



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abou bekr Belkaid – Tlemcen
Faculté de Technologie
Département de Génie Electrique et Electronique

Filière : Génie Industriel

Projet de Fin d'Etudes

Master : Génie Industriel

Option :

Management de l'ingénierie

Intitulé :

Développement de la coopérative

Frère Guerinik

Présenté par :

BENFRIHA ABEDENNOUR ILYAS

BOUDEKKARA SOUAD

Jury:

Président :

Encadreur : Mr MEKAMCHA.K

MAA UABB

Examineur : Mme SARI Lamia

MCB UABB

Examineur : Mr BENDAOUDI Abdelkader

MAA UABB

Présidente : Mme HADJ SLIMANE Djemila

MAA UABB

Année Universitaire : 2015/2016

SOMMAIRE

Chapitre I : Présentation de l'entreprise

I.1-Introductions	5
I.2-La filière du lait en Algérie	6
I.2.1- Evolution des capacités de production.....	6
I.2.2-La situation de la production laitière à la wilaya de Naâma	7
I.3-Le lait	7
I.3.1- Valeur alimentaire.....	7
I.3.2-Les dérivés du lait	8
I.4-Présentation de l'entreprise.....	10
I.4.1Historique	10
I.4.2-Implantation	10
I.4.3-Superficie et architecture	11
I.4.4-L'organigramme de l'entreprise	12
I.4.4.1-Organigramme structurel	12
I.4.5-Les fournisseurs	13
I.4.6- Les clients	13
I.4.7-Les moyens de transport	14
I.4.8-Activités de l'entreprise	14
I.4.9-Le processus de fabrication du lait dans l'usine	15
I.4.10-Le Marché d'entreprises	16
I.4.11-Les normes ISO	16
I.5-Conclusio.....	17

Chapitre II : la stratégie du développement des entreprises

II.1-Introduction :	
II.2--Définition de la stratégie	18

II.2.1-Quelques vocabulaires de la stratégie	18
II.3-Stratégie et politique générale de l'entreprise	18
II.3.1-Objectifs de la stratégie.....	19
II.3.2-Les niveaux des décisions stratégiques.....	19
II.4-La stratégie générale d'entreprise.....	19
II.4.1- La stratégie par domaine d'activité.....	20
II.4.2-La stratégie fonctionnelle.....	20
II.5-Le Diagnostic stratégique	20
II.5.1-Définition du diagnostic stratégique.....	20
II.5.2- Le diagnostic externe.....	21
II.5.3-Le diagnostic interne.....	23
II.5.4-Le Benchmarking.....	23
II.5.5-L'analyse fonctionnelle.....	24
II.6-Les principaux outils du diagnostic stratégique.....	25
II.6.1-Le modèle LCAG	25
II.6.2-Application du modèle.....	25
II.6.3-Finalité : réagir stratégiquement.....	26
II.7-Les Stratégies de développement.....	27
II.7.1-Les modalités de développement stratégique.....	27
II.8-Cadre d'étude.....	30
II.8.1- Approvisionnement.....	30
II.8.2- Technologie et matériel	31
II.8.3- Personnel	31
II.8.4. Contrôle qualité	31
II.8.5- Distribution et commercialisation	31
II.8.6- Financement.....	31
II.8.7. Traitement des déchets	31

II.9-Conclusion.....	32
----------------------	----

Chapitre III : conception d'une station d'épuration des eaux usées

III.1-Introduction	33
III.1.1-Cadre D'étude	33
III.1.2-Conception général.....	33
III.1.3-Performance attendue	34
III.1.4-Conception Général de station d'épuration	34

Partie 01 : Généralité sur le traitement des eaux blanches

III.2-Généralités sur le traitement des eaux.....	35
III.3- Les polluants	36
III.3.1-Origines des eaux usées	37
III.4-Caractéristiques des eaux usées blanche.....	39
III.4.1-Constituants physiques	39
III.4.2-Constituants chimiques	39
III.4.3-Constituants biologiques	40
III.5-Normes et standards.....	40
III.6-Conception de la Station d'épuration des eaux usées de la laiterie	41
III.6.1-Traitements Préliminaires.....	41
III.6.1.1-étape - Tamisage	41
III.6.1.2-Le dessablage et le dégraissage.....	42
III.6.2-Traitement primaire.....	43
III.6.2.1-Décantation	43
III.6.3- Traitements Secondaire.....	45
III.6.3.1—clarification.....	47
III.7-Traitement des boues.....	48
III.7.1- Origine et caractéristique des boues	48

Partie 02 : application

III-8-traitement préliminaire	
III.8.1-dégrillage et tamisage : dimensionnement.....	49
III.8.2-Déssablage et dégrissage : dimensionnement.....	50
III.9-Traitement primaire.....	51
III.9.1-Décanteur : dimensionnement.....	51
III.10-Traitement secondaire.....	54
III.10.1-Clarificateur : dimensionnement.....	54
III.11-Etude économique.....	55
III.11.1-évaluation des investissements.....	55
III.11.2-Les frais personnel.....	56
III.11.3-Les frais d'électricité.....	56
III.11.4-Rendement épuratoire de la station.....	56
III.11.5-Les frais d'eau	56
III.11.6-Calcul du bénéfice net.....	57
III.12-Conclusion.....	58

Chapitre IV : problème de tourné des véhicules

IV.1-Introduction.....	59
IV.2-Problème de Voyageur de Commerce(PVC)	59
IV.3-Problème de Tournées de Véhicules (VRP)	60
IV.4-Champs d' Application	61
IV.5-Paramètres du VRP	62
IV.5.1-Réseau.....	62
IV.5.2-Clientèle.....	62
IV.5.3-Flotte de véhicules.....	62
IV.5.4-Fonction objectif.....	62
IV.6-Variantes du VRP	63
IV.6.1-VRP à Contraintes Liées à la Flotte de Véhicules.....	63

IV .6.2-VRP à Contraintes Liées à la Demande des Clients.....	64
IV .6.3-VRP à Contraintes Liées aux Dépôts.....	64
IV .6.4-VRP à Contraintes Liées aux Produits.....	65
IV .6.5-VRP à Contraintes Liées au Temps.....	65
IV .6.6- Problèmes de Tournées de Véhicules Fréquents.....	66
IV .7-modélisation mathématique du VRP.....	67
IV.7.1- Formulation mathématique	67
IV.8-Méthodes de résolution	70
IV.8.1-Les algorithmes génétiques	71
IV.8.2-Principe de fonctionnement de l’algorithme génétique	71

2eme partie : Application

IV.9-Définition de la problématique	75
VI.9.1-Les contraintes	75
IV.10-Modélisation Mathématique	75
IV.10.1-Modèle mathématique	76
IV.10.2-résolution du problème	77
IV.10.2.1-l’application de l’Algorithme génétique	77
a-Codage du chromosome	77
b-Croisement	78
c-Mutation	78
d-Génération de la population initiale	78
e-Correction des chromosomes	78
f-Procédure de calcul	79
IV9.2.2-Resultat et interprétation	80
IV.10-Conclusion.....	85
Conclusion général.....	88
Annexes.....	
Références bibliographiques.....	

Listes des figures :

Figure I.1 : les types des produits laitiers.....	9
Figure I.2 : localisation géographique de l'usine.....	12
Figure I.3 : la surface architecturale de l'usine.....	12
Figure I.4 : l'organigramme organisationnel de l'entreprise.....	13
Figure I.5: localisation géographique des clients de l'entreprise.....	15
Figure I.76 : Fonctionnement de la chaine de production	17

Chapitre02 :

Figure II.1 : Le modèle LCAG.....	26
Figure II.2: les principales variables SWOT.....	28
Figure II.3 : les facteurs clé d'un développement.....	32

Chapitre03 :

Figure III.1 : Plan général de station d'épuration.....	37
Figure III.2 : Schéma de principe de la station d'épuration.....	38
Figure III.3 : schéma d'un tamisage.....	44
Figure III.4 : un dégrilleur fin inclus dans un tamis.....	44
Figure III.5: bac de dessablage et dégrillage combinées.....	45
Figure III.6: schéma d'un décanteur.....	46
Figure III.7 : Décanteur.....	47
Figure III.8: schéma d'un procédé lit bactérien.....	48
Figure III.9: schéma d'un procédé boues activées.....	49
Figure III.10: Le clarificateur.....	50
figureIII.11 : La relation entre les performances du décanteur.....	55

chapitreVI :

Figure VI.1 : Problème de Voyageur de Commerce.....	61
Figure VI .2: Problème de tournées de véhicules.....	63

Figure VI.3: différentes fonctions objectifs.....	65
Figure VI.4 : Variantes du VRP.....	68
Figure VI.5 : Fonctionnement d'un algorithme génétique.....	76
Figure VI.7 : Codage par liste de permutation.....	80
Figure VI.8: Croisement à un point de coupure.....	80
Figure VI.9: Mutation de deux allèles quelconques.....	81
Figure VI. 10 : la correction.....	81
Figure VI.11 : résultat d'exécution de programme pour la région 01.....	83
Figure VI.12 : le schéma optimal pour la région 01.....	83
Figure VI.13 : résultat d'exécution de programme pour la région 02.....	84
Figure VI.14 : le schéma optimal pour la région 02.....	85
Figure VI.15: résultat d'exécution de programme pour la région 03.....	86
Figure VI.16 : le schéma optimal pour la région 02.....	86

Liste des tableaux :

Chapitre I :

Tableau I.1 : les caractéristiques alimentaires du lait.....	8
Tableau I.2 : Les analyses physicochimiques de lait pasteurisé.....	14

Chapitre III :

Tableau III.1: les paramètres de la station.....	36
Tableau III.2 : normes de rejets des eaux usées.....	43
Tableau III.3 :efficacité épuratoire de la décantation.....	46
Tableau III.4: table de sélection de tamis.....	52

Chapitre VI :

Tableau VI.1 : Le temps pour aller du client à un 'autre pour la région 01.....	82
Tableau VI.2 : La fenêtre du temps pour les clients de la région 01.....	83
Tableau VI. 3:l'ordre du passage dans la région 01.....	84
Tableau VI.4 : Le temps (min) pour aller du client à un 'autre pour la région 02.....	84

Tableau VI.5 : La fenêtre du temps pour les clients de la région 02.....	84
Tableau VI.6 :l'ordre du passage dans la région 02.....	85
TableuVI.7 : Le temps (min) pour aller du client à un 'autre pour la région 3.....	85
Tableau VI. 8: La fenêtre du temps pour les clients de la région 03.....	85
Tableau VI. 9:l'ordre du passage dans la région03.....	86

Abréviations et symboles

LCAG : initial du nom des 4 professeurs de la Harvard Business School : Learned, Christensen, Andrews et Guth.

SWOT : strenghts weaknesses opportunities threats.

E-H : Equivalent-Habitants

STEP : Station d'épuration des eaux usées

DBO5: Demande biochimique en oxygène à 5jours

DCO: La demande chimique en oxygène

MES : concentration en matières solides en suspension

TDa : Taux de débordement actuel

t : Temps de séjour hydraulique

VRP : Vehicle Routing Problem

PVC : Problème de Voyageur de Commerce

CVRPTW : covers the capacitated Vehicle Routing Problem with time windows

PDPTW : pickup and delivery Vehicle Routing Problem with time windows

m-PDPTW : multi pickup and delivery Vehicle Routing Problem with time windows

Remerciement

En préambule à ce mémoire nous remercions Dieu qui nous aide et nous a donné la patience et le courage durant ces longues années d'études

Les travaux présentés dans ce mémoire ont été effectués au sein du département de génie électrique et électrotechnique de l'université de Tlemcen.

*Ainsi, nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à Monsieur **Khalid MEKAMCHA**, Maître Assistant à l'Université de Tlemcen, pour avoir dirigé ce travail, pour la confiance et l'intérêt qu'il nous a témoigné tout le long de la réalisation de ce travail.*

*Nos remerciements vont également à Madame **Lamia SARI**, Maître Assistant à l'université de Tlemcen, pour son importante participation dans l'élaboration de ce travail à travers ses nombreux conseils et idées éclairées.*

*Nous remercions vivement Madame, **Benmerzouk Djamila**, professeur en mathématique à l'université de Tlemcen, pour nous avoir fait l'honneur de présider le jury de notre mémoire.*

*Nous adressons nos respectueux remerciements à Monsieur, **BENDAOUDI, MAA** à l'Université de Tlemcen, pour avoir accepté d'examiner ce travail.*

Nous tenons également à remercier tous ceux qui de près ou de loin ont participé à l'élaboration de ce travail.

Dédicace

Dédicace

Je dédie ce mémoire à mes chers parents.

A mon cher frère et mes chères sœurs.

A toute ma famille.

Spéciale dédicace à ma chère grand mère et mes oncles EL-hadj et Maamar.

A mes collègues de GI.

A tous mes amis sans exception.

A ceux qui m'aiment et que j'ai oublié de citer.

ABDENNOUR...

Dédicace

Je dédie ce travail

A ma mère

Femme responsable et courageuse

A mon père

Homme honnête, courageux et fier

Je vous remercie pour votre immense amour

*A mon frère **Mohamed** et mes sœurs **Zohra et Amina***

Je vous remercie pour votre patience et votre gentillesse

*A mon fiancé **Mohamed Anoir** et à ma belle famille*

J'adresse une pensée particulière à vous pour votre support et encouragement.

*A tous mes chères amies et sur tous **Nour el Houda, Kheirour, et Oumria** pour tous les moments qu'on a passé ensemble.*

SOUAD...

Introduction générale :

Dans cet univers économique mouvant et fortement internationalisé il est désormais essentiel à l'entreprise de s'interroger sur sa véritable finalité et sur les atouts dont elle dispose pour se développer pour assurer la réalisation de sa mission. C'est pourquoi la réflexion stratégique loin d'être un luxe pour les plus grandes d'entre elles est devenue une nécessité pour toutes celles qui soucieuses du développement harmonieux de leurs activités acceptent de se remettre en cause. Pour un meilleur développement, l'entreprise lui faut tout d'abord faire une analyse ou un diagnostic qui permet d'éliminer les points faibles

Au sein de cette entreprise, il y'a plusieurs problèmes à résoudre mais dans ce travail, on s'est intéressé seulement sur la partie logistique et environnementale.

A l'échelle mondiale, le traitement des eaux usées constitue le premier enjeu de santé publique. En Algérie le problème d'eau usée industriel est très répandue et très graves c'est pourquoi l'état lancé une série des projets qui servent à traiter l'eau industrielle dans plusieurs coopérative. La première partie de notre étude consiste à concevoir une station d'épuration des eaux blanches de la laiterie en respectant les différentes étapes du traitement tout en prenant en considération l'aspect technique, lié par exemple à l'efficacité relative des divers procédés possibles, mais aussi au point de vue économique portant sur l'estimation des frais d'investissement de fonctionnement et d'exploitation.

En second lieu, le transport permet le mouvement des produits d'un endroit à un autre. Il est par conséquent indispensable à notre économie. La 2^{ème} partie de notre travail est composée d'une mise en contexte du transport routier des marchandises où l'importance du transport est démontrée et d'une description de la problématique qui sera résolue dans cet essai par l'application d'une tournée des véhicules, puit la méthodologie qui sera utilisée et finalement l'interprétation des résultats obtenus.

I.1-Introduction

Le lait est un produit nécessaire pour l'être humain, il existe en plusieurs variétés (le lait cru de vache, le lait pasteurisé ... etc.

l'organisation internationale de l'alimentation en USA a classé l'Algérie dans les derniers au niveau de la production du lait et cela sans introduire le paramètre de la qualité.[1]

L'industrie, en Algérie, est caractérisée par une forte dichotomie public /privé pour la production de lait et des produits laitiers. La production de lait est assurée essentiellement par les entreprises publiques au moyen d'une forte importation de poudre de lait. En effet, elle est assurée essentiellement par les trois ex-offices régionaux qui se sont groupés par une opération de fusion-absorption pour former le groupe GIPLAIT, composé de 18 filiales et à un moindre degré par le secteur privé qui compte 150 P.M.I. [2]

Dans ce chapitre on présente l'entreprise dans laquelle on va appliquer notre projet de fin d'études. On va présenter leurs produits, leur marché, la qualité de leurs produits et le processus de fabrication.

I.2-La filière du lait en Algérie : [3]

Le lait constitue un produit de base dans le modèle de consommation algérien. Sa part dans les importations alimentaires totales du pays représente environ 22 %.

L'Algérie importe, chaque année, 700 à 800 millions de dollars de lait et de produits laitiers elle se place ainsi au troisième rang mondial en matière d'importation de laits et produits laitiers, après l'Italie et le Mexique.

Les éléments explicatifs de cette situation sont :

- La consommation de lait et produits laitiers, sous l'effet de la pression démographique et du soutien des prix par l'Etat, a considérablement augmenté, mais sans qu'il y ait eu un accroissement proportionnel de la production à tous les niveaux.
- L'industrie laitière, qui fonctionne essentiellement sur la base de poudre de lait d'importation, ne peut couvrir qu'une faible partie des besoins de consommation, ce qui contraint les pouvoirs publics à importer, à prix fort, des quantités importantes de lait prêt à la consommation pour compenser le déficit de la production industrielle.
- L'élevage, au niveau des exploitations laitières, est peu productif, car il est principalement extensif. La croissance de la production de lait cru n'a pas suivi celle des capacités de transformation dans l'industrie, c'est ce qui explique principalement la déconnexion de cette dernière de la sphère de production locale et, par là-même, le fort degré d'extraversion de la filière.
- L'intervention de l'Etat, au niveau de la filière, a porté essentiellement sur un élargissement du marché par des mesures de soutien des prix à la consommation, négligeant ainsi l'intensification de la production laitière à l'amont. L'absence d'une dynamique d'intégration entre l'industrie et les exploitations laitières entraînera une totale extraversion de la filière.

I.2.1- Evolution des capacités de production : [3]

Les capacités de production industrielle de lait et produits laitiers ont connu une forte expansion depuis les premières années de l'indépendance en passant de 24 millions de litres en 1963 à 2milliard de litres de lait en 2015.

L'industrie laitière, en Algérie, est à dominante publique, la part du secteur privé est faible 8 (moins de 10 % de la production globale) et son activité est essentiellement orientée vers la production de laitages (fromages, desserts lactés, yaourts...). La production de lait pasteurisé demeure le monopole des laiteries étatiques. Il existe actuellement une vingtaine d'unités de production qui sont localisées aux alentours des périmètres laitiers au niveau des trois principales régions du pays (Est, Centre et Ouest).

Réalisées dans le cadre de la mise en œuvre d'une politique de sécurité alimentaire, elles ont été conçues dans le but de répondre à une demande en forte croissance, avec la perspective d'une intégration aux exploitations laitières qui devaient en constituer la principale source d'approvisionnement.

Chapitre I : Présentation de l'entreprise

En fait, ces deux objectifs sont loin d'être atteints car, d'une part, l'industrie laitière n'est pas en mesure d'assurer une couverture satisfaisante de la demande, et, d'autre part, elle est totalement déconnectée de la sphère de production locale.

I.2.2-La situation de la production laitière à la wilaya de Naâma : [3]

Une production laitière de plus d'un million de litres a été collectée de janvier à fin octobre 2015 dans la wilaya de Naâma, en légère hausse par rapport à celle de la même période de la saison écoulée(2014), auprès de la direction locale des services agricoles. Cette production, ayant contribué à l'approvisionnement des consommateurs en quantités suffisantes de lait cru et dérivés, a été réalisée grâce aux mesures incitatives mises en place pour le développement de cette filière, dont le soutien des producteurs à travers le fonds national de régulation et de développement agricole, la modernisation de l'élevage, notamment bovin, et à la faveur de la qualification et l'équipement des éleveurs de bovidés en moyens de production laitière, ont précisé les responsables du secteur. La même source a fait état, dans le cadre du soutien aux éleveurs bovins, du déblocage d'un montant de 69 millions de dinars au profit de 101 éleveurs et producteurs de lait, destiné à l'aménagement des étables, l'acquisition d'équipements d'élevage, en plus de l'octroi, durant la même période, d'une enveloppe de 23,8 millions de dinars de primes d'intégration au profit de 64 fournisseurs de laiterie et trois collecteurs de lait cru. La wilaya de Naâma, à vocation pastorale, a enregistré, cette année, dans le cadre de la réhabilitation de la filière laitière, la création de 706 nouvelles fermes d'élevage bovin, l'agrément de sept collecteurs de lait, en plus de l'adhésion de 44 producteurs et deux collecteurs au programme de soutien du fonds national pour la régulation des produits agricoles, a-t-on fait savoir. Le secteur de l'agriculture a été renforcé par l'ouverture d'une laiterie à Mécheria devant s'ajouter à celle existante dans la commune d'Aïn Sefra et ayant réalisé cette année une production de 1,5 million litres de lait pasteurisé destiné à la consommation.

I.3-Le lait : [5]

Le lait est le produit intégral de la traite d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée.

Lorsqu'on parle de lait, il s'agit généralement de lait de vache.

I.3.1- Valeur alimentaire

Constituants	Lait de vache
Protides	3,2 g
Lipides	1,5 g
Glucides	4,6/5.1 g
Calcium	107/139 mg
Phosphore	75/124 mg
Sodium	40/60 mg
Total calories / 100 g	49.8/59.3 Kcal

Tableau I.1 : les caractéristiques alimentaires du lait

I.3.2-Les dérivés du lait :

Chapitre I : Présentation de l'entreprise

Quelle que soit son origine, le lait se transforme en plusieurs types, chaque type possède une méthode de transformation. Les types de lait sont :

- Lait pasteurisé.
- Lait pasteurisé HT
- Lait caillé
- Le fromage
- La crème
- Le beurre
- Le Yaourt

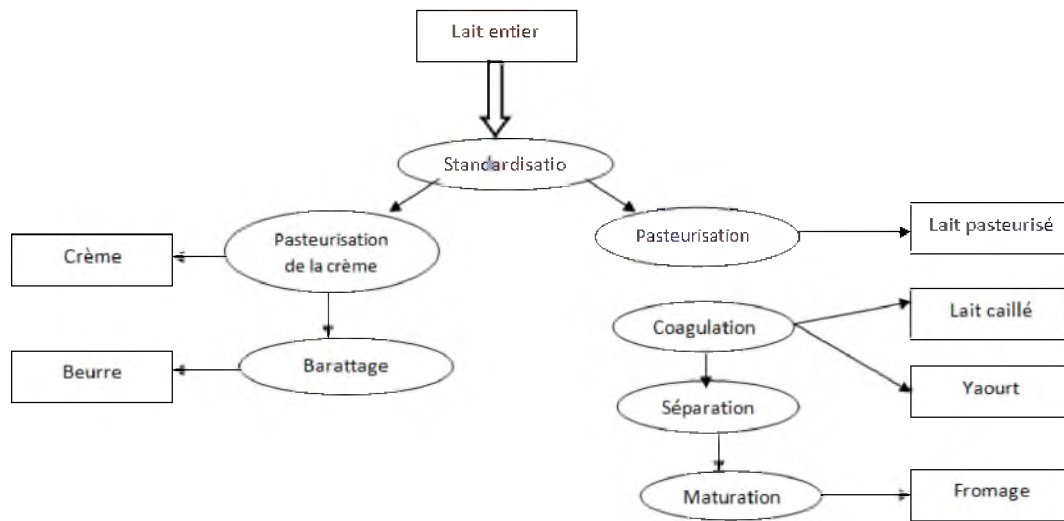


Figure I.1 : les types des produits laitiers

a) Lait pasteurisé :

Le lait pasteurisé est un lait ayant subi un traitement thermique qui détruit partiellement les germes. La pasteurisation est un traitement obtenu en maintenant le lait pour une durée de 20 secondes à 80-85°C ou 30 minutes à 63°C. Le lait pasteurisé ne se conserve que quelques jours au froid. [5]

b) Lait caillé (fermenté) :

Le développement des bactéries lactiques dans le lait s'accompagne d'une dégradation (fermentation) du lactose (sucre du lait) en acide lactique, ce qui limite le développement des micro-organismes nuisibles et provoque la coagulation du lait. Il permet d'obtenir un produit plus facile à conserver que le lait, mais aussi plus digeste (dégradation du lactose). Deux techniques sont possibles pour la fermentation :

- La fermentation spontanée. On laisse le lait fermenter tout seul en le maintenant à un niveau de température et d'humidité relative appropriée ;
- La fermentation conduite. Le lait est pasteurisé puis réensemencé avec des starters ou levains sélectionnés. C'est cette méthode qu'on utilise dans la laiterie. [5]

c) Le fromage :

Chapitre I : Présentation de l'entreprise

La conservation des fromages est plus facile que la conservation du lait cru car leur moindre teneur en eau limite le développement microbien. De plus, ils sont parfois fabriqués avec du lait pasteurisé ce qui accroît encore leur stabilité.

