

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTRY OF HIGHER EDUCATION
AND SCIENTIFIC RESEARCH

HIGHER SCHOOL IN APPLIED SCIENCES
--T L E M C E N--



المدرسة العليا في العلوم التطبيقية
École Supérieure en
Sciences Appliquées

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

المدرسة العليا في العلوم التطبيقية
-تلمسان-

Mémoire de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur

Filière : Génie industriel
Spécialité : Management industriel et logistique

Présenté par :

- CHEHIDA Anas Mohammed El Amine
- DALI YUCEF El Hadi

Thème

**Optimisation de la distribution des
produits laitiers de l'entreprise GIPLAIT**

Soutenu publiquement, le 03 / 07 / 2023, devant le jury composé de :

M. BENNEKROUF Mohammed	MCA	ESSA. Tlemcen	Président
M. MALIKI Fouad	MCA	ESSA. Tlemcen	Directeur demémoire
M. BRAHAMI Mustapha Anwar	MCA	ESSA. Tlemcen	Examineur 1
M. SEKKALNour el houde	MAB	ESSA. Tlemcen	Examineur 2

Année universitaire : 2022/2023

Dédicace

Je dédie ce travail à ma mère, qui a été un soutien constant tout au long de ma vie, présente à chaque instant et dans toutes mes décisions. Sa présence et son amour inconditionnel ont été une source de force et d'inspiration pour moi.

De plus, je souhaite dédier ce travail à mon père, MY IDOL, qui n'a jamais hésité à repousser les limites pour nous offrir un environnement parfait. Sa détermination, son dévouement et son exemple de persévérance ont été des piliers essentiels de ma croissance personnelle et académique.

À moi-même, je dédie cette réalisation. C'est un témoignage de ma volonté de surpasser les obstacles qui se sont dressés sur mon chemin. C'est une reconnaissance envers la personne que je suis devenue, en embrassant ma croissance personnelle.

Je dédie aussi ce travail à mes frères et sœurs.

Mes amis et toute personne m'a supporté pour réaliser ce travail.

Anes,

Dédicace

Je dédie ce travail avec une profonde gratitude pour ma détermination et tous les efforts que j'ai déployés au cours de ces 5 années. Je suis également reconnaissant des sacrifices et des obstacles que j'ai surmontés.

À ma chère mère, qui a tout sacrifié et m'a permis d'atteindre cette étape de ma vie, aucune offrande ne peut véritablement exprimer mes sentiments. Que Dieu vous bénisse.

À mon père, dont les sacrifices et les épreuves tout au long de ces années d'études ont été essentiels pour me donner cette opportunité. Merci pour votre motivation et votre générosité dans votre soutien moral.

À mes chers frères et sœurs, je vous remercie pour votre soutien constant et votre présence à mes côtés. Je n'oublierai jamais les sacrifices que vous avez faits pour moi.

À mes compagnons de lutte : popov, bibil, mitasou, ramzi

Et tous ceux dont je ne me souviens pas les noms. Votre présence et votre soutien ont été précieux tout au long de ce parcours.

À mes grands-parents du côté maternel et paternel, je suis reconnaissant de votre encouragement dans mes études et de vos prières.

À toutes les personnes qui m'ont soutenu tout au long de ce chemin, je dédie ce travail...

Hadi,

Remerciements

Avant tout, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude envers Dieu, source de toute sagesse et de toutes bénédictions.

Nous souhaitons exprimer nos remerciements les plus sincères et chaleureux à notre encadrant, M. Fouad Malik, pour son précieux soutien, sa confiance inébranlable, sa disponibilité et ses orientations judicieuses tout au long de ce projet.

Nous souhaitons exprimer notre reconnaissance sincère envers M. Mohammed Bennekrouf et M. Mustapha Brahami pour leur aide inestimable dans l'accomplissement de ce travail.

Nous souhaitons exprimer nos remerciements les plus sincères à M. Riyad Attab, le directeur général, pour nous avoir ouvert ses portes, ainsi qu'au personnel de l'entreprise GIPLAIT. En particulier, nous tenons à remercier chaleureusement Mme. Fouzia et Imad pour leur précieux soutien et leur contribution tout au long de notre projet.

Nous tenons à remercier chacun des membres du jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait en examinant et évaluant notre travail.

Tables des matières

LES DÉDICACES

REMERCIEMENTS

INTRODUCTION GENERALE

CHAPITRE I : Généralités sur la logistique

<u>Introduction</u>	<u>4</u>
<u>1. La logistique</u>	<u>4</u>
1.1 Qu'est-ce que la logistique ?	4
1.2 Historique	5
<u>2. La chaîne logistique</u>	<u>5</u>
2.1 Définition de la chaîne logistique	5
2.2 Structure de la chaîne logistique	8
2.2.1 Structure convergente	8
2.2.2 Structure divergente	9
2.3 Fonctions de chaînes logistiques	9
2.3.1 L'approvisionnement	10
2.3.2 La production	10
2.3.3 Le stockage	10
2.3.4 Distribution et transport	10
<u>3. Les niveaux de décision</u>	<u>11</u>
3.1 Niveau stratégique	11
3.2 Niveau tactique	11
<u>4. La logistique de distribution dans le secteur alimentaire</u>	<u>12</u>
4.1 Généralité sur le domaine alimentaire	12
4.2 Les exigences de la logistique alimentaire	13
4.2.1 La qualité du produit	13
4.2.2 La date de péremption	13
4.2.3 Le moyen de transport	13
4.3 Production laitière	14
4.4 Transformation du lait	14
4.5 Logistique et distribution	14
4.5.1 Réseau ou canal de distribution	15
4.5.2 Circuit de distribution	15
4.5.3 Rôle de la distribution vis-à-vis du producteur et de l'utilisateur	15
4.5.4 Les objectifs de logistique de distribution	16
<u>5. La maîtrise des coûts logistique</u>	<u>17</u>
<u>6. Le circuit de distributions</u>	<u>18</u>

