Teneur maximale en matière grasse laitière : 1% m/m
- Teneur minimale en extrait sec du lait : 20% m/m
- Teneur minimale en protéines du lait dans l'extrait sec dégraissé : 34% m/m

D. Addition de lactosérum

Le lait peut être coagulé en y ajoutant de la présure ou en l'acidifiant par des bactéries lactiques ou une acidification chimique. L'effet est une accumulation des micelles de caséine donnant un gel (ou coagulum). Au début de la production de fromage, la phase aqueuse, appelée lactosérum.

Le lactosérum, appelé aussi le petit-lait, également nommé sérum, est un produit laitier liquide issue de la coagulation du lait, sa couleur est le jaune-verdâtre. Il se compose d'environ 94 % d'eau, de sucre (le lactose), de protéines, de très peu de matières grasses et de sels minéraux.

Depuis longtemps, le lactosérum a été considéré comme un déchet encombrant, car à la fois, il n'est pas toxique, mais, très acide et ne peut être rejeté tel quels dans les rivières, où il absorberait l'oxygène et empêcherait toute vie animale. Et il est produit en grande quantité par l'industrie fromagère (chaque fois qu'un litre de lait est utilisé pour produire un fromage, il y a une production de 0,6 à 0,9 litres de lactosérum).

De tels dommages à l'écosystème pourraient être évités autant que le lactosérum est un matériau à une véritable intérêt nutritionnel dont il y a beaucoup à tirer. En effet, on en extrait donc du lactose, protéines et les sels minéraux pour l'industrie agroalimentaire et aussi de l'acide lactique et des vitamines (thiamine-B1, riboflavine-B2 et pyridoxine-B6).

L'entreprise Danone est le premier qui favorise l'incorporation de lactosérum dans la fabrication de yaourt, parce qu'il est apprécié des consommateurs, car il apporte plus de protéines que les yaourts traditionnels, avec moins de calories.

Le lactosérum est incorporé dans la fabrication de yaourt comme alternative d'eau, Cette incorporation permet d'une amélioration notable du point de vue aspect et arômes du yaourt, due essentiellement à l'effet bénéfique exercé par les protéines sériques et le lactose du lactosérum. Au cours des dernières décennies, les progrès technologiques ont résolu les problèmes de récupération d'un produit agricole qui conserve encore la moitié de la matière sèche du lait. Grâce à la concentration et le séchage du lactosérum il est possible d'obtenir une large variété de poudres de sérum : lactosérum doux, lactosérum acide, lactosérum déminéralisé.

Donc une séquence d'extractions doit être effectuée à cet effet :

- Éliminer l'eau, le principal constituant du lactosérum
- Extraire le lactose
- Enrichir et extraire les protéines sériques
- Éliminer une partie des minéraux.

E. Addition de poudre de lait

L'addition de lait en poudre est la méthode généralement employée pour renforcer l'extrait sec du lait. Les délais de stockage de la poudre de lait peuvent rester pendant 2 ans et se transporter facilement pour être utilisé en recombinaison comme matière première pour la production de yaourt, fromage et les crèmes glacées ...etc.

I.13 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons donné une définition de yaourt et la spécialité laitiers selon la réglementation algérienne avec un bref historique de yaourt depuis les époques turques jusqu'à l'industrialisation de la production de yaourt. Nous avons aussi déterminé la partie nutritionnelle de yaourt qui est un produit de large consommation

Un autre volet a été abordé dans ce contexte qui consiste à distinguer les variétés du yaourt en point de vue technique et matières premières. Ce qui permet de situer les produits actuels dans le marché algérien. Ensuite nous avons détaillé le processus de fabrication de yaourt allant des matières premières au produit fini.

Cette partie nous permis de conclure que l'industrie du yaourt en Algérie reste toujours en retard ce qui offre un bon domaine de recherche et de développement.

Chapitre II : Choix technologique

Introduction de chapitre

L'étude technique constitue l'une des étapes de la conception et de l'analyse de faisabilité d'un projet son rôle est de détailler l'ensemble des moyens humains, matériels et locaux... qui sont nécessaires pour assurer la production correspondant aux objectifs à attendre, Ceci est extrêmement important, car l'ensemble des ressources et des moyens qui sont à votre disposition sont des frais, des dépenses, dont le total représentera le coût de l'investissement.

Dans ce chapitre, nous allons présenter l'aspect technique relatif au choix des machines. Première mot Nous allons présenter les quatre machines (étape) à ajouter dans le processus de fabrication afin de pouvoir réaliser le yaourt à base de lait cru, les machines à ajouter sont la station de réception, L'écumeuse, Homogénéisateur et l'Incorporateur, ensuite nous allons appliquer trois méthodes de choix multicritère (matrice de décision, la méthode A.H.P et la méthode topsis) Avec les différents critères qui sont sélectionnés à base de recommandation des ingénieurs dans le domaine.

Notre but est de sélectionner et d'identifier les meilleures alternatives qui répondent à notre exigence.

II.1 Choix technologique

Dans cette partie nous voulons faire un choix de technologie opté pour notre ligne de production actuelle (voir le chapitre 1), cette ligne doit adapter aux changements effectués. Les différentes technologies sont apparues au figure III.

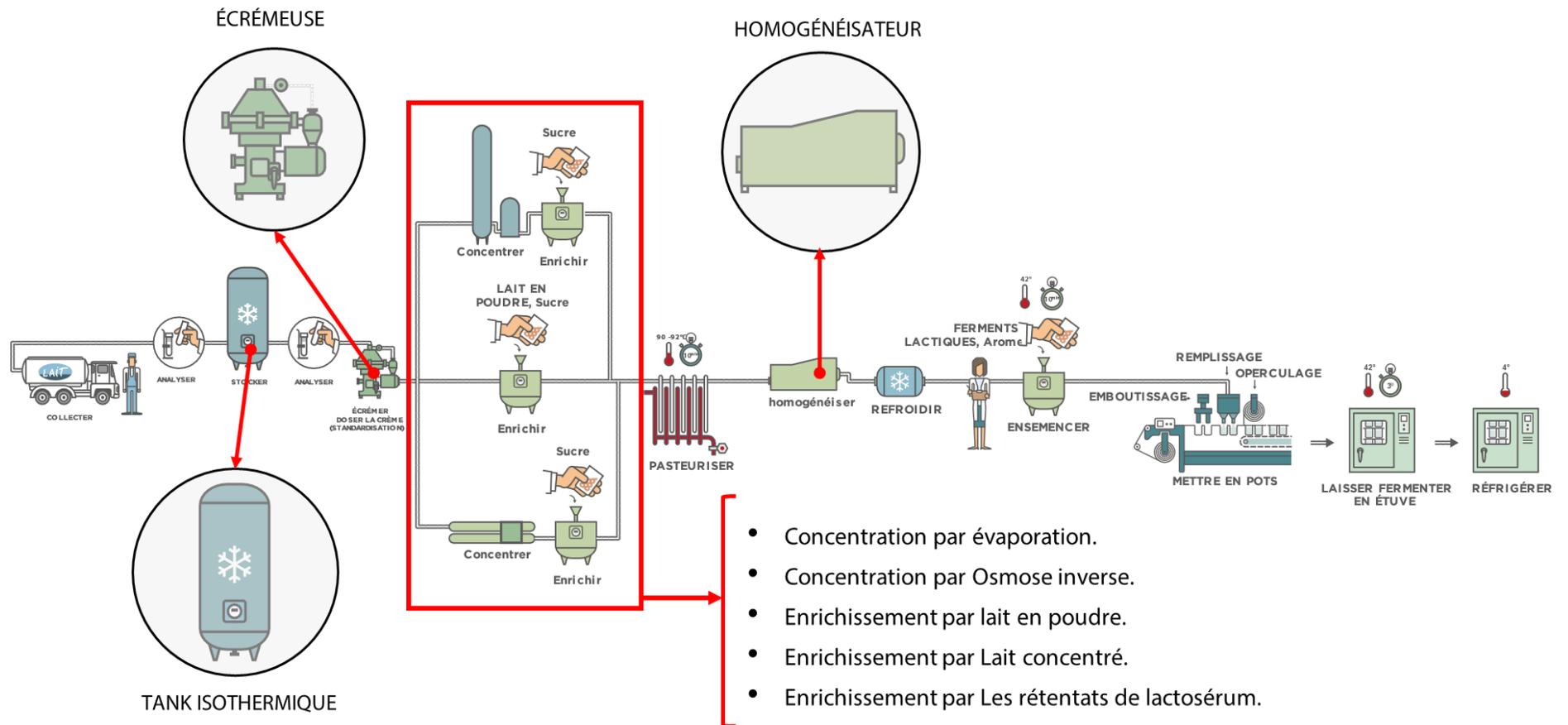


Figure II.1 Illustration schématisé le processus de production du yaourt avec les différentes technologies

II.1.1 Station de réception

Une fois le lait accepté après les tests physico-chimique (voir chapitre1) Le lait cru est verser du camion vers un cuve sous-pression pour éliminer l'air et les Gaz décomposés dans le lait cette opération se fait par une pompe à lait centrifuge qui assure évacuation rapide du lait avec turbine en acier inoxydable par un débit de 50 l/min. La pompe comprend un clapet anti-retour pour éliminer le retour. Le lait passe par un filtre à tamis avec une degré de filtration égale à 400 microns pour piéger et éliminer les grosses particules qui n'appartiennent pas au lait se filtre contient une Ouverture facile qui permet de changer le tamis pour les tâches de maintenance et pour une hygiène appropriée, un compteur va calculer le volume de lait traversée pour déterminé exactement la quantité réceptionne.

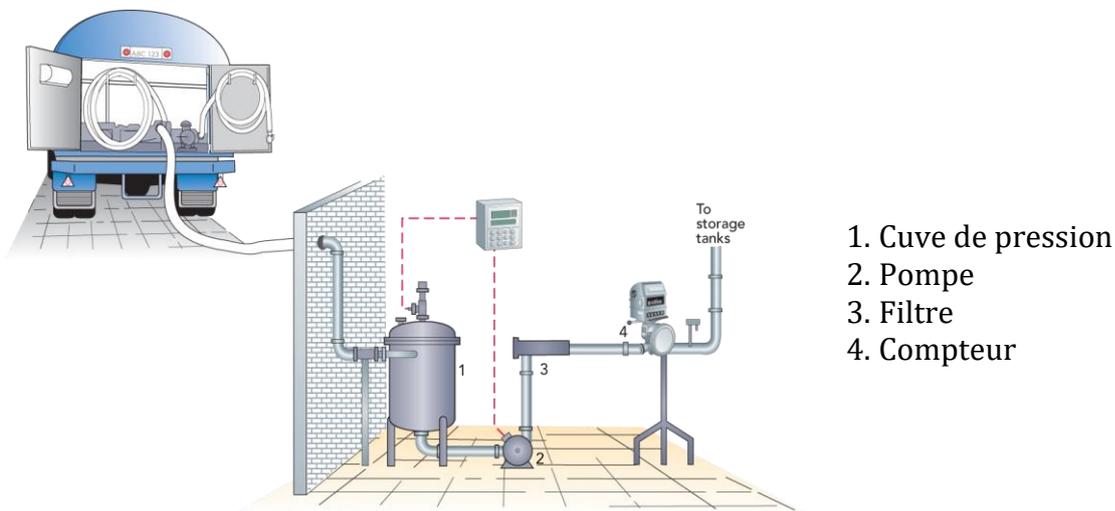


Figure II.2 illustration schématise la station de réception de lait cru

Enfin en transfère le lait dans un tank de réfrigération jusqu'à la satisfaction de la quantité nécessaire pour lancer la production le tank est Équipé par un Agitateur qui permet que le lait à l'intérieur du tank reste homogène. Et dans une température recommande inférieure à 4.5°C

1. Agitateur
2. Inducteur de capacité
3. Indicateur de température
4. Électrode de bas niveau
5. Indicateur de niveau pneumatique.
6. Électrode de haut niveau

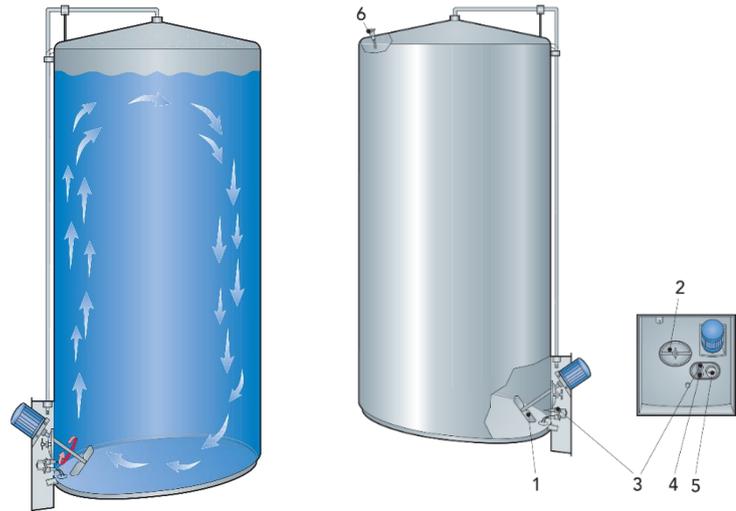


Figure II.3 Vue en coupe d'un tank réfrigéré

II.1.2 L'écumeuse centrifugeuse à assiette

Une écumeuse est un appareil qui sépare la crème du lait entier. Par conséquent, après séparation, le lait entier est divisé en crème et en lait écrémé. La crème et le lait écrémé sont de densité différente et ont donc tendance à être séparés par gravité cette opération dit l'écumage. L'écumeuse accélère la séparation du lait sous l'action d'une force centrifuge grâce à des disques cylindro-coniques pivotant dans un bol (tambour) à une vitesse de 6 000 à 10 000 tours par minute, selon le modèle. (18)

Une fois que le lait atteint le bol, la force centrifuge pousse à travers les trous des disques. Les globules gras de lait vont au centre du tambour et le lait écrémé au bord, car il est plus lourd. (18) C'est ainsi que la crème doit être extraite, L'écumage est favorisé par la distribution du lait en fines couches à l'intérieur du bol

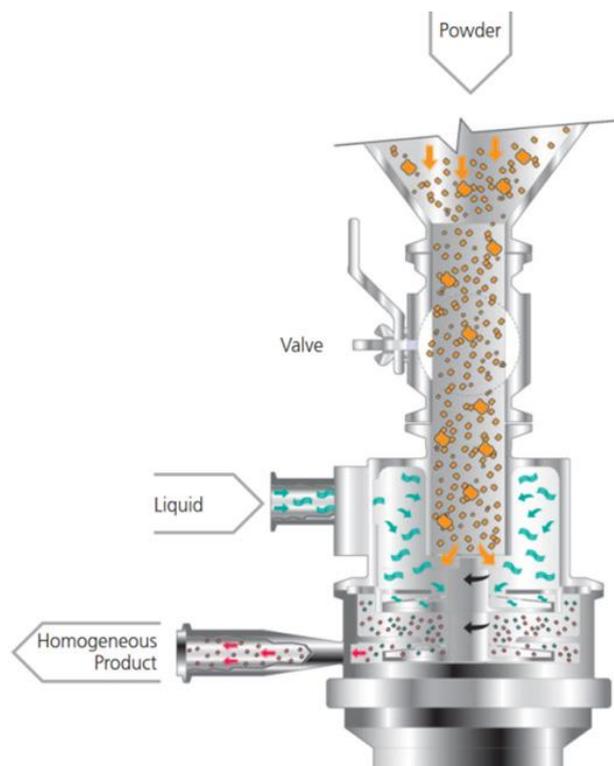


Figure II.4 Vue en coupe d'une écumeuse

du fait de l'empilement de disques solidaires de l'axe de rotation, la teneur en matières grasses de la crème est équilibrée en conservant une quantité plus ou moins importante de lait écrémé.