La fabrication du fromage passe par deux étapes :

- Le caillage : c'est la coagulation du lait. Elle peut s'opérer grâce au développement des bactéries lactiques qui provoquent l'acidification du lait : c'est le caillage lactique.

Elle peut également être obtenue sous l'action d'enzymes ; on utilise alors souvent la présure extraite de la caillette de veau ;

- L'égouttage : le caillé se contracte et expulse une partie de l'eau qui le compose.

L'égouttage consiste à éliminer ce liquide appelé le lactosérum. Cette opération s'accompagne d'une perte d'éléments nutritifs. Le caillé, ou fromage frais, servira de matière première à tous les fromages.

L'élimination du lactosérum est partielle pour les fromages frais et totale pour les fromages affinés. Elle est alors accélérée grâce au salage (par ajout de sel ou trempage dans la saumure), au découpage et au pressage. Le salage facilite par ailleurs la conservation.

L'affinage permet ensuite de modifier les caractéristiques du fromage grâce au développement de certains micro-organismes ou à l'ajout de sel ou de ferments. [5]

d) La crème :

Le lait a une aptitude naturelle à se séparer en crème et lait écrémé. Pour obtenir la crème, on peut pasteuriser le lait de la traite du soir, le refroidir et le stocker à une température inférieure à 10-12 °C toute la nuit. Le matin, on peut recueillir une épaisse couche de crème. Cette séparation peut être accélérée par centrifugation. La crème contient 34 à 38% de matière grasse. [5]

e) Le beurre :

Fabriquer du beurre revient à concentrer les matières grasses de la crème : c'est l'opération de barattage. [5]

f) Le Yaourt :

1. le lait est pasteurisé, puis il est refroidi jusqu'à 40-45 °C, température adaptée au développement des ferments du yaourt.

2. Le produit estensemencé avec le ferment, puis brassé.

3. La préparation est alors répartie dans des pots en plastique, de carton ou dans des sachets en plastique ;

4. C'est la période d'incubation : le produit est maintenu dans un incubateur.

L'incubateur peut être une boîte revêtue de plaques isolantes dans laquelle une ampoule électrique amène la température à 40-45 °C. La puissance de la lampe doit être testée au préalable car elle dépendra de la taille de la boîte et du climat local.

5. Après 3 à 6 heures d'incubation à 40-45 °C, le produit se solidifie, c'est la coagulation.

6. Les récipients sont alors fermés.

7. Le yaourt est conservé au froid (4-8 °C) jusque à la vente. [5]

I.4-Présentation de l'entreprise

I.4.1 Historique :



La coopérative Frères Guerinik est une laiterie située à Ain- Sefra spécialisée dans la fabrication de **lait et ces dérivés, elle est créée en 2004 avec un capital de 20.000.000 da.** C'est la seule laiterie dans la commune d'AinSefra. Cette petite entreprise à une capacité de production de 10000 litres par jours. au début, la laiterie a travaillé avec le lait en poudre jusqu'en 2009, elle a choisi de changer le type de production pour produire seulement le lait de vache cru.

Le lait de vache conditionné représente le produit principal fabriqué par cette entreprise et la matière première utilisée dans la production est le lait cru de la vache.

I.4.2-Implantation :

La coopérative Oundjiri Frère Guerinik est située dans la zone industrielle à trois Kms du chef-lieu de la commune ; sur la route nationale n°6, Ain Sefra; au sud, on trouve le lycée (hachem laid), au nord, on trouve l'abattoir de la commune, vers l'est, plusieurs entreprises privés et vers l'ouest, la ville d'Ain Sefra.

- les axes routiers sont à 500 m (Ain Sefra/Tiout, Ain Sefra/Sfissifa, Ain sefra/sfissfat...).
- Les différentes communes qui sont a proximité de l'entreprise (Tiout, Sfissifa...).



Figure I.2 : localisation géographique de l'usine

I.4.3-Superficie et architecture :

La superficie générale de l'entreprise est de 340m^2 , elle se compose de 04 bâtiments. La superficie actuelle de chaque bâtiment est donnée comme suit :

- Bâtiment 01 production : 120 m^2
- Bâtiment 02 de réfrigération : 50 m^2
- La zone 03 (Espace vide) : 130 m^2
- Bâtiment 04 de laboratoire et administration : 40 m^2

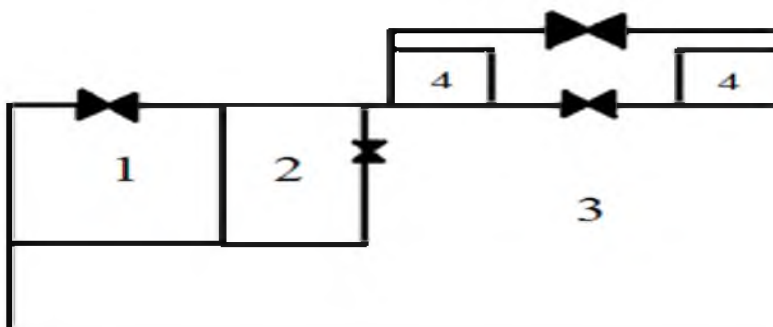


Figure I.3 : la surface architecturale de l'usine

I.4.4-L'organigramme de l'entreprise :

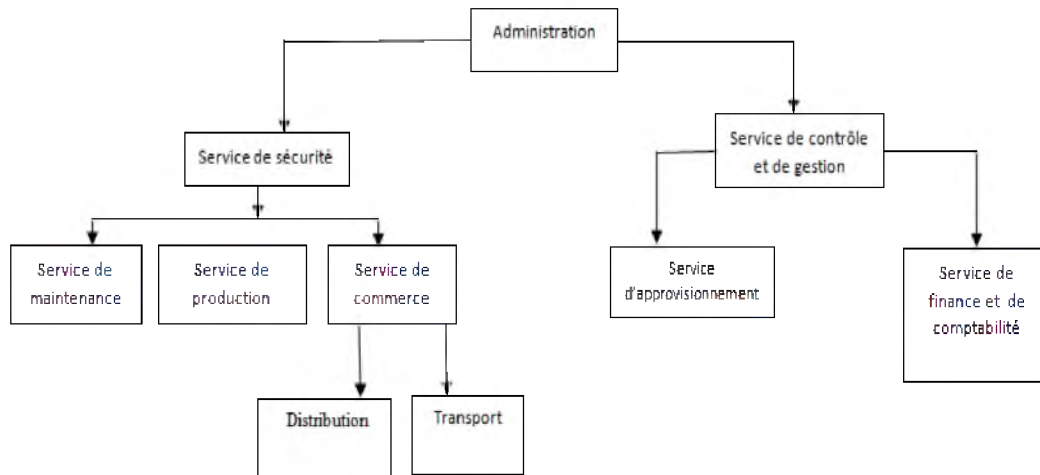


Figure I.4 : l'organigramme organisationnel de l'entreprise

I.4.4.1-Organigramme structurel :

a) Le service administratif :

Le service administratif regroupe 03 personnes qui sont chargés d'entretenir des relations commerciales avec le siège social, mais aussi de rechercher de nouveaux clients potentiels. Le service administratif se charge aussi du recrutement et des stages (via le directeur des ressources humaines), mais aussi bien évidemment de la gestion des salariés de l'entreprise.

b) Le service maintenance :

Il y'a un ingénieur et un ouvrier pour contrôler les équipements, la sécurité des ouvriers et la sécurité des diverses unités et des travailleurs pour éviter les accidents professionnels. Le service maintenance est responsable de l'état, de la conservation et de la maintenance du matériel. il à une vision :

- à court terme (curative),
- à moyen terme (préventive),
- à long terme (durée de vie et remplacement du parc).

c) Comptabilité :

Où il y'a deux comptables qui sont chargés de la conduite de toutes les opérations qui ont lieu chaque jour de l'achat et de la vente et de préparer l'ordre du jour et les comptes rendus annuels et trimestriels.

d) Service de contrôle et de gestion :

Où il y'a deux contrôleurs de gestion, la fonction principale du service est le contrôle des relations organisationnelles et les corrélations entre les différents services de l'entreprise, en plus de la préparation de l'ordre du jour et de la surveillance spéciale des activités de l'entreprise.

e) Service d'approvisionnement :

Sa fonction principale est d'alimenter les différents services par les matières premières, poudre du lait, les produits d'emballage, des pièces des rechanges..... Dans ce service il y'a un magasinier et deux ouvriers.

f) Service des expéditions :

Le service expédition se situe à une extrémité des unités de production, devant une grande place où quatre camions peuvent se garer afin de débiter le chargement. Neuf employés sont chargés de gérer les expéditions, de charger les camions et de surveiller le bon conditionnement de la salle réfrigérée.

g) Le laboratoire de recherche et d'analyse :

Enfin, pour être en constante amélioration de ses produits, l'entreprise a son propre laboratoire où il y'a trois biologistes qui ont pour devoir le contrôle des taux de bactéries présentes dans le lait.

<i>Lait pasteurisé (TT)</i>	<i>PH/T°</i>
	<i>Acidité titrable en °D</i>
	<i>Densité</i>
	<i>Taux de matière grasse (MG)</i>
	<i>EST/ESD</i>
	<i>Goût et odeur Aspect et la couleur</i>
	<i>Tests de stabilités + Test à l'alcool + Test d'ébullition + Test Ramsdell</i>

Tableau I.2 : Les analyses physicochimiques de lait pasteurisé

I.4.5-Les fournisseurs :

Pour assurer la disponibilité de la matière première, l'entreprise a choisi de mettre en service un système de coordination avec les différents fournisseurs de la matière première (lait cru de vache). Pour gérer ses fournisseurs, l'entreprise utilise un système de pointage dans lequel elle va citer la quantité fourni de chaque jour par chaque fournisseur ; il existe plus de 15 fournisseurs.

I.4.6- Les clients :

La majorité des clients de l'entreprise est située au sud d'Ain Safraa couvrant entièrement la région TIOUT, ELHENDJIR, SFISSEFAT.

Ce territoire permet à l'entreprise de livrer à plus de 20 clients. Les clients sont très variés, les livraisons sont effectuées aux grossistes et consommateurs directes. La livraison des commandes est effectuée chaque jour.



Figure I.5: localisation géographique des clients de l'entreprise

I.4.7- Les moyens de transport :

L'entreprise possède trois véhicules qui ont la même capacité (1000 sachets/véhicule) pour assurer la distribution de la commande. Un camion peut à chaque fois changer d'itinéraires, selon le besoin et la quantité à livrer

I.4.8- Activités de l'entreprise :

Les actions de l'entreprise **frères guerinik** sont basées spécialement sur la transformation du lait de vache en:

- lait pasteurisé.
- leben pasteurisé.
- beurre pasteurisé.

I.4.9-Le processus de fabrication du lait dans l'usine :

a- La matière première :

La matière première qui est utilisée dans l'usine est le lait cru de vache, l'usine travaille avec des fournisseurs qui leur vendent la matière première, le transport du lait se fait par des camions à citernes.

Il existe plusieurs fournisseurs mais malgré leur grand nombre, il reste toujours un manque de lait de vache et ça c'est un problème posé dans tout le territoire national et en Afrique en général.

b- La collecte de lait cru de vache:

La collecte de la matière première se fait par une méthode aléatoire, quand les laboureurs déclarent leur quantité de lait cru, le véhicule tourne et collecte le lait. Dans la collecte, il faut d'abord prendre un spécimen pour l'analyser sur place afin de vérifier la qualité de la matière première.

c- La réception de la matière première:

Quand les véhicules de collecte reviennent au centre de production, on décharge le lait en utilisant des pompes vers des cuves de stockage isotherme, ces cuves sont considérées comme un stock temporaire.

d- La pasteurisation :

Après la réception de la matière première, elle va passer dans un pasteurisateur. Le lait est chauffé pendant 30 minutes à une température comprise entre 63 et 65°C. Cette manipulation se fait en absence d'air et permet de détruire les microbes causant surtout l'acidification du lait dont l'enzyme responsable est un ferment qu'on appelle la présure (elle fabrique la protéine caséine), il est nécessaire de le refroidir immédiatement à 3°C, et alors on obtient le lait pasteurisé qui peut se conserver 7 jours au réfrigérateur.

e- Le refroidissement :

Après la pasteurisation du lait, on refroidit jusqu'à 2-3°C en utilisant un refroidisseur, le lait froid est stocké dans des cuves de stockage isothermes. Cette opération est réalisée pour protéger le lait pasteurisé de tout changement possible.

f- Le conditionnement :

La dernière étape dans la fabrication du lait pasteurisé c'est le conditionnement où on va conditionner le lait pasteurisé dans des sachets d'un litre.

g- Le stockage :

Pour le stockage des produits finis « le lait en sac », il existe une chambre de stockage spéciale pour conserver le produit à l'état normal (chambre qui vérifie les conditions de

Chapitre I : Présentation de l'entreprise

stockage du lait « température bien précise »), La capacité de stockage est très grande par rapport à la quantité fabriquée, La durée de stockage ne dépasse pas un jour .

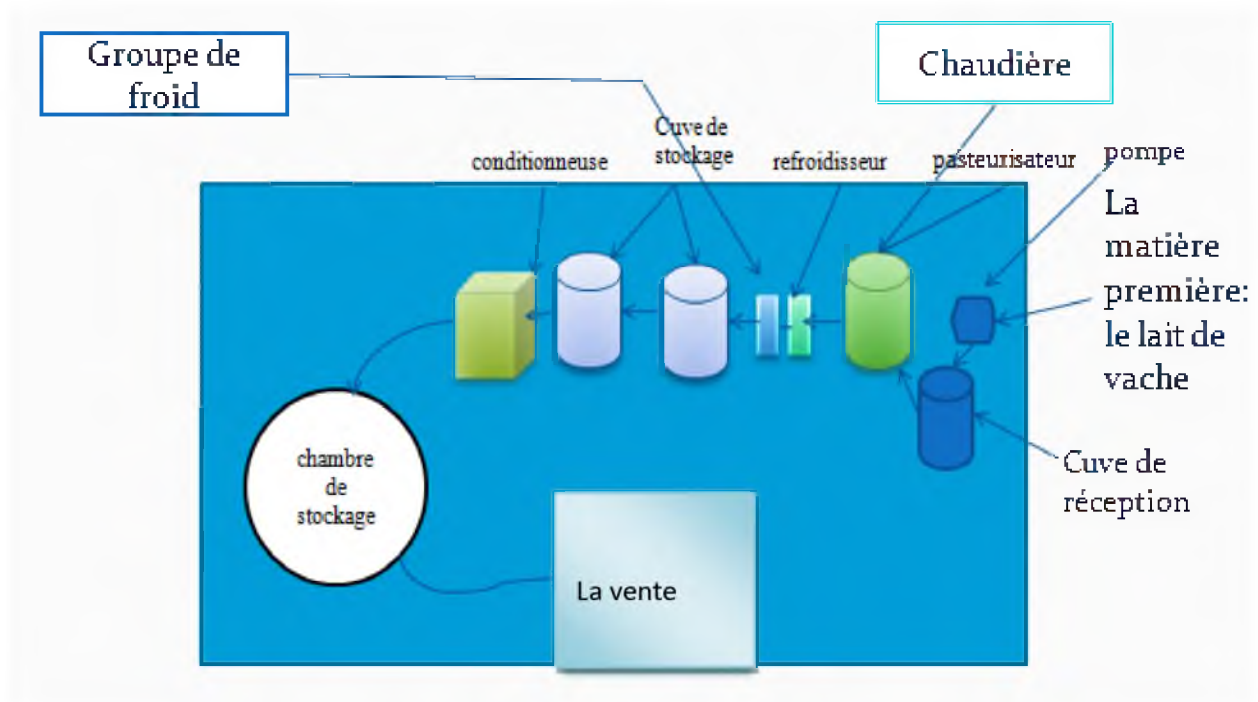


Figure I.6 : Fonctionnement de la chaîne de production

I.4.10-Le Marché d'entreprises :

L'entreprise se trouve dans une région très stratégique, elle est la seule entreprise qui travaille dans cette activité, il existe plusieurs communes et villes à côté d'elle.

Le client principal pour l'entreprise c'est le citoyen de cette région, la consommation de ces produits est très grande, on remarque que la consommation existante dans le marché n'est pas seulement les produits de l'entreprise mais aussi des produits d'autres Wilayas comme Sidi-Belabess et Saida ...

Donc on remarque qu'il reste un manque à gagner sur le marché, c'est pour ça qu'on trouve d'autres produits qui sont exportés dans différentes wilayas.

I.4.11-Les normes ISO :

Le lait est un produit d'une grande importance, la consommation de cette matière est quotidienne et les consommateurs préfèrent la qualité le prix et le nom le plus connu sur le marché.

Pour créer un nom puissant dans un marché très difficile comme le marché du lait et ses dérivés il faudra plusieurs facteurs, parmi lesquels les normes ISO. Notre entreprise travaille avec des normes qui donnent une garantie et une confiance aux consommateurs pour choisir leur produit. Les normes utilisées par la laiterie :

Chapitre I : Présentation de l'entreprise

Norme ISO 1211:2010 (IDF 1:2010) : pour la détermination de la teneur en matière grasse.

Norme ISO 8070:2007 (IDF 119:2007) : pour la détermination des teneurs en calcium, sodium, potassium et magnésium.

Norme ISO 8968-1:2014 (IDF 20-1:2014) : pour la détermination de la teneur en azote.

Norme ISO/TS 17758:2014 (IDF 87) : poudre de lait instantanée -- Détermination de la dispersibilité et de la mouillabilité

I.5-Conclusion

Dans ce chapitre nous avons donné une vue globale sur la filière laitière en Algérie et la situation du marché du lait au niveau de la wilaya de Naâma, après on a donné une présentation générale de l'entreprise objet de notre projet de fin d'étude.

Dans le chapitre suivant on va parler du développement de l'entreprise où on va citer tous les problèmes rencontrés dans l'usine et expliquer clairement notre problématique.

II.1-Introduction :

Dans notre monde moderne rempli de grandes turbulences et de complexité, le dirigeant d'entreprise éprouve de plus en plus des difficultés à identifier et à définir la bonne stratégie pour assurer sa rentabilité, sa continuité et sa croissance.

Le dirigeant se doit d'analyser et d'évaluer les facteurs reliés à son organisation et à son environnement, afin d'être en mesure de mieux comprendre les enjeux, les risques, les forces et les faiblesses de son milieu et ainsi déceler plus efficacement les opportunités stratégiques pour assurer le développement de son entreprise.

Dans ce chapitre on va donner une vue général sur les facteurs clé d'un plan de développement stratégique d'une entreprise et les différentes modalités du développement.

II.2--Définition de la stratégie :[14]

Elaborer une stratégie c'est choisir les domaines d'activité dans lesquels l'entreprise entend être présente et allouer les ressources de façon à ce qu'elle s'y maintienne et s'y développe.

II.2.1-Quelques vocabulaires de la stratégie :

- **Mission** : Propos fondamental de l'organisation, en rapport avec les valeurs et les attentes des parties prenantes. Il s'agit de la raison d'être de l'entreprise.
- **Vision ou intention stratégique** : Etat futur souhaité, l'aspiration de l'organisation, projection de l'avenir.
- **But** : Déclaration générale d'intention.
- **Objectif** : Quantification ou intention plus précise.
- **Compétences distinctives** : Ressources procédés et aptitudes qui permettent d'obtenir un avantage concurrentiel.
- **Contrôle** : Evaluation de l'efficacité de la stratégie et des réalisations ou modification de la stratégie et/ou des réalisations si nécessaire.

II.3-Stratégie et politique générale de l'entreprise : [14]

Toute entreprise est plus ou moins orientée par une politique générale explicitée ou non par le groupe dirigeant. Elle est le fruit des motivations, de la formation et de la culture des dirigeants.

La politique générale se définit comme l'ensemble des principes directeurs et des grandes règles et normes qui orientent en permanence l'action.

II.3.1-Objectifs de la stratégie :

La stratégie mise en place par les dirigeants de l'entreprise vise à rechercher, obtenir et garder une compétence distinctive, ou de savoir-faire différentiel, source d'avantage compétitif et à garantir ainsi la compétitivité et la rentabilité de l'entreprise sur le long terme. Cela implique de comprendre l'environnement afin de modifier l'équilibre concurrentiel à son avantage.

Cette discipline a pour objectif de connaître les déterminants de l'entreprise en tant qu'acteur de la vie économique, expliquer ses comportements passés et orienter ses comportements futurs.

Contrairement aux autres fonctions de l'entreprise qui ne concernent qu'un seul aspect, la politique d'entreprise, considère l'entreprise comme une totalité. Elle utilise des informations provenant des autres fonctions mais se base sur ses propres méthodologies.

Elle traduit le libre arbitre des dirigeants d'entreprise. Ainsi, l'entreprise est libre dans le choix des objectifs généraux qu'elle entend poursuivre et des stratégies qu'elle développe afin d'atteindre ces objectifs.

La politique générale s'impose à la stratégie en lui fixant des buts à atteindre, des contraintes et des critères à respecter et est souvent formalisée dans les chartes d'entreprises. Elle englobe la conception et le pilotage d'actions dans le but de saisir des opportunités tant internes qu'externes.

II.3.2-Les niveaux des décisions stratégiques : [14]

Les décisions stratégiques constituent des décisions qui engageront la firme sur le long terme, ainsi, elles sont souvent irréversibles et impliquent des changements structurels importants. La décision stratégique diffère selon le niveau hiérarchique. En effet, on retrouve trois niveaux de la décision : On parle de stratégie d'entreprise ou corporate strategy, stratégie par domaine d'activité ou business strategy et stratégie fonctionnelle.

II.4-La stratégie générale d'entreprise :

Elle concerne le schéma et le périmètre de l'organisation dans sa globalité et la manière dont elle ajoute de la valeur à ses différentes activités.

A ce niveau, la stratégie permettra la détermination du domaine d'activité dans lequel l'organisation désire œuvrer.

Il s'agit de l'orientation du portefeuille de couples « produit - marché » de la détermination de ce que l'organisation doit faire pour mettre en pratique cette orientation.

II.4.1- La stratégie par domaine d'activité : [14]

Elle consiste à identifier les facteurs clé de succès sur un marché particulier. Il s'agit de définir comment un avantage peut être obtenu par rapport à ses concurrents et de savoir quels nouveaux marchés peuvent être identifiés ou construits.

A ce niveau la stratégie permet de définir comment l'organisation doit s'y prendre pour faire face à la compétition au sein du domaine d'activités ou du secteur dans lequel elle opère.

Il peut s'agir d'un avantage compétitif de coûts, d'une différenciation, d'une focalisation ou d'une niche de marché.

II.4.2-La stratégie fonctionnelle :

Elle consiste à assurer la mise en œuvre des stratégies globales et des stratégies par domaine d'activités et ce spécifiquement pour chaque fonction de l'entreprise. (Marketing, production, distribution, R&D, etc.)

A ce niveau, la stratégie vise à mettre à profit et à intégrer les compétences distinctives et les capacités de l'organisation pour chacune des différentes fonctions qu'elle assume.

II.5-Le Diagnostic stratégique : [14]

II.5.1-Définition du diagnostic stratégique

Le diagnostic stratégique consiste à comprendre la situation actuelle de l'organisation par une analyse de l'organisation et de son environnement. Il s'agit d'un diagnostic externe de l'environnement et d'une analyse interne de l'entreprise.

La démarche du diagnostic stratégique s'apparente à une photographie de la situation de l'entreprise. Il s'agit de positionner l'entreprise et ses concurrents sur un marché donné afin de confirmer ou de modifier les choix stratégiques antérieurs et de projeter ainsi l'entreprise dans un futur maîtrisé. Il est réalisé dans deux directions : l'environnement, en termes d'attractivité du secteur (opportunités, menaces), et l'entreprise en termes de potentialités intrinsèques (forces et faiblesses).

En effet, l'entreprise est un système ouvert qui possède ses propres caractéristiques et qui survit et se développe dans un environnement en constante évolution, porteur de menaces mais aussi d'opportunités.

Par ailleurs, elle est amenée à faire des choix stratégiques adéquats afin de garantir sa survie et sa pérennité. Le diagnostic stratégique permet alors, au préalable, d'avoir les informations nécessaires, d'une part, concernant les caractéristiques du macro-environnement et microenvironnement et, d'autre part, concernant les caractéristiques de l'entreprise elle-même.