<u>Conclusion :.....</u>	<u>18</u>
--------------------------	-----------

CHAPITRE II : État de l'art sur le problème de tournée de véhicules

<u>Introduction.....</u>	<u>20</u>
<u>1. Le rôle transport dans la chaine logistique.....</u>	<u>20</u>
1.1Le problème de voyageur de commerce TSP.....	20
1.2Le problème de tournée de véhicule VRP.....	21
1.2.1Les variantes du VRP.....	21
<u>2. Méthodes de résolution.....</u>	<u>25</u>
2.1Méthodes exactes.....	25
2.2Méthodes approchées.....	26
2.2.1Heuristique.....	26
2.2.2Métaheuristique.....	26
<u>Conclusion.....</u>	<u>31</u>

CHAPITRE III : Présentation de l'entreprise GIPLAIT El Mansourah

<u>Introduction.....</u>	<u>33</u>
<u>1. Présentation de l'entreprise.....</u>	<u>33</u>
<u>2. Historique.....</u>	<u>34</u>
<u>3. Fiche technique de l'entreprise.....</u>	<u>35</u>
<u>4. Localisation de l'entreprise.....</u>	<u>35</u>
<u>5. Structure organisationnelle.....</u>	<u>36</u>
5.1Responsabilités de la direction supérieure de la laiterie.....	38
5.1.1Le président directeur général.....	38
5.1.2Le secrétariat.....	38
5.1.3Audit de contrôle administratif.....	38
5.1.4Direction des Ressources Humains.....	38
5.1.5Bureau de Contrôle et de Gestion.....	39
5.1.6Sécurité et Prévention.....	39
5.2Fonctions de ses départements.....	39
5.2.1Département des achats et des approvisionnements.....	39
<u>6. L'approche de travail de l'entreprise.....</u>	<u>41</u>
<u>7. Les produits de l'entreprise.....</u>	<u>42</u>
<u>8. Les activités de commercialisation et de distribution.....</u>	<u>42</u>
8.1Service à la clientèle.....	42
8.2Service de transport.....	43

8.3Service de distribution.....	43
8.3.1Distribution directe.....	43
8.3.2Distribution indirecte.....	44
Conclusion.....	44

CHAPITRE IV : Optimisation de la distribution du lait à l'entreprise GIPLAIT

Introduction.....	47
1. Description des activités de distribution de l'entreprise.....	47
2. L'objectif de notre étude	47
3. Données du cas étudié	48
3.1Les camions utilisés	48
3.2La distance parcourue.....	49
3.3Les sites de livraison	49
3.3.1Les tournées existantes	49
3.3.2Segmentation des régions de distribution en plusieurs sites de livraison.....	50
3.4Les demandes	54
3.5La matrice de distance	55
4. Approche de résolution.....	58
4.1le problème linéaire	58
4.2le modèle mathématique	58
4.3Explication de modèle mathématiques	60
4.4CPLEX Optimisation Studio	60
5. Présentation des résultats	62
5.1Les petites instances	62
5.2Les grandes instances	64
6. Synthèse de résultats.....	68
7. Analyse et Interprétation des résultats.....	69
7.1Analyse par rapport aux distances.....	69
7.2Analyse par rapport au nombre de camions utilisés.....	69
7.3Interprétation des résultats.....	70
Conclusion.....	70

CONCLUSION GENERALE

BIBLIOGRAPHIE

Liste des figures

<u>Figure 1 : Modèle de chaîne logistique (Kearney, 1994).....</u>	<u>6</u>
<u>Figure 2 : activités entreprises de la chaîne logistique, d'après La Londe et Masters (1994).....</u>	<u>7</u>
<u>Figure 3 : chaîne logistique (Hammami-Abdelkader, 2003).....</u>	<u>8</u>
<u>Figure 4 : Structures élémentaires d'une chaîne logistique.....</u>	<u>9</u>
<u>Figure 5 : modèle de prise de décision (d'Heebert Simon).....</u>	<u>12</u>
<u>Figure 6 : triangle d'or.....</u>	<u>17</u>
<u>Figure 7 : Algorithme de recuit simulé.....</u>	<u>28</u>
<u>Figure 8 : Algorithme de recherche tabou.....</u>	<u>29</u>
<u>Figure 9 : Exemples de croisement : (a) croisement simple en un point, (b) croisement en deux points, (c) croisement uniforme.....</u>	<u>30</u>
<u>Figure 10 : localisation de l'entreprise dans la wilaya de Tlemcen.....</u>	<u>36</u>
<u>Figure 11 : L'organigramme de l'entreprise.....</u>	<u>37</u>
<u>Figure 12 : la distribution directe.....</u>	<u>43</u>
<u>Figure 13 : la distribution indirecte.....</u>	<u>44</u>
<u>Figure 14 : sites de livraison de l'entreprise Giplait.....</u>	<u>49</u>
<u>Figure 15 : tournée de la ville de Tlemcen (11 régions divisée par couleurs).....</u>	<u>50</u>
<u>Figure 16 : les points de livraisons de la ville de Tlemcen avec les centre de gravité de la nouvelle tournée.....</u>	<u>51</u>
<u>Figure 17 : centre de gravité des 7 zones de Tlemcen.....</u>	<u>52</u>
<u>Figure 18 : Sites de distribution Maghnia.....</u>	<u>52</u>
<u>Figure 19 : les 27 camions fournis.....</u>	<u>61</u>
<u>Figure 20 : les 27 camions fournis.....</u>	<u>63</u>