L'écémage centrifuge permet de filtrer le lait par l'accumulation d'impuretés lourdes sur les parois du bol car elles forment la "boue" du séparateur de crème.

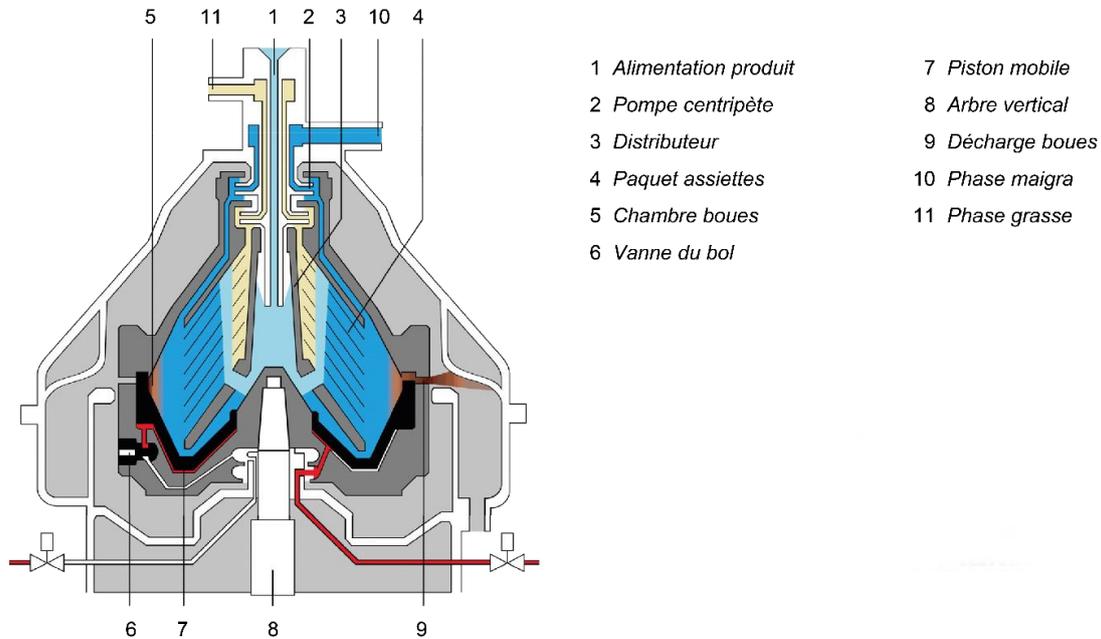


Figure II.5 Vue en coupe des éléments constitutifs d'une écrémeuse

À la sortie de l'écémeuse on trouve deux types de produit, La crème de consommation destinée à l'utilisation direct soit en cuisine, en pâtisserie, ou dans la préparation des crèmes glacées et l'autre dit crème de transformation destinée à la fabrication du beurre et autre nouveaux produits tel que « huile de beurre, beurre allégé, spécialités à tartiner additionnées ou non de matière grasse d'origine non laitière, etc. (19)

Il existe plusieurs modèles d'écémeuse. Ou on trouve des machines conçues pour faire plusieurs opérations tel que « l'écémage du lactosérum ou du lait chaud, le nettoyage (clarification, nettoyage bactérienne) du lait. On peut l'utiliser pour la station de réception et la standardisation au même temps pour un meilleur taux d'exploitation en utilisant des kits optionnels, la surveillance de la teneur en matières grasses de la crème ainsi que la standardisation automatique de la cuve pour le lait », Les écémeuses modernes permettent un

écrémage très poussé (matière grasse du lait écrémé $<0,5$ g/kg), limitent les chocs endommageant les globules gras et évitent la formation de mousses.

II.1.3 Homogénéisateur

L'homogénéisateur agroalimentaire est une pompe haute pression (pour des pressions allant de 0 à 800 bars). Utilisée pour réduire la taille des globules gras en les forçant à passer à travers un orifice de très petit diamètre. Cependant il est couramment utilisé pour améliorer le goût, les saveurs, la couleur ou encore la texture des aliments et la libération des éléments nutritifs plus lentement.

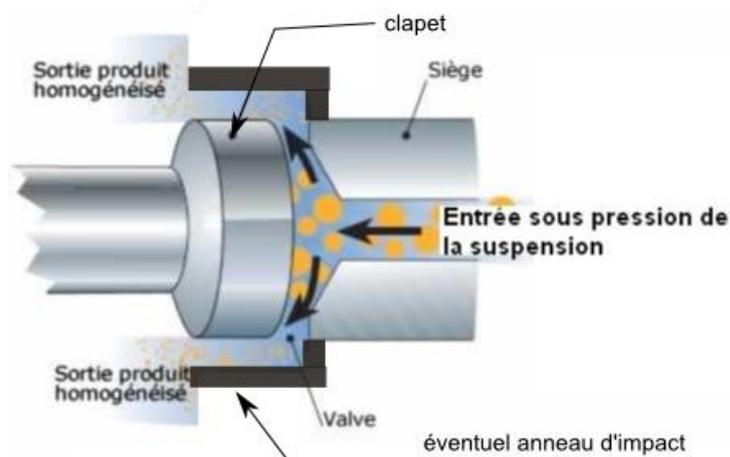


Figure II.6 vue en coupe d'un homogénéisateur

L'homogénéisateur à 2 effets vous permet de sélectionner la meilleure combinaison de pression possible. Des tailles de particules inférieures à $0,1 \mu\text{m}$ peuvent être obtenues, ce qui assure une très grande stabilité des émulsions et suspensions. (20) Il utilise une haute pression pour propulser la matière à travers une petite cavité. La matière est alors projetée à une vitesse très élevée suite à la perte de pression. Les turbulences et la cavitation fractionnent le produit en particules de taille submicronique. La collision à haute vitesse entre le produit et l'anneau de choc contribue également au phénomène d'homogénéisation du produit.

II.1.4 Incorporateur (Disperseur de poudre dans le lait)

Dit aussi le mélangeur en ligne, il permet d'incorporer les poudres de lait dans le lait liquide, le lait est introduit tangentiellement par une pompe et entre à grande vitesse dans le corps de mélange en créant un vide au centre du rotor qui entraîne l'aspiration des poudres par une forte dépression au premier étage de réacteur.

Les poudre de lait peuvent être introduites manuellement directement dans la trémie de l'appareil, mais également par vis d'Archimède, écluse rotative, doseur gravimétrique ou volumétrique. Le débit de la poudre est réglable grâce à une vanne située dans la partie inférieure de la trémie.

Nous avons choisi d'y ajouter ce mélangeur à notre ligne de production permet d'obtenir une homogénéisation parfaite même avec des produits à viscosités élevées, sensibles aux cisaillements ou extrêmement gélatineux. La dispersion instantanée en un seul passage permet une réduction significative du temps de maturation et de process, lié à une faible consommation énergétique. (21)

Tableau II.1 les caractéristiques techniques d'incorporateur

Marque	Rayan, Egypte	
Débit maximal	60m3/h	
Puissance du moteur	2.2kw-15KW	
Volume de trémie	65L	
Moteur	ABB 50hz/60hz	
Vitesse d'incorporation	2800 r/min	
Prix	12,8000.00 DA	Rayan REM-9007

II.2 La sélection des machines grâce aux outils d'aide à la décision

Les outils d'aide à la décision apportent un support méthodologique certain. Encore faut-il savoir les utiliser à bon escient. Dans la section suivante, nous utilise des outils d'aide à la décision pour choisir les machines que nous achèterons.

II.2.1 Premier outil matrice de décision

II.2.1.1 Définition de matrice de décision

Une méthode quantitative d'aide à la décision efficace pour prendre la meilleure opportunité entre plusieurs options.

Il aide le décideur à évaluer les critères de décision pour chaque alternative et examiner l'importance de chaque critère par rapport aux autres critères de décision en donnant à chaque critère un poids par rapport à son importance

La matrice de décision est très efficace à cause de sa simplicité et l'utilisation de la logique que l'émotion pour la prise de décision avec la justification Raisonnable de choix qu'est été pris.

II.2.1.2 Principe de matrice de décision

En va faire une évaluation de chaque alternative positionnée en ligne dans un tableau, à partir de critères prédéfinis placés en colonne et pondérés selon leur importance dans le choix final.

II.2.1.3 Identifiez la décision

En va définir précisément quelle est la décision que nous doivent prendre, dans notre cas en va choisir une écrémeuse et un homogénéisateur parmi les différents marque et technologie

II.2.1.4 Listez les différents choix

Pour chaque machine ont les choix suivants :

Station de réception : REDA S.P.A, LIANHE, MUELLER

Ecrémeuse : REDA S.P.A, LIANHE, MUELLER

Homogénéisateur : REDA S.P.A, LIANHE, MUELLER

II.2.1.5 Définir les critères d'évaluation

En baser notre choix sur des critères bien déterminés afin de servir un bon résultat

II.2.1.6 La pondération de chaque critère

Affectez un poids à chaque critère pour définir son importance par Exemple :

1 : Mauvais, **2** : Moyenne, **3** : Bon, **4** : Très bons.

II.2.1.7 Notation des choix

Donné des notes pour chaque critère par rapport aux différents choix par chaque membre de l'équipe et en calcul la note pondérée puis en va faire la somme par ligne

II.2.1.8 Mise en pratique la matrice de décision**F. Station de réception**

Tableau II.2 Matrice des données de station de réception

Critères	REDA S.P. A	LIANHE	MUELLER
PRIX (DZD)	1 580 000	1 300 000	2 000 000
GARANTIE (An)	02	01	02
CONSOMATION (Kwh)	15	17	15
CAPACITÉ (L)	5000	5000	5000
EPAISSEUR DE TAMIS (μ)	300	400	200

Tableau II.3 Matrice de décision pour la sélection de Station de réception

Critères	Capacité (L)	Epaisseur de Tamis (μ)	Garantie (An)	Consommation	Prix (DZD)	Total Pondéré
Poids (W)	2	2	1	2.5	2.5	
REDA SPA	3	2	2	3	2	24.5
LIANHE	3	1	1	2	3	21.5
MUELLER	3	3	2	3	1	24

Donc après cette opération, La meilleure solution est en lecture directe. Celle qui possède le score le plus élevé **REDA S.P.A**

G. Ecrémeuse

Tableau II.4 Matrice des données de machine "écrémeuse".

Critères	REDA S.P. A	LIANHE	MEULLER
Vitesse de rotation (r/min)	6600	6220	7000
Capacité (L/h)	1000	1000	1000
Garantie (An)	2	1	2
Consommation (Kwh)	8.5	7.5	9
Prix (DZD)	952 000	833 000	1 470 424

Tableau II.5 Matrice de décision pour La sélection d'écumeuse

Alt/critère	Vitesse (r/min)	Capacite (L/h)	Garantie (An)	Consommation (Kwh)	Prix (DZD)	Total Pondéré
Poids (W)	2	2	1	2,5	2,5	
REDA	2	3	2	3	2	24,5
LIANHE	1	3	1	3	3	24
MEULLER	3	3	2	2	1	21,5

Donc après cette opération, La meilleure solution est en lecture directe. Celle qui possède le score le plus élevé **REDA S.P.A**

H. Homogénéisateur

Tableau II.6 Matrice des données de machine Homogénéisateur

Critères	Reda S.P. A	LIANHE	MEULLER
Précision (%)	80	75	85
Débit (L/h)	1000	1000	1000
Garantie (An)	2	1	2
Consommation (Kwh)	72.5	70	70
Prix (DZD)	2 700 000	2 414 000	2 700 000

Tableau II.7 Matrice de décision pour la sélection d'homogénéisateur

Critères	Débit (L/h)	Précision (%)	Garantie (An)	Consommation (kWh)	Prix (DZD)	Total Pondéré
Poids (W)	2	2	1	2,5	2,5	
REDA	3	2	2	2	2	22
LIANHE	3	1	1	3	3	24
MEULLER	3	3	2	3	2	26,5

Donc après cette opération, La meilleure solution est en lecture directe. Celle qui possède le score le plus élevé **MEULLER**

II.2.2 Deuxième outil processus d'analyse hiérarchique AHP

La méthode AHP est une méthode adaptée aux problèmes de décision multicritères, c'est-à-dire un problème avec des solutions multiples qui satisfont un ensemble de critères. La solution de la méthode consiste à simplifier le problème en le décomposant en une structure hiérarchique. Thomas Saaty est à l'origine de cette méthode et l'a créée dans les années 1970.

Les alternatives sont appelées solutions aux problèmes de prise de décision, critères les paramètres par lesquels les alternatives sont évaluées, sous-critères les paramètres appartenant à un critère et auxquels les alternatives sont évaluées. On parle d'un problème à 2 niveaux car il accepte des sous-critères, au contraire c'est un problème de niveau 1.

II.2.2.1 Principe de la méthode AHP

Le principe de la méthode est basé sur l'évaluation deux à deux des éléments du problème qui sont regroupés dans des tableaux de comparaison. Ils sont décrits à chaque niveau de la hiérarchie. Au niveau zéro, l'utilisateur définit le tableau de comparaison des critères, au niveau un les critères s'il s'agit d'un problème à deux niveaux, sinon les tableaux de comparaison des alternatives sur les critères.

Les tableaux de comparaison doivent être complétés en fonction des valeurs choisies dans le tableau Saaty. Saaty a établi une échelle d'évaluation qui mesure l'importance ou la différence d'un élément par rapport à un autre.

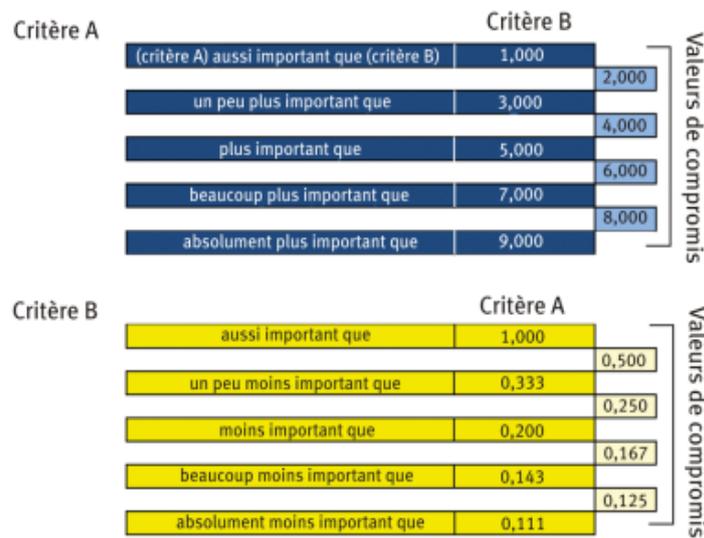


Figure II.7 Le tableau de Saaty

Les premières mesures de l'approche AHP seraient basées sur l'estimation de la fonction de priorité à partir des valeurs du tableau de comparaison, c'est-à-dire du poids de chaque critère. La formule appliquée est la suivante :

Poids du critère = somme des lignes normalisées / nombre de critère

Ce vecteur est ensuite pondéré par le poids du critère. De cette manière, les poids de chaque critère et sous-critère sont obtenus, qui interfèrent dans la pondération des vecteurs prioritaires d'alternatives déterminés avec la même formule mathématique.