Ainsi, le diagnostic stratégique interne et externe permettra à l'entreprise de pouvoir concilier les choix stratégiques dont dépend sa compétitivité à long terme et la maîtrise des turbulences de son environnement dont dépend sa compétitivité immédiate.

II.5.2- Le diagnostic externe : [14]

Selon l'approche déterministe, les changements stratégiques sont souvent le résultat d'une mutation de l'environnement. Par conséquent, le diagnostic externe de l'environnement s'impose afin d'assoir les décisions stratégiques.

Le diagnostic externe concerne l'ensemble des éléments qui influencent l'entreprise ou sur lesquels elle peut agir. Il s'agit d'identifier les facteurs de marché (forces en présence) et les facteurs hors marché (la réglementation, par exemple).

Ainsi, la connaissance de l'environnement permet de dégager les opportunités possibles et les menaces éventuelles provenant de l'environnement.

L'environnement de l'entreprise est généralement divisé en deux sous-environnements : Un environnement immédiat (le micro-environnement) et un environnement général (le macro-environnement). Il est alors indispensable de réaliser un diagnostic de la macro environnement et du micro environnement.

a- L'analyse macro-environnement : [14]

Cette analyse permet d'évaluer l'environnement macro de manière à dégager les caractéristiques susceptibles de modifier les stratégies de l'entreprise.

Chapitre II : La stratégie du développement des entreprises

Les facteurs de l'environnement macro peuvent être classifiés en plusieurs catégories ; facteurs politiques, économiques, socioculturels, technologiques et environnementaux. Ils jouent un rôle important dans les opportunités de création de valeur d'une stratégie. Cependant ils sont habituellement (selon la conception déterministe de l'organisation) en dehors du contrôle de l'entreprise et doivent normalement être considérés en tant que menaces ou opportunités.

Il s'agit d'identifier les influences clés de l'environnement, c'est -à-dire les facteurs susceptibles d'affecter celui-ci de manière durable.

- **Facteurs politiques** : Lois sur les monopoles, lois sur la protection de l'environnement, politique fiscale, régulation du commerce extérieur, droit du travail, stabilité gouvernementale, etc.
- **Facteurs économiques** : Cycles économiques, évolution du PNB, taux d'intérêt, politique monétaire, inflation, chômage, revenu disponible, disponibilité et coût de l'énergie, etc.
- **Socio culturel** : Démographie, distribution des revenus, mobilité sociale, changements de modes de vie, attitudes par rapport au travail, niveau d'éducation, etc.
- **Technologique** : Dépense publique en R&D, investissements publics et privés sur la technologie, nouvelles découvertes, vitesse de transfert technologique, taux d'obsolescence, etc.

L'analyse de ces différents facteurs nous permet, ainsi, d'avoir une vision globale sur le marco-environnement :

- **Au niveau politique** : existe-il une évolution de l'environnement politique ayant des conséquences sur le secteur.
- **Au niveau économique** : l'analyse de la conjoncture globale permet de savoir si on évolue en période de croissance ou en déclin.
- **Au niveau socio culturel** : analyser l'évolution démographique qui peut avoir une influence sur le niveau de la demande du marché. Le vieillissement de la population peut orienter l'entreprise vers une production spécifique aux besoins des personnes âgées.

- **Au niveau technologique** : l'évolution technologique peut influencer l'activité de l'entreprise au niveau organisationnel mais également au niveau des processus de conception, développement et production.

A l'issue de l'analyse, il est possible de dégager de nouveaux segments d'activités et une politique engageant des moyens financiers, humains et matériels pour plusieurs années.

b- L'analyse du micro environnement [14]

L'environnement immédiat de l'entreprise est constitué par plusieurs intervenants ayant des relations directes avec l'entreprise. Contrairement à l'environnement général, pour qui l'entreprise a des moyens limités pour l'influencer, l'environnement immédiat peut être influencé par les actions de l'entreprise. Il s'agit d'analyser le comportement des fournisseurs, des clients, des concurrents directs, indirects et potentiels.

Ce diagnostic permet à l'entreprise d'élaborer des stratégies adéquates afin de :

- Faire face à la concurrence intra-sectorielle provenant des concurrents installés
- D'évaluer le niveau de protection du secteur contre les entrants potentiels
- D'analyser le poids des fournisseurs et des clients dans le secteur.

II.5.3-Le diagnostic interne :

Le diagnostic interne a pour objectifs d'analyser les forces et les faiblesses de l'entreprise et les comparés par rapports à ceux de ses concurrents afin d'évaluer la position relative de l'entreprise sur son marché.

a -L'analyse de la position concurrentielle de l'entreprise : [14]

Cette analyse revient à positionner l'entreprise par rapport à ses concurrents en termes de Facteurs Clés de Succès. Il s'agit :

- D'analyser les facteurs clés de succès (FCS) propres;
- D'évaluer la performance de l'entreprise et de chacun de ses concurrents sur les différents facteurs clés de succès.

- Les facteurs clés de succès sont les éléments stratégiques que l'entreprise doit maîtriser afin d'assurer sa pérennité et sa légitimité lui permettant de dégager un avantage concurrentiel.)
- **Les facteurs clés de succès (FCS) :** ce sont des compétences, des ressources et des atouts qu'une entreprise doit nécessairement détenir pour réussir une activité donnée.

II.5.4-Le Benchmarking [14]

Le Benchmarking consiste à analyser les performances de l'entreprise sur ses FCS et les comparer avec le meilleur niveau de performance obtenu dans d'autres entreprises tous secteurs confondus, afin de dégager un moyen permettant d'améliorer les performances de l'entreprise.

Ainsi, il s'agit de rechercher quelles sont les meilleures pratiques sur un secteur donné et ce par rapport à tous les autres secteurs, déterminer l'écart par rapport à l'entreprise et définir un niveau de performance à atteindre.

Cette pratique demande une grande habilité à la recherche d'information. Les principales sources d'informations sont : les bases de données, les experts de l'industrie, les clients et les fournisseurs, les rapports de recherche, livres, magazines, les cabinets de consulting.

II.5.5-L'analyse fonctionnelle : [14]

L'analyse fonctionnelle consiste à passer en revue les principales fonctions de l'entreprise pour déterminer les forces et faiblesses et les comparer aux concurrents.

- **Commerciale:** politique marketing : y a-t-il une politique de segmentation du marché, politique de ciblage ? Quel est le positionnement ? Etude du MIX (Prix, Produit, Distribution, Communication). Etude des parts de marché et des forces des ventes.
- **Production :** Etude du mode de production, de la capacité de production. Quels sont les délais de fabrication, y a-t-il des économies d'échelles ? Quelles est la productivité ?
- **Approvisionnement :** Délais d'approvisionnement, délais de paiement accordé par le fournisseur, lien de dépendances entre l'entreprise et le fournisseur.
- **GRH :** Niveau de compétences, mode de rémunération, motivation des salariés, système de communication interne.
- **Comptabilité :** Etude des Soldes Intermédiaire de Gestion, comptabilité analytique.

- **Financière** : Niveau d'endettement, mode de financement (autofinancement, ouverture du capital) et étude de solvabilité de l'entreprise (c.à.d. la trésorerie, le fonds de roulement et besoin en fonds de roulement)

Recherche et développement : Quels sont les budgets et les ressources consacrés à la recherche ? Masse salariale ? Publication et brevets ?

Il s'agit d'analyser ces fonctions en termes de forces et faiblesses, ressources et compétences.

II.6-Les principaux outils du diagnostic stratégique : [14]

II.6.1-Le modèle LCAG :

Le modèle LCAG peut être utilisée comme un outil de diagnostic facile ou comme un outil de base pour identifier des choix stratégiques. Elle préconise, avant d'effectuer des choix stratégiques ou de définir des politiques fonctionnelles, de réaliser une analyse interne et externe.

Ce modèle a l'avantage d'être attractif en raison de sa logique. Il peut s'appliquer à une situation simple et en même temps contribuer à schématiser simplement une situation complexe dans une formulation simple susceptible d'être comprise de tous dans l'organisation.

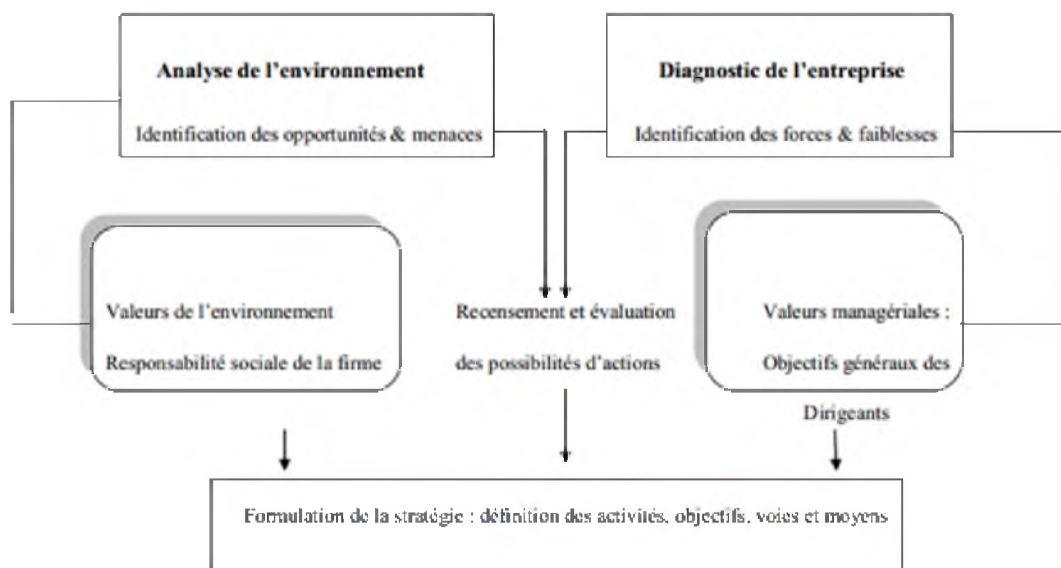


Figure II.1 : Le modèle LCAG

II.6.2-Application du modèle : [14]

Selon le modèle LCAG ou de la matrice SWOT, l'entreprise doit dans un premier temps, confronter ses forces et faiblesses aux opportunités et aux menaces de l'environnement. Cette analyse peut être présentée sous forme de 2 tableaux récapitulatifs, l'un consacré à l'analyse interne des forces et des faiblesses de l'entreprise, l'autre consacré à l'analyse externe des opportunités et des menaces de l'environnement.

a- L'analyse de l'entreprise (interne) :

Pour identifier ses points forts et faibles, l'entreprise doit réaliser une analyse interne.

Il convient notamment d'examiner les ressources de l'entreprise, ses activités et ses performances.

- **Les forces** : Les forces correspondent aux facteurs qui permettent à l'entreprise de mieux réussir que ses concurrents. Par exemple, la valeur d'une marque peut représenter une force importante pour une entreprise.
- **Les faiblesses** : Les faiblesses désignent les domaines où l'entreprise est susceptible d'afficher des difficultés par rapport à la concurrence.

b-L 'analyse de l'environnement (externe) :

L'analyse externe vise à détecter les opportunités et les menaces de l'environnement.

Elle porte sur l'environnement général (environnement démographique, économique, institutionnel, naturel, technologique, culturel) et l'univers concurrentiel.

- **Les opportunités** : Les opportunités correspondent à des tendances favorables qui ouvrent de nouvelles perspectives de développement dont l'entreprise pourrait tirer profit. Par exemple, l'ouverture et le taux de croissance élevé du marché chinois constituent des opportunités de développement intéressantes pour les entreprises européennes.
- **Les menaces** : Les menaces désignent des problèmes posés par une transformation de l'environnement qui, en l'absence d'une réponse stratégique appropriée, peuvent détériorer la position de l'entreprise. Par exemple le développement des compagnies aériennes de type "low cost" constitue une menace importante pour les compagnies

traditionnelles. Celles-ci ont en général réagit en lançant leur propre offre "low-cost" sur le marché.

II.6.3-Finalité : réagir stratégiquement

L'entreprise doit s'appuyer sur l'analyse interne et externe réalisée à l'aide de la matrice SWOT (LCAG) pour prendre les décisions stratégiques qui permettent de contrer les menaces et de saisir les ou certaines opportunités. Elle doit déterminer les domaines d'activités stratégiques (DAS- CAS) qu'elle envisage de maintenir, de développer ou d'abandonner. Ensuite sur la base de cette sélection, l'entreprise va devoir choisir le mode de réalisation des activités sélectionnées : création d'une filiale, constitution d'une société commune, acquisition, etc.

<i>Forces - Strengths</i>	<i>Faiblesses - weaknesses</i>
<ul style="list-style-type: none"> -Expertise / Brevets - Nouveau produit ou service - Bonne implantation de l'activité - Avantage coût / savoir-faire - Processus et procédures Qualité - Marque ou réputation forte 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Manque d'expertise ✓ Produits et service indifférenciés ✓ Mauvaise implantation ✓ Faible accès aux canaux de distribution ✓ Mauvaise qualité des produits /services ✓ Mauvaise réputation
<i>Opportunités - Opportunities</i>	<i>Menaces - Threats</i>
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Marché émergent ✓ Fusions, Joint-venture, alliances stratégiques ✓ Entrée nouveaux segments marché ✓ Un nouveau marché international ✓ Réduction de la réglementation ✓ Suppression barrières commerciales 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Nouveau concurrent sur marché ✓ Guerre des prix ✓ Nouveau produit de substitution ✓ Nouvelles réglementations ✓ Entraves aux échanges ✓ Nouvelle imposition sur produit

Figure II.2: les principales variables SWOT

II.7-Les Stratégies de développement : [15]

II.7.1-Les modalités de développement stratégique

Quelles sont les modalités de développement de l'entreprise ?

La croissance est un processus par lequel l'entreprise change de dimensions (augmentation de l'effectif, augmentation des parts de marché, ...). La grande dimension procure à l'entreprise la réalisation d'économies d'échelle et un pouvoir accru de négociation avec ses parties prenantes. Pour se développer, une entreprise doit faire un choix quant à la stratégie qu'elle

devrait adopter. Soit par une stratégie de croissance interne, stratégie de croissance externe, stratégie de croissance conjointe et internationalisation.

a- stratégie de croissance interne

La croissance interne (ou organique) consiste, pour l'entreprise, à développer ses capacités et ses compétences, en interne, grâce à l'acquisition de nouveaux actifs : machines, ateliers, laboratoires, brevets.....

➤ **les avantages de la stratégie de croissance interne**

La stratégie de croissance interne :

- Permet à l'entreprise d'augmenter les parts de marché et de faire jouer l'effet d'expérience
- Permet l'adaptation en douceur des structures et évite les réorganisations brutales
- Est un signe de bonne santé de l'entreprise, favorisant un bon climat social

➤ **Les limites de la stratégie de croissance interne [15]**

La stratégie de croissance interne comporte trois inconvénients majeurs :

- Lenteur du processus
- Peut accentuer le risque lorsqu'elle est associée à la spécialisation
- Peut tenir une entreprise à l'écart du développement de nouveaux produits réalisés par ses concurrents

b- stratégie de croissance externe

La croissance externe consiste, pour l'entreprise, à développer ses capacités et ses compétences en s'associant à d'autres entreprises.

Sur le plan juridique, ce mode de croissance peut se réaliser par :

- **La prise de participation** : la société A achète une partie de la société B
- **La fusion création** : deux sociétés A et B fusionnent afin de créer une nouvelle société C.
- **La fusion absorption** : une société A rachète une autre société B qui disparaît juridiquement.
- **L'apport partiel d'actifs** : une société A achète à une société B une partie homogène de ses actifs.

La croissance externe peut être inaccessible pour des PME ou des entreprises trop endettées.

➤ **les avantages de la stratégie de croissance externe**

Les principaux avantages attendus de la stratégie de croissance externe sont de :

- Permettre le développement rapide de l'entreprise
- Permettre la réalisation d'effets de synergie liés à la complémentarité des entreprises qui se regroupent
- Constituer un moyen de réduire la concurrence et/ou de devenir leader sur un marché
- Offrir une forme de croissance bien adaptée à la stratégie de diversification
- Permettre d'obtenir rapidement des ressources et des compétences nécessaires à l'entreprise
- Permettre de s'implanter rapidement sur un nouveau marché

➤ **les limites de la stratégie de croissance externe**

La stratégie de croissance externe comporte quatre inconvénients majeurs :

- L'opération est coûteuse pour l'entreprise qui rachète
- Les effets de synergie peuvent ne pas se réaliser
- Risque de problèmes sociaux liés aux restructurations
- Risque de mésentente, chocs culturels

c- stratégie de croissance conjointe [15]

La croissance conjointe consiste pour l'entreprise à coopérer avec une ou plusieurs autres entreprises, tout en restant juridiquement indépendante. Chacune des entreprises engage une partie de ses ressources pour réaliser un projet commun. Cette collaboration peut se faire entre entreprises concurrentes (alliance) ou non concurrentes (partenariat).

d- stratégie d'internationalisation de l'entreprise [15]

L'internationalisation est une stratégie consistant à rechercher l'implantation de l'entreprise sur de nouveaux marchés étrangers. L'entreprise dispose de 3 modalités pour s'internationaliser :

- **L'exportation:** consiste à vendre directement ses produits dans un pays étranger en passant par un distributeur local. Elle nécessite peu d'investissements (coûts de transport, droits de douane...)
- **Le partenariat avec une entreprise locale :** limite les risques liés à la méconnaissance de l'autre pays. Dans certains cas, c'est une nécessité car les investissements directs ne sont pas possibles
- **L'investissement direct à l'étranger :** consiste à créer une filiale ou à racheter une entreprise à l'étranger. Nécessite d'évaluer précisément le « risque pays » (politique, économique, climatique...)

➤ **les avantages d'une stratégie d'internationalisation**

Les avantages attendus d'une stratégie d'internationalisation sont :

- Accéder à de nouveaux marchés
- S'assurer un meilleur contrôle des sources d'approvisionnement, des circuits de distribution
- Profiter des conditions avantageuses du pays d'implantation (fiscalité, réglementation ...)
- Diminuer les coûts, notamment ceux de la main-d'œuvre, ou augmenter la rentabilité par des économies d'échelle
 - les limites de la stratégie d'internationalisation

La stratégie d'internationalisation comporte quatre inconvénients majeurs :

- Augmentation des risques
- Eloignement géographique et culturel du pays d'origine
- Difficultés d'adaptation des produits aux différents marchés
- Difficultés de gestion et complexité organisationnelle.

II.8-Cadre d'étude :

Pour choisir la meilleure stratégie de développement, on a fait une analyse sur terrain dans le but d'identifier tous les problèmes rencontrés et le manque dans chaque service afin d'apporter des améliorations au niveau organisationnel et technique, et utiliser les ressources non exploitées pour développer la laiterie à une échelle globale, en touchant à tous les services. Pour commencer cette phase, nous avons effectué une enquête sur terrain. Cette enquête nous a permis d'identifier les points faibles de la laiterie, et les défis auxquels elle doit faire face.

Pour un meilleur développement une entreprise doit faire un diagnostic dans tous les niveaux :

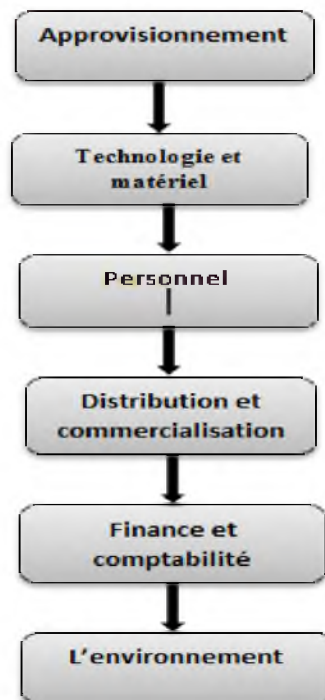


Figure II.3 : les facteurs clé d'un développement

II.8.1- Approvisionnement

Il est nécessaire de disposer d'un approvisionnement local suffisant :

L'organisation de la collecte est un facteur clé fondamental qui doit être étudié au cas par cas de manière très approfondie. On aura le choix entre deux solutions:

- collecte organisée par la laiterie,
- apport du lait sur place par les producteurs.

II.8.2- Technologie et matériel

Les conditions hygiéniques doivent être strictes (fiche "Sécurité alimentaire").

Il est important d'acquérir les techniques laitières et les règles d'hygiène à travers l'apprentissage pour rentabiliser rapidement l'investissement avant de se lancer dans la fabrication de produits techniques tels que les yaourts brassés et les fromages par exemple.

II.8.3- Personnel

Le personnel devra être particulièrement sensibilisé aux conditions hygiénistes requises pour la fabrication des produits laitiers.

II.8.4. Contrôle qualité

Un laboratoire est toujours indispensable pour mesurer les caractéristiques des matières premières (taux de matières sèches, de protéines, de matières grasses, degré de contamination) et les produits finis.

II.8.5- Distribution et commercialisation

Tous les produits concernés nécessitent un circuit froid positif : on devra prévoir des camions réfrigérés et des réfrigérateurs (ou des entrepôts frigorifiques) sur les lieux de vente.

II.8.6- Financement

- la rentabilité
- planification et contrôle
- gestion du fond de roulement
- décisions d'investissement à long terme
- le bénéfice monétaire

II.8.7. Traitement des déchets

Ils sont en général sous forme liquide, peu concentrés et plus ou moins valorisables:

- les eaux de lavage par exemple sont difficilement valorisables donc sont-elles évacuées vers un système d'épuration ? (lagunage aéré par exemple).

➤ **Les faiblesses:**

1- certification en matière de systèmes qualité (agrément sanitaire, ISO, etc.) insuffisant.

2-absence de business plan. Qui permettre de restructurer les différents services de l'entreprise.

3-absence de stratégies industrielle et commerciale.

4- mal gestion, absence de responsabilisation du personnel et de cahier des charges parce que la demande n'est pas fixé.

5- faible niveau d'encadrement.

6- ignorance des bonnes pratiques de fabrication, etc.

7- distribution non organisé.

8- la capacité de refroidissement installée est insuffisante par rapport aux volumes transformés.

9- le manque de coordination et de communication entre les différents départements de l'entreprise.

10- l'absence de l'outil informatique au sein de l'entreprise.

11- absence d'ingénieurs spécialisés et les ouvriers sont inexpérimentés.

À partir de ses problèmes on a choisis de traiter 02 problèmes.

Dans la 1^{ère} partie, on va faire une étude de réalisation d'un processus qui permet de traiter les eaux usées utilisées dans les opérations de lavage et de refroidissement et dans la 2^{ème} on va améliorer la logistique de notre laiterie par l'application d'une tournée de véhicule.

II.9-Conclusion

Dans ce chapitre, on a montré le modèle stratégique général qui donne une approche analytique structurée de façon à aider le dirigeant à choisir une stratégie globale pour son entreprise, tout en proposant des actions stratégiques de développement pour l'appuyer.

Dans le chapitre suivant on va donner une conception générale de la station d'épuration des eaux blanches.

III.1-Introduction

Les eaux résiduaires industrielles laitières se composent exclusivement de rinçage et de nettoyage. Ces eaux sont constituées à la réception du lait ou au poste de remplissage des récipients, au nettoyage des camions citernes, des stérilisateurs et évaporateurs ainsi que les diverses installations de laiteries. Elles sont polluées par des traces de lait, parfois aussi par les produits chimiques utilisés pour le nettoyage et la désinfection (l'acide nitrique, la soude et le désinfectant). Pour les eaux provenant de l'atelier de beurrerie, celles-ci vu leur teneur en graisses et en sels nutritifs, sont évacuées avec les eaux résiduaires.

III.1.1-Cadre D'étude :

La 3^{ème} partie de notre projet consiste à concevoir une station d'épuration qui traite l'eau usée de la laiterie Frères Guerinik dans la région d'Ain Safra wilaya de Naâma.

Le projet sera une solution pour le problème d'eaux blanches jetées dans les rivières ou dans de Puits septiques qui pollue l'eau potable et cause de maladies graves.

Le but de cette étude est de vérifier et de convaincre la coopérative par le dimensionnement et les raisons de choix des procédés d'épuration non seulement sur le niveau technique mais aussi au niveau économique et environnemental.

En premier lieu, une étude détaillée consiste à dimensionner et à sélectionner les composants de chaque phase du traitement.

Et puis on fera une analyse fonctionnelle du système avec une étude de faisabilité économique en prenant en considération l'impact environnemental des différentes technologies utilisées.