Liste des tables

<u>Tableau 1 : le nombre de camion et leur distances parcouru de chaque jour.....</u>	<u>48</u>
<u>Tableau 2: Données distribution des régions durant une semaine.....</u>	<u>54</u>
<u>Tableau 3 : matrice de distance des régions de distribution (partie 1).....</u>	<u>55</u>
<u>Tableau 4 : matrice de distance des régions de distribution (partie 2).....</u>	<u>56</u>
<u>Tableau 5 : Table des résultats du jour 1.....</u>	<u>62</u>
<u>Tableau 6 : Table des résultats du jour 4.....</u>	<u>62</u>
<u>Tableau 7 : Table des résultats du jour 8.....</u>	<u>63</u>
<u>Tableau 8 : Table des résultats du jour 2.....</u>	<u>64</u>
<u>Tableau 9 : Table des résultats du jour 3.....</u>	<u>65</u>
<u>Tableau 10 : Table des résultats du jour 6.....</u>	<u>66</u>
<u>Tableau 11 : Table des résultats du jour 7.....</u>	<u>67</u>
<u>Tableau 12 : table des synthèses de résultats.....</u>	<u>67</u>

Résumé

Toute entreprise exerçant dans le domaine de l'agroalimentaire vise à avoir une stratégie de distribution efficace afin d'assurer la livraison de ses produits en bonne et due forme. C'est notamment le cas des entreprises fabriquant des produits laitiers qui nécessitent un traitement et un soin très particulier. Dans ce contexte, nous nous sommes intéressés à la planification de la stratégie de distribution de l'entreprise GIPLAIT El Mansourah, une démarche cruciale pour réduire les charges et conférer un avantage concurrentiel. Notre objectif principal consistait à améliorer la tournée de véhicules de l'entreprise afin de minimiser les coûts de distribution. Nous avons utilisé le solveur CPLEX et l'algorithme de recuit simulé pour la résolution de ce problème afin d'avoir le planning de livraison hebdomadaire pour les petites et les grandes instances.

Mots-clés : Stratégie de distribution, tournée de véhicules, GIPLAIT, CPLEX, recuit simulé

Abstract

Any company operating in the agri-food sector aims to have an effective distribution strategy to ensure the delivery of its products in good and due form. This is particularly the case for companies manufacturing dairy products which require very special treatment and care. In this context, we focused on the planning of the distribution strategy of the GIPLAIT El Mansourah company, a crucial step to reduce costs and confer a competitive advantage. Our main goal was to improve the company's vehicle routing to minimize distribution costs. We used CPLEX solver and simulated annealing algorithm for solving this problem to have the weekly delivery schedule for small and large instances.

Keywords: Distribution strategy, vehicle routing, GIPLAIT, CPLEX, simulated annealing

المخلص

تهدف أي شركة تعمل في قطاع الأغذية الزراعية إلى أن يكون لديها استراتيجية توزيع فعالة لضمان تسليم منتجاتها في شكل جيد ومناسب. هذا هو الحال بشكل خاص بالنسبة للشركات التي تصنع منتجات الألبان التي تتطلب GIPLAIT El معالجة ورعاية خاصة للغاية. في هذا السياق، ركزنا على تخطيط استراتيجية التوزيع لشركة وهي خطوة حاسمة لخفض التكاليف ومنح ميزة تنافسية. كان هدفنا الرئيسي هو تحسين توجيه سيارات Mansourah وخوارزمية التلدين المحاكاة لحل هذه المشكلة للحصول على CPLEX solver الشركة لتقليل تكاليف التوزيع. استخدمنا جدول التسليم الأسبوعي للحالات الصغيرة والكبيرة

الكلمات المفتاحية: محاكاة التلدين، CPLEX، GIPLAIT، استراتيجية التوزيع، توجيه المركبات

INTRODUCTION GENERALE

Dans un contexte de compétition accrue, la gestion logistique revêt une importance capitale pour assurer le bon fonctionnement des entreprises. Ces dernières s'efforcent en permanence de renforcer leur avantage concurrentiel en réduisant les coûts associés à la distribution, tout en portant une attention particulière aux charges supportées par l'entreprise.

Afin d'accroître leur efficacité et leur rentabilité, les entreprises se lancent désormais dans une course effrénée pour dominer le marché, en particulier dans le secteur des produits laitiers qui fait face à une crise majeure de demande.