II.2.2.2 Mise en pratique AHP

Étape 1 : Décomposer le problème en une structure hiérarchique Au début de la méthode, nous définissons une arborescence hiérarchique de critères, sous-critères et alternatives. Chaque élément de cette hiérarchie doit être défini

- Définir l'objectif (*niveau 0*).
- Définir les critères de décision ou de jugement (*niveau 1*).
- Le dernier niveau de la hiérarchie comprendra les différents alternatifs, choisies au préalable (*niveau 2*)

Étape 2 : Comparez deux à deux l'importance relative de tous les éléments appartenant au même niveau de la hiérarchie par rapport à l'élément du niveau supérieur.

Les matrices de comparaison ainsi obtenues auront la propriété suivante

$$A = a_{ij}$$

$$a_{ii} = 1 \text{ et } a_{ji} = 1/a_{ij}$$

Étape 03 : Calculer la valeur relative de chaque élément de la hiérarchie à partir des évaluations obtenues à l'étape 2.

La détermination des priorités des éléments de chaque matrice se fait en résolvant son propre problème vectoriel :

- a) La signification relative des différents paramètres est représentée par les valeurs vectorielles uniformes ;
- b) Plus l'importance augmente, plus le critère correspondant est significatif.

Étape 4 : Une fois que les priorités pour tous les critères de la hiérarchie ont été déterminées, le poids de chaque alternative est calculé et une classification des alternatives est effectuée.

- Construire la matrice originale.

Étape 5 : Ajustement da la matrice originale

Etape 6 : Comparaison entre les fournisseurs par rapport aux critères

Etape 7: Choisir les meilleurs fournisseurs

A. Application de l’AHP pour la sélection de station de réception

Dans la première étape nous avons choisir un ensemble des fournisseurs qui sont :

- REDA SPA
- LIANHE
- MUELLER

En va prendre les paramètres suivants comme des critères d’évaluation

- Le prix
- La garantie de fonctionnement
- La consommation énergétique
- Capacite de stockage
- L’épaisseur de tamis de filtre

La décomposition en structure hiérarchique

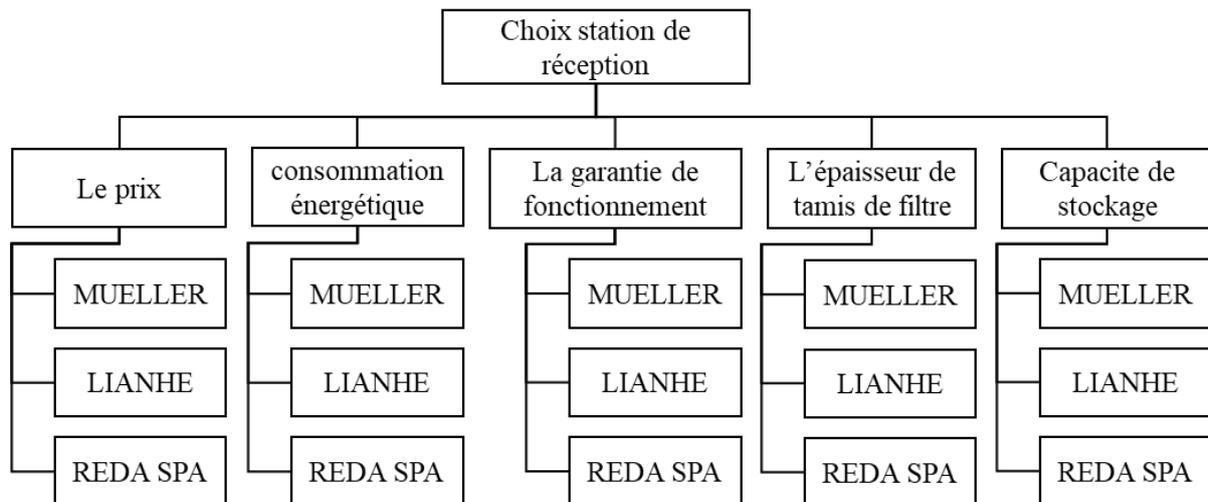


Figure II.8 Schéma de décomposition en structure hiérarchique pour la sélection de station de réception.

Tableau II.8 Matrice des données de station de réception.

Critères/Alt	REDA S.P. A	LIANHE	MUELLER
Prix (DZD)	1 580 000	1 300 000	2 000 000
Garantie (An)	02	01	02
Consommation (kWh)	15	17	15
Capacité (L)	5000	5000	5000
Épaisseur de tamis (μ)	300	400	200

4-La matrice originale

Tableau II.9 Matrice de décision de sélection de station de réception

Critères	Prix (DZD)	Garantie (An)	Consommation (kWh)	Capacité (L)	Épaisseur de tamis (μ)
Prix (DZD)	1,0000	5,0000	1,0000	3,0000	3,0000
Garantie (An)	0,2000	1,0000	0,2000	0,3333	0,3333
Consommation (kWh)	1,0000	5,0000	1,0000	3,0000	3,0000
Capacité (L)	0,3333	3,0000	0,3333	1,0000	1,0000
Épaisseur de tamis (μ)	0,3333	3,0000	0,3333	1,0000	1,0000
Total	2,8667	17,0000	2,8667	8,3333	8,3333

5-Ajustement de la matrice originale

	Prix (DZD)	Garantie (An)	Consommation (kWh)	Capacité (L)	Épaisseur de tamis (μ)	Poids
Prix (DZD)	0,3488	0,2941	0,3488	0,3600	0,3600	0,3424
Garantie (An)	0,0698	0,0588	0,0698	0,0400	0,0400	0,0557
Consommation (kWh)	0,3488	0,2941	0,3488	0,3600	0,3600	0,3424
Capacité (L)	0,1163	0,1765	0,1163	0,1200	0,1200	0,1298
Épaisseur de tamis (μ)	0,1163	0,1765	0,1163	0,1200	0,1200	0,1298
						1,0000

6-Comparaison entre les fournisseurs par rapport aux critères

a) Comparaison entre les fournisseurs par rapport **prix**

prix	REDA	LIANHE	MEULLER
REDA	1,0000	0,3333	3,0000
LIANHE	3,0000	1,0000	6,0000
MEULLER	0,3333	1,0000	0,1667
Total	4,3333	2,3333	9,1667

Ajustement de la matrice

	REDA	LIANHE	MEULLER	Poids
REDA	0,2308	0,1429	0,3273	0,2336
LIANHE	0,6923	0,4286	0,6545	0,5918
MEULLER	0,0769	0,4286	0,0182	0,1746
				1,0000

b) Comparaison entre les fournisseurs par rapport **garantie**

Garantie	REDA	LIANHE	MEULLER
REDA	1,0000	5,0000	1,0000
LIANHE	0,2000	1,0000	0,2000
MEULLER	1,0000	5,0000	1,0000
Total	2,2000	11,0000	2,2000

Ajustement da la matrice

Garantie	REDA	LIANHE	MEULLER	Poids
REDA	0,4545	0,4545	0,4545	0,4545
LIANHE	0,0909	0,0909	0,0909	0,0909
MEULLER	0,4545	0,4545	0,4545	0,4545

c) Comparaison entre les fournisseurs par rapport **consommation**

Consommation	REDA	LIANHE	MEULLER
REDA	1,0000	3,0000	1,0000
LIANHE	0,3333	1,0000	0,3333
MEULLER	1,0000	3,0000	1,0000
Total	2,3333	7,0000	2,3333

Ajustment da la matrices

	REDA	LIANHE	MEULLER	Poids
REDA	0,4286	0,4286	0,4286	0,4286
LIANHE	0,1429	0,1429	0,1429	0,1429
MEULLER	0,4286	0,4286	0,4286	0,4286

d) Comparaison entre les fournisseurs par rapport la capacité

	REDA	LIANHE	MEULLER
REDA	1,0000	1,0000	1,0000
LIANHE	1,0000	1,0000	1,0000
MEULLER	1,0000	1,0000	1,0000
Total	3,0000	3,0000	3,0000

Ajustement da la matrice

	REDA	LIANHE	MEULLER	Poids
REDA	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333
LIANHE	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333
MEULLER	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333

e) Comparaison entre les fournisseurs par rapport **Epaisseur de tamis**

	REDA	LIANHE	MEULLER
REDA	1,0000	3,0000	0,3333
LIANHE	0,3333	1,0000	0,1667
MEULLER	3,0000	6,0000	1,0000
Total	4,3333	10,0000	1,5000

Ajustement da la matrice

	REDA	LIANHE	MEULLER	Poids
REDA	0,2308	0,3000	0,2222	0,2510
LIANHE	0,0769	0,1000	0,1111	0,0960
MEULLER	0,6923	0,6000	0,6667	0,6530
				1,0000

f) Choisir le meilleur fournisseur

	Prix (DZD)	Garantie (An)	Consommation (kWh)	Capacité (L)	Épaisseur de tamis (μ)	
REDA	0,0800	0,0253	0,1467	0,0433	0,0326	0,3279
LIANHE	0,2026	0,0051	0,0489	0,0433	0,0125	0,3123
MEULLER	0,0598	0,0253	0,1467	0,0433	0,0848	0,3598
						1,0000

La machine de la marque MEULLER est le meilleur choix pour la station de réception

Tableau II.10 tableau de résultat de choix d'une station de réception par la méthode AHP

Critères	MUELLER
Prix (DZD)	2 000 000
Garantie (An)	02
Consommation (kWh)	15
Capacité (L)	5000
Épaisseur de tamis (μ)	200

B. Application de l'AHP pour la sélection d'écumeuse

Dans la première étape nous avons choisir un ensemble des fournisseurs qui sont :

- REDA SPA
- LIANHE
- MUELLER

En va prendre les paramètres suivants comme des critères d'évaluation

- Vitesse de rotation
- Capacité de traitement
- Garantie de fonctionnement
- La consommation énergétique
- Le prix

La décomposition en structure hiérarchique

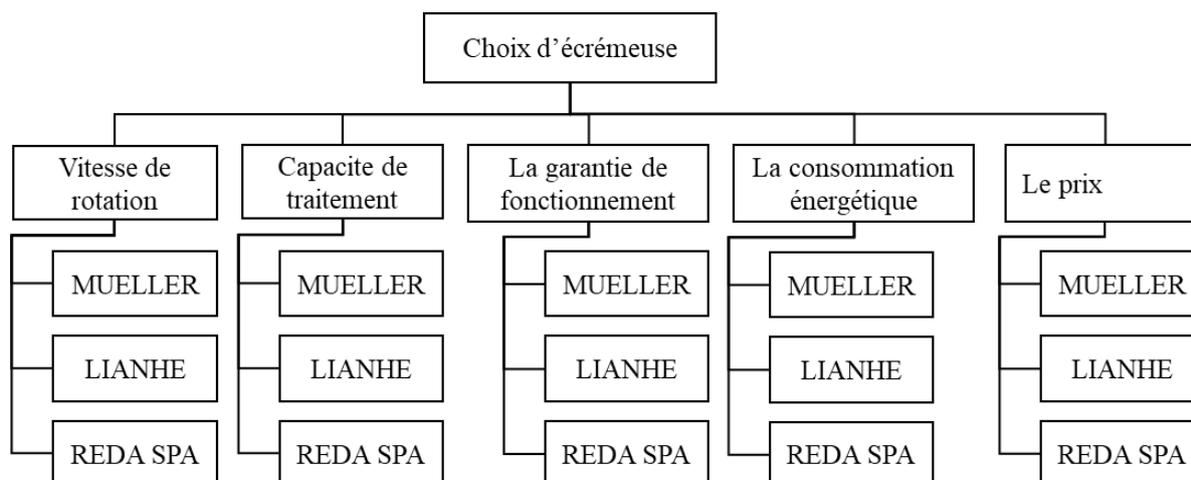


Figure II.9 Schéma de décomposition hiérarchique pour la sélection de machine écrémeuse

Tableau II.11 Matrice des données de machine écrémeuse

Critères	REDA S.P. A	LIANHE	MEULLER
Vitesse de rotation (r/min)	6600	6220	7000
Capacité (L/h)	1000	1000	1000
Garantie (An)	2	1	2
Consommation (kWh)	8.5	7.5	9
Prix (DZD)	952 000	833 000	1 470 424

4-La matrice originale

	Prix (DZD)	Garantie (An)	Consommation (kWh)	Vitesse (r/min)	Capacité (L/h)
Prix (DZD)	10,000	20,000	10,000	20,000	30,000
Garantie (An)	0,5000	10,000	0,3333	0,3333	30,000
Consommation (kWh)	10,000	30,000	10,000	20,000	30,000
Vitesse (r/min)	0,5000	30,000	0,5000	10,000	10,000
Capacité (L/h)	0,3333	10,000	0,3333	10,000	10,000
Total	33,333	100,000	31,667	63,333	110,000

5-ajustement de la matrice originale

	Prix (DZD)	Garantie (An)	Consommation (kWh)	Vitesse (r/min)	Capacité (L/h)	
Prix (DZD)	0,3000	0,2000	0,3158	0,3158	0,2727	0,2809
Garantie (An)	0,1500	0,1000	0,1053	0,0526	0,2727	0,1361
Consommation (kWh)	0,3000	0,3000	0,3158	0,3158	0,2727	0,3009
Vitesse (r/min)	0,1500	0,3000	0,1579	0,1579	0,0909	0,1713
Capacité (L/h)	0,1000	0,1000	0,1053	0,1579	0,0909	0,1108
						1,0000

6-Comparaison entre les fournisseurs par rapport aux critères**1-Comparaison entre les fournisseurs par rapport vitesse de rotation**

	REDA	LIANHE	MEULLER
REDA	1,0000	2,0000	0,2500
LIANHE	0,5000	1,0000	0,2500
MEULLER	0,5000	4,0000	1,0000
Total	2,0000	7,0000	1,5000

Ajustement de la matrice

	REDA	LIANHE	MEULLER	Poids
REDA	0,5000	0,2857	0,1667	0,3175
LIANHE	0,2500	0,1429	0,1667	0,1865
MEULLER	0,2500	0,5714	0,6667	0,4960

2-Comparaison entre les fournisseurs par rapport capacite

	REDA	LIANHE	MEULLER
REDA	1,0000	1,0000	1,0000
LIANHE	1,0000	1,0000	1,0000
MEULLER	1,0000	1,0000	1,0000
Total	3,0000	3,0000	3,0000

Ajustement de la matrice

	REDA	LIANHE	MEULLER	Poids
REDA	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333
LIANHE	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333
MEULLER	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333
				1,0000

3-Comparaison entre les fournisseurs par rapport garantie

	REDA	LIANHE	MEULLER
REDA	1,0000	5,0000	1,0000
LIANHE	0,2000	1,0000	0,2000
MEULLER	1,0000	5,0000	1,0000
Total	2,2000	11,0000	2,2000

Ajustement de la matrice

	REDA	LIANHE	MEULLER	Poids
REDA	0,4545	0,4545	0,4545	0,4545
LIANHE	0,0909	0,0909	0,0909	0,0909
MEULLER	0,4545	0,4545	0,4545	0,4545

4-Comparaison entre les fournisseurs par rapport à la consommation

	REDA	LIANHE	MEULLER
REDA	1,0000	1,0000	2,0000
LIANHE	1,0000	1,0000	2,0000
MEULLER	0,5000	0,5000	1,0000
Total	2,5000	2,5000	5,0000

Ajustement de la matrice

	REDA	LIANHE	MEULLER	Poids
REDA	0,4000	0,4000	0,4000	0,4000
LIANHE	0,4000	0,4000	0,4000	0,4000
MEULLER	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000