III.1.2-Conception général

La station sera installée à l'usine frère Guerinik dans une zone vide d'une surface de $130m^2$ ce qui représente 21 Equivalent-Habitants dans le langage STEP (station d'épuration des eaux usées).

Remarque :

E-H : unité de mesure permettant d'évaluer la capacité d'une station d'épuration. Cette unité de mesure se base sur la quantité de pollution émise par personne et par jour.)

Chapitre III : Conception d'une station d'épuration des eaux usées

La station d'épuration doit fonctionner selon certains paramètres, ces derniers sont déduits à partir des paramètres utilisés par l'usine de production de lait de la Wilaya de Mascara.

Les paramètres qu'on va utiliser lors de l'installation de la station sont indiqués dans le tableau suivant :

Paramètres	Unités	Valeur
Débit journalier moyenne	m^3/hr	1220
Débit moyenne par heure	m^3/hr	50
Débit de point à temps sec	m^3/hr	97
DBO	Kg/hr	1265
DCO	Kg/hr	2530
TSS ou MEST	Kg/hr	495

Tableau III.1: les paramètres de la station

III.1.3-Performance attendue :

Le but qu'on veut atteindre de l'ajout de la station est d'obtenir les performances suivantes :

1) $DBO_5 = 25 \text{ mg/l}$

2) $DCO = 100 \text{ mg/l}$

3) $MES = 30 \text{ mg/l}$

4) $PH = 6-9$

III.1.4-Conception Générale de la station d'épuration :

Le site sera constitué de 6 unités comme indiqué sur le schéma suivant :

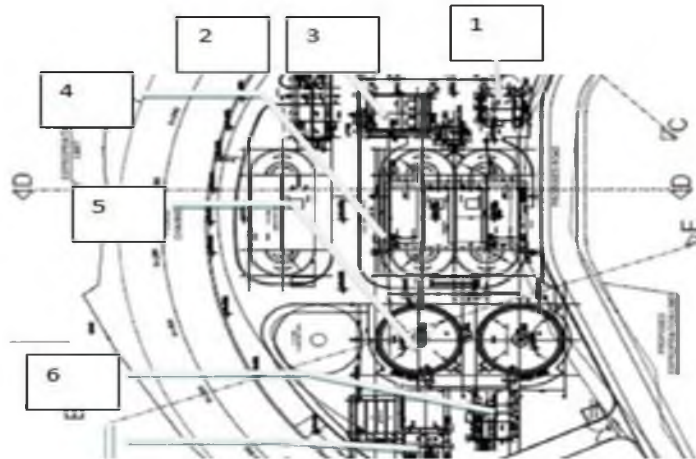


Figure III.1 : Plan général de la station d'épuration

1. Unités tamisage, Poste de Dessablage et dégraissage
2. Unités de traitement des boues
3. Décanteur
4. Bassin d'aération
5. Clarificateur
6. station de pompage des boues

Partie 01 : le traitement des eaux blanches

III.2-Généralités sur le traitement des eaux [4]

La station d'épuration est une installation qui sert à dépolluer l'eau usée pour éviter la destruction totale des écosystèmes aquatiques et naturels due aux effluents pollués.

L'épuration sera faite en plusieurs phases. Chaque phase peut être accompli par plusieurs procédures ou types des équipements. Les phases principales de traitement sont :

a) Traitements préliminaires : élimine les matériels qui endommagent les équipements sans être traités.

b) Traitement primaire : élimine les solides décantables ou flottables.

c) Traitement secondaire : élimine le DBO et les matières dissous et suspendues à l'aide des réactions biologiques.

d) Traitement tertiaire : utilise le traitement physique et chimique pour éliminer le reste de DBO, le solide et matières organiques restants.

e) Désinfection : élimine tous les microorganismes et les pathogènes qui peuvent provoquer des maladies ou infecter le système naturelle

f) Traitement des Boues : stabilise les solides retirés durant le traitement des eaux usées, désactive les organismes pathogènes et réduit leur volume en éliminant l'eau.

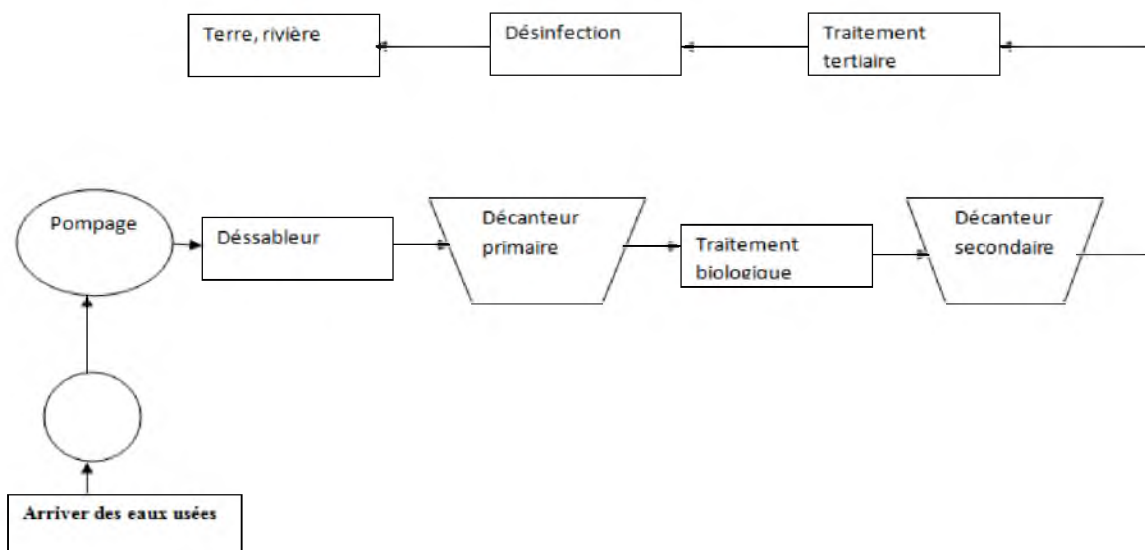


Figure III.2 : Schéma de principe de la station d'épuration

III.3- Les polluants : [5]

Les polluants sont des altéragènes biologiques, physiques ou chimiques, qui au-delà d'un certain seuil, et parfois dans certaines conditions (potentialisation), développent des impacts négatifs sur tout ou partie d'un écosystème ou de l'environnement en général. On peut trouver dans les effluents de laiterie deux catégories principales de polluants :

- Les produits laitiers eux-mêmes, matières premières ou produits finis.
- Les réactifs utilisés pour les lavages et qui sont le plus souvent des produits acides (acide nitrique), des produits basiques (à base de soude) et des produits stérilisants (eau de javel). Il s'agit essentiellement de réactifs minéraux qui n'entraînent pas de pollution spécifique (les

composés minéraux n'apparaissant pas dans les textes officiels), et qui sont de toute façon en faible concentration.

Par contre, ils peuvent entraîner des pointes de pH soit dans le domaine basique, soit dans le domaine acide. Il faut également signaler le risque de pollution accidentelle qui peut exister du fait de la présence de compresseur à ammoniac. Il est souhaitable de prendre des précautions préliminaires pour éviter le rejet massif d'ammoniac en cas de rupture de tuyauteries.

Les produits laitiers se caractérisent, en ce qui concerne la pollution par une teneur en insolubles et par une DBO 5 élevée. En fait, il est surtout importantes, de considérer la DBO car les matières en suspension sont difficiles à séparer et sont constituées surtout de matières organiques qui ont elles-mêmes une DBO.

III.3.1-Origines des eaux usées : [5]

L'eau est utilisée à deux fins essentielles dans une usine laitière :

1- Le refroidissement.

2-Le lavage des appareils, des récipients et des sols.

Le refroidissement n'entraîne pas de pollution autre que thermique. Il est cependant assez fréquent de trouver des eaux dont la température dépasse parfois le seuil de 30°C fixé par la législation algérienne.

Les opérations de lavages sont celles qui sont à l'origine de la pollution ; elles entraînent, ainsi que nous l'avons vu, le rejet de lait ou de produits laitiers et des produits utilisés pour le lavage. La pollution essentielle sera due au lait et aux produits laitiers et sera ainsi due aux pertes qui peuvent exister à chaque poste.

Nous allons essayer de passer en revue les différents stades par lesquels peut passer le lait et nous donnerons quelques valeurs des flux spécifiques de pollution qui peuvent provenir de chacun d'eux. Il s'agira bien entendu de valeurs moyennes qui ne seront qu'indicatives.

Il faut souligner une des caractéristiques importantes de la pollution laitière : elle provient d'opérations (lavages) qui sont essentiellement discontinues. On observera des concentrations qui varient beaucoup au cours du temps et qui rendent difficiles des mesures de pollution particulière.

Chaque étape de la production du lait engendre des polluants comme suit :

a) Réception du lait

Le lait est reçu par l'usine, en bidons ou parfois en citernes. La pollution est due au lait perdu qui reste au fond des récipients avant leur lavage et dans une mesure beaucoup moindre, au lait répandu par terre au cours de son transfert. Plus les récipients qui sont utilisés sont petits, plus la perte du lait (et donc la pollution) est forte.

Une source supplémentaire de pollution à ce poste est le lavage de la carrosserie des camions. Il entraîne le rejet d'insolubles en quantité souvent importante, mais n'est pas la source de beaucoup de DBO. [5]

b) Tanks de stockage

La pollution, là encore est due au lait qui reste dans les récipients au moment où ceux-ci sont nettoyés. La forme des cuves, la place des tuyauteries de vidange auront une importance sur la quantité résiduelle du lait.

Plusieurs expériences ont montré que les pertes étaient souvent notablement plus importantes à ce poste qu'au lavage des bidons et des citernes de ramassage. [5]

c) Pasteurisateur

La quantité de DB05 rejetée au moment du lavage de pasteurisateurs peut être très variable suivant l'opérateur. Au cours de cette opération, on envoie en effet la solution de lavage par le circuit du lait. La pollution sera faible si la grande partie du lait contenu dans l'appareil est récupérée avant l'ouverture de la vanne de rejet. Elle peut être beaucoup plus intense si tout le lait est perdu (cette hypothèse est celle qui se rapproche le plus souvent de la réalité). [5]

d) Eau de lavage des sols :

Elle représente souvent un gros débit, qui peut être de l'ordre de la moitié de la consommation générale de l'usine (refroidissements exceptés), mais cette opération n'apporte pas une DBO importante. Dans beaucoup de cas; il est possible d'envisager une réduction de cette consommation par des consignes d'exploitation, par l'installation de robinets appropriés et parfois par la réutilisation de certaines eaux (eau d'évaporation par exemple, s'il existe des installations de concentration). [5]

III.4- Caractéristiques des eaux usées blanche :

III.4.1- Constituants physiques : [4]

Les principales propriétés physiques sont les suivantes :

a) Couleur : la couleur est blanche quand elle est fraîche. En vieillissant elle devient grise à cause d'activité bactérienne en milieu anaérobie (sans oxygène).

b) Odeur : plus la couleur est foncée, plus l'odeur est forte et désagréable à cause des réactions anaérobiques.

c) Température : elle est relativement plus élevée que celle de l'eau de consommation. La température est un élément très essentiel car elle affecte les réactions chimiques et biologiques durant le traitement.

d) La concentration en matières solides en suspension (MES) : Ce paramètre exprimé en mg/l correspond à la pollution insoluble particulaire, c'est-à-dire la totalité des particules solides véhiculées dans les eaux usées. Mesuré par pesée après filtration ou centrifugation et séchage à 105°C

III.4.2- Constituants chimiques :

a) PH :

Le pH de l'eau exprime son acidité ou son alcalinité et dont le facteur le plus important est habituellement la concentration en dioxyde de carbone liée à la minéralisation totale.

Les valeurs limites du pH sont comprises entre 6,8 et 8. En dessous de ce seuil, l'eau est dite « agressive », elle a un effet corrosif sur les canalisations et peut conduire à la dissolution de certains métaux toxiques tels que le Plomb des conduites. Avec un pH supérieur à 8, au contraire, l'eau est trop alcaline. [6]

Le pH de l'eau doit impérativement être mesuré sur le terrain à l'aide d'un pH-mètre ou par colorimétrie.

b) Demande biochimique en oxygène (DBO) : C'est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire qui correspond à la quantité des matières oxydables par oxygène renfermé dans un effluent. Elle est mesurée par la consommation d'oxygène par une solution de dichromate de

potassium en milieu sulfurique en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure II (complexant des chlorures), à chaud pendant 2h. [6]

c) La demande chimique en oxygène (DCO) : Exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction ou à la dégradation des matières organiques par les microorganismes du milieu. Mesurée par la consommation d'oxygène à 20°C à l'obscurité pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique des matières organiques carbonées.

Le rapport DCO/DBO5 est l'indice de la biodégradabilité d'une eau. Pour qu'une pollution soit dégradable le rapport est inférieur à 2,5. [6]

d) Huiles et graisses : Proviennent essentiellement du lait cru (matière 1^{ère}). La présence des huiles et graisses a plusieurs conséquences sur la station de pompage et sur le traitement des eaux usées :

- Accumulation de graisse sur les parois du puits humide qui s'épaissit.
- Détachement des gros morceaux de graisse des parois et arrêt des opérations par obstruction de la tuyauterie côté succion de la pompe ou la pompe elle-même.
- Formation d'écumes à la surface des bassins.
- Obstruction des grillages.
- Formation de dépôts sur les parois des réservoirs.
- Détérioration de la peinture sur les surfaces avec lesquelles elles sont en contact.
- Dégagement des mauvaises odeurs dégagées lors de leur décomposition.[4]

III.4.3-Constituants biologiques :

La charge infectieuse présente dans les eaux est, les bactéries.

a) Les principaux germes : les coliformes fécaux, les salmonelles, les streptocoques fécaux, les staphylocoques, les vibrions, les aëromonas, les shigella et les pseudomonas.[4]

III.5-Normes et standards

Afin de préserver l'environnement, le Gouvernement Algérien et le Ministère de l'Environnement ont préparé plusieurs lois et décrets relatifs à la préservation de la qualité de la mer.

La décision n°8/1 en 2001 détermine les normes des paramètres de qualité des eaux usées rejetées.

Paramètre	unité	Valeurs seuil
Température	°C	< 30
Ph	-	6,5 à 8,5
Oxygène dissout(*)	mg O2/l	> 5
MES	mg/l	< 30
DBO5	mg/l	< 40
DCO	mg/l	< 90
Azote total	mg/l	< 50
Phosphore (PO4)	mg/l	< 02
Huile et graisse	mg/l	< 20
Coliformes fécaux(*)	nombre de CF/100ml	<1000 CF/100ml

Source : ANRH (ALGER)

Tableau III.2 : normes de rejets des eaux usées [4]

III.6-Conception de la Station d'épuration des eaux usées de la laiterie

III.6.1-Traitements Préliminaires

Le prétraitement consiste en trois étapes principales qui permettent de supprimer de l'eau d'épuration ne sont pas forcément équipées des trois, seul le dégrillage est généralisé, les autres sont le dessablage et le dégraissage.

III.6.1.1- Tamisage :

Le tamisage est un dégrillage poussé utilisé dans les stations d'épuration industrielles. Il consiste en une filtration sur toile mettant en œuvre des mailles de différentes dimensions. Il existe un macro-tamisage (mailles > 0.3mm) et un tamisage (mailles < 100µm). [7]

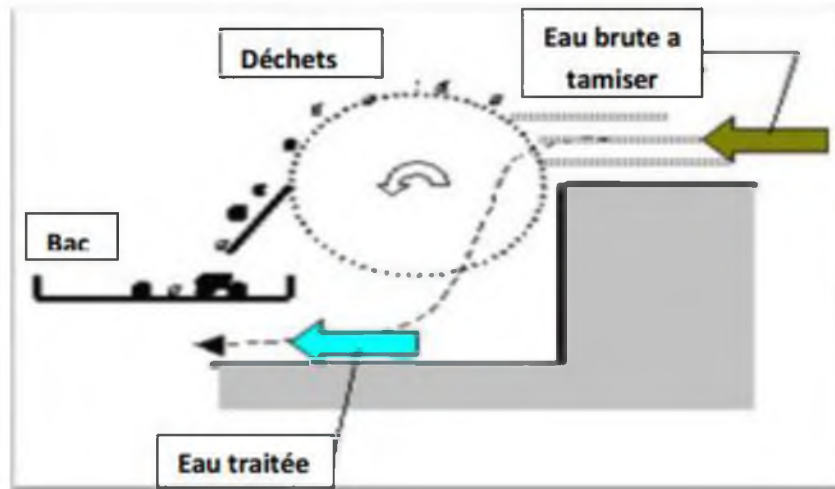


Figure III.3 : schéma d'un tamisage

Le tamisage permet un prétraitement encore plus précis en retenant les particules fibreuses (cheveux par exemple) et les éléments les plus fins. Les refus de tamisage sont déversés automatiquement dans un convoyeur compacteur à vis.

Le dégrilleur est un élément clé du processus du tamisage et il est inclus dans le tamis.



Figure III.4 : un dégrilleur fin inclus dans un tamis

III.6.1.2-Le dessablage et le dégraissage [8]

Les matières minérales grossières en suspension tels que les sables, dont la vitesse de chute est inférieure à 0,3 m/s, susceptibles d'endommager les installations en aval, vont se déposer au fond d'un des sableurs par décantation. Il faut 60 secondes à l'eau pour traverser le tamis et éliminer 90% du sable qui est ensuite récupéré par un râteau mécanique et poussé dans un conteneur d'évacuation.

Parfois, le dessablage et le dégraisage sont combinés. Ainsi, la graisse non émulsifiée flottera à la surface.

Le sable est enlevé continuellement à moyen de racleurs et émulseurs à l'air ou bien périodiquement en pelletant le sable manuellement. La graisse est évacuée par un racleur de surface.



Figure III.5: bac de dessablage et dégrillage combinées

III.6.2-Traitement primaire : [9]

Le traitement primaire consiste à réaliser l'étape de décantation qui élimine jusqu'à 60% des matières en suspension (MES), et environ le tiers de la DBO5 entrante. Les boues produites fortement organiques et fermentescibles sont acheminées vers l'unité de traitement des boues. La phase aqueuse résultante, non-conforme aux seuils de rejet, est acheminée vers le traitement secondaire, la décantation est optimisée par ajout de coagulant et de floculant qui améliorent notablement l'épuration.

La décantation a lieu dans des décanteurs circulaires raclés ou dans des décanteurs lamellaires.

Le traitement primaire est une étape facultative. Dans de nombreuses stations, le flux prétraité est directement envoyé vers la phase de traitement secondaire.

III.6.2.1-Décantation : [10]

La décantation est utilisée dans pratiquement toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux, c'est un procédé de séparation des matières en suspension et des colloïdes rassemblés en floc dont la densité est supérieure à celle de l'eau ; elle s'effectue selon un processus dynamique, en assurant la séparation des deux phases solide-liquide de façon continue. Les

particules décantées s'accumulent au fond du bassin, d'où on les extrait périodiquement. L'eau récoltée en surface est dite clarifiée.

Elle est dirigée vers un autre stade d'épuration. La décantation a un rôle épuratoire non négligeable c'est ce que représente le tableau III.3. Il apparaît néanmoins vis-à-vis de MES, DCO et DBO5.

Paramètres	MES	DCO	DBO5
Réduction de la pollution (%)	80 à 90	60 à 90	75 à 90

Tableau III.3 : efficacité épuratoire de la décantation

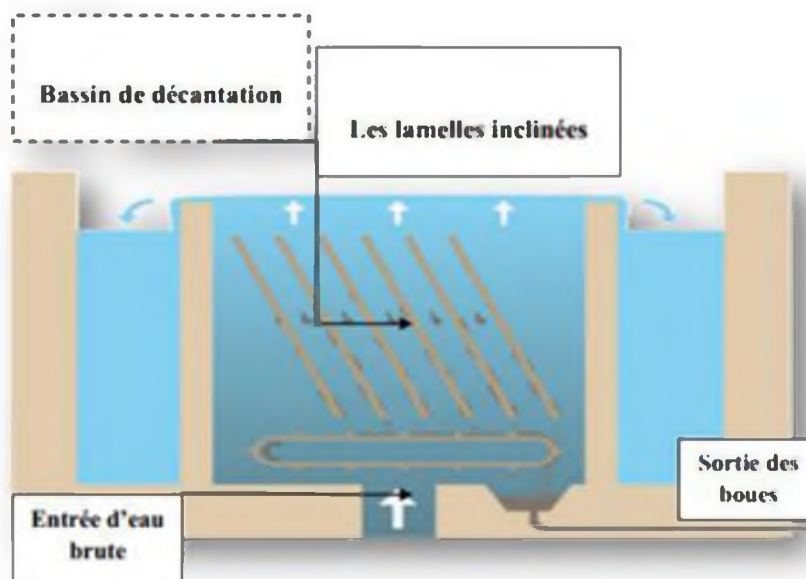


Figure III.6: schéma d'un décanteur



Figure III.7 : Décanteur

La décantation primaire recueille, par pompage de fond, les matières qui se sont déposées par simple décantation sous forme de boues dites “boues primaires”.

- Débit: environ $2,2 \times 10^{-3}$ m³/m³ d'eau traitée.
- Matières en suspension: 4 à 6 %;
- Matières solides volatiles: 70 à 80 % des matières solides totales.

III.6.3- Traitements Secondaire :

Le traitement secondaire est un traitement purement biologique des eaux usées et a pour objet de réduire la teneur en matière organique présentes dans ces eaux et leur dégradation biologique par les micro-organismes [8].

Parmi les divers micro-organismes responsables de la dégradation on trouve les bactéries aérobies et les bactéries anaérobies.

Cependant la vitesse de la dégradation des matières organiques est plus élevée au milieu aérobie, pour ce fait, les installations d'épuration biologique fonctionnent généralement en présence d'oxygène.

Deux grands types de procédés sont utilisés :

- Lits bactériens
- Boues activées

a) Lit bactériens « filtre bactérien » :[8]

Les processus des lits bactériens sont une technique de traitement qui s'inspire de la filtration par le sol.

Le principe des lits bactériens consiste à faire ruisseler l'eau à traiter préalablement décantée sur une masse de matériaux poreux (filtrant) qui sert de support aux micro-organismes (bactéries).

Les lits bactériens sont généralement réalisés en forme circulaire, en se basant sur trois paramètres :

- Choix des matériaux
- Répartition de l'effluent
- Utilisation de recyclage

Pour un bon rendement, une aération apporte l'oxygène nécessaire aux micro-organismes qui se développent sous forme d'un fil biologique en surface de matériaux.

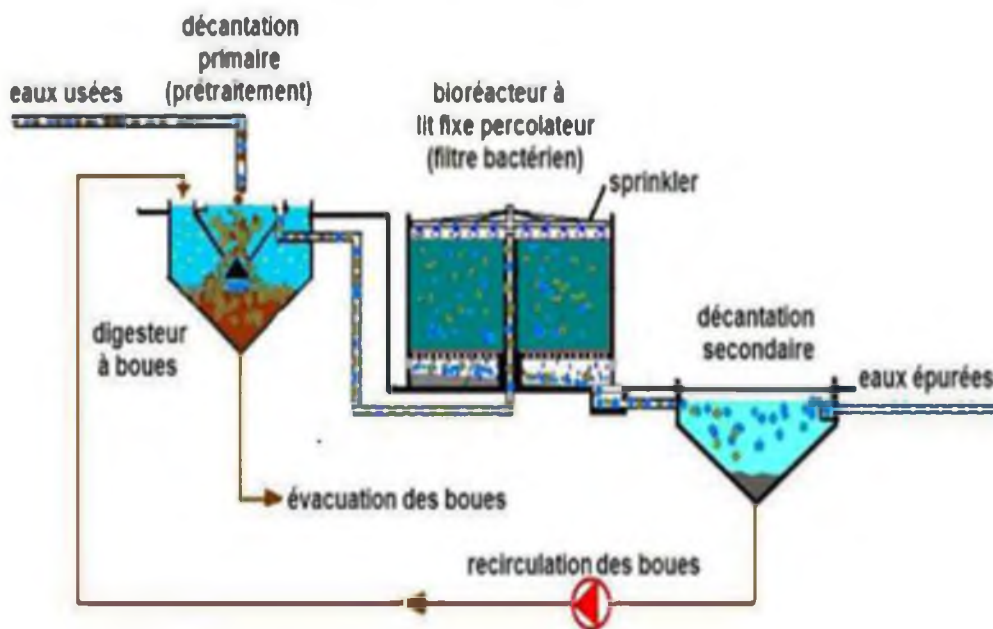


Figure III.8: schéma d'un procédé lit bactérien

b) Boues activées : [7]

Dans le procédé par boues activées, la dégradation est assurée par voie biologique aérobie à l'aide de populations bactériennes maintenues dans le système épuratoire sous forme floculée. Ce principe naturel de floculation permet de séparer l'eau traitée de la biomasse par simple décantation et de recycler une partie de la masse active vers le réacteur biologique pour maintenir une activité biologique optimale.