En effet, en améliorant la gestion des tournées de véhicules, les entreprises peuvent réduire les dépenses liées au transport, optimiser les itinéraires de livraison et offrir une satisfaction accrue à leurs clients. Cette approche leur permet de renforcer leur compétitivité sur le marché des produits laitiers et de consolider leur positionnement.

Afin de satisfaire les besoins fondamentaux de la clientèle, il est essentiel de mettre en place une planification précise de la distribution. C'est pourquoi l'entreprise GIPLAIT s'engage à élaborer une stratégie visant à optimiser ces tournées de véhicules dans le but de réduire les coûts de distribution, tout en tenant compte la capacité de production et de livraison de l'entreprise.

Ce mémoire se concentre sur la réalisation d'une étude stratégique visant à améliorer et optimiser les tournées de distribution laitière de l'entreprise GIPLAIT El Mansourah. Dans cette perspective, nous développons un modèle mathématique spécifique pour traiter le problème de distribution. Ce modèle constitue une adaptation du célèbre problème de VRP (Vehicle Routing Problem) et prend en compte les besoins de l'entreprise ainsi que les exigences formulées par nos clients. Pour la résolution du modèle proposé, nous utilisons deux approches distinctes : le solveur CPLEX et une métaheuristique. Ces deux méthodes nous permettent d'explorer efficacement l'espace des solutions et de trouver des résultats optimaux ou proches de l'optimum pour le problème de distribution étudié.

Le premier chapitre présente une vue d'ensemble de la logistique, en soulignant son importance dans la chaîne d'approvisionnement des produits laitiers. Nous explorerons les concepts clés de la logistique, tels que la planification, la gestion des stocks, le transport et la coordination des flux de marchandises.

Le deuxième chapitre se penche sur la tournée de véhicules, un élément essentiel de l'optimisation des coûts de distribution. Nous examinerons les différentes variantes et les méthodes exactes et approchées utilisées pour résoudre ce problème. En comprenant les principes et les approches de la tournée de véhicules, nous serons en mesure d'appliquer ces connaissances à notre étude de cas spécifique.

Le troisième chapitre est consacré à la présentation de l'entreprise GIPLAIT el Mansourah. Nous explorerons son contexte opérationnel, ses défis spécifiques en matière de distribution des produits laitiers et les objectifs de notre projet au sein de cette entreprise.

Le quatrième chapitre de notre étude est consacré à la mise en œuvre de notre démarche visant à améliorer la distribution des produits laitiers chez GIPLAIT El Mansourah. Nous appliquerons les approches étudiées aux données afin d'obtenir des résultats concrets, notamment des itinéraires améliorés par rapport à ceux existants. Ensuite, nous présenterons ces résultats et les interpréterons en détail.

Nous terminons notre mémoire avec une conclusion générale.

Chapitre I :

Généralités sur la logistique

Introduction

L'industrie est une force économique très importante dans le monde ,d'un point de vue positif cette dernière a permis une croissance et une prospérité sans précédent dans de nombreuses régions du monde , créant des emplois, augmentant les revenus et stimulant l'innovation technologique car elle fournit des biens et des services nécessaires a la vie quotidienne avec une production en masse de biens et de produits, permettant ainsi aux consommateurs d'avoir un accès plus large et moins cher a une gamme de produits.

Parmi les secteurs clés pour la réussites de n'importe quelles industrie c'est la gestion de la logistique qui est un processus de planification, d'exécution et de contrôle de la circulation des biens et des services du point de production au point de consommation notamment la qualité des produits, la stratégie marketing et surtout la capacite a innover et a s'adapter aux évolutions du marché tout en maitrisant les couts et en répondant aux besoins clients .

1. La logistique

1.1. Qu'est-ce que la logistique ?

Le mot logistique a deux sens, il provient du qualificatif grec Logistikos qui signifie « relatif au raisonnement. ». Mais il a aussi la racine grecque logisteuo qui signifie avant tout administrer. ». Deux notions très complémentaires qui la représentent bien et que l'on peut résumer en 4 mots : réflexion, stratégie, gestion et optimisation.

La recherche d'une conduite globale de la chaîne logistique cohérente avec les décisions de gestion locales à chaque partenaire nous amène à proposer trois architectures de conduite combinant, à différents degrés, approche hiérarchisée et approche distribuée. Ces architectures sont analysées dans leurs performances de manière comparative, à partir d'une planification traitant conjointement le problème de production, stockage et transport des matières dans les organisations distribuées, et s'appuyant sur un modèle analytique générique. Le problème de gestion de la capacité de production d'un partenaire participant à plusieurs chaînes logistiques fait l'objet d'une étude particulière. **(juliens francois, 2007)**

1.2. Historique

Dans les années 80–90, elle est en plein croissance et elle devient un élément central en entreprise. On commence à assister à un décloisonnement et la notion de transversalité fait son apparition. Nous sommes effectivement plus dans la simple organisation, mais bien dans une démarche d'efficacité optimale et de maîtrise des coûts.