5-Comparaison entre les fournisseurs par rapport prix

	REDA	LIANHE	MEULLER
REDA	1,0000	0,5000	2,0000
LIANHE	2,0000	1,0000	3,0000
MEULLER	0,5000	0,3333	1,0000
Total	3,5000	1,8333	6,0000

Ajustement de la matrice

	REDA	LIANHE	MEULLER	Poids
REDA	0,2857	0,2727	0,3333	0,2973
LIANHE	0,5714	0,5455	0,5000	0,5390
MEULLER	0,1429	0,1818	0,1667	0,1638
				1,0000

7- choisir le meilleur fournisseur

	Prix	Garantie	Consommation	Vitesse	Capacite	
REDA	0,0835	0,0619	0,1203	0,0544	0,0369	0,3570
LIANHE	0,1514	0,0124	0,1203	0,0320	0,0369	0,3530
MEULLER	0,0460	0,0619	0,0602	0,0850	0,0369	0,2900
						1,0000

La machine de la marque REDA S.P.A est le meilleur choix pour l'écumeuse

Critères	REDA S.P. A	
Vitesse de rotation	6600tr/min	
Capacite	1000 l/h	
Garantie	2ans	
Consommation	8.5kwh	
Prix	952 000 da	

C. Application de l'AHP pour la sélection d'homogénéisateurs

Dans la première étape nous avons choisir un ensemble des fournisseurs qui sont :

-REDA SPA,

-LIANHE,

-MUELLER

En va prendre les paramètres suivants comme des critères d'évaluation

- Précision Granulométrie
- Débit
- Garantie de fonctionnement
- La consommation énergétique
- Le prix

La décomposition en structure hiérarchique

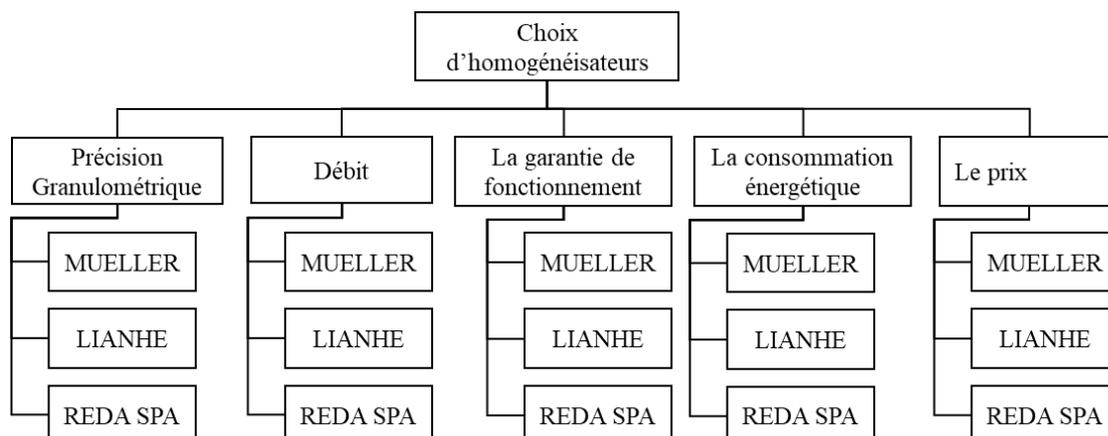


Figure II.10 La décomposition en structure hiérarchique de sélection de machine homogénéisateur

Tableau II.12 Matrice des données de machine homogénéisateur

Critères/alt	Reda S.P. A	LIANHE	MEULLER
Précision (%)	80	75	85
Débit (L)	1000	1000	1000
Garantie (An)	2	1	2
Consommation (kWh)	72.5	70	70
Prix (DZD)	2 700 000	2 414 000	2 700 000

4-La matrice originale

	Prix (DZD)	Garantie (An)	Consommation (kWh)	Débit (L)	Précision (%)
Prix (DZD)	1,0000	5,0000	1,0000	3,0000	2,0000
Garantie (An)	0,2000	1,0000	0,2000	0,3333	0,3333
Consommation (kWh)	1,0000	5,0000	1,0000	3,0000	3,0000
Débit (L)	0,3333	3,0000	0,3333	1,0000	1,0000
Précision (%)	0,5000	3,0000	0,3333	1,0000	1,0000
Total	3,0333	17,0000	2,8667	8,3333	7,3333

5-ajustement de la matrice originale

	Prix (DZD)	Garantie (An)	Consommation (kWh)	Débit (L)	Précision (%)	Poids
Prix (DZD)	0,3297	0,2941	0,3488	0,3600	0,2727	0,3211
Garantie (An)	0,0659	0,0588	0,0698	0,0400	0,0455	0,0560
Consommation (kWh)	0,3297	0,2941	0,3488	0,3600	0,4091	0,3483
Débit (L)	0,1099	0,1765	0,1163	0,1200	0,1364	0,1318
Précision (%)	0,1648	0,1765	0,1163	0,1200	0,1364	0,1428
						10,000

6-Comparaison entre les fournisseurs par rapport aux critères

1-Comparaison entre les fournisseurs par rapport Précision

Précision	REDA	LIANHE	MEULLER
REDA	1,0000	3,0000	0,2500
LIANHE	0,3333	1,0000	0,2000
MEULLER	2,0000	5,0000	1,0000
Total	3,3333	9,0000	1,4500

Ajustement de la matrice

	REDA	LIANHE	MEULLER	Poids
REDA	0,3000	0,3333	0,1724	0,2686
LIANHE	0,1000	0,1111	0,1379	0,1163
MEULLER	0,6000	0,5556	0,6897	0,6151
				1,0000

2-Comparaison entre les fournisseurs par rapport Débit

Débit	REDA	LIANHE	MEULLER
REDA	1,0000	1,0000	1,0000
LIANHE	1,0000	1,0000	1,0000
MEULLER	1,0000	1,0000	1,0000
Total	3,0000	3,0000	3,0000

Ajustement de la matrice

	REDA	LIANHE	MEULLER	Poids
REDA	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333
LIANHE	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333
MEULLER	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333

3-Comparaison entre les fournisseurs par rapport garantie

Garantie	REDA	LIANHE	MEULLER
REDA	1,0000	4,0000	1,0000
LIANHE	0,2500	1,0000	0,2500
MEULLER	1,0000	5,0000	1,0000
Total	2,2500	10,0000	2,2500

Ajustement de la matrice

	REDA	LIANHE	MEULLER	Poids
REDA	0,4444	0,4000	0,4444	0,4296
LIANHE	0,1111	0,1000	0,1111	0,1074
MEULLER	0,4444	0,5000	0,4444	0,4630

4-Comparaison entre les fournisseurs par rapport à la consommation

Consommation	REDA	LIANHE	MEULLER
REDA	1,0000	0,3333	0,3333
LIANHE	3,0000	1,0000	1,0000
MEULLER	3,0000	1,0000	1,0000
Total	7,0000	2,3333	2,3333

Ajustement de la matrice

	REDA	LIANHE	MEULLER	Poids
REDA	0,1429	0,1429	0,1429	0,1429
LIANHE	0,4286	0,4286	0,4286	0,4286
MEULLER	0,4286	0,4286	0,4286	0,4286

5-Comparaison entre les fournisseurs par rapport prix

Prix	REDA	LIANHE	MEULLER
REDA	1,0000	0,5000	1,0000
LIANHE	2,0000	1,0000	2,0000
MEULLER	1,0000	0,5000	1,0000
Total	4,0000	2,0000	4,0000

Ajustement de la matrice

	REDA	LIANHE	MEULLER	Poids
REDA	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500
LIANHE	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000
MEULLER	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500
				1,0000

7- choisir le meilleur fournisseur

	Prix	Garantie	Consommation	Débit	Précision	Poids
REDA	0,0803	0,0241	0,0498	0,0439	0,0384	0,2364
LIANHE	0,1605	0,0060	0,1493	0,0439	0,0166	0,3764
MEULLER	0,0803	0,0259	0,1493	0,0439	0,0878	0,3872
						1,0000

La machine de la marque MEULLER est le meilleur choix pour l'Homogénéisateur

Tableau II.13 La résultat de sélection de machine homogénéisateur par la méthode AHP

Critères	MEULLER	
Précision (%)	85	
Débit (L)	1000	
Garantie (An)	2	
Consommation (kWh)	70	
Prix (DZD)	2 700 000	

II.3 Troisième outil Topsis

II.3.1 Définition de la méthode topsis

TOPSIS (la technique de préférence d'ordre par similitude avec la solution idéale), est une technique de prise de décision multicritères (MCDM/MCDA), développé par Hwang et Yoon en 1981, est une simple méthode de classement dans la conception et l'application. La méthode TOPSIS standard tente de choisir des scénarios qui ont simultanément la distance (euclidiennes) la plus proche de la solution idéale positive et la plus éloignée de la solution idéale négative. La solution idéale positive maximise les critères de bénéfice et minimise les critères de coût, tandis que la solution idéale négative maximise les critères de coût et minimise les critères de bénéfice.

La méthode TOPSIS vise, dans un premier temps, à réduire le nombre de scénarios de désambiguïsation en écartant les scénarios dominés. et en deuxième temps, à classer d'une façon cardinale Les scénarios efficace sur la base d'un ensemble de critères favorables ou défavorables et selon leur score global. Et n'exige pas que les préférences d'attribut soient indépendantes (22); (23).

II.3.2 Principe de la méthode Topsis

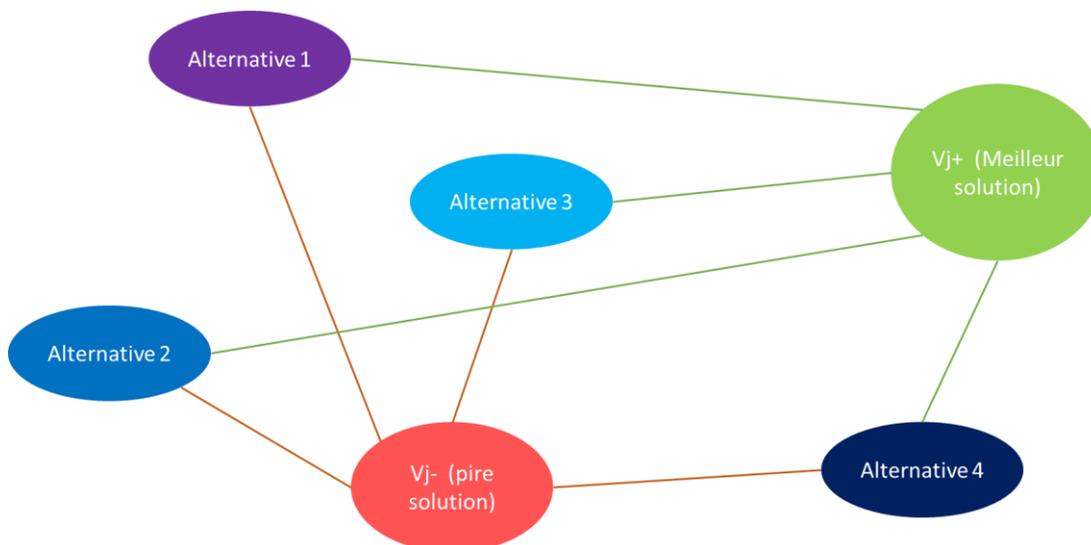


Figure II.11 Schéma montre le principe de la méthode Topsis

Le principe de base de la méthode TOPSIS est que l'alternative choisie doit avoir la « distance la plus courte » de la solution idéale positive et la « distance la plus éloignée » de la solution idéale négative. La méthode TOPSIS introduit deux points «de référence », mais elle ne tient pas compte de l'importance relative des distances par rapport à ces points. La mise en pratique de la méthode topsis peut être résumé dans les étapes suivants :

II.3.2.1 Étape 1 : Construire la matrice d'entrée (Matrice de décision Initiale)

Établir des critères d'évaluation du système qui relient les capacités du système aux objectifs (identification des critères d'évaluation).

Définir l'échelle de mesure des valeurs de chaque critère (traduction des valeurs linguistique aux valeurs numérique ex : pas intéressent =2, très intéressent =8).

Construire la matrice des scores attribuées à chaque critère relativement à chaque alternative $[X_{i,j}]$.

II.3.2.2 Étape 2 : Construire la matrice de décision normalisée $r_{i,j}$

Normaliser la matrice en utilisant la distance euclidienne _Equation II.1.

$$r_{i,j} = X_{i,j} / \sqrt{\sum X_{i,j}^2} \text{ pour } i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n \quad \text{EqII.1}$$

où x_{ij} et r_{ij} sont les scores originaux et normalisés de la matrice de décision, respectivement

II.3.2.3 Étape 3 : Construire la matrice de décision normalisée pondérée $V_{i,j}$

Identifier le poids des critères.

Multiplier les entrées de la matrice par les poids associée aux critères

$$V_{i,j} = w_j r_{i,j}; \quad \text{où } w_j \text{ est le poids du critère} \quad \text{Eq II. 2}$$

II.3.2.4 Etape 4 : Déterminer la solution idéale positive et la solution idéale négative (identification de V_j^+ et V_j^-)

Calcul de la solution favorable idéale V_j^+ :

$$V_j^+ = \{\max_i X_{i,j} (i \in J^+) | \min_i X_{i,j} (i \in J^-)\} \quad \text{Eq II.3}$$

$$V_j^+ = \{r_j^+ + j = 1, \dots, m\}$$

Calcul de la solution défavorable idéale V_j^-

$$V_j^- = \{\min_i X_{i,j} (i \in J^+) | \max_i X_{i,j} (i \in J^-)\} \quad \text{Eq II.4}$$

$$V_j^- = \{r_j^- - j = 1, \dots, m\}$$

II.3.2.5 Etape 5 : Calculez la distance de chaque alternative de la solution idéale positive et de la solution idéale négative

S_i^+ La distance de l'alternative idéale positive est :

$$S_i^+ = \left[\sum_{j=1}^m (V_j^+ - V_{i,j})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \text{ Avec } i=1, \dots, m; \quad \text{Eq II.5}$$

S_i^- La distance de l'alternative idéale négative est :

$$S_i^- = \left[\sum_{j=1}^m (V_j^- - V_{i,j})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \text{ Avec } i=1, \dots, m; \quad \text{Eq II.6}$$

II.3.2.6 Etape 5 : Calculez la proximité de chaque alternative

$$P_i^* = S_i^- / S_i^- + S_i^+ \quad \text{Eq II.7}$$

II.3.3 Mis en pratique de la méthode TOPSIS

Pour appliquer cette technique, les valeurs d'attributs doivent être numériques, augmenter ou diminuer de façon monotone et avoir des unités commensurables.

Premièrement, nous allons définir les valeurs à attribuer à chaque critère (caractéristiques de nos machines candidats) et construire la matrice des scores $X_{i,j}$ alternatives x critère (Analyser le choix des modèles de machines sur la base des critères positifs et négatifs).

II.3.3.1 Choix pour Les écrémeuses centrifugeuses :

A. Partie des données

Pour la première machine « écrémeuse » nous avons choisis les critères suivants :

Critères positifs (+) : Vitesse de rotation, Capacité, Garantie.

Critères négatives (-) : Consommation Energétique (couts fonctionnelle), Cout d'achat (couts d'investissement).

Pour les critères positifs (vitesse de rotation, Capacité, Garantie), plus le score est important plus le critère est positif (favorable). Et pour les critères négatives (consommation, cout) plus le score est important plus le critère est négatif (défavorable).