Les systèmes par boues activées ont une action épuratoire sur la plupart des polluants (soluble et particulaire), mais le degré d'efficacité dépend du dimensionnement choisi. La principale difficulté est souvent de maîtriser par une exploitation soignée la phase de clarification finale et la recirculation de la biomasse active de façon à éviter à la boue de rencontrer des conditions néfastes (anaérobiose), qui affecteraient son activité et ses propriétés de décantation.

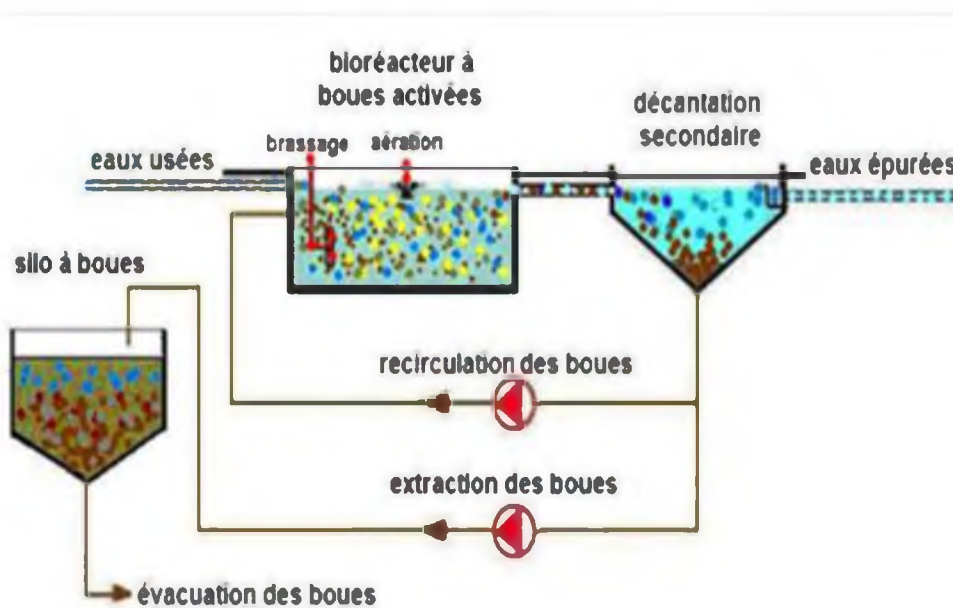


Figure III.9: schéma d'un procédé boues activées

III.3.1-clarification [:4]

Le mélange « eau-boue » issu du bassin d'aération est mis au repos dans le clarificateur.

Les boues, plus lourdes que l'eau, se déposent au fond du bassin par décantation et sont aspirées par un pont tournant, pour être envoyées vers un réservoir spécifique. Les éventuels surnageants sont raclés en surface, par le même pont tournant, et renvoyés en tête de station.

L'eau « claire » de surface est récupérée par débordement dans les déversoirs périphériques du bassin. Elle rejoint le bassin de chloration.



Figure III.10: Le clarificateur

III.7-Traitement des boues : [7]

III.7.1- Origine et caractéristique des boues :

Une boue est une suspension dans l'eau, de matières solides, individualisées ou colloïdales.

Les boues fraîches des eaux blanches présentent un aspect liquide, elles peuvent contenir jusqu'à 95% d'eau sous forme de :

- Eau libre séparable par décantation (plus ou moins 70%)
- Eau d'hydratation colloïdale séparable par filtration sous pression réduite. (Plus ou moins 20%).
- matières fermentescibles : composés organiques biodégradables.
- Savons et détergents.
- Germes pathogènes : parasites, virus, champignons.

a) Boues primaires :[7]

Ce sont des Boues obtenues par simple décantation primaire des eaux usées. Elles sont constituées de matières minérales (sable, terre...) et de matières organiques qui peuvent évoluer. Ce sont des boues présentant des concentrations élevées.

b) Boues biologiques ou secondaires :[7]

Ce sont les boues issues du traitement biologique. Elles sont essentiellement constituées de bactéries et sont très organiques et peu concentrées.

Nous distinguons :

- les boues mixtes : c'est le mélange des boues biologiques et des boues primaires. Elles existent au niveau des Step dotées d'une filière de traitement complète.
- les boues d'aération prolongée : ces boues existent au niveau des Step sans décantation primaire.

Elles sont moins organiques et donc produisent moins de nuisances ultérieures.

Le traitement de boues se fait par plusieurs technologies :

- Méthanisation
- Incinération
- Pyrolyse
- Gazéification

❖ La réutilisation d'eau épurée :

Les eaux traitées sont canalisées du clarificateur vers une cuve de capacité de 5000 litres. Selon la demande, l'eau est pompée des cuves vers les opérations de lavage et de refroidissement.

Dans notre cas les boues récupérées du clarificateur peuvent être transportées vers les agriculteurs pour être utilisées comme engrais dans l'agriculture, sinon elles sont envoyées en décharge publique ou incinérées.

Partie 02 : applications

III-8-traitement préliminaire

III.8.1-dégrillage et tamisage :

Le dégrilleur choisis est (Entrefer 6 à 20 mm), il est spécialement adapté aux eaux chargées de matières solides difficiles à séparer.

Le dégrilleur le plus proche à notre calcul est la série « EC 10.05 R & RC» dont les caractéristiques sont données sur le tableau III-5

Type	TAMIS					Encombresments	
	Diamètre Tambour	Largeur tambour	Débit maxi * réseau urbain	Débit rampe de lavage	Puissance moteur	A (mm)	B (mm)
EC 10.05 R/RC 50	620 mm	500 mm	45 m ³ /h	0.26 l/s	0.37 kw	592+MR	620
EC 10.05 R/RC 75	620 mm	750 mm	70 m ³ /h	0.35 l/s	0.37 kw	842+MR	620
EC 10.05 R/RC 100	620 mm	1000 mm	90 m ³ /h	0.45 l/s	0.37 kw	1092+MR	620
EC 10.05 R/RC 150	620 mm	1500 mm	135 m ³ /h	0.53 l/s	0.37 kw	1592+MR	620
EC 10.05 R/RC200	620 mm	2000 mm	180 m ³ /h	0.90 l/s	0.55 kw	2092+MR	620
EC 10.05 R/RC 250	620 mm	2500 mm	225 m ³ /h	0.98 l/s	0.55 kw	2592+MR	620
EC 10.05 R/RC 300	620 mm	3000 mm	270 m ³ /h	1.06 l/s	0.75 kw	3092+MR	620

Tableau III.4: table de sélection de tamis

➤ Justification :

On a choisis ce dégrilleur parce que cet appareil permet la remontée des matières solides arrêtées à un niveau tel qu'elles seront automatiquement déversées dans une benne, sans manipulations manuelles. Ce type de dégrillage est particulièrement bien adapté aux abattoirs, tanneries, laiteries...

D'autre part on prend en considération de la taille de la station ; ce dégrilleur est facile à installer et il est utilisé pour les mini stations d'épuration qui se trouvent dans les différentes industries.

III.8.2-Déssablage et dégraissage :

La vitesse d'écoulement qui permet la séparation des matières organiques et le sable est 0.3m/s. Typiquement le débit d'air nécessaire est de 4.6 à 7.7 l/s par mètre de longueur pour

faciliter le dégraissage. La vitesse transversale à la surface de l'eau doit être entre 0.6 et 0.8 m/s. le temps de séjour hydraulique sur le débit de pointe doit être entre 3 à 5 min.

a)Application :

Le débit maximal à traiter par la station d'épuration est de 197 m³/h. Nous admettons les hypothèses de calcul suivantes :

Un temps de séjour hydraulique sur le débit de pointe de 5 minutes.

Les deux opérations sont réalisées simultanément dans un ouvrage combiné de forme rectangulaire.

Etape 1: Calculons le volume du bassin.

$$\text{Volume}=197(5/60)=15.6\approx 16m^3$$

Etape 2: Calculons les dimensions du bassin :

Supposons la largeur est de 2 m. on considère le rapport profondeur-largeur 1.5 :1

(Typiquement de 1.5 : 1 a 2 :1).

$$\text{Profondeur}=2*1.5=3m$$

Longueur = volume (Profondeur x largeurs)

$$\text{Longueur}=16/2*3=2.6m$$

Donc le bassin est 2.6m*2m*3m

Etape 3: Calculons la quantité d'air nécessaire :

On suppose le débit d'air nécessaire est 4.6 l/s/m.

$$\text{Le débit d'air total } =4.6*2.6=25.31/s$$

Etape 4: Calculons quantité récupéré des boues

On considère la quantité de boue est 0.015 l/PE/J et la quantité de graisse 0.05kg/1000 PE/J

$$\text{Volume de boue}=0.015*21*24*0.001=0.00756 m^3$$

$$\text{Masse de graisse}=0.1*(21/1000)*24=0.0504 kg$$

D'après nos calculs on doit installer un bassin de dimension 2.6m x 2m x 3m soit un volume de 16m³.

III.9-Traitement primaire

III.9.1-Décanteur : dimensionnement

Soit les données suivantes :

Q : Débit moyen par heure Q=54 m³/hr

Qp: Débit de point à temps sec Qp=100 m³/hr

TD: Taux de débordement TD=20m³/m².J

P: Profondeur P=2m

L: Largeur L=3 m

No. Nombre de bassin de décantation No.=2

Etape 1: Calcul de surface pour le débit moyen.

$$A = \frac{Q}{TD} = 54 * \frac{24}{20} = 64.8m^2$$

Etape 2: Calcul de la longueur du bassin.

$$l = \frac{A}{L} = 64. \frac{8}{3 * 2} = 10.8 \approx 11m$$

Donc la dimension d'un bassin est : $l = 11m; L = 3m; P = 2m$

Etape 3: Calcul du temps de séjour hydraulique et taux de débordement pour le débit moyen.

➤ Volume total :

$$V = 2m * 2(11m * 3m) = 132m^3$$

➤ Taux de débordement actuel :

$$TDa = Q/A = 54 * 24 / 2 * 11 * 3 = 16.36 \frac{m^3}{m^2} . J$$

➤ **Temps de séjour hydraulique :**

$$t=V/Q=132/54=2.4\text{hr}$$

Etape 4: Calcul du temps de séjour hydraulique et taux de débordement pour le débit de pointe.

➤ **Taux de débordement actuel :**

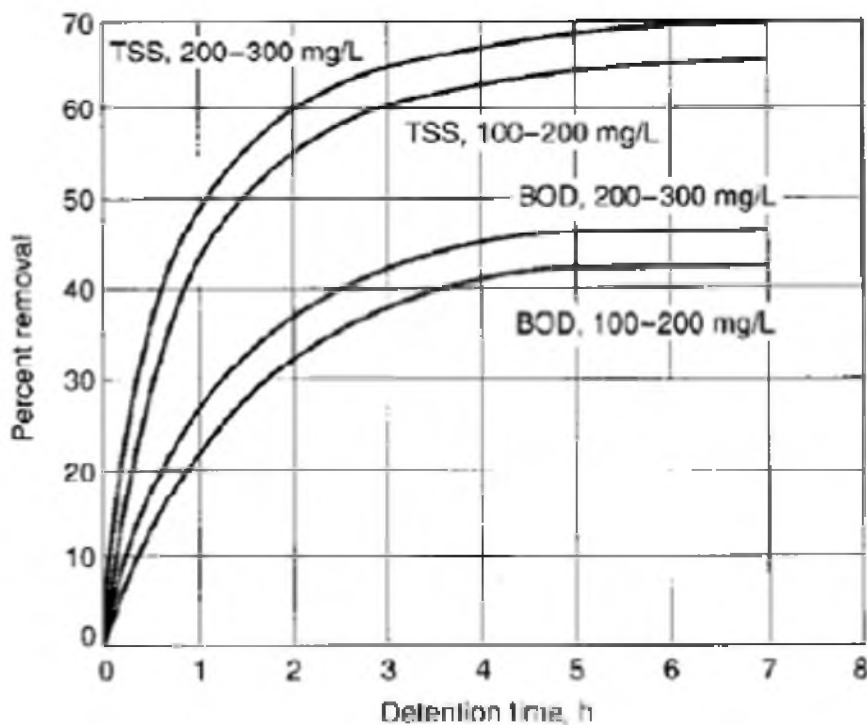
$$TDa=Qp/A=100*24/2*11*3=36.36\text{m}^3/\text{m}^2/\text{J}$$

➤ **Temps de séjour hydraulique :**

$$T=V/Qp=132/100=1.32\text{hr}$$

Etape 5: Calcul de la performance de décanteur.

La performance du décanteur est mesurée par le taux d'enlèvement de DBO et TSS qui dépend du temps de séjour hydraulique et la concentration des particules dans l'eau. La relation entre ses paramètres parait dans le graphe ci-dessous.



figureIII.11 : La relation entre les performances du décanteur

Chapitre III : Conception d'une station d'épuration des eaux usées

Pour calculer le taux d'élimination de DBO et TSS on utilise la formule suivante :

$$R = \frac{t}{(a + bt)}$$

Tel que :

R: taux d'enlèvement prévu

t: Temps de séjour hydraulique

a, b : Constante empirique voir table ci-dessous.

	a	b
DBO	0.018	0.020
TSS	0.0075	0.014

Pour le débit moyen:

$$\text{Taux d'enlèvement prévu de DBO} = \frac{2.4}{(0.018 + 0.020 \cdot 2.4)} = 36.36\%$$

$$\text{Taux d'enlèvement prévu de TSS} = \frac{2.4}{(0.0075 + 0.014 \cdot 2.4)} = 58.36\%$$

Pour le débit de pointe à temps sec:

$$\text{Taux d'enlèvement prévu de DBO} = \frac{1.32}{(0.018 + 0.02 \cdot 1.32)} = 29.72\%$$

$$\text{Taux d'enlèvement prévu de TSS} = \frac{1.32}{(0.0075 + 0.014 \cdot 1.32)} = 50.80\%$$

D'après nos calculs on conclut que il faut installer un décanteur de dimension : $l = 11m *$

$L = 3m * P = 2m .$

III.10-Traitement secondaire :

III.10.1-Clarificateur : dimensionnement

Etape 1: Calcule Dimension clarificateur :

On suppose qu'on a 10 heures de pompage

- Le débit d'effluent sera :

$$Qe = \frac{1220}{10} = 122m^3/hr$$

- Taux de débordement :

$$TD = \frac{16m^3}{m^2/j} = 0.67 \frac{m^3}{m^2/hr}$$

- L'aire du bassin de clarification :

$$A = \frac{Qe}{TD}$$

$$A = \frac{122}{0.67} = 182m^2$$

- Le bassin est circulaire donc le rayon est :

$$R = \sqrt{\frac{A}{3.14}} = 6m$$

Profondeur du clarificateur est égale 2.5m.

Etape 2: Calcul de Quantité de Produit de boue

$$P = Qe * MVS = 122 \left(\frac{m^3}{hr}\right) * 4 \left(\frac{Kg}{m^3}\right) = 488 \left(\frac{Kg}{hr}\right)$$

Etape 3: Calcul de Quantité de Produit de boue par unité de surface

$$Ps = \frac{P}{A} = \frac{488}{182} = 2.6kg/hr/m^2$$

D'après nos calculs, on conclut que pour traiter un débit de $1220m^3/j$, on aura besoin d'un décanteur avec une profondeur de 2.5m.

III.11-Etude économique :

III.11.1-estimation des investissements :

L'investissement global estimé pour une station d'épuration est : **5000000DA**

III.12.2-Les frais personnels

02 ingénieurs	2 contrôleurs	2 techniciens
36000DA	30000DA	27000DA

- **Total par mois :**

$36000*2=72000$	$30000*2=60000$	$27000*2=54000$
-----------------	-----------------	-----------------

$$72000+60000+54000 = \mathbf{186000DA/mois}$$

- **Total par année :**

$$186000*12 = \mathbf{2232000DA/an}$$

Par ailleurs les charges sociales sont estimées à 15% du cout des charges salariales :

$$186000*15/100=27900DA/mois$$

$$2232000*15/100=\mathbf{334800DA/an}$$

- **Total des frais sociaux :**

$$186000+27900=213900DA/mois$$

$$2232000+334800=\mathbf{2566800DA/an}$$

III.11.3-Les frais d'électricité :

Le cout de l'installation d'un poste Moyenne Tension (un compteur électrique, un interrupteur différentiel, un disjoncteur différentiel, fusibles MT et BT, contacteur, un variateur, un jeu de barres, des cellules arrivée et protection et un transformateur de puissance 250KVA) est estimé à 10722000DA.

Le besoin en énergie électrique pour un nombre moyen d'heure de fonctionnement égale à 8heurs est (800) KW.

$$\text{Donc } 800 \times 4.48 = 3584 \text{ DA/j}$$

Total par mois :

$$3584 \times 30 = 107520 \text{ DA/mois}$$

Total par an :

$$107520 \times 12 = 1290240$$

Total :

$$107520 + 10722000 = 10829520 \text{ DA}$$

III.11.4-Rendement épuratoire de la station : Re

On a indiqué que la station reçoit une charge en matières en suspension de 495kg/j. Elle rejette une charge de 24kg/j.

$$\text{Re} = \frac{\text{MES} - \text{MESr}}{\text{MES}} = \frac{495 - 24}{495} = 0.95 = 95\%$$

Pour un rendement à 100% on a un débit moyen = $1220 \text{ m}^3/\text{j}$

Donc : Pour un rendement épuratoire qui égale à 95% le débit traité est de = $1159 \text{ m}^3/\text{j}$

III.11.5-Les frais d'eau :

Pour 200 m^3 d'eau par jour l'entreprise paye 1000DA.

Donc pour $1159m^3=5795DA/j$

- **Les frais par mois:**

$$5795*30 = 173850DA/mois$$

- **Les frais par an :**

$$173850*12 = 2086200DA/an$$

III.11.6-Calcul du bénéfice net :

$$2086200*0.95=1981890DA/an$$

$$1981890-(2232000+1290240)=-1540350DA/an$$

➤ **Interprétation :**

Après le dimensionnement et l'analyse financière de la station on a déduit qu'il est impossible d'implémenter cette station au niveau de la coopérative parce que de point de vue économique, une station d'épuration nécessite un investissement énorme qui ne sera pas facile à rentabiliser même à long terme avec l'organisation actuelle de la coopérative. La station peut être rentable si le débit traité devient plus grand ce qui veut dire qu'une augmentation de la production et des heures de travail est nécessaire à adopter par la coopérative. Par ailleurs on a indiqué dans le chapitre 01 que l'espace vide dans la coopérative est de $130m^2$ alors que la mise en œuvre de la station nécessite un espace beaucoup plus grand.

III.12-Conclusion :

Dans ce chapitre on a donné une conception générale d'une station d'épuration qu'on a voulu installer dans la laiterie pour traiter les eaux blanches et après une analyse économique on a conclu qu'il est impossible de rentabiliser les couts engendrés par son implémentation.

Dans le chapitre suivant on va traiter un problème de livraison des sachets de lait aux clients par l'application d'un problème de tournée de véhicules.

IV.1-Introduction

Le transport permet le mouvement des produits d'un endroit à un autre. Il est par conséquent indispensable à notre économie. Ce chapitre est composé d'une mise en contexte du transport routier des marchandises à la commune d'Ain Safra wilaya de Naâma où l'importance du transport est démontrée et d'une description de la problématique qui sera résolue dans cet essai.

Le problème de base en transport, probablement celui le plus étudié, est le problème du voyageur de commerce (traveling salesman problem) qui permet de visiter un ensemble de clients avec un seul camion. Le problème consiste donc à trouver l'ordre dans lequel chacun des clients sera visité.

À ce problème, de nombreuses contraintes peuvent s'ajouter permettant ainsi de s'adapter à des problèmes pratiques rencontrés dans l'industrie du camionnage. Par exemple, le problème de tournées de véhicules (vehicle routing problem) est un autre problème étudié par plusieurs chercheurs, il traite le cas où chacun des clients a une demande déterminée et où la flotte est homogène.

IV.2-Problème de Voyageur de Commerce(PVC) : [11]

Il est dit aussi Traveling Salesman Problem (TSP) ou PVC. C'est un problème classique de la recherche opérationnelle. Le voyageur du commerce désire visiter un certain nombre de villes (ou clients). Il doit débuter et finir sa tournée par la même ville de départ, en visitant chacune des autres villes, une et une seule fois, l'objectif étant de trouver la tournée qui minimise la distance totale parcourue. Le PVC permet la formulation de nombreuses situations réelles. Depuis son apparition il n'a pas cessé d'attirer l'attention des chercheurs.

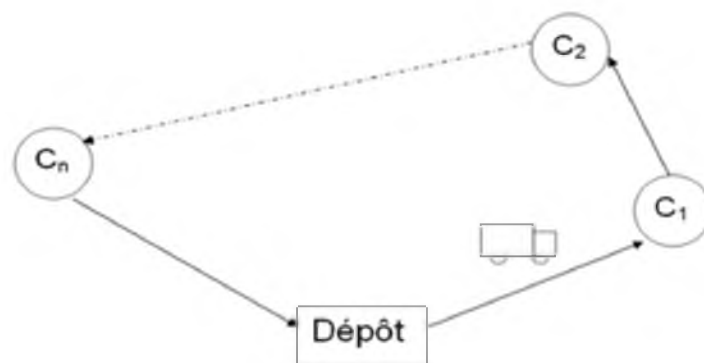


Figure IV.1 : Problème de Voyageur de Commerce

Soit $G = (X, U)$ un graphe, où X est l'ensemble des sommets et U l'ensemble des arrêtes

(Ou arcs si le graphe est orienté). Dantzig et al en 1954 [8] ont proposé une formulation mathématique du PVC, où ils définissent :

- Une variable binaire X_{ij} qui prend la valeur de 1 si l'arc (i, j) est utilisé dans la tournée et 0 sinon,
- C_{ij} le coût du parcours de l'arc (i, j) .

Ainsi nous avons la formulation suivante :

$$\text{Minimiser } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} x_{ij} \quad (1.3)$$

Sous

$$\sum_{i \in X} x_{ij} = 1; \quad \forall j \in X \quad (1.4)$$

$$\sum_{j \in X} x_{ij} = 1; \quad \forall i \in X \quad (1.5)$$

$$\sum_{i,j \in S} x_{ij} \leq |S| - 1; \quad \forall S \subset X; 2 \leq |S| \leq n - 2 \quad (1.6)$$

$$x_{ij} \in 0, 1 \quad \forall i \in X, \forall j \in X \quad (1.7)$$

La (1.3) formule l'objectif du PVC qui est la minimisation de la longueur totale parcourue par le voyageur. Les contraintes (1.4) et (1.5) assurent que le voyageur passe une et une seule fois par chaque sommet (client). La contrainte (1.6) garantit l'élimination de la formation de sous-tour.

IV.3-Problème de Tournées de Véhicules (VRP) : [11]

Le VRP (Vehicle Routing Problem) a été proposé pour la toute première fois par Lord Hamilton en 1859, puis réintroduit par Dantzig and Ramser en 1959. Depuis, le VRP a fait l'objet d'études intensives. Le problème de tournées de véhicules n'est qu'une extension classique M-PVC du PVC.

La version basique du VRP s'énonce comme suit : une flotte de véhicules, basée dans un ou plusieurs dépôt(s), doit assurer des tournées entre plusieurs clients (ou villes) ayant demandés une certaine marchandise ou service. L'ensemble des clients visités par un véhicule désigne la tournée de celui-ci et chaque tournée commence et se termine au dépôt. Chaque client doit être desservi une et une seule fois et par un et un seul véhicule. L'objectif du VRP est de minimiser la somme des distances parcourues ou le temps total de parcours des tournées des véhicules tout en satisfaisant la demande des clients.