- **La logistique séparée (1950 à 1975) :** L'économie était prospère durant cette période. La demande des consommateurs y est si forte que les entreprises cherchent d'abord à produire le plus possible pour satisfaire le principal marché intérieur. En raison de la demande, la concurrence est très faible et les producteurs ne se soucient pas de raccourcir les délais. Ils se contentent de mettre un produit sur le marché parce qu'ils savent qu'il se vendra.
- **La Logistique fonction ou Logistique Intégrée (de 1975 à 1990) :** la stratégie a changé durant les années 70, en se basant sur une nouvelle approche du marché, optimisation des couts, prévisions des ventes, offre égale a la demande cette stratégie vise a satisfaire au maximum les clients car elle le considère comme roi, en offrant ces deux point très important qualité et flexibilité
- **La Logistique Processus ou Logistique coopéré (à partir des années 90) :** c'est l'année de l'évolution de la logistique avec plusieurs stratégies par exemple des prix toujours plus attractif , donc les producteurs pour se démarqué et pour vendre leurs produits il ont opter pour une stratégie qui se base sur : la réduction des couts tout en offrant un produit de qualité , recherche de nouveaux marchée

Durant toutes ces années passer la logistique est devenu la colonne vertébrale dans le milieu entrepreneurial, car elle permet d'avoir une vision très logique est sure du bon déroulement des choses dans une entreprise donc tout producteur a commencé a investir dans la logistique pour bien avancé sur ce milieu très rude par la concurrence.

2. La chaîne logistique

2.1. Définition de la chaîne logistique

- Une chaîne d'approvisionnement est un réseau d'entités de production et de points de distribution qui effectuent la fonction de fourniture de matières, de transformation de ces matières en produits intermédiaires, produits finis et les distribuer aux clients. la chaîne logistique existe aussi dans les organisations de services que dans les organisations de production, bien que la complexité de la chaîne varie d'une personne à l'autre D'industrie à industrie, d'entreprise à entreprise. **(Ganeshan et al 95)**.

- Une chaîne logistique est un ensemble d'entreprises qui se transmettent des matières. En règle générale, plusieurs acteurs indépendants participent à la fabrication d'un produit et à son acheminement jusqu'à l'utilisateur final - producteurs de matières premières et de composants, assembleurs, grossistes, distributeurs et transporteurs sont tous membres de la chaîne logistique. **(La Londe et Masters, 94)**.

- "La chaîne logistique d'un produit fini se définit comme l'ensemble des entreprises qui interviennent dans les processus d'approvisionnement en composants, de fabrication, de distribution et de vente du produit, du premier des fournisseurs au client ultime" **(Rota-Franz et al., 2001)**

- " Une chaîne logistique est un ensemble de deux ou plusieurs entreprises liées par des flux de marchandises, d'informations et financiers." **(Tsay et al., 1999)**

- En résumant ces définitions on peut voir qu'il existe deux visions de la chaîne logistique l'une basée sur l'entreprise, et la seconde basée sur le produit. Un modèle de chaîne logistique basée sur une entreprise peut être donné par la figure suivante :

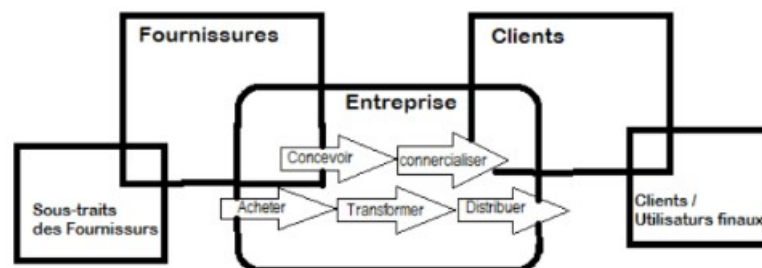


Figure 1: Modèle de chaîne logistique (Kearney, 1994)

- La chaîne logistique peut ainsi se définir en tant que :

- 1) succession de relations Client/Fournisseur (Tayur et al, 1999).
- 2) succession d'activités de création de valeur (figure 2) (La Londe et Masters, 1994)
- 3) fonctions ou processus : approvisionnement, transformation, distribution (Lee et Billington, 1993).

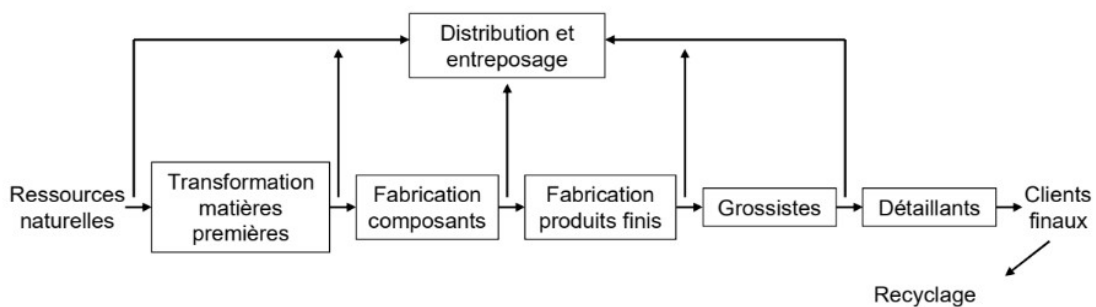


Figure 2 : activités entreprises de la chaîne logistique, d'après La Londe et Masters (1994)

On remarque que les définitions sont presque similaires mais elles se base toutes sur quelques points clés qui sont :