Nous avons pondéré chaque critère par un poids qui reflète l'importance du critère dans notre choix final, les pondérations doivent être définies de sorte et ce que leur somme soit égale à 1.

Les pondérations suivantes sont attribuées aux 5 critères dans l'ordre : Vitesse de rotation (**0.2**), Capacité (**0.2**), Garantie (**0.1**), Consommation énergétique (**0.25**), Cout d'investissement (**0.25**).

Etape 01 : Construction de matrice des entrées :**Tableau II.14 Matrice des entrées de machine écrémeuses**

Weights	0.2	0.2	0.1	0.25	0.25
Alt/Critère	Vitesse de rotation (r/min)	Capacité (Lph)	Garantie (An)	Consommation (KWh)	Cout d'investissement (DZD)
Reda SPA	6600	1000	2	8.5	952000
LIANHE	6220	1000	1	8.5	833000
MEULLER	7000	1000	2	9	1047424

B. Partie analyse**Etape2 : Matrice normalisée par critère (attribut)**

Après avoir formé une matrice de décision initiale, la procédure commence par normaliser la matrice de décision en utilisant la (formule 1)

Alt/Critère	Vitesse de rotation (r/min)	Capacité (Lph)	Garantie (An)	Consommation (KWh)	Cout d'investissement (DZD)
Reda SPA	0.576099	0.57735	0.666667	0.566038084	0.579659722
LIANHE	0.542929	0.57735	0.333333	0.566038084	0.507202257
MEULLER	0.611014	0.57735	0.666667	0.599334442	0.637762085

Etape3 : Matrice normalisée et pondérée

Ceci est suivi par la construction de la matrice de décision normalisée pondérée ($V_{i,j}$) (formule 2).

Poids (W)	0.2	0.2	0.1	0.25	0.25
Alt/Critère	Vitesse de rotation (r/min)	Capacité (Lph)	Garantie (An)	Consommation (KWh)	Cout d'investissement (DZD)
Reda SPA	0.11522	0.11547	0.06667	0.141509521	0.144914931
LIANHE	0.108586	0.11547	0.03333	0.141509521	0.126800564
MEULLER	0.122203	0.11547	0.06667	0.149833611	0.159440521

Etape 04 : Détermination des solutions idéales positives et idéales négatives

Etape 04 (a) : Calcul de la solution favorable idéale Vj^+ (formule 3)

	Vitesse de rotation (r/min)	Capacité (Lph)	Garantie (Ans)	Consommation (KWh)	Cout d'investissement (DZD)
Vj^+	0.1222	0.11547	0.06667	0.141509521	0.126800564

Etape 04 (b) : Calcul de la solution défavorable idéale Vj^- (formule 4)

	Vitesse de rotation (r/min)	Capacité (Lph)	Garantie (An)	Consommation (KWh)	Cout d'investissement (DZD)
Vj^-	0.10859	0.11547	0.03333	0.149833611	0.159440521

Etape 05 : Calcul des mesures de distance pour chaque alternative Si^+ (formule 5) et Si^- (formule 6), Ensuite (**Etape 06**) On calcule la proximité relative de la solution idéale P_i^* (formule 7).

La meilleure alternative est celle qui a le P_i^* le plus proche de 1.

Tableau II.15 Résultat de choix de machine écrémeuse

Alternative	Si+	Si-	Pi*	ordre de choix	Répartition de coefficients
Reda SPA	0.01941	0.03789	0.66119	1	39.80%
LIANHE	0.03601	0.03368	0.48334	3	29.10%
MEULLER	0.03368	0.03601	0.51666	2	31.10%

En conclusion le classement en ordre décroissant des 3 modèles d'écrémeuse centrifugeuse sur la base des scores et pondérations fournis est le suivant :

- Reda SPA (39.80%).
- Mueller (31.10%).
- Lianhee (29.10%).

II.3.3.2 Choix pour Les homogénéisateurs:

A. **Partie des données** : Pour la deuxième machine « homogénéisateur » nous avons choisis les critères suivants :

- **Les critères positifs** (Précision, Débit, Garantie).
- **Les critères négatifs** (Consommation, Cout d'investissement).

Les pondérations suivantes sont attribuées aux 5 critères dans l'ordre : Précision (**0.2**), Débit (**0.2**), Garantie (**0.1**), Consommation énergétique (**0.25**), Cout d'investissement (**0.25**).

Etape 01 : Construction de matrice des entrées :

Tableau II.16 Matrice des entrées de machine homogénéisateur.

Alt/Critère	Précision (%)	Débit (Lph)	Garantie (An)	Consommation (KWh)	Cout d'investissement (DZD)
Reda SPA	80	1000	2	72.5	2700000
LIANHE	75	1000	1	70	2414000
MEULLER	85	1000	2	70	2700000

B. Partie analyse

Etape2 : Construction de la matrice de décision normalisée en termes de critère (formule 1)

Alt/Critère	Précision (%)	Débit (Lph)	Garantie (An)	Consommation (KWh)	Cout d'investissement (DZD)
Reda SPA	0.5766	0.57735	0.66667	0.590853208	0.597681713
LIANHE	0.54056	0.57735	0.33333	0.57047896	0.534371724
MEULLER	0.61264	0.57735	0.66667	0.57047896	0.597681713

Etape3 : Construction de la matrice normalisée et pondérée W_{ij} (formule 2)

Poids (W)	0.2	0.2	0.1	0.25	0.25
Alt/Critère	Précision (%)	Débit (Lph)	Garantie (An)	Consommation (KWh)	Cout d'investissement (DZD)
Reda SPA	0.11532	0.11547	0.06667	0.147713302	0.149420428
LIANHE	0.10811	0.11547	0.03333	0.14261974	0.133592931
MEULLER	0.12253	0.11547	0.06667	0.14261974	0.149420428

Matrice normalisée et pondérée W_{ij}

Etape4 : Calcul des solutions idéales :

Etape4(a) : Calcul de la solution favorable idéale V_j^+

V_j^+	Précision (%)	Débit (Lph)	Garantie (Ans)	Consommation (KWh)	Cout d'investissement DZD
	0.12253	0.11547	0.06667	0.14261974	0.133592931

Etape4(b) : Calcul de la solution défavorable idéale V_j^-

V_j^-	Précision (%)	Débit (Lph)	Garantie (Ans)	Consommation (KWh)	Cout d'investissement (DZD)
	0.10811	0.11547	0.03333	0.147713302	0.149420428

Etape 5 : Calcul de l'écart de la solution Si^+ et Si^- de chaque Alternative et calcul de proximité de chaque alternative Pi^*

Tableau II.17 Résultat de choix de machine Homogénéisateur

Alternative	Si+	Si-	Pi*	ordre de choix	Répartition de coefficients
Reda SPA	0.01812	0.0341	0.65301	2	39.21%
LIANHE	0.03632	0.01663	0.31405	3	18.86%
MEULLER	0.01583	0.03667	0.69852	1	41.94%

En conclusion le classement en ordre décroissant des 3 modèles d'homogénéisateur sur la base des scores et pondérations fournis est le suivant : Meuller / Reda SPA /Lianhe

II.3.3.3 Choix pour Station de réception :

A. Partie des données :

Pour la troisième station « réception de lait » nous avons choisis les critères suivants :

- **Les critères positifs** (Capacité, Garantie).
- **Les critères négatives** (Epaisseur de tamis *_L'épaisseur le plus important est le plus fin_*, Consommation, Cout d'investissement).

Les pondérations suivantes sont attribuées aux 5 critères dans l'ordre : Capacité (**0.2**), Garantie (**0.1**), Epaisseur de tamis (**0.2**), Consommation énergétique (**0.25**), Cout d'investissement (**0.25**).

Etape 01 : Construction de matrice des entrées :

Tableau II.18 Matrice des entrées de Station de réception

Poids (W)	0.2	0.2	0.1	0.25	0.25
Alt/Critère	Capacité (L)	Garantie (An)	Epaisseur de tamis (μ)	Consommation (KWh)	investissement (DZD)
Reda SPA	5000	2	300	15	1580000
LIANHE	5000	1	400	17	1300000
MEULLER	5000	2	200	15	2000000

B. Partie analyse

Etape2 : Matrice normalisée par critère (formule 1)

Alt/Critère	Capacité (L)	Garantie (Ans)	Epaisseur de tamis (μ)	Consommation (KWh)	investissement (DZD)
Reda SPA	0.57735	0.66667	0.55709	0.55178392	0.552218061
LIANHE	0.57735	0.33333	0.74278	0.625355109	0.454356632
MEULLER	0.57735	0.66667	0.37139	0.55178392	0.699010203

Etape3 : Matrice normalisée et pondérée (formule 2)

Poids (W)	0.2	0.1	0.2	0.25	0.25
Alt/Critère	Capacité L	Garantie (Ans)	Epaisseur de tamis (μ)	Consommation (KWh)	d'investissement (DZD)
Reda SPA	0.11547	0.066667	0.111417	0.13794598	0.138054515
LIANHE	0.11547	0.033333	0.148556	0.156338777	0.113589158
MEULLER	0.11547	0.066667	0.074278	0.13794598	0.174752551

Etape 04 : Détermination des solutions idéales positives et idéales négatives

Etape 04 (a) : Calcul de la solution favorable idéale V_j^+ (formule 3)

	Capacité (L)	Garantie (An)	Epaisseur de tamis (μ)	Consommation (KWh)	Cout d'investissement (DZD)
V_j^+	0.11547	0.066667	0.074278	0.13794598	0.113589158

Etape 04 (b) : Calcul de la solution défavorable idéale V_j^- (formule 4)

V_j^-	Capacité (L)	Garantie (An)	Epaisseur de tamis (μ)	Consommation (KWh)	Cout d'investissement (DZD)
	0.115470054	0.03333	0.14856	0.15634	0.174752551

Etape 05 : Calcul des mesures de distance pour chaque alternative S_i^+ (formule 5) et S_i^- (formule 6), Ensuite (**Etape 06**) On calcule la proximité relative de la solution idéale P_i^* (formule 7).

Alternative	Si+	Si-	Pi*	ordre de choix	Répartition de coefficients
Reda SPA	0.04447	0.06462	0.59233	1	37.20%
LIANHE	0.08347	0.06116	0.4229	3	26.56%
MEULLER	0.06116	0.08347	0.5771	2	36.24%

D'après le résultat obtenus le classement en ordre décroissant des 3 modèles de station de réception sur la base des scores et pondérations fournis est le suivant : en première position Reda SPA avec une répartition de coefficients de 37.20% suivie de Meuller une répartition de coefficients 36.24% et en dernière position Lianhe avec une répartition de coefficients de 26.56%.

Résultat final de sélection

	Matrice de décision	A.H.P	Topsis	Choix finale
Station de réception	REDA SPA	MEULLER	REDA SPA	REDA SPA
écrémeuse	REDA SPA	REDA SPA	REDA SPA	REDA SPA
homogénéisateur	MEULLER	MEULLER	REDA SPA	MEULLER

Ce tableau combine les résultats de sélection des machines selon les trois méthode MDCM, en fait le choix final par dominance entre les alternatives par rapport aux méthodes, par exemple dans le choix d'une écrémeuse REDA SPA domine les autres alternatives par dominance absolue. Pour le choix d'une station de réception REDA SPA domine par dominance générale.

II.4 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons effectués une étude technique en adoptons plusieurs outils de prise de décision (MCDM) plus précisément la matrice de décision, AHP, TOPSIS. Afin de comparer entre la meilleure décision à considérer pour l'achat d'une nouvelle machine. Nous avons choisi ces méthodes sur la base de simplicité et la stabilité considérant que chaque méthode a des domaines d'application. La matrice de décision Méthode quantitative a un large éventail d'utilisation et elle est très efficace, à cause de sa simplicité et l'utilisation de la logique que l'émotion pour prendre le meilleur scénario entre plusieurs options.

La méthode AHP en tant qu'un outil adapté aux problèmes multicritère ça fournir la capacité de choisi multiples solutions qui satisfont un ensemble des objectives, elle est très connue dans les domaines suivants (mesure de la qualité des logiciel orienté objet, développement de produits, sélection des produits, sélection des vendeurs)

Topsis aussi est adapté aux problèmes multicritères, ou elle choisit comme meilleure solution la plus proche à la solution idéale positif et la plus éloignée de la solution idéale négative parmi ces domaines d'utilisation (sélection de machines-outils, sélection de robots, Évaluation de la sécurité dans les entreprises, Identification des meilleurs emplacements pour l'installation d'usine ou des centres d'appels).

Les résultats obtenus on permit de fournir le meilleur choix de machine compte tenu des différentes contraintes de l'entreprise étudié.

Chapitre III : La sélections des collecteurs de lait cru

III.1 INTRODUCTION

Compte tenu de la forte concurrence qui règne aujourd'hui sur les marchés, de nombreux fabricants ont aujourd'hui du mal à choisir le fournisseur approprié en termes de qualité de leurs services et produits et satisfont ainsi leurs clients grâce à une gestion efficace des achats, ce qui représente à son tour une large part estimée de 40 à 80% du prix total du produit.

Par conséquent, la sélection des fournisseurs devient une décision stratégique qui a un impact décisif sur la performance globale de l'ensemble de l'entreprise.

Le problème de sélection de fournisseurs peut être étudiée sous deux aspects, premièrement, La Définition du nombre de fournisseurs candidat et le mode de relation entre eux. Puis, le choix des meilleurs fournisseurs parmi les alternatives existe.

Ce chapitre présente les critères de sélection des fournisseurs et l'une des nouvelles méthodes plus efficaces dans la sélection et le classement des meilleurs fournisseurs, en justifient le choix d'utilisation de cette méthode par une comparaison entre les différentes méthodes.

III.2 La sélection des fournisseurs

La sélection des fournisseurs est une fonction importante et délicate pour les services achats, car ils doivent hiérarchiser et peser de nombreux critères, qualitatifs et quantitatifs, subjectifs et objectifs. Traditionnellement, un bon fournisseur doit proposer le produit demandé dans les délais et la qualité spécifiés. Il a des prix acceptables et réagit avec souplesse et efficacité à tout changement souhaité. Au mieux, il met son pouvoir de recherche et développement au service de la société acheteuse, Il prend des initiatives pour améliorer le service ou le produit offert, et surtout, s'intègre pour répondre aux problèmes de l'entreprise cliente.

III.2.1 Les critères de sélection des fournisseurs

En ce qui concerne les grilles de sélection, de nombreuses études empiriques et exploratoires sur le choix et l'évaluation des fournisseurs sont apparues dans la littérature pour montrer l'importance stratégique de cette problématique.

En 1966, l'étude Dickson, une étude empirique effectuée auprès de 274 entreprises canadiennes et américaines membres de la National Association of Purchasing *Managers* (NAPM) pour

sélectionner leurs fournisseurs, avait permis d'identifier 23 critères de choix (Décision de choix est multicritères). L'étude a montré à la fois que la sélection des fournisseurs et une décision multicritère qui implique souvent la considération simultanée des critères dont la majorité concerne directement au produit tels que la qualité, le prix et le délai de livraison. Et qu'il est difficile de trouver un fournisseur qui excelle dans tous les critères. (22)

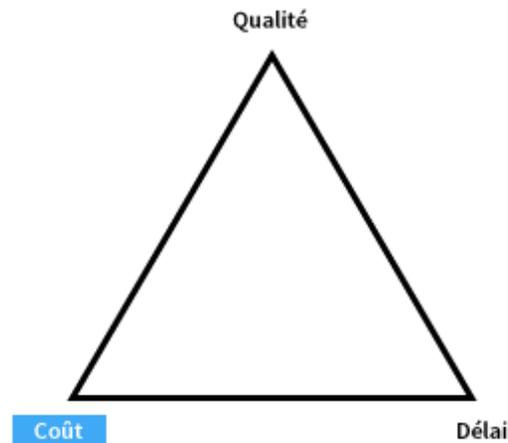


Figure III.1 Triange de qualité

Un fournisseur qui offre le meilleur cout peut ne pas avoir les meilleures performances de la livraison et de la qualité.