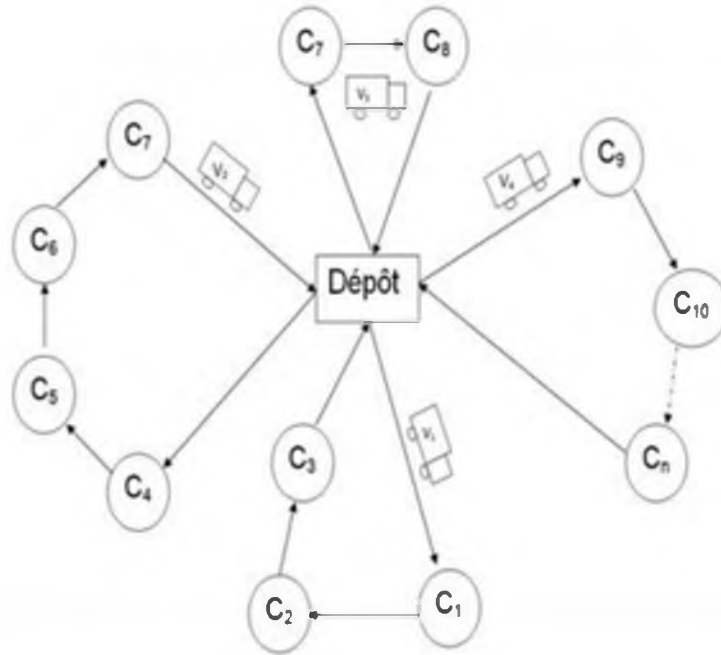


Figure IV .2: Problème de tournées de véhicules

IV.4-Champs d'Application : [11]

Les applications du PVC et VRP sont aussi diverses que variées. Toute entreprise industrielle désire améliorer l'efficacité de sa chaîne logistique, pour assurer une production de biens ou de services au moindre coût et une fluidité d'écoulement de sa marchandise. En effet, le problème de tournées de véhicules est un maillon principal dans le domaine de la logistique. Vu l'augmentation du coût de l'énergie, près de 30% du coût de production d'un bien ou service sont dus aux frais de transport.

Le problème de tournées de véhicules fait partie de notre quotidien, à commencer par le ramassage scolaire, ramassage du personnel, le ramassage des déchets ménagers, la cueillette de lait cru, la distribution des journaux, de courrier et de denrées alimentaires telles que le lait, le pain, l'eau.... Aussi les services ambulatoires et la distribution urgente de produits pharmaceutiques font partie des problèmes de tournées de véhicules.

Ces deux derniers ont la particularité de servir les clients selon la priorité de l'urgence et l'objectif n'est pas de minimiser la distance totale parcourue mais de servir le maximum de clients avant que ce ne soit trop tard. Nous attirons l'attention sur le fait que tous ces problèmes sont contraints par le temps, et dans les problèmes de ramassage une contrainte de temps est plus rigide que pour les autres les problèmes de distribution.

L'informatique et la robotique sont d'autres domaines où le VRP est largement utilisé. En effet, le routage de l'information dans les réseaux informatiques à connexion distante ou par câble est fondé essentiellement sur le VRP. La planification du calendrier aérien est une autre application du VRP.

En dépit de l'intérêt que porte l'homme à ce problème, à ce jour, il se trouve incapable de résoudre avec exactitude certaines de ses instances. Les grandes instances du VRP s'avèrent difficiles ou complexes, parfois même impossibles à résoudre avec un ordinateur quelle que soit la puissance de celui-ci.

IV.5-Paramètres du VRP : [11]

Le VRP est caractérisé par le réseau qui le constitue, la clientèle à servir, la flotte de Véhicules et la fonction objective.

IV .5.1-Réseau

Le réseau de transport permet la circulation des flux d'individus, de fret ou des informations. Il est en quelque sorte le squelette d'un système visant à établir une forme de communication. Il peut être schématisé sous la forme d'un graphe complet, symétrique ou asymétrique. Les sommets représentent les clients, caractérisés par sa position géographique (les coordonnées (x, y)) et les arêtes représentent les chemins reliant les différents clients.

IV .5.2-Clientèle

Le client est caractérisé par sa demande qui peut être une demande d'un service ou de produits (marchandises), ces produits peuvent être d'un seul ou de plusieurs types. La demande totale des clients d'une même tournée ne doit pas excéder la capacité Q du véhicule. Aussi, il est caractérisé par sa position dans l'espace. Enfin la demande peut être déterministe (quantité demandée par le client est fixe et connue par le distributeur) ou incertaine (stochastique).

IV.5.3-Flotte de véhicules

Le premier critère de la flotte est sa taille (le nombre de véhicules la composant), le second est son homogénéité (les véhicules sont caractérisé par la même capacité d'emport et le même cout de transport) ou hétérogénéité (les véhicules ont des capacités d'emport et/ou couts de transport différents).

IV .5.4-Fonction objectif

Les objectifs les plus courants sont soit la minimisation du nombre de véhicules utilisés soit la minimisation de la distance totale parcourue par les véhicules. D'autres objectifs peuvent être considérés :

- ✓ Minimisation du temps total du parcours de la tournée, du temps d'attente, du temps du retard, du temps de service,
- ✓ Minimisation du nombre de véhicules.
- ✓ Minimisation du cout total de la tournée, cout fixe à savoir l'amortissement du matériel (véhicule ou autre), salaire des chauffeurs, frais des véhicules..., et en cout variable on cite les pénalités liées aux retards notamment pour le VRPTW.
- ✓ Maximisation du gain engendré par la tournée dans le cas de collecte de produits chez des clients.

- ✓ Maximisation de la qualité de service.
- ✓ Maximisation du chargement des véhicules utilisés pour les tournées.

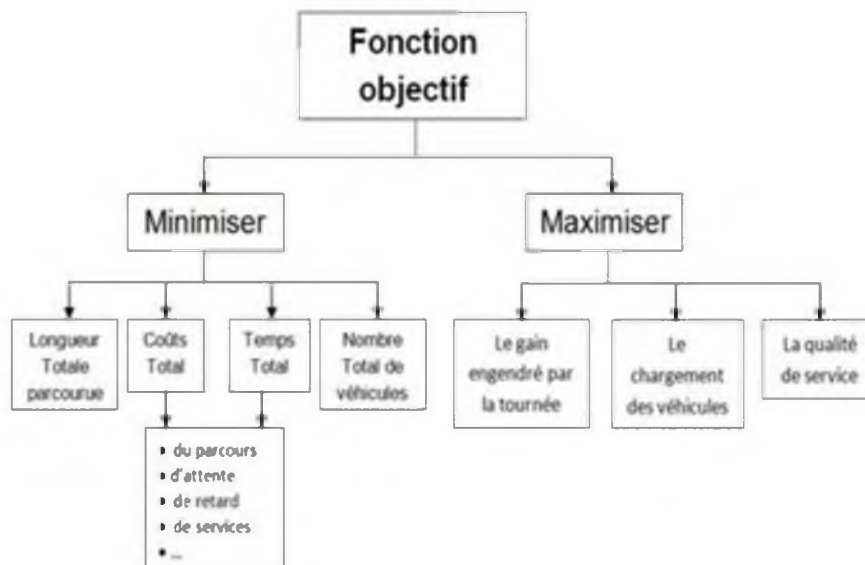


Figure IV.3: différentes fonctions objectifs

IV.6-Variantes du VRP : [11]

La variation des paramètres du VRP, la suppression et/ou l'ajout ou bien la combinaison de contraintes du VRP classique permettent de définir un ensemble de variantes du VRP.

Dans ce qui suit, nous présentons une répartition des variantes du VRP selon le type de contraintes.

IV.6.1-VRP a Contraintes Liées à la Flotte de Véhicules :

a) VRP-C (Capacitated Vehicle Routing Problem):

C'est un problème de tournées de véhicules avec des contraintes de capacités. Les véhicules ont une capacité d'emport limitée (quantité, volume, poids...). Ceci se traduit par le fait que la somme des demandes des clients appartenant à une tournée ne doit pas dépasser la capacité du véhicule. En pratique tous les problèmes de tournées de véhicules sont à capacité limitée seulement le degré d'influence de cette contrainte varie. Par exemple, les problèmes de transport de marchandise sont très sensibles à la capacité alors que le problème de distribution de courrier l'est moins.

b) VRP-FL (Vehicle Routing Problem with Full Truckload):

C'est un VRP avec utilisation complète de la capacité du véhicule.

c) **VRP-HF (Vehicle Routing Problem with Heterogeneous Fleet):**

Pour ce problème la flotte est composée de véhicules de types différents, qui se distinguent par la capacité, la puissance, le cout de transport...

d) **O-VRP (Open Vehicle Routing Problem):**

Ce problème est identique au VRP, seulement le véhicule est libre de rejoindre ou pas le dépôt après la fin de la tournée. S'il choisit de reprendre le dépôt, il doit reprendre le parcours de la tournée dans le sens inverse.

e) **VRP-B (Vehicle Routing Problem Back):**

Le VRP-B est un problème où le retour du véhicule au dépôt est exigé. Le véhicule doit rejoindre le dépôt aussitôt que le dernier client ait été servi sans reprendre le parcours de la tournée.

IV .6.2-VRP à Contraintes Liées à la Demande des Clients :

a) **VRP à Demande Déterministe :**

C'est un problème fréquent pour les entreprises qui font des livraisons sur commande.

En effet, le livreur connaît avant son départ du dépôt la quantité à livrer à chacun de ses clients.

b) **VRP à Demande Stochastique :**

Contrairement au précédent, dans le VRP à demande stochastique, le livreur ne connaît pas la quantité à livrer au client, il la découvre au moment de le servir. Il estime approximativement la demande de chaque client par une fonction stochastique.

c) **S-VRP (Split Delivery Vehicle Routing Problem)**

Ce problème consiste à visiter un client plusieurs fois afin de satisfaire entièrement sa demande. Exceptionnellement pour ce problème, la demande du client peut être supérieure à la capacité du véhicule.

d) **VRP-PD (Vehicle Routing Problem Pick-up and Deliveries)**

C'est un problème de tournées de véhicules avec collecte et livraison. Avec ce genre de problème la durée du service est comptabilisée deux fois, car on doit effectuer une collecte et une livraison ou inversement.

IV .6.3-VRP a Contraintes Liées aux Dépôts :

a)VRP-MD (Multi-Depot Vehicle Routing Problem) :

Les véhicules peuvent s’approvisionner de plusieurs dépôts.

b) VRP-1P (Vehicle Routing Problem):

Les véhicules doivent s’approvisionner d’un seul dépôt.

On peut passer du VRP-MD au VRP-1D ou inversement par centralisation respectivement division du dépôt(s).

IV .6.4-VRP à Contraintes Liées aux Produits :

c) X MP-VRP (Problème de Tournées de Véhicule à Produits Multiples) :

Une gamme de produits doit être livrée aux différents clients par chaque véhicule en une seule tournée.

d) 1-VRP (Problème de Tournées de Véhicule `a un Seul Produit) :

Un seul produit doit être livré aux différents clients par chaque véhicule en une seule tournée.

IV .6.5-VRP à Contraintes Liées au Temps :

a) PVRP (Periodic Vehicle Routing Problem):

Dans le problème de tournées de véhicules périodique, chaque client est périodiquement visité selon une certaine planification prédéfinie.

b) VRP à Temps de Service Déterministe :

La durée du service est connue par le livreur avant d’entamer la tournée.

c) VRP à Temps de Service Stochastique :

Le livreur ne connaît pas la durée du service des clients, il la découvre au moment de les servir. Il peut définir une fonction stochastique pour l’approximer.

d) VRP-TW (Vehicle Routing Problem with Time Windows) :

Le VRPTW est un problème de tournées de véhicules avec fenêtre de temps. Chaque client doit être servi dans un intervalle de temps défini, connu d’avance par le livreur et toute violation de cette contrainte peut engendrer une pénalité. Lorsque la contrainte de fenêtre de temps n’est pas satisfaite, soit on rejette la solution si on considère le cas rigide ou bien on construit une fonction de pénalité qui sera rajoutée ou combinée avec la fonction objectif pour le cas relâché. En réalité, c’est un problème très fréquent. La distribution des produits périssables (le lait, la viande...), de journaux, services ambulatoires..., sont des exemples pratiques du VRPTW. Dans cette classe de problèmes, on distingue deux sous-classes : le VRPTW rigide où le service doit impérativement être effectué dans la fenêtre de temps et le

VRPTW relâché où le retard ou l'avance engendre uniquement une pénalité. Lorsqu'on rajoute on définit une variante du VRPTW. Nous citons le CVRPTW, le PDPTW, le 1-PDPTW, le m-PDPTW...

IV .6.6- Problèmes de Tournées de Véhicules Fréquents :

a) X VRP Statique :

Le VRP Statique est un problème dont toutes les composantes sont connues, fixées avant d'entamer la moindre tournée. Ce cas est obtenu soit par une étude rigoureuse de l'ensemble des paramètres soit parce que le problème modélisé à l'origine est un phénomène statique.

b) DVRP (Dynamic Vehicle Routing Problem):

A l'opposé du VRP Statique, le VRP Dynamique a au moins une composante dynamique ou changeante au cours de son exécution. On peut avoir la demande qui ou la fenêtre de temps de servitude qui varient ou bien le nombre de clients à servir qui change. Dans ce cas, le problème devient plus complexe.

c) SVRP (Stochastic Vehicle Routing Problem) :

Le SVRP est un cas particulier des problèmes dynamiques. En effet, la variation de la composante considérée suit une loi probabiliste, donc la variation est mise sous forme d'un modèle mathématique, ce qui permet une bonne maîtrise de la variation qui facilite la résolution.

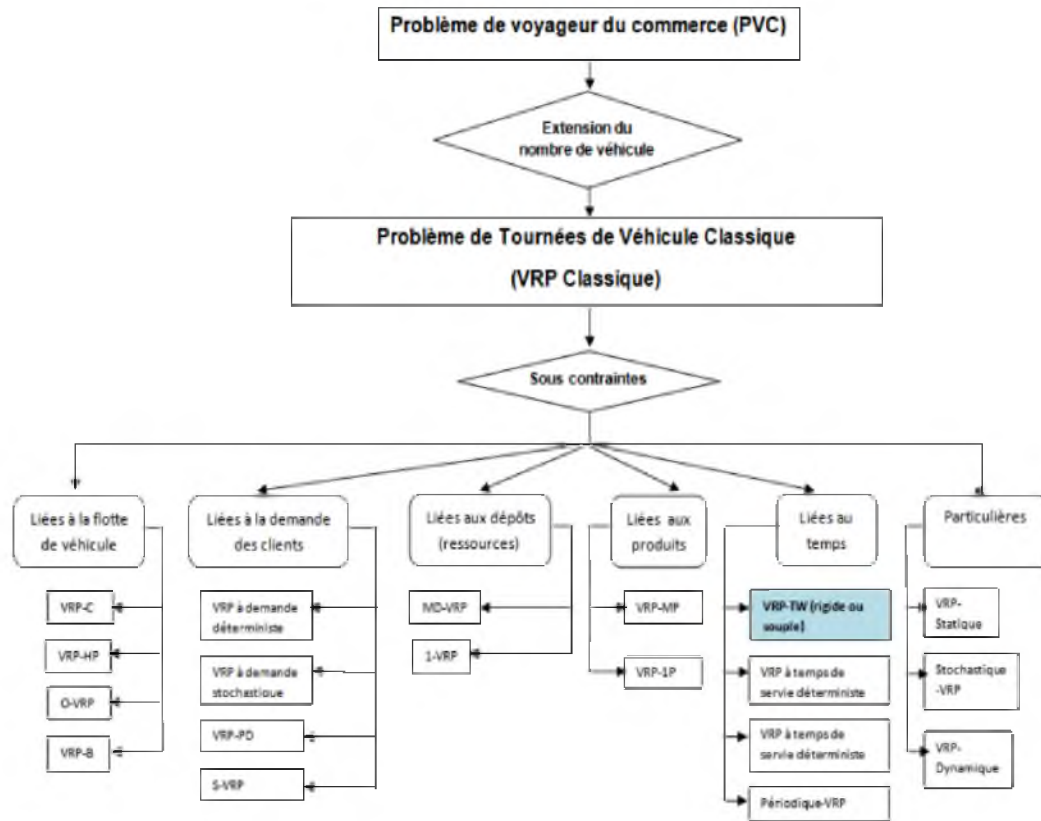


Figure IV.4 : Variantes du VRP

Remarque :

En réalité, on peut avoir un problème avec une combinaison de contraintes. Par exemple, une contrainte de capacité et de fenêtre de temps ou une contrainte de dépôts multiples et collecte et livraison. Ce type de combinaison de contraintes rend le problème plus représentatif du phénomène réel mais plus difficile à résoudre.

IV .7-modélisation mathématique du VRP :

De nombreuses formulations du VRP existent en littérature. Le point commun de toutes ces formulations est la représentation du problème de tournées de véhicules sous forme d'un graphe orienté.

La représentation graphique du VRP classique est décrite comme suit : soit $G = (X, U)$ un graphe orienté où :

- X , l'ensemble des sommets du graphe G , représente les clients et le(s) dépôt(s) du VRP, $X = N \cup \{0\}$ et $(|X| = n + 1)$;
- U , l'ensemble des arcs du graphe G , représente les chemins reliant les clients entre eux et au dépôt du VRP, $(|U| = ((n + 1) n)/2)$;

- Une pondération peut être effectuée sur les sommets (resp. arêtes) pour définir la quantité demandée par le client (resp. distance séparant deux clients ou le temps de déplacement. . .).

IV.7.1- Formulation mathématique : [12]

De nombreuses formulations mathématiques du VRP classique existent dans la littérature. Les deux formulations présentées ci-dessous sont parmi les plus fréquentes. Avant d'entamer les formulations, il est nécessaire de définir les paramètres suivants :

n : nombre de clients ;

m : nombre de véhicules ($m \leq n$) ;

Q_k : capacité du $k^{\text{ème}}$ véhicule ;

T_k : temps maximal de la tournée du $k^{\text{ème}}$ véhicule ;

as_j : nombre d'arcs sortants du sommet j ;

ae_j : nombre d'arcs entrants du sommet j ;

q_j : demande du $j^{\text{ème}}$ client ($d_0 = 0$) ;

s_{kj} : durée du service du $j^{\text{ème}}$ client par le $k^{\text{ème}}$ véhicule ($s_0^k = 0$) ;

t_{ij} : temps nécessaire pour passer du $i^{\text{ème}}$ client au $j^{\text{ème}}$ client ($t_{jj}^k = +\infty$) ;

d_{ij} : distance séparant $i^{\text{ème}}$ client du $j^{\text{ème}}$ client ($d_{jj}^k = +\infty$) ;

C_{ij} : le coût du déplacement du $i^{\text{ème}}$ client au $j^{\text{ème}}$ client.

▪ Formulation 01 : [12]

La formulation mathématique du VRP classique la plus communément utilisée dans la littérature est celle adoptée par Laporte [1992], Rego and Roucairol [1994], Toth and Vigo [2001], Crainic and Semet [2006]. En effet, elle nécessite la définition de $\mathbf{n} \times \mathbf{n}$ variables de décision de type binaire, à trois indices, suivantes :

$$x_{ij}^k = \begin{cases} 1 & \text{si l'arc } (i, j) \text{ est parcouru par } k^{\text{ème}} \text{ véhicule (1.8)} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

Autrement dit : $x_{ij}^k \in \{0, 1\}$; $i = 0, \dots, n$; $j = 0, \dots, n$; $k = 1, \dots, m$ (1.9)

Le problème se modélise comme suit :

$$\text{Minimiser } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} \sum_{k=1}^m x_{ij}^k \quad (1.10)$$

Sous

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m x_{ij}^k = 1; \quad j = 2, \dots, n \quad (1.11)$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^m x_{ij}^k = 1; \quad i = 1, \dots, n \quad (1.12)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ip}^k - \sum_{j=1}^n x_{pj}^k = 0; \quad k = 1, \dots, m; p = 1, \dots, n \quad (1.13)$$

$$\sum_{i=1}^n q_i \left(\sum_{j=1}^n x_{ij}^k \right) \leq Q_k; \quad k = 1, \dots, m \quad (1.14)$$

$$\sum_{i=1}^n s_i x_{ij}^k + \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n t_{ij}^k x_{ij}^k \leq T_k; \quad k = 1, \dots, m \quad (1.15)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{0j}^k \leq 1; \quad k = 1, \dots, m \quad (1.16)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{i0}^k \leq 1; \quad k = 1, \dots, m \quad (1.17)$$

$$\sum_{i \in S} \sum_{j \in S} x_{ij}^k \leq |S| - 1; \quad \text{pour tout } S \subset N; \text{ et } 2 \leq |S| \leq (n - 1) \quad (1.18)$$

La formule (1.10) représente la fonction à optimiser ou la fonction objectif du VRP classique. Généralement, l'objectif est de trouver le minimum du cout global des tournées. Les formules de (1.11) à (1.18) représentent les contraintes du problème :

Les contraintes (1.11) et (1.12) assurent que chaque client n'est servi qu'une seule et une seule fois et par un et un seul véhicule. La contrainte (1.13) assure la continuité de la tournée : non seulement un véhicule doit passer une et une seule fois chez un client (1.11) et (1.12) mais il doit impérativement le quitter une fois le service est achevé. La contrainte (1.14) assure que la capacité du véhicule ne sera pas dépassée. La contrainte (1.15) assure que la durée totale d'une tournée ne dépassera jamais sa durée totale maximale. Les contraintes (1.16) et (1.17) assurent le non dépassement de la disponibilité de chacun des véhicules, un véhicule ne sort du dépôt et n'y revient qu'une seule fois. La dernière contrainte (1.18) garantit l'élimination des sous-tours.

▪ **Formulation 02** [12]

C'est une formulation proposée par Fisher and Jaikumar, en (1978) et (1981), elle est basée essentiellement sur deux catégories de variables binaires, une à trois indices et une autre deux indices :

$$x_{ij}^k = \begin{cases} 1 & \text{si l'arc } (ij) \text{ est parcouru par } k^{\text{ème}} \text{ véhicule (1.19)} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

$$y_{ik} = \begin{cases} 1 & \text{si le } i^{\text{ème}} \text{ client est servi par le } k^{\text{ème}} \text{ véhicule (1.20)} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

La formule précédente est équivalente à : $y_{ik} \in \{0, 1\}; i = 1, \dots, n; k = 1, \dots, m$ (1.21)

Le problème se modélise comme suit :

$$\text{Minimiser } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} \sum_{k=1}^m x_{ij}^k \quad (1.22)$$

Sous

$$\sum_{k=1}^m y_{ik} = 1; i = 1, \dots, n \quad (1.23)$$

$$\sum_{k=1}^m y_{0k} = m; \quad (1.24)$$

$$\sum_{i=1}^n q_i y_{ik} \leq Q_k; k = 1, \dots, m \quad (1.25)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij}^k = \sum_{j=1}^n x_{ji}^k = y_{ik}; k = 1, \dots, m \quad i = 1, \dots, n \quad (1.26)$$

$$\sum_{i \in S} \sum_{i \in S} x_{ij}^k \leq |S| - 1; \forall S \subseteq \{2, \dots, n\} \text{ et } k = 1, \dots, m \quad (1.27)$$

La formule en (1.22) est équivalente à la formule (1.10), elle représente la fonction à optimiser. Les formules de (1.23) à (1.27) représentent les contraintes du problème. La contrainte (1.27) est équivalente aux contraintes (1.11) et (1.12), elle assure que chaque client n'est servi qu'une seule et une seule fois et par un et un seul véhicule. La contrainte (1.24) assure que tous les véhicules se trouvent au dépôt. La contrainte (1.25) assure que la capacité de chacun des véhicules ne soit pas dépassée. La contrainte (1.26) permet de lier les deux types de contraintes d'une part, et d'autre part, elle assure que le véhicule quitte le client aussitôt que ce dernier ait été servi. La dernière contrainte (1.19) garantit l'élimination de sous-tour.

Remarque :

La formulation précédente représente le VRP classique auquel on a rajouté deux contraintes :

Une de capacité d'emport des véhicules et une autre de temps total de parcours de chacun des véhicules.

IV.8-Méthodes de résolution : [13]

Pour résoudre le problème de tournées de véhicules (VRP), plusieurs méthodes ont été développées et peuvent être classées en deux catégories :

- **Les méthodes exactes :** dont le principe consiste à trouver la solution optimale à un problème d'optimisation en examinant toutes les solutions possibles, ce qui amène une complexité exponentielle puisque le nombre total de solutions possibles est $n!$ Devant ce constat, d'autres types de méthodes exactes ont été développées comme l'algorithme de séparation & évaluation ou algorithme de recherche arborescente "Branch & Bound " par [Laporte, Mercure et Nobert, 1991] qui consiste à considérer l'ensemble des solutions possibles et en éliminer les mauvaises sans les évaluer. Un autre algorithme, "séparations et coupes" "branch and cut" qui permet de résoudre des instances plus grandes que l'algorithme de séparation & évaluation. Le principe de ce dernier algorithme est qu'il part d'une solution initiale où plusieurs contraintes ont été relâchées, ensuite il optimise par itération en introduisant des contraintes violées dans la solution précédente jusqu'à l'obtention d'une solution optimale [Crainic et Semet, 2005.]. Le livre de [Toth et Vigo, 2001] détaillent bien ces méthodes de solution.