- 1) Une chaîne logistique se définit par rapport à un produit fini.
 - 2) Une chaîne logistique fait intervenir au moins deux unités organisationnelles.
 - 3) L'organisation des unités se base sur 3 flux : des flux de matières, des flux d'informations et des flux financiers.
 - 4) Les unités ont le rôle de : l'approvisionnement, de transformation, de distribution et de vente.
 - 5) Une unité organisationnelle est forcément impliquée dans plusieurs chaînes logistiques.
- Voici cette figure pour illustrer la notion de la chaine logistique :

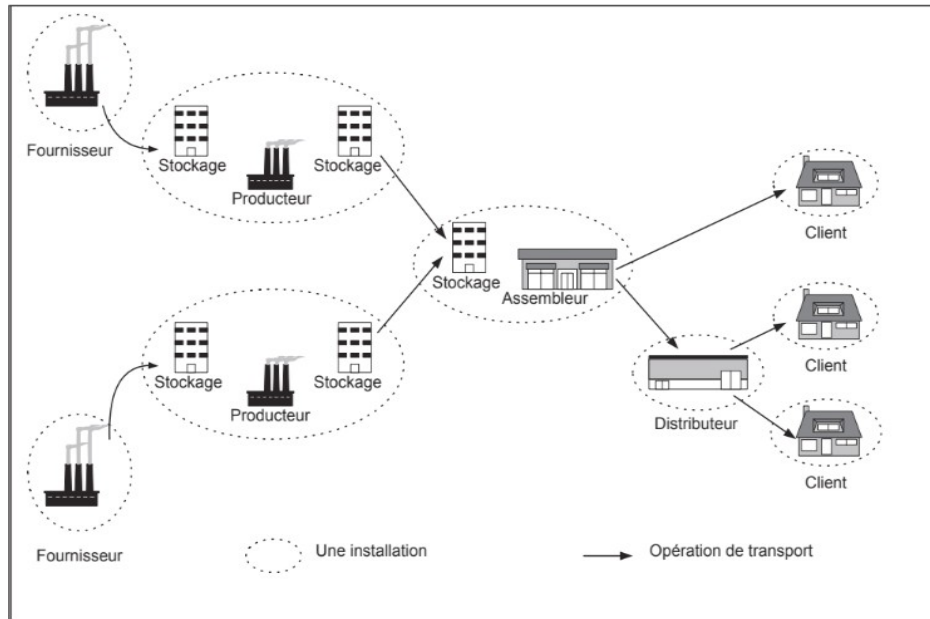


Figure 3 : chaîne logistique (Hammami-Abdelkader, 2003)

- L'intérêt accordé à la notion de chaîne logistique résulte d'une vision globale de l'entreprise. Les études montrent que les gains espérés par une entreprise qui s'intéresse uniquement à sa gestion interne sont très limités si on les compare aux gains espérés sur toute la chaîne logistique. D'où l'intérêt de dépasser les frontières de l'entreprise et d'intégrer tous les partenaires : clients, fournisseurs, distributeurs..., de manière à ce que la marchandise soit produite et distribuée selon la quantité requise, au bon endroit et au bon moment dans le but de satisfaire le client .

2.2. Structure de la chaîne logistique

On a ici deux topologies élémentaires de réseaux (**figure 4**) (Huang et al., 2003, Croom et al., 2000, Lambert, 2000, Min et al., 2002) :

2.2.1. Structure convergente

C'est le cas de la filière automobile, si l'entreprise considérée est un constructeur de voitures, ses fournisseurs de rang 1 sont des équipementiers (carrosserie, siège, pare-brise...), les fournisseurs de rang 2 sont, par exemple pour les sièges, les fournisseurs de matériaux textiles...

2.2.2. Structure divergente

Le cas est fréquent dans l'industrie électronique si l'entreprise considérée est un fournisseur de cristaux de silicium, les clients de rang 1 sont des constructeurs de puces, les clients de rang 2 sont des constructeurs de circuits intégrés, enfin, les clients de rang 3 sont par exemple les assembleurs de téléphones mobiles.