En 1991, Weber & Al a confirmé les critères évoqués par Dickson en 1966 dans une étude documentaire basé sur 74 articles publié entre 1966 et 1990, mais l'importance et le coefficient accordé à chaque critère ont changé suit aux changements qui ont touché les différentes économies ; (mondialisation, JIT...).

Le tableau suivant montre les deux types de classification du degré d'importance des critères relatives aux choix des fournisseurs introduit par dikson et weber :

Classification empirique basé sur l'enquête réalisée auprès des entreprises membres de NAPM aux années 60. (23)

Classification théorique basée sur l'analyse des articles publiée entre 1966 et 1990 (24)

Tableau III.1 critères de sélection des fournisseurs et leurs poids selon Dickson et weber

Critères	Rang selon Dickson	Rang selon Weber
Prix	6	1
Livraison	2	2
Qualité	1	3
Capacité de production	5	4
Localisation géographique	20	5
Capacité technique	7	6
Gestion et organisation	13	7
Réputation et position dans l'industrie	11	8
Situation financière	8	9
Performance Passée	3	9
Services de réparation	15	9
Attitude	16	10
Habilité d'emballage	18	11
Contrôle des opérations	14	11
Formation et support	22	12
Conformité des processus	9	12
Relations sociales	19	12
Système de communication	10	12
Réciprocité de la relation	23	12
Impression	17	12
Désir de faire des affaires	12	13
Volume des achats dans le passé	21	13
Politique de garantie	4	14

Enfin, weber et Al. Ont montré que 64% des critères parmi les 23 critères présentés par Dickson c-t-à dire 47/74 des articles considèrent plus qu'un seul critère à la fois, ceci confirme bien la nature multicritère du problème. Et 57% des article sont apparus depuis 1985, ce qui signifie l'intérêt croissant au problème de sélection des fournisseurs pendant ces dernières années.

III.3 La méthode Moora

Nos fournisseurs candidat situer autour de Tlemcen à moins de 90km comme la carte ci-dessous montre.

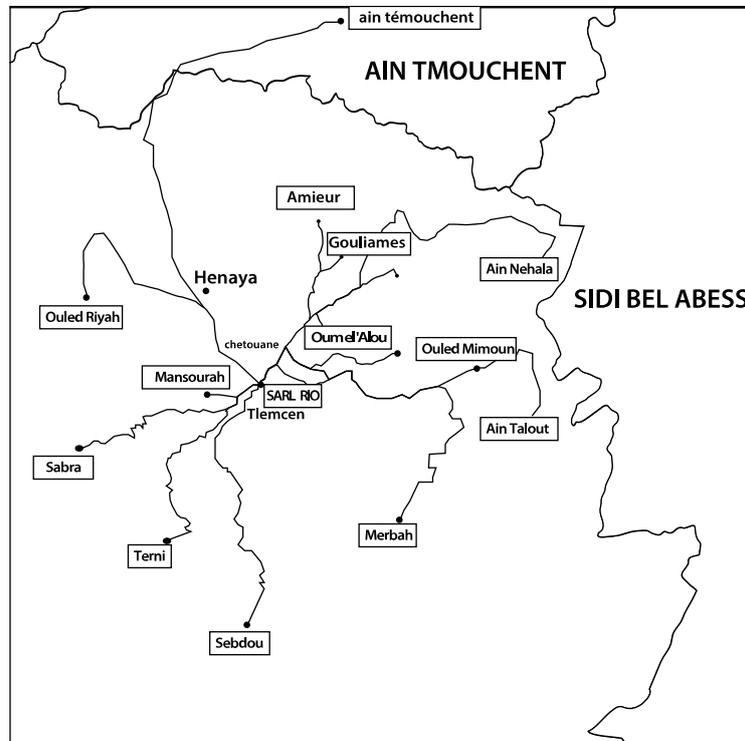


Figure III.2 Carte des zones de collection de nos fournisseurs candidat

III.3.1 Définition de Moora

L'optimisation multi-objectifs sur la base de l'analyse des ratios (MOORA), également connue sous le nom d'optimisation multicritères ou multi-attributs, est le processus d'optimisation simultanée de deux ou plusieurs attributs (objectifs) conflictuels soumis à certaines contraintes. Cette méthode a un large éventail d'applications pour prendre des décisions dans des domaines conflictuels et complexes de l'environnement de la chaîne d'approvisionnement. Sélection de l'emplacement de l'entrepôt, sélection du fournisseur, sélection de la conception des produits et des processus, etc. partout où des décisions optimales doivent être prises, MOORA peut être appliqué.

Dans un environnement de fabrication en temps réel, différents décideurs ayant des intérêts et des valeurs différents rendent le processus décisionnel beaucoup plus difficile. Dans un

problème de prise de décision, les objectifs (critères) doivent être mesurables et leurs résultats peuvent être mesurés pour chaque alternative candidat. MOORA prend en compte à la fois des objectifs bénéfiques et non-bénéfiques pour classer ou sélectionner un ou plusieurs alternatives parmi un ensemble d'options disponibles en fonction de plusieurs attributs généralement conflictuels. (Brauers & Zavadskas, 2006 ; Chakraborty, 2011 ; Karande & Chakraborty, 2012)

La méthode MOORA, introduite pour la première fois par Brauers, est une telle technique d'optimisation multi-objectif qui peut être appliquée avec succès pour résoudre divers types de problèmes de prise de décision complexes dans l'environnement de fabrication.

III.3.2 Principe de la méthode

La première étape de la méthode MOORA est de construire la matrice de décision du problème. Les critères (objectifs) et les alternatives sont indiqués respectivement dans la colonne et la ligne de la matrice de décision _matrice A (1). La matrice de décision montre les performances des différentes alternatives par rapport aux différents critères.

$$A = \begin{bmatrix} X_{11} & \cdots & X_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{m1} & \cdots & X_{mn} \end{bmatrix} \quad \text{Eq III. 1}$$

Où X_{ij} est la mesure de la performance de la $i^{\text{ème}}$ alternative sur le $j^{\text{ème}}$ critère, m est le nombre d'alternatives et n est le nombre de critères. Ensuite, la matrice de décision est normalisée pour devenir sans dimension et tous ses éléments sont comparables.

Cette procédure de normalisation est un système de rapport dans lequel la performance d'une alternative sur un critère est comparée à un dénominateur qui est représentatif de toutes les alternatives concernant ce critère. Ici, la procédure de normalisation simple suivante est adoptée.

$$X_{ij}^* = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^m X_{ij}} \quad \text{Eq III.2}$$

Où X_{ij}^* est un nombre sans dimension dans l'intervalle $[0, 1]$ représentant les performances normalisées de la $i^{\text{ème}}$ alternative sur le $j^{\text{ème}}$ critère. Il convient de mentionner ici que les éléments de la matrice de décision sont normalisés sans tenir compte du type des critères

(bénéfiques ou non bénéfiques). Bien que Brauers et al. ont proposé la procédure de normalisation suivante, il est parfois observé que lorsqu'une matrice de décision a une très grande valeur pour un critère particulier, la valeur normalisée pour ce critère dépasse un.

$$X_{ij}^* = X_{ij} / \left[\sum_{i=1}^m X_{ij}^2 \right]^{1/2} \quad (j = 1, 2, \dots, \dots, n) \quad \text{Eq III. 3}$$

Par conséquent, il est recommandé d'appliquer l'Eq. III.2 de sorte que la valeur maximale du critère devienne inférieure à un. Pour la méthode MOORA, ces performances normalisées sont ajoutées pour les critères bénéfiques et soustraites pour les critères non bénéfiques, comme indiqué dans l'expression suivante :

$$Y_i = \sum_{j=1}^g X_{ij}^* - \sum_{j=g+1}^n X_{ij}^* \quad \text{Eq III. 4} \quad \text{Ou: } \left\{ \begin{array}{l} g \text{ est le nombre de critère à maximiser} \\ n - g \text{ est le nombre de critères à minimiser} \end{array} \right\}$$

w_j est le poids du $j^{\text{ième}}$ critère et peut être dérivé de méthodes de pondération comme l'AHP. Enfin, les alternatives sont classées par ordre décroissant des valeurs Y_i . Pour une alternative, plus Y_i donne le rang le plus élevé. L'obtention du classement des alternatives met fin à la partie système de rapport de la méthode MOORA.

III.3.3 Mis en Application

A. La matrice des critères :

Tableau III.2 Tableau représente la matrice de décision de problème

	NBR ELEVEUR	QUANTITE	QUALITE	DISTANCE
f1	18	2246	11	38
f2	33	1857	7	55
f3	5	644	10	74
f4	22	1092	11	38
f5	22	2163	8	20
f6	11	578	10	29
f7	28	521	13	27
f8	6	212	12	37
f9	60	1833	7	38
f10	15	722	11	49
f11	20	701	12	29
f12	10	1490	8	14
f13	2	438	10	34
f14	4	758	12	14
f15	9	3156	10	59
f16	5	696	8	53

Le tableau **III.2** représente la matrice de décision de problème, X_{ij} présente la valeur de performance de la $i^{\text{ème}}$ fournisseur sur le $j^{\text{ème}}$ critère, m et n sont les nombres d'alternatives et de critères, respectivement.

B. Matrice Normalisé:**Tableau III.3 la matrice de décision normalisé**

	NBR ELEVEUR	QUANTITE	QUALITE	DISTANCE
f1	0.203836	0.389605	0.171875	0.013528
f2	0.373699	0.322127	0.109375	0.01958
f3	0.056621	0.111712	0.15625	0.026344
f4	0.249133	0.189425	0.171875	0.013528
f5	0.249133	0.375207	0.125	0.00712
f6	0.124566	0.100263	0.15625	0.010324
f7	0.317078	0.090376	0.203125	0.009612
f8	0.067945	0.036775	0.1875	0.013172
f9	0.679453	0.317964	0.109375	0.013528
f10	0.169863	0.125243	0.171875	0.017444
f11	0.226484	0.1216	0.1875	0.010324
f12	0.113242	0.258465	0.125	0.004984
f13	0.022648	0.075978	0.15625	0.012104
f14	0.045297	0.131487	0.1875	0.004984
f15	0.101918	0.547459	0.15625	0.021004
f16	0.056621	0.120733	0.125	0.018868

Chaque valeur de performance d'une alternative sur un critère par rapport aux autres performances alternatives sur ce critère est calculée par l'équation (3). Tableau **III.3**

Après la normalisation de matrice de décision de notre problème on fait la pondération pour privilégier certains critères précieux que les autres dans le tableau III.4

Tableau III.4 Tableau de matrice décision normalisée et pondéré

	NBR ELEVEUR	QUANTITE	QUALITE	DISTANCE
f1	0.050959	0.097401	0.042969	0.003382
f2	0.093425	0.080532	0.027344	0.004895
f3	0.014155	0.027928	0.039063	0.006586
f4	0.062283	0.047356	0.042969	0.003382
f5	0.062283	0.093802	0.03125	0.00178
f6	0.031142	0.025066	0.039063	0.002581
f7	0.07927	0.022594	0.050781	0.002403
f8	0.016986	0.009194	0.046875	0.003293
f9	0.169863	0.079491	0.027344	0.003382
f10	0.042466	0.031311	0.042969	0.004361
f11	0.056621	0.0304	0.046875	0.002581
f12	0.028311	0.064616	0.03125	0.001246
f13	0.005662	0.018995	0.039063	0.003026
f14	0.011324	0.032872	0.046875	0.001246
f15	0.02548	0.136865	0.039063	0.005251
f16	0.014155	0.030183	0.03125	0.004717

Ensuite, on calcule l'indice de performance globale Y_i pour faire le classement.

C. Résultat

Les valeurs de performances sont normalisées et des critères bénéfiques sont ajoutées. Ensuite, la même procédure est répétée pour les critères non bénéfiques. Enfin, les sommes pour les critères non bénéfiques sont soustraites des sommes pour les critères bénéfiques comme le montre l'équation (**Eq III. 4**) avec la multiplication par W_{ij} . Voir équation (**Eq III. 5**).

$$Y_i = \sum_{j=1}^g W_{ij} X_{ij}^* - \sum_{j=g+1}^n W_{ij} X_{ij}^* \quad \text{Eq III. 5}$$

Tableau III.5 Performances globales des alternatives

	Moora Y(i)	Classement
f1	0.086029	2
f2	0.009556	14
f3	0.046249	7
f4	0.02466	12
f5	0.060989	5
f6	0.030406	10
f7	-0.0083	15
f8	0.035789	9
f9	-0.06641	16
f10	0.027453	11
f11	0.018073	13
f12	0.06631	4
f13	0.049369	6
f14	0.067177	3
f15	0.145197	1
f16	0.042561	8

Le résultat est le score de performance global de chaque alternative y_i^* colonne une et le classement se fait de façon décroissante comme il montre dans le tableau **III.5** colonnes de classement.

III.3.4 Approach point de reference

Il faut distinguer les cas continus des cas discrets. Tous les cas continus fourniront au moins une solution. Des problèmes peuvent survenir avec les cas discrets, avec un classement comme résultat. En effet, il manque encore un classement pour les alternatives candidates, qui ne dominant ni fortement ni faiblement, ni entièrement dominées. Un classement est également absent s'il n'y a ni indifférence dans le choix des alternatives ni priorité a priori des objectifs.

L'approche par point de référence utilise la performance normalisée de la $i^{\text{ème}}$ alternative sur le $j^{\text{ème}}$ critère qui est calculé par l'équation **Eq III.2** Par conséquent, la préférence est donnée à un point de référence possédant comme coordonnées les coordonnées dominantes par attribut des alternatives candidates et qui est désigné comme le point de référence de critère maximal. Cette approche est dite réaliste et non subjective car les coordonnées, qui sont sélectionnées pour le point de référence, sont réalisées dans l'une des alternatives candidates.