Malgré l'évolution des algorithmes des méthodes exactes, elles n'arrivent à résoudre que des problèmes de petites tailles, le meilleur algorithme permet d'aller jusqu'à 100 clients C'est de [Cordeau et al 2007].

- **Les méthodes approchées :** à l'inverse des méthodes exactes, permettent d'avoir des solutions acceptables dans un temps raisonnable, mais qui ne sont pas forcément des solutions optimales, en plus un nombre important de contraintes peut être inclus. Elles sont constituées des heuristiques et métaheuristiques.

Les heuristiques classiques ont pour but de guider le choix qu'un algorithme doit faire pour réduire sa complexité. Elles peuvent être classées en trois familles :

- 1) **Les méthodes constructives:** à partir d'une solution initiale qui consiste à construire une route en choisissant, séquentiellement, les arcs à inclure. En suite, cette solution initiale est comparée à une nouvelle afin de faire une économie [Golden, 1984], [Clark et Wright, 1964].
- 2) **Les algorithmes à deux phases:** ils consistent à séparer le problème en deux phases, la partition et le parcours, par exemples, l'algorithme de balayage de [Gillet et Miller, 1974].
- 3) **Les méthodes d'amélioration:** elles consistent à procéder, selon [Lin, 1965], à une série d'échange d'un segment de route qui contient un certain nombre de clients contre un autre, pour qu'à chaque itération la solution soit améliorée.

Les métaheuristiques sont généralement des algorithmes itératifs, qui progressent vers un optimum global, c'est-à-dire l'extremum global d'une fonction objectif. Elles se comportent comme des algorithmes de recherche, tentant d'apprendre les caractéristiques d'un problème afin d'en trouver une approximation de la meilleure solution (d'une manière proche des algorithmes d'approximation).

Les métaheuristiques proposent des solutions de qualité supérieure à celles des heuristiques, néanmoins, elles nécessitent un temps de calcul plus élevé. Le principe de base des métaheuristiques est qu'une solution initiale admissible est déterminée par une heuristique

classique. Ensuite, cette solution est améliorée par le choix d'une métaheuristique en fonction de la solution qu'elle manipule, par exemple, la recherche tabou, est une métaheuristique à solution unique ; et les algorithmes génétiques et les colonies de fourmis sont des métaheuristicques à population de solutions.

La principale différence entre ces deux catégories est que les résultats donnés par les heuristiques ne sont pas garantis par la théorie. Par contre, Les méthodes exactes sont soutenues par la théorie, et arrivent à des solutions optimales du problème. En pratique, les méthodes exactes sont étroitement liées à la taille du problème et leur utilisation est pénalisée par des temps de calcul trop élevés. Quant aux heuristiques et métaheuristicques montrent qu'elles peuvent donner des résultats très satisfaisants en des temps acceptables.

IV.8.1-Les algorithmes génétiques (Genetics Algorithms)

Le paradigme des algorithmes évolutionnaires proposé dans les années 1960, consiste à s'inspirer des mécanismes de l'évolution naturelle et à utiliser le concept de populations d'individus pour faire face à des problèmes qui émergent du secteur industriel en particulier et du monde réel en général. Les algorithmes évolutionnaires s'inspirent du comportement d'évolution des espèces en exploitant les principes de variation et de sélection effectués dans les processus évolutifs naturels.

L'évolution de l'organisme représente une suite successive d'améliorations afin que l'espèce s'adapte au mieux dans son environnement ou dans le milieu dans lequel elle évolue. Cette adaptation est fondée sur deux principaux mécanismes qui sont la sélection naturelle et la reproduction. Les algorithmes génétiques appartiennent à la famille des algorithmes évolutionnaires qui sont des techniques d'optimisation itératives et stochastiques visant à résoudre des problèmes d'optimisation NP-difficiles.

IV.8.2-Principe de fonctionnement de l'algorithme génétique

L'inspiration est de favoriser la survie et la reproduction des individus les mieux adaptés à l'environnement. Cette adaptation est évaluée par une fonction fitness qui est directement liée à la valeur de la fonction objective de cet individu. Le processus de fonctionnement de l'algorithme génétique commence par représenter la solution dans l'espace de recherche.

Ensuite, nous générons aléatoirement une population initiale constituée d'individus pour lesquels nous calculons leurs fitness. Ces individus seront manipulés par une stratégie de sélection, suivi par une stratégie de reproduction qui consiste à concevoir un opérateur de mutation afin de garder une certaine diversité au sein de la population et un autre de croisement afin de générer de nouveaux individus qui seront mieux adaptés. Les individus issus du processus d'amélioration par les opérateurs génétiques vont passer par une étape de remplacement qui consiste à conserver que les meilleures solutions en se basant sur leurs fonctions fitness pour engendrer la nouvelle population de la génération suivante. Le processus permet de créer, de génération en génération, une population d'individus de mieux en mieux adaptés et il s'arrête lorsqu'un critère d'arrêt est satisfait.

a- Génération de la population initiale

Une étape importante lors du fonctionnement du processus de l'algorithme génétique est la génération de la population initiale car elle affecte la qualité de la solution et le nombre de générations nécessaires pour l'obtenir. Le niveau de diversité présente au sein de la population représente une caractéristique importante pour que l'algorithme ne reste pas bloqué dans un optimum local. Habituellement, la première population est générée soit d'une manière aléatoire, soit par des heuristiques ou des techniques spécifiques au problème.

Finalement, la taille de la population qui agit sur la qualité des solutions obtenues et sur la performance de l'algorithme doit être générée d'une manière optimale pour assurer une bonne exploration de l'espace de recherche.

b- Sélection

Le mécanisme de sélection est l'une des étapes principales dans le processus de recherche dans l'algorithme. Le principe de cette phase est de définir quels seront les individus de la population actuelle qui vont servir de parents et vont être dupliqués dans la nouvelle population. Les meilleurs individus ont plus de chances d'être parents. Une telle technique de sélection permet d'identifier les individus susceptibles d'être croisés et peut conduire la population à de meilleures solutions. Cependant, les mauvais individus en termes de fitness auront quand même une petite probabilité d'être sélectionnés. Cela peut conduire à un processus d'amélioration performant. Les parents sont sélectionnés en fonction de leurs fonctions fitness au moyen de l'une des stratégies suivantes, nous citons les plus importantes :

- **Sélection par roulette (wheel)** : elle consiste à attribuer à chaque individu une probabilité de sélection qui est proportionnelle à sa performance, donc les individus les plus adaptés au problème ont plus de chances d'être sélectionnés. Cette stratégie de sélection peut rencontrer des problèmes lorsque la valeur d'adaptation des chromosomes varie énormément et par conséquent, nous pouvons tomber sur des chromosomes qui auront très peu de chance d'être sélectionnés.
- **Sélection élitiste** : c'est l'une des stratégies les plus courantes de sélection, elle consiste à ordonner les individus de la population dans un ordre croissant ou décroissant, selon leurs fonctions d'évaluation ce qui favorise les individus ayant un rang élevé et donc le hasard n'entre pas dans ce mode de sélection. Cette technique utilise les performances d'un rang d'individus plutôt qu'un seul individu (comme la sélection précédente). Donc, avec cette stratégie de sélection, tous les chromosomes ont une chance d'être sélectionnés.
- **Sélection aléatoire** : cette méthode de sélection suit une loi de probabilité uniforme et sans intervention de la fonction fitness. Donc tous les individus ont la même probabilité d'être sélectionnés. La sélection aléatoire reste une technique peu utilisée.
- **Sélection par tournoi** : elle consiste à sélectionner aléatoirement k individus et ensuite leurs appliquer un tournoi afin de choisir celui qui a la meilleure performance.

Les individus impliqués dans le tournoi peuvent être retirés ou remis selon le choix des décideurs. Nous répétons ce processus n fois de manière à obtenir les n individus de la nouvelle population.

c-Croisement

L'opérateur de croisement est un opérateur stochastique qui manipule la structure des chromosomes, il consiste à sélectionner deux individus parmi les parents potentiels à l'aide d'une des méthodes de sélection et échanger des parties de leurs chaînes selon une probabilité de croisement, pour donner de nouveaux descendants appelés enfants qui héritent certaines caractéristiques des deux parents afin d'enrichir la population. Cet opérateur ne s'applique pas systématiquement à chaque génération mais selon une probabilité appelée probabilité de croisement. Selon la littérature, nous pouvons distinguer plusieurs processus de croisement, nous présentons les plus utilisés :

- **Croisement à un point** : consiste à choisir aléatoirement deux parents et les diviser en deux parties à la même position, ensuite échanger les deux fragments situés à droite du point choisi. Le point de coupure s'effectue à n'importe quel niveau des gènes, donc tous les points possèdent la même probabilité d'être sélectionnés.
- **Croisement à deux points** : consiste à choisir deux points de coupure aléatoirement pour dissocier chaque parent en trois parties, ensuite il prend les deux parties en extrémités pour le premier parent afin de les remettre au premier enfant. Nous complétons la partie restante du premier enfant par les gènes du deuxième parent. Nous appliquons le même raisonnement pour le deuxième parent et le deuxième enfant.

d-Mutation :[16]

Les individus de la population issue du croisement vont subir un processus de mutation qui agit sur un seul individu avec une probabilité très faible appelée probabilité de mutation afin de créer un autre nouvel individu qui n'existait pas auparavant. L'opérateur de mutation permet d'éviter à l'algorithme génétique de converger vers des optimums locaux à travers la diversification de la population au cours des générations et de l'exploration de l'espace de recherche. Selon la littérature, plusieurs opérateurs de mutation sont proposés, les plus importants sont cités par Nearchou .

- **Opérateur d'échange bit flip** : appelé aussi opérateur à un point, il consiste à choisir au hasard un bit de l'individu et l'inverser indépendamment avec une certaine probabilité.
- **Opérateur d'échange déterministe** : consiste à définir un nombre fixé de bits de l'individu et de les inverser.
- **Opérateur d'échange réciproque** : permet de choisir deux gènes sur un chromosome et de les changer.
- **Opérateur d'échange aléatoire** : consiste à sélectionner deux gènes au hasard et inverser leurs positions.

La performance de l'algorithme génétique dépend de ses caractéristiques qui dépendent du problème. Le fonctionnement d'un algorithme génétique est résumé dans la figure suivante :

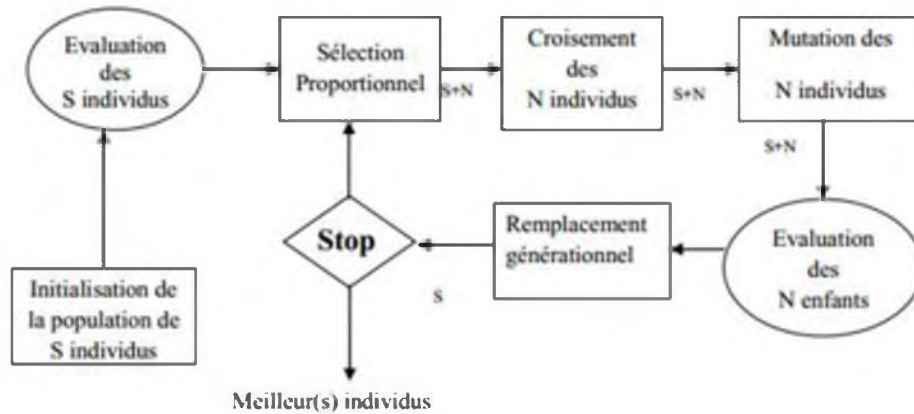


Figure IV.5 : Fonctionnement d'un algorithme génétique

L'algorithme génétique a connu beaucoup d'intérêt par la communauté d'optimisation à cause de sa performance dans la résolution des problèmes complexes, sa simplicité et sa facilité d'hybridation avec d'autres métaheuristiques et de son application avec succès sur une très large gamme de problèmes, telle que :

- Le problème de planification d'un système de production.
- La sécurité des systèmes de communication.
- L'optimisation de réseaux de chaînes logistiques.
- Le dimensionnement des stocks tampon d'un système de production.
- La gestion des stocks d'une usine de production.
- La gestion des approvisionnements.

2^{ème} partie : Application

IV.9-Définition de la problématique:

L'entreprise frère guerinik est une entreprise laitière qui assure la livraison de son produit qui est le lait pasteurisé de son dépôt de distribution vers ses clients. Les transporteurs, disposant d'une flotte de véhicules homogènes, créent les tournées sans l'intervention d'un outil d'optimisation ce qui rend la distribution mal organisée, parfois le camion revient avec le reste de la marchandise. La coopérative n'a donc aucun moyen de vérifier l'efficacité de la vente de ses produits et c'est pour cela qu'elle compte utiliser des outils d'aide à la décision.

Le but de ce travail c'est d'organiser la tournée de véhicule afin de minimiser le temps de parcours et de garantir la distribution dans des temps aux clients. L'objectif alors, sera de visiter tous les clients une seule fois afin de leur livrer la demande commandée tout en respectant les contraintes de temps, de volume et de capacité.

Donc on va résoudre ce problème par la planification d'une tournée de véhicules en respectant la contrainte de base qui est la fenêtre du temps.

Ce problème est appelé VRP_TW (Véhicule Rontig Problem with Time windows).

IV.9.1-Les contraintes :

Pour planifier notre tournée on va se baser sur les contraintes suivantes :

- chaque tournée commence et se termine au même dépôt (unique dépôt).
- chaque client doit être servi par un seul véhicule.
- le poids total de produit ne dépasse pas la capacité du véhicule (1000 sachets).
- chaque client doit être servi pendant sa fenêtre horaire **[a,b]** où « **a** » est le temps au plus tôt et « **b** » le temps au plus tard.

On a 03 véhicules et 03 régions, chaque région contient un nombre bien défini de clients, les véhicules démarrent d'un point de départ qui sera notre usine (dépôt de distribution). On va travailler avec chaque région indépendamment aux autres régions, donc chaque région (commune) est servie par un seul véhicule (Revoir la figure des clients page [14]).

IV.10-Modélisation Mathématique:

Les variables utilisées dans notre modélisation sont définis comme suit :

N : Ensemble des nœuds clients et dépôt,

K : Nombre de véhicules,

d_{ij} : Distance euclidienne entre le nœud i et le nœud j , si $d_{ij} = 0$ alors le chemin entre i et j n'existe pas (impasse, rue piétonne, ...)

t_{ijk} : Temps mis par le véhicule k pour aller du nœud i au nœud j ,

$[e_i, l_i]$: Fenêtre de temps du nœud i ,

s_j : Temps d'arrêt au nœud i ,

- q_i : Quantité à traiter au nœud i .
 Q_k : Capacité du véhicule k ,
 $i = 0..N$: indice des nœuds prédécesseurs,
 $j = 0..N$: indice des nœuds successeurs,
 $k = 1..K$: indice des véhicules,
 $X_{ijk} = \begin{cases} 1 & \text{si } (i,j) \text{ est parcouru par le véhicule } K \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$
 A_i : Temps d'arrivée au nœud i ,
 D_i : Temps de départ du nœud i ,
 y_{jk} : Quantité présente dans le véhicule k visitant le nœud i ,

La variable de décision est t_{ij} qui est la distance parcourue.

IV.10.1-Modèle mathématique:[17]

a- Fonction objectif du problème:

$$\text{Min } \sum_{i=0}^n * \sum_{j=0}^n * \sum_{k=1}^m X_{ijk} t_{ij} \quad (1)$$

b- Les contraintes :

$$\sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^K X_{ijk} = 1, j=2, \dots, N \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^K X_{ijk} = 1, i=2, \dots, N \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{i0k} = 1, \forall k \in K \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^n X_{0jk} = 1, \forall k \in K \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^N X_{iuk} - \sum_{j=1}^n X_{ujk} = 0, \forall k \in K; \forall u \in N \quad (6)$$

$$X_{ijk}=1 \Rightarrow y_{jk} = y_{ik} - q_i, \forall i, j \in N; \forall k \in K \quad (7)$$

$$Q_k \geq y_{ik} \geq 0, \forall i \in N; \forall k \in K \quad (8)$$

$$D_0 = 0 \quad (9)$$

$$X_{ijk}=1 \Rightarrow e_i \leq A_i \leq l_i, \forall i, j \in N; \forall k \in K \quad (10)$$

$$X_{ijk}=1 \Rightarrow e_i \leq A_i + s_i \leq l_i, \forall i, j \in N; \forall k \in K \quad (11)$$

$$X_{ijk}=1 \Rightarrow D_i + t_{ijk} \leq (l_j - s_j), \forall i, j \in N; \forall k \in K \quad (12)$$

c- Explication du modèle mathématique:

La fonction à minimiser : minimiser la somme des distances de la tournée.

Les équations (2) et (3) assurent que chaque nœud n'est servi qu'une seule fois par un et un seul véhicule.

Les équations (4) et (5) assurent le non dépassement de la disponibilité d'un véhicule. Un véhicule ne sort du dépôt et n'y revient qu'une seule fois.

L'équation (6) assure la continuité d'une tournée par un véhicule : le nœud visité doit impérativement être quitté.

Les équations (7) et (8) assurent le non dépassement de la capacité de transport d'un véhicule.

Les équations (9), (10), (11) et (12) assurent le respect des fenêtres de temps.

IV.10.2-résolution du problème :

Pour résoudre notre problème VRPTW, on a choisis une méthode approchée qui est la métaheuristique. Le choix d'algorithme est fait par rapport au temps de calcul et la probabilité pour trouver une solution. Dans notre résolution on a choisis l'algorithme génétique.

IV.10.2.1-Application de l'Algorithme :

Au niveau de cette partie, on va présenter notre approche basée sur les algorithmes génétiques permettant de minimiser le temps total de la tournée.

a- Codage du chromosome :

Le codage permet de représenter les solutions sous forme de chromosomes. Un chromosome est une suite (permutation) de nœuds, qui indique l'ordre dans lequel un véhicule doit visiter tous les nœuds. Ce type de codage (Figure IV.6) est appelé codage par liste de permutation.

Nœud (i)	3	1	4	5	2	6
----------	---	---	---	---	---	---

Figure IV.6 : Codage par liste de permutation

b- Croisement :

Suite à la génération aléatoire de la population initiale, on procède à la phase de croisement qui assure la recombinaison des gènes parents pour former de nouveaux descendants. Pour ce faire, on considère « p » la position de croisement, et on traite cette phase comme le montre la figure **Figure IV.7**.

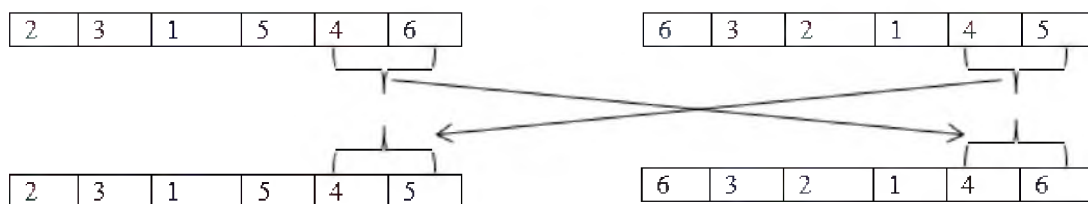


Figure IV.7: Croisement à un point de coupure

c- Mutation :

La mutation (Figure IV.8) consiste à choisir deux allèles, au hasard, dans un chromosome et à échanger leurs valeurs respectives.

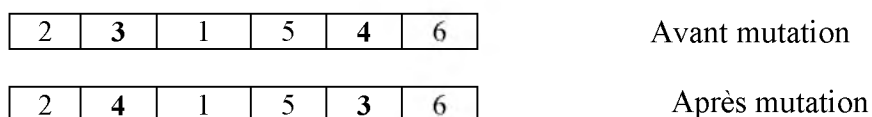


Figure IV.8: Mutation de deux allèles quelconques

d- Génération de la population initiale :

Le mécanisme de génération de la population initiale permet de produire une population d'individus qui servira de base pour les futures générations. Le choix de la population initiale est important car il peut rendre plus ou moins rapide la convergence vers l'optimum global.

Dans notre cas, nous allons générer un seul type de populations.

Une population notée P_{noeud} , qui représente tous les nœuds à visiter par l'ensemble des véhicules, selon le codage par liste de permutation. (Figure VI.6).

e- Correction des chromosomes :

Après chaque croisement de deux chromosomes, on procède à la phase de correction de séquences entre les nœuds pour lesquels on va éviter la répétition des nœuds.

Si un nœud est répété plus qu'une fois, on supprimer le deuxième et on le remplace par un nœud qui n'existe pas dans le code.

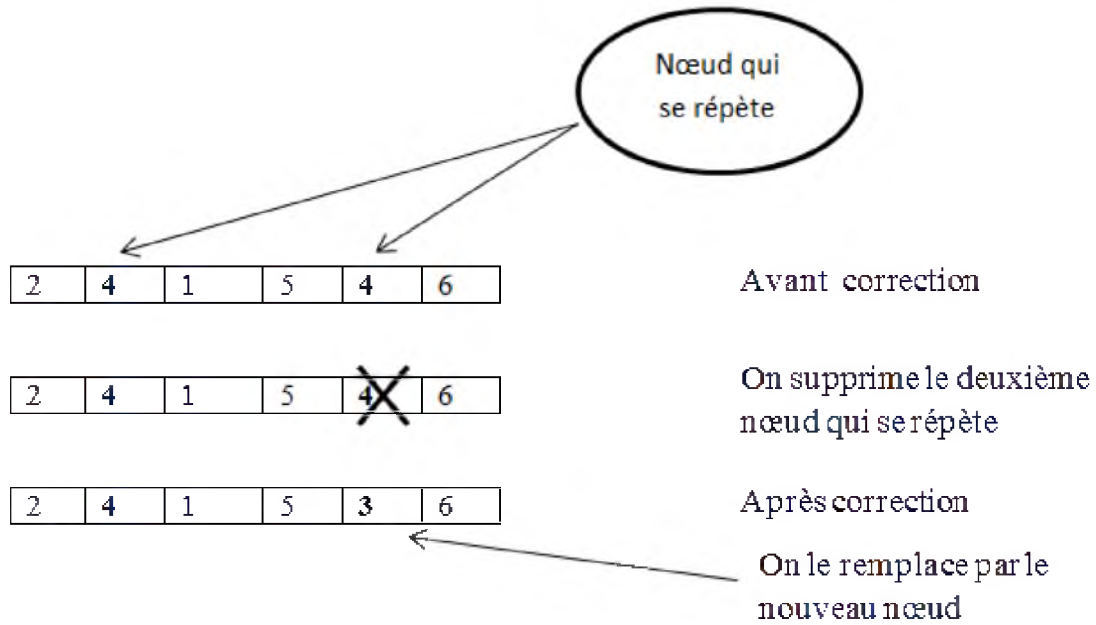


Figure IV. 9 : la correction

f- Procédure de calcul :

Pour chaque chromosome obtenu, on doit calculer le temps d'arrivée au nœud(i) [$Temp_i$], ensuite, on va comparer avec la fenêtre du temps [$S_i; L_i$]. Si le temps d'arrivée au nœud (i) est compris entre S_i et L_i , la valeur « 1 » est attribuée au vecteur d_i sinon on attribue la valeur « 0 ». Voir l'équation (13).

$$d_i = \begin{cases} 1 & \text{si } S_i \leq Temp_i \leq L_i \\ 0 & \text{si non} \end{cases} \quad (13)$$

Si $\sum d_i =$ nombre des nœuds, alors on prend le chromosome et on sauvegarde dans un tableau et parmi les chromosomes sauvegardés, on choisi le meilleur dont $\sum Temp_i$ est minimale.

g- Critère d'arrêt :

- Si la solution trouvée par le programme est la même sur plusieurs itération et se répète donc 10 fois, le programme s'arrête de calculer et nous affiche la solution répétée comme étant la solution optimale.

IV.9.2.2-Resultat et interprétation:

Nous avons utilisé java comme outil de programmation des algorithmes génétiques. Java est un langage de programmation informatique orienté objet, il est très simple à utiliser et rapide dans l'exécution, les structure de contrôle (les boucles, les conditions...) sont très faciles, on peut l'utiliser dans plusieurs domaines, comme la création des application, codage des algorithmes et problèmes d'optimisation... etc.