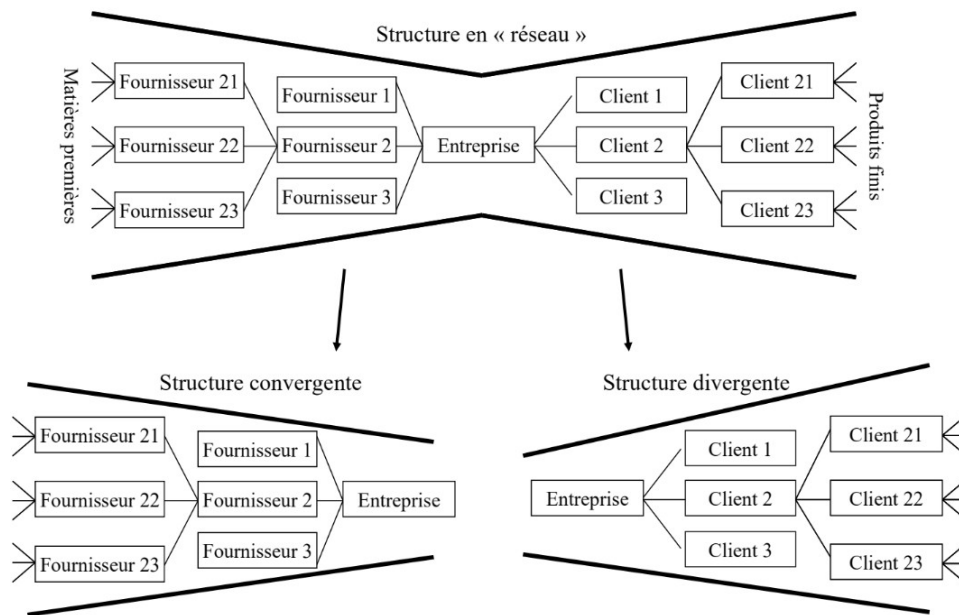


Figure 4 : Structures élémentaires d'une chaîne logistique

2.3. Fonctions de chaînes logistiques

Ganesha and Harison donne un aperçu sur les fonctions de la chaîne logistique : « une chaîne logistique est le réseau des moyens de production et de distribution qui assurent les tâches d'approvisionnement en matières premières, la transformation de ces matières premières en produits semi finis et en produits finis, et la distribution de ces produits finis aux clients ».

En général les fonctions d'une chaîne logistique sont : la production, le stockage l'approvisionnement, et la distribution.

2.3.1. L'approvisionnement

Pratiquement dans toutes les entreprises on a entre 60% et 70% du coûts des produits fabriqués qui est destiné aux matières d'approvisionnement, le processus d'approvisionnement se concentre sur la fourniture de tous les composants nécessaires pour la production. Deux

phases principales peuvent être distinguées, La première phase est la sélection des fournisseurs.

La sélection des fournisseurs peut se faire sur la base de différents critères, tels que la qualité, le prix, les délais de réapprovisionnement en matières premières ou composants, mais aussi leur capacité de production, la facilité à accepter une commande très variable, leur capacité à développer techniquement des composants.

Le processus approvisionnement regroupe ainsi toutes les relations avec les fournisseurs pour assurer les niveaux de stocks en composants nécessaires et suffisants pour la fabrication.

2.3.2. La production

C'est la fonction qui est au cœur de la chaîne logistique, il s'agit des compétences internes de l'entreprise même pour fabriquer, développer ou transformer les matières premières en produits ou services.

Les méthodes utilisées pour la gestion de la production cherchent à améliorer le flux des produits dans les ateliers de fabrication à travers la planification et l'ordonnancement, la détermination de la taille optimale des lots de production, la détermination des séries économiques.

2.3.3. Le stockage

C'est l'ensemble des quantités stockées durant tout le process c'est-à-dire le stock de matières premières, stock des composants, stocks des en-cours et le stock des produits finis.

2.3.4. Distribution et transport

La distribution englobe toutes les activités prenant en charge les commandes clients et leur livraison. Le processus de distribution concerne la livraison des produits finis aux clients et reprend les questions d'optimisation des réseaux de distribution.

L'organisation et le choix des moyens de transport, le choix du nombre d'étages dans le réseau de distribution ainsi que le positionnement des entrepôts et leur mode de gestion.

3. Les niveaux de décision

3.1. Niveau stratégique

Les décisions stratégiques configurent la chaîne logistique parmi eux :

- Faire ou faire-faire : l'entreprise a le choix entre utiliser ses propres moyens pour réaliser en interne certaines fonctions.
- Choix et nombre de fournisseurs.
- Choisir les implantations des sites de production et des entrepôts
- Capacité des sites : cette problématique est liée à celle du nombre de sites. Une capacité très grande engendre une réactivité très grande mais aussi des coûts très grands.
- Choisir les moyens de transport entre les différentes localisations.
- Le choix des technologies utilisées dans les sites de production et d'entreposage.

3.2. Niveau tactique

En général ces décisions sont prises sur un horizon de 18 mois ou moins.

Le niveau tactique concerne aussi la coordination des opérations entre les installations (client/fournisseur, production/distribution, stock/distribution), ainsi que la gestion des stocks dans la chaîne.

Il y a trois types de coordinations :

1) La coordination au niveau de l'interface client/fournisseur :

- La connaissance des tailles des lots d'approvisionnement.
- La connaissance des points de commandes associés à chaque fournisseur.
- La définition des délais d'approvisionnement.
- La définition des niveaux de stocks.

2) La coordination au niveau de l'interface production/distribution :

- La définition de la taille des lots de production.
 - La définition des délais de production.
 - La définition des délais de stock de produits semi-finis.

3) La coordination au niveau de l'interface stock/distribution :

- La taille optimale des lots d'expédition. La détermination de la politique optimale de distribution.

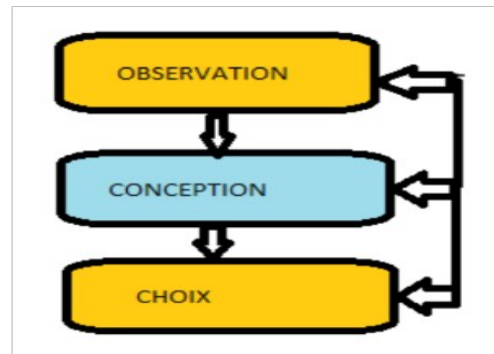


Figure 5 : model de prise de décision (d'Heebert Simon)

4) Transport et entreposage :

C'est la mission du déplacement et de la transmission des marchandises par différents moyens : route, chemin de fer, maritime.... Pour cela on fera appel aussi aux infrastructures de transport, la manutention du fret, l'entreposage, etc. tout ce secteur fait partie de la logistique car c'est complémentaire avec les activités de production.