Brauers et Zavadskas 2006, 2009 et Brauers et al. 2008a ont indiqué que la métrique Tchebycheff Min – Max est la plus appropriée pour l'approche du point de référence et est formulée comme suit :

$$\min_i \left\{ \max_j |r_j - X_{ij}^*| \right\} \quad \text{Eq III.5}$$

Dans cette formule, X_{ij} est la performance normalisée de la $i^{\text{ème}}$ alternative sur le $j^{\text{ème}}$ critère. r_j est la $j^{\text{ème}}$ coordonnée du point de référence, c'est-à-dire les performances les plus souhaitables de toutes les alternatives par rapport au $j^{\text{ème}}$ critère. Pour déterminer r_j , **Eq III. 6** peut être utilisé (27)

$$r_j \begin{cases} \max_i X_{ij}^* \text{ pour les critères à maximisé} \\ \min_i X_{ij}^* \text{ pour les critères à minimisé} \end{cases} \quad \text{Eq III. 6}$$

III.3.4.1 Mis en application

A. Matrice normalisée X_{ij}

Le tableau **III.6** est calculer de la meme méthode que le tableau **III.3** dans l'application de la méthode Moora selon l'équation (3)

Tableau III.6 Matrice normalisé

	Nbr éleveur	Quantité	Qualité	Distance
f1	0.203836	0.389605	0.171875	0.013528
f2	0.373699	0.322127	0.109375	0.01958
f3	0.056621	0.111712	0.15625	0.026344
f4	0.249133	0.189425	0.171875	0.013528
f5	0.249133	0.375207	0.125	0.00712
f6	0.124566	0.100263	0.15625	0.010324
f7	0.317078	0.090376	0.203125	0.009612
f8	0.067945	0.036775	0.1875	0.013172
f9	0.679453	0.317964	0.109375	0.013528
f10	0.169863	0.125243	0.171875	0.017444
f11	0.226484	0.1216	0.1875	0.010324
f12	0.113242	0.258465	0.125	0.004984
f13	0.022648	0.075978	0.15625	0.012104
f14	0.045297	0.131487	0.1875	0.004984
f15	0.101918	0.547459	0.15625	0.021004
f16	0.056621	0.120733	0.125	0.018868
r_j	0.022648	0.547459	0.203125	0.004984

B. Écarts par rapport aux points de référence

Enfin, les alternatives sont classées et la meilleure alternative est choisie avec l'écart total minimum par rapport aux points de référence (Karande et Chakraborty 2012b).

Dans Le tableau **III.7** nous avons utilisé l'approche de point de référence La valeur minimal sur les i des valeurs maximal des j et on fait le classement croissant. le degré d'utilité ou la valeur X_{ij}^* ici c'est l'écart entre la valeur de performance idéal r_i de critère moins la valeur de performance de critère relative aux fournisseurs X_{ij} comme montre l'équation **Eq III.5**.

Tableau III.7 Écarts par rapport aux points de référence

	Nbr élev	Quantité	Qualité	Distance	Max. Value	Classement
f1	0.181188	0.157854	0.03125	0.008544	0.181188	2
f2	0.351051	0.225333	0.09375	0.014596	0.351051	5
f3	0.033973	0.435747	0.046875	0.02136	0.435747	11
f4	0.226484	0.358034	0.03125	0.008544	0.358034	6
f5	0.226484	0.172252	0.078125	0.002136	0.226484	3
f6	0.101918	0.447196	0.046875	0.00534	0.447196	12
f7	0.29443	0.457084	0	0.004628	0.457084	13
f8	0.045297	0.510685	0.015625	0.008188	0.510685	15
f9	0.656805	0.229496	0.09375	0.008544	0.656805	16
f10	0.147215	0.422217	0.03125	0.01246	0.422217	8
f11	0.203836	0.42586	0.015625	0.00534	0.42586	9
f12	0.090594	0.288995	0.078125	0	0.288995	4
f13	0	0.471481	0.046875	0.00712	0.471481	14
f14	0.022648	0.415972	0.015625	0	0.415972	7
f15	0.07927	0	0.046875	0.01602	0.07927	1
f16	0.033973	0.426727	0.078125	0.013884	0.426727	10

Le tableau **III.7** montre le classement selon l'approche point de références voire la colonne de classement.

III.3.5 La forme multiplicative complète

La forme multiplicative complète de critères multiples consiste à la fois à maximiser et à minimiser une fonction d'utilité purement multiplicative. Il a été développé pour la première fois par Miller et Starr (1969). Les principales caractéristiques de cette forme sont non linéaires, non additives et n'utilisent pas de poids d'attribut (Kracka et al. 2010). L'utilité globale de la $i^{\text{ème}}$ alternative (U_i) est calculée comme suit :

$$U_i = \prod_{j=1}^n X_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad \text{et} \quad j = 1, 2, \dots, n \quad \text{Eq III. 7}$$

A. Le degré d'utilité

Les utilités globales sont obtenues par la multiplication de différentes unités de mesure et deviennent sans dimension. Si les décideurs veulent combiner le problème de minimisation avec la maximisation d'autres critères, alors Eq. (7) devient Eq. (8) (Brauers et Zavadskas 2012):

$$U_i = \frac{A_i}{B_i} \quad \text{Eq III. 8}$$

Dans cette formule, A_i et B_i se présentent comme $A_i = \prod_{j=1}^g X_{ij}$ et $B_i = \prod_{j=g+1}^n X_{ij}$. Et X_{ij} ne peut pas être égal à zéro, car prendre la valeur 0 signifie l'absence d'un critère particulier dans la matrice de décision

Tableau III.8 Le degré d'utilités

Ai	Bi	Ui	Classement
0.066963	0.002757	24.28425	6
0.035233	0.007317	4.815171	15
0.017455	0.001492	11.70207	9
0.032557	0.00337	9.660229	11
0.046901	0.001774	26.44065	5
0.015666	0.001286	12.18191	8
0.018358	0.003048	6.023344	14
0.006895	0.000895	7.704465	12
0.034777	0.009192	3.78359	16
0.021526	0.002963	7.264754	13
0.0228	0.002338	9.751011	10
0.032308	0.000564	57.24355	2
0.011872	0.000274	43.30555	3
0.024654	0.000226	109.2046	1
0.085541	0.002141	39.95957	4
0.015092	0.001068	14.12641	7

Le tableau **III.8** est calculer suivant l'équation (8) pour combiner le problème de minimisation avec la maximisation des critère bénéfique et non bénéfique, le classement selon cette méthode et comme suivant : $f_{14} > f_{12} > f_{13} > f_{15} > f_5 > f_1 > f_{16} > f_6 > f_3 > f_{11} > f_8 > f_{10} > f_7 > f_2 > f_9$.

III.3.6 Multimoora

MULTIMOORA est composé de MOORA et de la forme multiplicative complète d'objectifs multiples et de cette façon, jusqu'à présent, aucune autre approche n'est connue, y compris trois méthodes ou plus, de cette façon MULTIMOORA devient le système le plus robuste d'optimisation à objectifs multiples.

Tableau III.9 La résultat de Multimoora

	Approche ratio system	Approche point de référence	La forme multiplicative	Multimoora
1	f15	f15	f14	f15
2	f1	f1	f12	f1
3	f14	f5	f13	f14
4	f12	f12	f15	f12
5	f5	f2	f5	f5
6	f13	f4	f1	f13
7	f3	f14	f16	f16
8	f16	f10	f6	f6
9	f8	f11	f3	f3
10	f6	f16	f11	f11
11	f10	f3	f4	f4
12	f4	f6	f8	f8
13	f11	f7	f10	f10
14	f2	f13	f7	f2
15	f7	f8	f2	f7
16	f9	f9	f9	f9

Le **III.9** tableau montre le classement de notre fournisseur selon l'approche multimoora le résultat ici est obtenu par dominance par exemple Le premier Fournisseur est f15 par dominance générale dans deux approches 15-15-14, Le 3^{ème} fournisseur est f14 par Transitivité : Si f14 domine f5 et f5 domine f13 alors aussi f14 dominera f13. Et pour le dernier fournisseur dans le classement nous remarquons que le f9 domine tous les autres fournisseurs cela ici appelée dominance absolue.

III.3.6.1 La méthode moosra

La méthode MOOSRA est l'une des méthodes d'optimisation multi-objectif. Si la méthode MOOSRA est comparée à la méthode MOORA, les scores de performance négatifs de la méthode MOORA n'apparaissent pas et la méthode MOOSRA est moins sensible aux variations importantes des valeurs des critères (Jagadish et Ray 2014).

$$Y_i^* = \frac{\sum_{j=1}^g W_j X_{ij}^*}{\sum_{j=g+1}^n W_j X_{ij}^*} \quad \text{Eq III. 9}$$

Les premières étapes de la méthode MOOSRA sont les mêmes que celles de la méthode MOORA, à savoir l'acquisition d'une matrice de décision normalisée pondérée et la recherche de la somme des scores de performance pour les critères bénéfiques et non bénéfiques, respectivement. Ensuite, pour chaque alternative, la somme des critères bénéfiques est divisée par la somme des critères non bénéfiques _formule (9) et le résultat est le score de performance globale de chaque alternative indiquée dans le tableau à la page suivant.

Tableau III.10 tableau de classement selon la méthode Moosra

Poids (W)	0.2	0.4	0.3	0.1		
	NBR ELEVEUR	QUANTITE	QUALITE	DISTANCE	Y_i^*	Classement
f1	0.066667	0.117549	0.06875	0.0625	3.454181	16
f2	0.122222	0.09719	0.04375	0.090461	0.644036	13
f3	0.018519	0.033705	0.0625	0.121711	0.49252	9
f4	0.081481	0.057152	0.06875	0.0625	0.518473	10
f5	0.081481	0.113205	0.05	0.032895	0.324901	5
f6	0.040741	0.030251	0.0625	0.047697	0.418727	7
f7	0.103704	0.027267	0.08125	0.044408	0.713728	14
f8	0.022222	0.011095	0.075	0.060855	0.390894	6
f9	0.222222	0.095933	0.04375	0.0625	0.984392	15
f10	0.055556	0.037787	0.06875	0.080592	0.536388	12
f11	0.074074	0.036688	0.075	0.047697	0.526816	11
f12	0.037037	0.077982	0.05	0.023026	0.210206	3
f13	0.007407	0.022924	0.0625	0.055921	0.253352	4
f14	0.014815	0.039671	0.075	0.023026	0.137238	1
f15	0.033333	0.165175	0.0625	0.097039	0.193003	2
f16	0.018519	0.036426	0.05	0.087171	0.420045	8

Selon la méthode MOOSRA, Les meilleure alternative pour fournisseurs candidat sont classé comme il montré dans le tableau colonne de classement : $f_{14} > f_{15} > f_{12} > f_{13} > f_5 > f_8 > f_6 > f_{16} > f_3 > f_4 > f_{11} > f_{10} > f_2 > f_7 > f_9 > f_1$.

Remarque : on peut fait la méthode MOOSRA sans pondération en utilisant la formule (10) mais on trouve que les méthodes MULTIMOORA et MOOSRA produisent les mêmes classements.

$$Y_i^* = \frac{\sum_{j=1}^g X_{ij}^*}{\sum_{j=g+1}^n X_{ij}^*} \quad \text{Eq III. 10}$$

III.4 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons discuté la problématique de sélection des fournisseurs et son importance dans le plan stratégique, définissons les critères choix selon la grille de sélection. Ensuite, on utilise la méthode Moora pour la sélection des meilleurs fournisseurs parmi les fournisseurs candidats et en justifient l'utilisation de cette méthode par son temp de calcule réduit, sa simplicité, sa bonne stabilité et le type d'information qui est quantitatif, les approches de cette méthode nous permet d'obtenir une bonne résultat en terme de qualité, distance et quantité livré. Et les résultats de trois approches MOORA à savoir le système de ratio, la méthode des points de référence et la forme multiplicative complète. Pour cette raison, il donne une garantie de robustesse. C'est l'avantage de MOORA par rapport aux autres méthodes MCDM. En outre, la forme multiplicative complète de MOORA ne nécessite pas l'utilisation de la normalisation. Cela réduit le nombre de calculs requis et fait gagner du temps. La dernière méthode qui nous utilise est la méthode Moosra qui nous permet d'obtenir des résultats précisés.

Chapitre IV : Etude financière

IV.1 Introduction

L'approbation d'une étude technique au sein d'une entreprise ou une organisation pour une amélioration ou modification est accompagnée par une étude financière relative au cout d'investissement. L'analyse d'investissement s'efforce de définir et d'évaluer les couts et les avantages qu'on obtiendra avec l'investissement proposé et de les comparer avec la situation actuelle. Notre méthode consiste à évaluer le cout de l'investissement proposé en comparant la production actuelle avec le cout après l'amélioration, afin d'estimer la rentabilité du projet étudier.

IV.2 L'investissement

Pour l'entreprise c'est la dépense de l'argent pour gagner, plus précisément dans notre cas c'est l'acquisition de nouveaux moyens de production afin d'améliorer la rentabilité de l'entreprise.

L'investissement représente un risque, il est donc nécessaire d'évaluer l'investissement et en particulier de connaître le retour sur investissement attendu.

IV.2.1 Le délai de récupération

Il indique la durée minimale pour récupérer un investissement c'est-à-dire le temps nécessaire pour que les profits nets équilibrent les coûts d'investissement ou bien le montant investit avec le montant des flux qui seront générés laquelle il peut récupérer le montant de son investissement en capital propre

Le projet le plus fiable celui qui permet de récupérer le plus rapidement son investissement.

IV.2.2 L'amortissement

Il s'agit de la distribution de la valeur d'une ressource sur sa durée probable d'utilisation. Elle correspond à la perte de la valeur jugée irréversible du fait du temps, de l'usure, des évolutions technologiques (obsolescence) (23)

Le but de l'amortissement c'est de financer le renouvellement de l'investissement (donc un élément de l'autofinancement)

IV.3 Coûts de production

En peut définir le cout de production comme l'ensemble de dépense nécessaire afin de produire une unité de produit. Ce coût se compose des charges directes et indirectes de la production

Exemple de charges :

Tableau IV.1 La matrice des charges de production

Charges:	Variables	Fixes
Directes	Matières premières Certains frais de personnel	Amortissement des machines spécifiques Certains frais de personnel
Indirectes	L'énergies Consumables	Frais administratifs

IV.4 Détermination des dépenses initiale de l'investissement

Ces dépenses concernant les équipements et les fonds de roulement nécessaire pour la nouvelle matière première qui est le lait cru et d'après le choix technologique de chapitre précédent nous avons choisir ces machines

1-Pour les 03 méthode de l'enrichissement de lait (par lait en poudre, lait concentré et lactosérum

Tableau IV.2 Les prix initial des machines

MACHINE	MARQUE	Prix (DZD)
STATION DE RECEPTION	REDA SPA	1580000
ÉCUMEUSE	REDA SPA	952000
HOMOGENEISATEUR	MEULLER	2700000
INCORPORATEUR	RAYEN	128000
SOMME		5360000

2-Pour la concentration de lait par l'évaporateur

Machine	Marque	Prix (DZD)
STATION DE RECEPTION	REDA SPA	1580000
ÉCUMEUSE	REDA SPA	952000
HOMOGENEISATEUR	MEULLER	2700000
INCORPORATEUR	RAYEN	128000
ÉVAPORATEUR	REDA SPA	14000000
SOMME		19360000

3-Pour la concentration de lait par l'osmose

Machine	Marque	Prix (DZD)
STATION DE RECEPTION	REDA SPA	1580000
ÉCUMEUSE	REDA SPA	952000
HOMOGENEISATEUR	MEULLER	2700000
INCORPORATEUR	RAYEN	128000
OSMOSE	TURKCHEM	16000000
SOMME		21360000

IV.5 Détermination des charges

Tout le calcul sont pris par rapport à un litre de lait de yaourt comme un référence et tous les paramètres des couts sont proposé par les constructeurs

A. Calcul de L'amortissement

Amortissement pour évaporation : $19360000 \text{ da} = 13444.44 \text{ da/jour}$

Amortissement pour osmose : $21360000 \text{ da} = 14833.33 \text{ da/jour}$

Amortissement pour enrichissement par L. concentré : $5360000 \text{ d.a} = 3722.222 \text{ da/jour}$

Amortissement pour enrichissement par Lactosérum : $5360000 \text{ d.a} = 3722.222 \text{ da/jour}$

Amortissement pour enrichissement par L. poudre : $5360000 \text{ d.a} = 3722.222 \text{ da/jour}$

B. Le cout total des charges

1) Pour l'osmose

Tableau IV.3 Cout total des charge Osmose

La charge	Prix (DZD)
1 litre de lait de yaourt	48.28
Consommation énergétique	2,92523
Cout de l'investissement	6,592593
Amortissement	3,296296
Somme	61.09412