Les temps qui sont présentés dans les tableaux de la partie suivante, représentent les temps en minute des distances parcourues entre les clients. Pour la fenêtre de temps on travaillera en minute pour faciliter le calcul.

Les données suivantes sont des valeurs estimées à partir des emplacements réels des clients.

Après l'exécution du programme java, on a obtenu les résultats suivants :

a. Pour la région 01 : Commune de TIOUT

client	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	45	52	47	55	49	58	48	50
1	0	0	9	12	17	13	15	10	14
2	0	9	0	16	18	12	14	13	11
3	0	12	16	0	15	13	11	7	12
4	0	17	18	15	0	11	10	12	15
5	0	13	12	13	11	0	12	10	13
6	0	15	14	11	10	12	0	11	11
7	0	10	13	7	12	10	11	0	9
8	0	14	11	12	15	13	11	9	0

Tableau VI.1 : Le temps pour aller d'un client à un autre pour la région 01.

Nœud(i)	1	2	3	4	5	6	7	8
e(i)	90	55	80	115	45	70	40	105
l(i)	120	85	110	140	70	90	60	130

Tableau IV.2 : La fenêtre de temps des clients de la région 01.

```

Output - MEMOIR (run)
68123457 | 58 | 69 | 83 | 92 | 108 | 123 | 134 | 144 | 00001100
64531278 | 58 | 68 | 79 | 92 | 104 | 113 | 126 | 135 | 00011000
57263184 | 49 | 59 | 72 | 86 | 97 | 109 | 123 | 138 | 11111111
67238514 | 58 | 69 | 82 | 98 | 110 | 123 | 136 | 153 | 00111000
62517438 | 58 | 72 | 84 | 97 | 107 | 119 | 134 | 146 | 01010100
68352741 | 58 | 69 | 81 | 94 | 106 | 119 | 131 | 148 | 00100010
47253618 | 55 | 67 | 80 | 92 | 105 | 116 | 131 | 145 | 00101000
-----
iteration 4199
    
```

Figure IV.10 : résultat d'exécution du programme pour la région 01.

D'après les résultats obtenus dans la figure IV.10, la partie soulignée en rouge représente l'ordre de passage du véhicule sur les clients, en bleu c'est le temps d'arrivée du client, et en vert c'est la vérification de la contrainte de fenêtre du temps (1 si elle vérifiée, sinon 0).

La valeur optimale de la fonction objective est $Z=191$, cette valeur représente le temps optimal total parcouru dans la tournée de véhicule pour la région 01.

- Le parcours optimal peut être illustré comme suit :

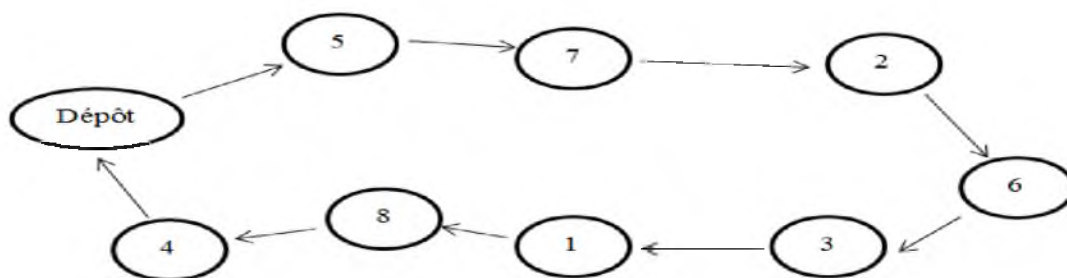


Figure IV.11 : le schéma optimal pour la région 01.

Concernant l'ordre de passage, on remarque que le camion doit d'abords livrer le client U(5) pour terminer avec le client U(4) en passant par les autres clients avant de rentrer au dépôt comme s'est indiqué au tableau IV.3 :

U(i)	1	2	3	4	5	6	7	8
0	6	3	5	8	1	4	2	7
Point de départ (usine)	6 ^{ème} Client à visiter	3 ^{ème} Client à visiter	5 ^{ème} Client à visiter	8 ^{ème} Client à visiter	1 ^{er} Client à visiter	4 ^{ème} Client à visiter	2 ^{ème} Client à visiter	7 ^{ème} Client à visiter

Tableau IV. 3: l'ordre du passage dans la région 01

b. Pour la région 02 : Commune de ELHANDJIR

client	0	1	2	3	4	5	6
0	0	35	39	34	40	38	41
1	0	0	14	13	16	12	13
2	0	14	0	15	14	17	12
3	0	13	15	0	12	13	15
4	0	16	14	12	0	15	11
5	0	12	17	13	15	0	9
6	0	13	12	15	11	9	0

Tableau IV.4 : Le temps (min) pour aller d'un client à un autre pour la région 02

Nœud(i)	1	2	3	4	5	6
e(i) (min)	65	40	30	70	40	80
l(i) (min)	80	60	60	100	70	120

Tableau IV.5 : La fenêtre de temps pour les clients de la région 02.

```

Output - MEMOIR (run)
312645 | 34 | 47 | 61 | 73 | 84 | 99 | 100010
325146 | 34 | 49 | 66 | 78 | 94 | 105 | 111111
316425 | 34 | 47 | 60 | 71 | 85 | 102 | 100100
543126 | 38 | 53 | 65 | 78 | 92 | 104 | 000101
236415 | 39 | 54 | 69 | 80 | 96 | 108 | 010100
512436 | 38 | 50 | 64 | 78 | 90 | 105 | 000101
    
```

Figure IV.12 : résultat d'exécution du programme pour la région 02.

La valeur optimale de la fonction objective est $Z=146$, cette valeur représente le temps optimal total parcouru de la tournée de véhicule pour la région 02.

- Le parcours optimal peut être illustré comme suit :

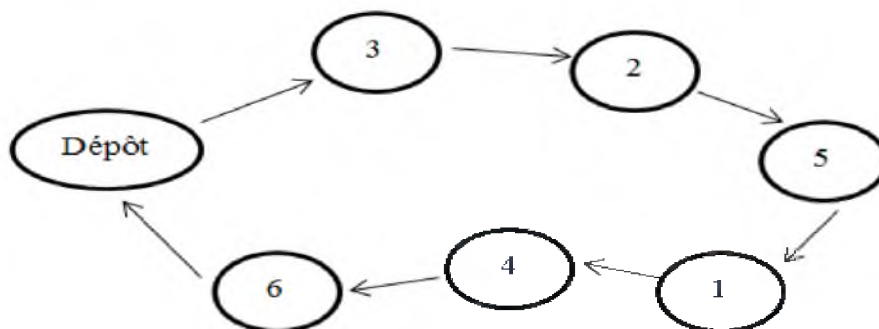


Figure IV.13 : le schéma optimal pour la région 02.

Chapitre IV: Problème de tourné des véhicules

L'ordre de passage est représenté dans le tableau IV.6 :

U(i)	1	2	3	4	5	6
0	4	2	1	5	3	6
Point de départ (usine)	4 ^{ème} Client à visiter	2 ^{ème} Client à visiter	1 ^{er} Client à visiter	5 ^{ème} Client à visiter	3 ^{ème} Client à visiter	6 ^{ème} Client à visiter

Tableau IV.6 : l'ordre de passage dans la région 02

c. Pour la région 03 : Commune de SFISSEFAT

Client	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	57	62	56	58	59	63	61
1	0	0	13	15	9	10	8	11
2	0	13	0	7	11	12	11	3
3	0	15	7	0	13	10	12	1
4	0	9	11	13	0	9	8	2
5	0	10	12	10	9	0	10	3
6	0	8	11	12	8	10	0	1
7	0	11	3	1	2	3	1	0

Tableau IV.7 : Le temps (min) pour aller d'un client à un autre pour la région 03.

Nœud(i)	1	2	3	4	5	6	7
e(i)	60	60	40	100	80	110	95
l(i)	85	90	70	130	110	135	115

Tableau IV. 8: La fenêtre de temps pour les clients de la région 03.

```

Output - MEMOIR (run)
1632547|57|65|77|84|96|105|116|0001110
3541267|56|66|75|84|97|108|116|1001000
1357246|57|72|82|89|102|113|121|0010011
4612375|58|66|74|87|94|101|108|0011011
2315746|62|69|84|94|101|112|120|1111111
5123467|59|69|82|89|102|110|118|0110110
6245137|63|74|85|94|104|119|126|0101000
1425673|57|66|77|89|99|107|114|0011010
5132476|59|69|84|91|102|113|121|0100111
    
```

Figure IV.14 : résultat d'exécution de programme pour la région 03.

La valeur optimale de la fonction objective est $Z=183$, cette valeur représente le temps optimal total parcouru dans la tournée de véhicule pour la région 03.

Le parcours optimal peut être illustré comme suit :

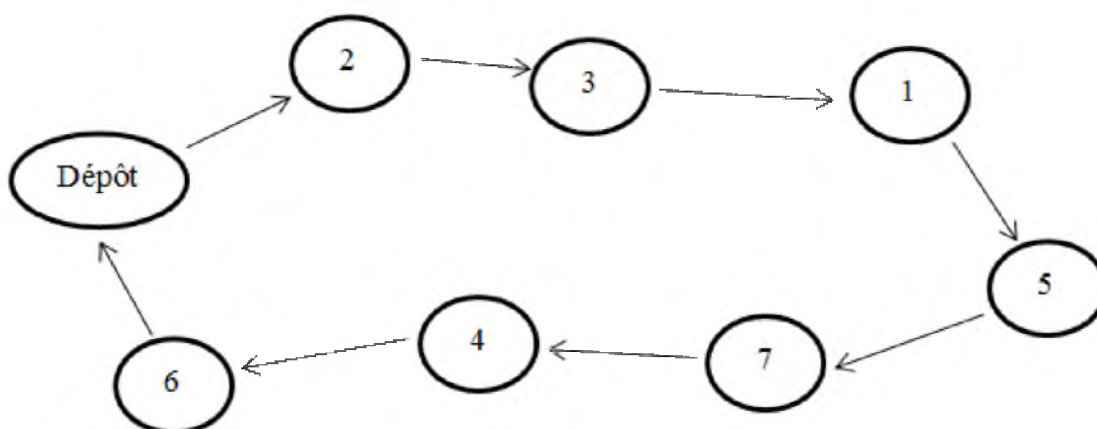


Figure IV.15 : le schéma optimal pour la région 03.

L'ordre de passage est représenté dans le tableau IV.9 :

U(i)	1	2	3	4	5	6	7
0	3	1	2	6	4	7	5
Point de Départ (usine)	3 ^{ème} Client a visité	1 ^{er} Client a visité	2 ^{ème} Client a visité	6 ^{ème} Client a visité	4 ^{ème} Client a visité	7 ^{ème} Client a visité	5 ^{ème} Client a visité

Tableau IV. 9:l'ordre du passage dans la région03

IV. 10:conclusion

Dans ce chapitre on a fait une résolution d'un problème d'une tournée de véhicules avec une contrainte qui est la fenêtre du temps. En 1^{er} lieu on a donné quelques notions sur les VRP et leurs différentes méthodes de résolution et après, on a présenté la problématique qu'on a rencontré dans la coopérative et les différentes contraintes liées à notre problème. Après, on a choisis une métaheuristique pour résoudre notre problème en utilisant les algorithmes génétiques avec la programmation sur langage Java qui nous ont fournis de bons résultats.

Conclusion générale

Le travail qu'on a présenté est décomposé en 02 stades différents :

L'importance de la pollution des eaux exige de nos jours une épuration pour éviter que les effluents pollués ne provoquent une destruction totale de l'écosystème.

Dans notre cas d'étude on a essayé de concevoir une station d'épuration des eaux blanches de la laiterie et on a donné un dimensionnement général des différents postes de traitement passant par une étude financière pour vérifier la rentabilité de la station.

De point de vue économique, la station qu'on a choisi de concevoir peut être rentable si le débit entrant dans la station est plus grand que le débit actuel d'autre part les boues produites sont vendues pour les agriculteurs. Ceci rend impossible l'installation de la STEP dans la laiterie pour le moment.

Dans le 2^{ème} stade, on a présenté un cas concernant la résolution d'un problème d'optimisation rencontré dans le domaine du transport dans la laiterie. Ce problème est appelé VRPTW (Vehicle Routing Problem with Time Windows) ou problème de tournée des véhicules avec une fenêtre de temps qui consiste à déterminer les tournées de 03 véhicules partant d'un dépôt à destination de plusieurs clients qui sont éparpillés dans 03 différentes régions. Chaque tournée doit desservir un ensemble de clients dont chacun est caractérisé par une fenêtre de temps spécifique. Le problème consiste à minimiser la distance totale parcourue par une flotte de camions homogènes afin d'assurer la livraison, à partir d'un seul dépôt, à un nombre fixe de clients tout en respectant les contraintes de capacité et de temps. (Afin de résoudre le problème du VRPTW on a fait une analyse sur les clients cibles et les distances entre le dépôt et les différents clients et en second lieu, on a fait une modélisation mathématique du problème ; et pour obtenir une solution optimale, on a choisis d'utiliser la méthode approchée des métaheuristiques qui est l'algorithme génétique. Cela permettra à la coopérative de gagner la confiance de ses clients en leurs distribuant le produit à temps et dans les délais qu'ils auront choisis et ainsi ils n'auront plus besoin de commander le produit à d'autres entreprises comme celle de Sidi Belabbess.

Comme perspectives, des études sont encore à réaliser pour guider la coopérative et à augmenter sa capacité de production pour satisfaire ses clients et aussi atteindre d'autre clients en visant d'autre régions, voire d'autre wilayas à distribuer en sachets de lait, cela lui permettra aussi de pouvoir envisager l'installation de la station des eaux usées avec la condition d'agrandir sa superficie.

Annexe 01 : Tamis Rotatif

Tamis Rotatif avec ou sans compacteur incorporé Type EC 10.05 R & RC

Tamis rotatif type EC 10.05 R



Modèles

R 50 - R 75 - R 100
R 150 - R 200 - R 250 - R 300

Tambours à fissures

Diamètre

620 mm

Largeur

500 mm à 3000 mm

Entrefer

500 µm à 3 mm

Capacité

10 m³/h à 450 m³/h

Tamis rotatif avec compacteur type EC 10.05 RC

Modèles

RC 50 - RC 75 - RC 100
RC 150 - RC 200 - RC 250 - RC 300

Compacteur intégré

Type EC 10.06 CC 150

Type EC 10.06 CC 200

Options

- Trémie de descente
- Ensacheur avec cassette
- Longueur supplémentaire du compacteur suivant implantation

Fabrication

Inox 304.L ou Inox 316.L

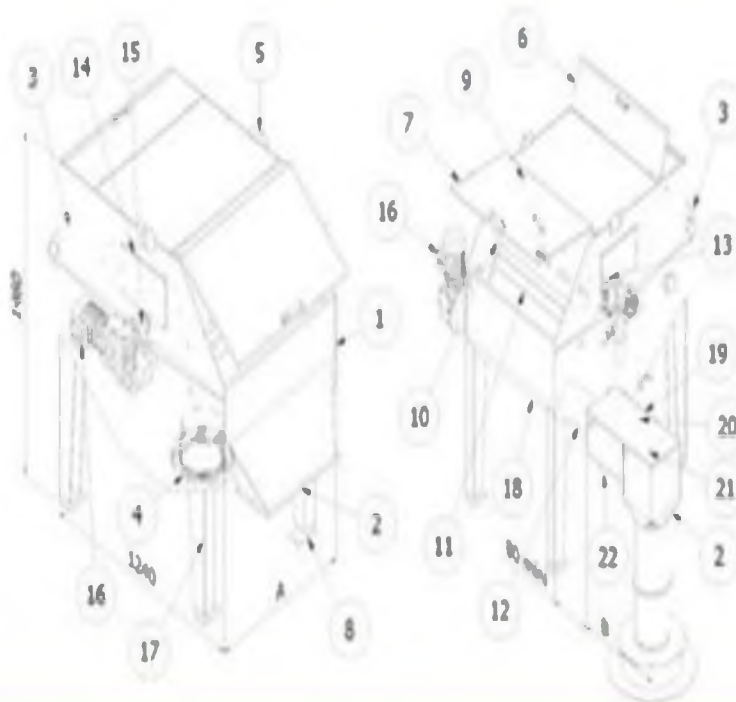
Recommandations spécifiques

Prévoir un dégrilleur grossier en amont du tamis pour éviter la présence de cailloux ou autre corps pouvant détériorer le tambour (voir gamme dégrilleur RORQUAL EC 10.02).

Procéder au lavage à l'eau chaude pour des effluents très gras.



incorporé Type EC 10.05 R & RC



Nomenclature		7 - Capot avant relevable monté sur vérin	15 - Rampe de lavage	19 - Tête compacteur
1 - Bâti chaudronné	8 - Pied support	9 - Tambour	14 - Trappe de visite rampe de lavage	20 - Rampe de lavage (option)
2 - Trémie d'évacuation	10 - Etanchéité	11 - Racleur & support montés sur ressort	15 - Paliers supports	21 - Clapet réglable
3 - Entrée des effluents	11 - Racleur & support montés sur ressort	16 - Moto réducteur	17 - Pieds supports	22 - Sorbie filtrats
4 - Sortie	12 - Auge	18 - Bâti spécial RC	19 - Tête compacteur	23 - Capot relevable
5 - Oreilles de manutention				
6 - Trappe de visite				

Type	TAMIS					Encombres	
	Diamètre Tambour	Largeur tambour	Débit maxi * réseau urbain	Débit rampe de lavage	Puissance moteur	A (mm)	B (mm)
EC 10.05 R/RC 50	620 mm	500 mm	45 m ³ /h	0.26 l/s	0.37 kw	582+MR	620
EC 10.05 R/RC 75	620 mm	750 mm	70 m ³ /h	0.35 l/s	0.37 kw	842+MR	620
EC 10.05 R/RC 100	620 mm	1000 mm	90 m ³ /h	0.45 l/s	0.37 kw	1092+MR	620
EC 10.05 R/RC 150	620 mm	1500 mm	135 m ³ /h	0.53 l/s	0.37 kw	1592+MR	620
EC 10.05 R/RC200	620 mm	2000 mm	180 m ³ /h	0.90 l/s	0.55 kw	2092+MR	620
EC 10.05 R/RC 250	620 mm	2500 mm	225 m ³ /h	0.98 l/s	0.55 kw	2592+MR	620
EC 10.05 R/RC 300	620 mm	3000 mm	270 m ³ /h	1.06 l/s	0.75 kw	3092+MR	620

* Pour un entrefer de 750 µm - effluent MES < 500 mg/l (pour entrefer = 1 mm, débit x 115 %)

Annexe02 : Dégrilleur Automatique



Dégrilleur Automatique «RORQUAL»

Type EC 10.02 C / B



Fonctionnement

Arrivée des effluents
Amont

Sortie des rejets
Amont ou Aval

Bâti

Largeur
De 600 mm à 1000 mm

Hauteur maxi
10 m

Grille

Hauteur de grille
500 à 2000 mm et plus

Entrefer *
10 mm à 50 mm

Capacité

200 m³/h à 2500 m³/h

Matériaux

inox 304 L ou inox 316 L

Montage*

dans un canal EC 10.02 C ou dans un poste de relevage EC 10.02 B

Conditions d'utilisation pour devis :

Conditions Hydrauliques

Nature des effluents

Débit demandé

Entrefer

Hauteur d'eau maxi

Hauteur de grille

Implantation dans un Canal EC 10.02 C

P Profondeur du canal

L Largeur du canal

H Hauteur de rejet (H standard = 1200 mm)

H.T Hauteur disponible sous plafond

* 1 ou 2 Défecteurs possibles si le dégrilleur est moins large que le canal (option)

Implantation dans un Poste de relevage EC 10.02 B

D Diamètre de l'arrivée des effluents

R Rayon intérieur du poste

HP Hauteur entre le fil d'eau et l'arase du poste

H Hauteur de rejet

* Un canal métallique spécial pour fixer le dégrilleur sur les parois du poste (option)

Type de réceptacle

Ensacheur ou sacs filtrants

Poubelle - Hauteur

Convoyeur / Compacteur

Abri poubelle fermé

Options

Boîtier de raccordement avec marche manuelle : bouton 3 positions

Armoire de commande et de sécurité

Canal métallique pour montage dans un poste de relevage

Vis de compactage ou compacteur à piston

* Pour des entrefer < 10 mm, nous conseillons de changer de type d'appareil (cf. dégrilleur incliné type EC 10.04 DI).

Références bibliographiques

- [1] Rapport d'évaluation de la république algérienne démocratique et populaire
- [2] Le bovin laitier dans les régions sahariennes : réalité ou illusion ?
- [3] La filière lait en Algérie : entre l'objectif de la sécurité alimentaire et la réalité de la dépendance
- [4] <http://www2.horizons-dz.com/?Collecte-de-plus-d-un-million-de>
- [5] Profil de Projet : Mini-laiterie: production de lait pasteurisé et caillé, fromage, yaourt
- [4] Conception de station d'épuration PDF
- [5] Les eaux résiduaires dans l'industrie laitière J.L. BURGAUD
- [6] REUTILISATION DES EAUX RESIDUAIRES INDUSTRIELLES EPUREES COMME EAU D'APPOINT DANS UN CIRCUIT DE REFROIDISSEMENT
- [7] Etude sur la valorisation par séchage solaire Des boues d'épuration des Eaux urbaines – cas de la station d'Office Nationale d'Assainissement (ONA)- Tlemcen
- [8] MODÉLISATION D'UN PROCESSUS D'ÉPURATION PAR LA LOGIQUE FLOUE
- [9] Etude de station de traitement des eaux à boues activées : Optimisation de l'aération et la clarification en vue d'une bonne décantabilité des boues
- [10] Performances épuratoires d'une station d'épuration de Maghni
- [11] PROBLEME DE TOURNEES DE VEHICULES AVEC CONTRAINTES ET FENETRE DE TEMPS
- [12] Synthèse du problème de routage de véhicule PDF
- [13] Optimisation heuristique pour la résolution du m-PDPTW statique et dynamique PDF
- [14] COURS STRATEGIE D'ENTREPRISE. Présentation générale de la cour « stratégie d'entreprise »
- [15] <http://sabbar.fr/management/les-modalites-de-developpement-strategique/> (Les modalités de développement stratégique)
- [16] PDF Les Algorithmes génétiques Application sur un problème d'ordonnancement
- [17] PDF Un Algorithme génétique pour le problème de ramassage et de livraison avec fenêtres de temps à plusieurs véhicules

Résumé :

La Coopérative Oundjiri frère Guerinik « laiterie » est une coopérative qui produit du lait au niveau de la Wilaya de Naama, la commune d'Ain Safra avec une fréquence de 4000 sachets par jour face à une forte demande des consommateurs qui préfèrent généralement les produits nationaux au produit local.

On a constaté que cette coopérative a largement les capacités de devenir leader dans sa région et même au niveau national. Notre intervention consiste à apporter des améliorations et à utiliser les ressources non exploitées pour développer la coopérative à une échelle globale, en touchant à tous les niveaux de la chaîne de production, allant de la mise au point d'une tournée de véhicules pour accéder à tous les clients et dans les temps jusqu'à la récupération et le traitement des eaux usées pour les réutiliser dans la chaîne de production.

Abstract :

Oundjiri Guerinik, A cooperative is which produces some milk at the level of commune of Ain Safra with a frequency of 4000 bags a day in the face of a high demand of the consumers who prefer generally the national products to the local product.

We noticed that this cooperative has widely the capacities to become leading in its region and even at the national level. Our intervention consists in driving improvements and in using the resources not exploited to develop the cooperative in a global scale, by touching at every level of the production line, going of the development of a tour of vehicles to reach all the customers and in the times until the recovery and the waste water treatment to reuse them in the production line.

خلاصة :

المؤسسة للإخوة غرينيك تصنع الحليب على مستوى مدينة عين الصفراء ولاية النعامة بكمية تقدر بأربعة آلاف (4000) كيس حليب حيث تواجه نسبة كبيرة من الطلب الذي يؤدي بالزبون إلى شراء الحليب من جهة أخرى و هذا ما يجعله يفضل المنتج الوطني على المنتج المحلي.

لقد لاحظنا أن لهذه المؤسسة كل الإمكانيات لكي تصبح الأولى محليا و وطنيا و ذلك بعد التدخل الذي قمنا به إثر عملنا الذي يتضمن تقديم كل الوسائل للمؤسسة لاستغلال كل المنابع الغير المستعملة من تحسين مردودها، ابتداء من تنظيم عملية توزيع الحليب إلى الزبائن حتى انشاء محطة لتطهير المياه القذرة لغاية استعمالها من جديد.