2) Pour l'évaporateur

Tableau IV.4 Cout total des charge Evaporateur

La charge	Prix (DZD)
1 litre de lait de yaourt	48,28
Consommation énergétique	3,34312
Cout de l'investissement	5,975309
Amortissement	2,987654
Somme	60,58608

3) Enrichissement par lait concentré

Tableau IV.5 Cout total des charges pour enrichissement par lait concentré

La charge	Prix (DZD)
1 litre de lait de yaourt	55
Consommation énergétique	2,08945
Cout de l'investissement	1,654321
Amortissement	0,82716
Somme	59,57093

4) Enrichissement par lactosérum

Tableau IV.6 Cout total des charges pour enrichissement par lactosérum

La charge	Prix (DZD)
1 litre de lait de yaourt	54
Consommation énergétique	2,08945
Cout de l'investissement	1,654321
Amortissement	0,82716
Somme	58,57093

5) Enrichissement par lait en poudre

Tableau IV.7 Cout total des charges pour enrichissement par lait en poudre

Les charges	Prix (DZD)
1 litre de lait	53,25
Consommation énergétique	2,08945
Cout de l'investissement	1,654321
Amortissement	0,82716
Somme	57,82093

IV.6 Détermination de l'amélioration

La différence a été pris entre le cout actuelle qui est égale à 61.75 d.a/litre et le prix après les nouvelles alternatives d'investissement

Type	PRIX (DZD)	Différence	Amélioration (%)
Evaporation	61.09412	1,163917	1,884886 %
Osiose	60,58608	0,655881	1,062156 %
Enrichissement par L. concentré	59,57093	3,528856	2,179069 %
Enrichissement par Lactosérum	58,57093	3,179069	5,148289 %
Enrichissement par L. poudre	57,82093	3,929069	6,362864 %

IV.6.1 Le délai de récupération

La formule mathématique est la somme de l'investissement dévisse sur le bénéfice réalisé

Tableau IV.8 Délais de récupération

Type	Investissement (DZD)	Bénéfice (DZD)	Délais (An)
Evaporation	19360000	3771091	25 années et 08 mois
Osmose	21360000	2125055	50 années et 03 mois
Enrichissement par L. concentré	5360000	7060182	3années et 09 mois
Enrichissement par Lactosérum	5360000	10300182	2 années et 07mois
Enrichissement par L. poudre	5360000	12730182	2 années et 01 mois

Interprétation des résultats

Le délai de récupération est un facteur très important pour le choix de l'investissement.

Concernant l'investissement de l'évaporation est un investissement à long terme pour les grandes entreprises avec une production plus de 10000 l par jour pour rendre cet investissement plus rentable.

Le problème avec l'osmose c'est que le prix de machine est très cher par ce que c'est une nouvelle technique donc il est très difficile d'investir dans ce type.

Pour les 03 types de l'enrichissement c'est des investissements qui ne nécessitent pas un grand capital et en plus le rendement est très important pour les petits et moyenne entreprise avec un investissement à court terme pour notre cas d'étude en favorise l'investissement pour l'enrichissement avec le lait en poudre

IV.7 Conclusion

Dans cette partie, nous avons donné un aperçu sur la durée nécessaire pour la récupération de l'investissement proposé. Une récolte d'information nous as permis de déterminer les charges et les dispenses financières afin de calculer le délai de récupération. D'après les résultats obtenus en conclure que l'entreprise doit être bénéficiaire de l'investissement après 02 années et 01 mois.

Conclusion générale et perspectives

Conclusion générale

Dans cette étude empirique chez l'entreprise yaourtière "RIO", on a tenté d'améliorer sa chaîne logistique pour atteindre un niveau de performance convenable. L'objectif étant de livrer aux clients, un produit de bonne qualité, au moindre coût, dans les brefs délais en assurant la sécurité de client.

Pour ce faire, Nous avons fait des stages dans les laitiers Rio et giplait Mansourah à tlemcen, Sidi khaled à tiaret, Nous avons examiné une variété de problèmes de production dans la littérature et nous avons exploré plusieurs approches et des scénarios afin de reconnaître les particularités des problèmes à résoudre chez RIO, malgré le fait que nous avons rencontré de nombreuses difficultés énormes, telles que le manque des informations dans ce sujet qui est un sujet très vaste et ses information sont d'un abord extrêmement difficile, Ce qui a rendu notre travail complexe.

Nous avons approfondi dans le domaine de fabrication de yaourt pour comprendre comment peut-on améliorer notre ligne de production sans toucher la qualité de produits, pour faire cela, Dans le premier chapitre, nous étudions le processus de production du yaourt et de ses compositions, et nous basons notre étude sur le maillon de standardisation qui a un fort effet sur la qualité du yaourt. Néanmoins, c'est le seul maillon qui se démarque avec ses différentes technologies, et c'est ce qui nous a fait nous concentrer sur elle, pour trouver la meilleure technologie utilisable au meilleur prix et aux meilleures performances.

Dans le deuxième chapitre, nous opter pour le choix technologique ou nous a déterminer les nouvelles stations ou machines à intégrer dans notre ligne pour passer de la fabrication de yaourt au lait en poudre à la fabrication de lait frais pour faire du yaourt de haute qualité en moindre coût. En effet, nous avons constaté que les machines ont un effet important sur l'efficacité des opérations de fabrication et le processus de sélection des machines appropriées est une question complexe avec la prise en compte de plusieurs critères tels que le prix, les performances... Etc Compte tenu de la complexité de ce domaine et les difficultés dans les processus d'évaluation des machines ou stations, Le but de cette partie et de mettre en pratique les méthodes de prise de décision pour faire les meilleures alternatives qui ont les meilleurs prix et performances possibles.

L'une des problèmes primordiaux pour la pérennité de l'entreprise est discutée dans le 3ème chapitre, sa solution de ce problème est une clé de rentabilité parce que la sélection des fournisseurs dépendra de nos services et produits et donc la satisfaction de nos clients. On discute les critères de sélection des fournisseurs selon Dikson et weber & Al. Dans la résolution de ce problème, nous avons confronté un compromis entre les objectives telles que la qualité de service, prix, la distance qui représente les délais indirectement.

Le compromise programming, malgré son utilité dans le cas étudié, pose le problème des différentes unités de mesure des objectifs. La méthodologie Moora est relativement stable, simple et elle a un temps de calcul très inférieur.

Dans le dernier chapitre, nous avons examiné les différents choix techniques en matière d'investissement. Les résultats ont été étudiés par rapport à ceux qui n'étaient qu'un projet d'amélioration de la chaîne de production à RIO conçu de manière bien définie et pouvant être louable dans les conditions économiques, agronomiques et sociales actuelles de l'Algérie.

Perspectives

Notre Perspectives de recherche que nous comptons de développer après la thèse et qui peuvent aussi être considérées par d'autres étudiant c'est le dimensionnement de lots .En effet, il est possible de résoudre le problème mais à cause du confinement et la difficulté de la collecte des informations nous avons juste introduire le modèle mathématique de notre problème

Le problème de dimensionnement de lots que nous traitons consiste à déterminer un plan de production d'un ensemble de N produit (**actuellement 07 produit**), pour un horizon de planification constitue de T périodes

Il est souvent trop couteux de lancer la production d'un produit donne à chaque période. D'autre part, satisfaire des demandes en lançant la production moins fréquemment et produisant de grandes quantités génèrent des couts de stockage élevés. En plus le problème de la production du yaourt c'est le délai court de périssabilité et le cout important de stockage

Alors l'objectif est de déterminer les périodes et les quantités à produire, afin de satisfaire la demande tout en minimisant, le cout total qui englobe (le cout de production, de lancement et de stockage). En respectent la contrainte de capacités de production sont limitées (4500 litre/jour).

Ce plan doit également tenir compte d'un ensemble de contraintes additionnelles. En effet, le lancement de production d'une référence à une période donnée entraine outre la consommation variable en ressources, La capacité des ressources est généralement exprimée en nombre d'heures disponibles dans la période. Ces ressources peuvent être matérielles ou humaines.et généré un cout qui peut être un cout fixe ou variable.

Le coût de stockage est un coût unitaire payé par produit en stock à la fin de la période t et est cumule en fonction du temps.

Formulation mathématique :

Les indices

N Nombre de familles de produits i

T Nombre de périodes t de l'horizon de planification

$D_{i,t}$ Demande en produit i à la fin de la période $t \quad \forall i \in \llbracket 1, N \rrbracket \quad \forall t \in \llbracket 1, T \rrbracket$

P_i Capacité nécessaire pour fabriquer une unité du produit $i \quad \forall i \in \llbracket 1, N \rrbracket$

H_i Coût de stockage du produit i durant une période $\forall i \in \llbracket 1, N \rrbracket$

S_i Coût de lancement du produit $i \quad \forall i \in \llbracket 1, N \rrbracket$

$I_{i,0}$ Niveau de stock en produit i au début de l'horizon $\forall i \in \llbracket 1, N \rrbracket$

$Q_{i,t}$ Nombre de produits i fabriqués à la période $t \quad \forall i \in \llbracket 1, N \rrbracket \quad \forall t \in \llbracket 1, T \rrbracket$

$I_{i,t}$ Niveau de stock en produit i à la fin de la période $t \quad \forall i \in \llbracket 1, N \rrbracket \quad \forall t \in \llbracket 1, T \rrbracket$

$X_{i,t}$ Vaut 0, ou 1 si le produit i est lancé à la période $t \quad \forall i \in \llbracket 1, N \rrbracket \quad \forall t \in \llbracket 1, T \rrbracket$

C_t Capacité du système de production pour la période t

La fonction objective

La fonction objective du problème d'optimisation est :

$$z = \min \sum_{t=1}^T \left\{ \sum_{i=1}^N (S_i X_{i,t} + H_i I_{i,t}) \right\} \quad fct1$$

Sous les constraints

$$I_{i,t} = I_{i,t-1} + Q_{i,t} - d_{i,t} \quad \forall i \in \llbracket 1, N \rrbracket \quad \forall t \in \llbracket 1, T \rrbracket \quad \text{Con. 2}$$

$$Q_{i,t} \leq \left(\sum_{k=t}^T D_{i,k} \right) X_{i,t} \quad \forall i \in \llbracket 1, N \rrbracket \quad \forall t \in \llbracket 1, T \rrbracket \quad \text{Con. 3}$$

$$X_{i,t} \in \{0,1\} \quad \forall i \in \llbracket 1, N \rrbracket \quad \forall t \in \llbracket 1, T \rrbracket \quad \text{Con. 4}$$

$$Q_{i,t}, I_{i,t} \in \mathbb{N} \quad \forall i \in \llbracket 1, N \rrbracket \quad \forall t \in \llbracket 1, T \rrbracket \quad \text{Con. 5}$$

$$\sum_{i=1}^N P_i Q_{i,t} \leq C_t \quad \forall i \in \llbracket 1, N \rrbracket \quad \forall t \in \llbracket 1, T \rrbracket \quad \text{Con. 6}$$

La fonction objectif **fct 1** minimise le coût total induit par la production (les coûts de production et de stockage, ainsi que les coûts de lancement de tous les produits pour toutes les périodes.).

La contrainte **con 2** exprime l'équilibre des stocks pour chaque produit à chaque période.

La contrainte **Con 3** exprime le fait d'imposer qu'un setup pour le type de produit i soit effectué à la période t si la fabrication de ce type est lancée.

La contrainte **Con 4** est une contrainte d'intégrité.

La contrainte **Con 5** est une contrainte de positivité.

La contrainte **Con 6** impose que la capacité consommée par les actions de production ne dépasse pas la capacité du système pour chaque période.

Références

Livres

- (2) : PR AMRANI, Naïma, Pr Lorenzo, MORELLI et Dr Widjaja, LUKITO. *Livre blanc yaourt*. 2017.
- (6): Campbell L.B. et Pavlasek S.J. Dairy Products as ingrédients in chocolat and confections. 1987.
- (7). Modler. functional properties of nonfat dairy ingrédients. 1985.
- (8): Noznick, P.P. Dairy Ingredients in food. Bulletin de la Fédération Internationale. Dairy Ingredients in food : s.n., 1982.
- (14) : Sciences de la Production et de la Transformation. 2015.
- (16): Partition of Main and Trace Minerals in Milk : Effect of Ultracentrifugation, Rennet Coagulation, and Dialysis. M. Juárez, J. Fontecha, M.A. la Fuente : s.n., 1996.
- (24) :. Question sur produit laitiers et technologie laitière. 2017.

Mémoires

- (10). Mémoire de Master "La fabrication d'un yaourt au thé vert". Université de bejaia : s.n., 2015.

Journales

- (1) : Arrêté interministériel du 16 Jomada Ethania 1419 correspondant au 7 octobre 1998 relatifs aux spécifications techniques des yaourts et aux modalités de leur mise à la consommation, P.22. Journal Officiel de République Algérienne. 1998, Journal Officiel de République Algérienne.
- (4) : GEM RCN. juillet 2009.

(5) : NORME GÉNÉRALE CODEX POUR L'UTILISATION. 1999. CODEX STAN 206-1999.

(15) : canada, Gouvernement du. RNCAN. [En ligne] 18 02 2020. [Citation : 22 février 2020.] <https://www.rncan.gc.ca/energie/publications/efficacite/industrie/6844>.

(19) : David Lubin; FAO;. Rome (Italie) : s.n.

Articles

(12) : Complexe laitier (ferme laitière couplée à une unité laitière). 2014.

(13). La Famille de lait. [En ligne] [Citation : 2 Janvier 2020.]

(22) : Sélection et évaluation des fournisseurs : Critères et. Aicha Aguezzoul, Pierre Ladet. 2006.

(23) : Les travaux de fin d'exercice Comptabilité. amnine, Labrit. 2014.

(25): Dikson. 1966.

(26): weber & Al. 1991.

(27) Stanujkic et Al. 2012a.

Web sites

(3) : Syndifrais. 1997.

(9) : Organisation des Nation Unies pour l'Alimentation et Agriculture. Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Rome : s.n., 1995.

(11) : vital rest. [En ligne] [Citation : 18 février 2020.] <https://www.vitalrest.com/actualites-nutrition/le-lait-en-poudre/>.

(17) : Laits concentrés, produits finis ou applications industrielles. fitsa-group. [En ligne] 21 2 2020. <https://www.fitsa-group.com/produit/laits-concentres/>.

(18): MILKY DAY. MILKY DAY. [En ligne] 7 05 2020.

<https://milkyday.fr/blog/2018/09/27/comment-fonctionne-une-ecremeuse/>.

(20) : agroalimentaire-simplement. [En ligne] 23 4 2020. <http://agroalimentaire-simplement.e-monsite.com/pages/genie-inustrielle/homogeneisateur.html>.

(21) : ceeri. ceeri.fr. [En ligne] 23 04 2020.

(30) : Le figaro.fr. [En ligne] [Citation : 31 1 2020.] <http://sante.lefigaro.fr/mieux-etre/nutrition-aliments/yaourts/composition>.

(31) : LA TRAITE. Les Producteurs de lait du Québec. [En ligne] [Citation : 16 12 2019.] <http://lait.org/la-ferme-en-action/le-scenario-de-la-production/la-traite/>.

(32) : comment trait on les vaches? Milk Planet. [En ligne] 19 06 2019. [Citation : 16 12 2019.] <https://www.produits-laitiers.com/comment-trait-on-les-vaches/>.