4. La logistique de distribution dans le secteur alimentaire

4.1. Généralité sur le domaine alimentaire

Le terme « d'industrie agroalimentaire » désigne l'ensemble des industries de transformation des matières premières, d'origines végétales ou animales et issues de l'agriculture, en produits destinés à l'alimentation humaine ou animale, c'est-à-dire en biens alimentaires.

La logistique des produits agricoles (LAG) c'est l'application des méthodes traditionnelles dans la gestion des flux de circulation des produits agricoles, produits de la ferme (fruits, légumes, etc..), les produits de l'élevage (viande, lait, fromage etc..), les produits de pêche (poissons, fruits de mer, langouste etc..).

En général tous les industriels du secteur de l'alimentaire risquent d'être confrontés à une crise liée à leurs produits manufacturés, donc l'objectif c'est la maîtrise des risques pour la sécurité alimentaire, la qualité des produits fabriquées..., une bonne gestion dans ce domaine indique la transparence des industriels en vers leurs consommateurs et vice versa une confiance s'installera entre producteurs et clients.

4.2. Les exigences de la logistique alimentaire

Dans le domaine alimentaire la logistique est sous mise a de nombreuses contraintes réglementaires :

4.2.1. La qualité du produit

Ce point est très important pour la réussite d'un industriel et doit être assuré durant tout au long de la chaîne logistique. Le respect des normes et des procédures est primordial, selon la norme ISO 9000

4.2.2. La date de péremption

Les produits frais étudiés sont les produits laitiers comme : les yaourts, le fromage, la lait, le beurre etc...., ces produits-là ont une durée de vie limitée pour la sécurité des consommateurs la date limite de consommation (DLC) est fixé par la législation 24 jours après fabrication du produit, c'est pour ça que c'est un point essentiel pour la logistique dans ce secteur car tout retards ou ralentissement de la distribution sera une perte pour le fabricant.

4.2.3. Le moyen de transport :

Dans le domaine alimentaire il est absolument nécessaire de bien choisir les moyens de transport car une mauvaise gestion peut être la cause de pourriture des aliments, c'est pour ça que ces produits nécessitent de mettre en place des modes de conservation durant le transport en respectant la températures idéal des produits pour les acheminer vers leurs destinataires en étant le plus frais possible dans notre cas (les produit laitier) la camion frigorifique reste la meilleur solution .

4.3. Production laitière :

Environ 150 millions de ménages dans le monde sont engagés dans la production de lait. Dans la plupart des pays en développement, le lait est produit par de petits agriculteurs et la production laitière contribue aux moyens de subsistance, à la sécurité alimentaire et alimentation à domicile. Le lait procure un revenu relativement rapide aux plus petits producteurs et constitue une importante source de revenus.

On estime que 80 à 90 pour cent du lait dans les pays en développement est produit dans de petits systèmes d'exploitation. En raison des faibles cotisations dans ces exploitations, la production de lait par animal est très faible.

La plus grande partie du lait produit par les petits agriculteurs des pays en développement vient des systèmes traditionnels. Certains pays en développement ils ont aussi de grandes entreprises laitières. D'une manière générale, les grands producteurs ne détiennent pas une part importante de la production laitière national.

La production du lait frais a atteint **3,4 milliards de litres** en 2022 avec une hausse de 2 %, selon les chiffres exposés par le ministre.

4.4. Transformation du lait :

Le lait c'est parmi les produits qui a une durée de vie courte et qui doit être manipulé Avec soin. Ce produit est extrêmement périssable car c'est un excellent milieu de croissance pour les micro-organismes qui peuvent provoquer des maladies chez les consommateurs. La transformation du lait permet au produit de se conserver pendant des jours, des semaines ou

des mois et réduit l'incidence des maladies d'origine alimentaire, grâce à des techniques comme le refroidissement qui est le facteur le plus susceptible d'influer sur la qualité du lait cru.

4.5. Logistique et distribution :

La distribution est le chemin suivi par un produit ou un service depuis la production à la consommation, réunissant en un même lieu toutes les personnes ou entreprises qui nous appelons des intermédiaires. Ce sont les éléments de base du canal distribution de l'entreprise (Dubois, 2000).

Une autre définition « la distribution, phase intermédiaire essentielle entre la fonction de production et celle de la consommation ou utilisation met les biens et les services à la disposition de l'utilisateur dans les conditions de lieu, de temps, de taille...qui conviennent à celui-ci...c'est l'ensemble des activités qui s'exercent depuis le moment où le produit, sous sa forme d'utilisation, entre dans le magasin commercial du producteur ou du dernier transformateur jusqu'au moment où le consommateur en prend liaison » (DAYAN, 1987).

4.5.1. Réseau ou canal de distribution

C'est l'ensemble des intermédiaires qui interviennent dans la distribution d'un produit (pour un producteur donné, le réseau de distribution peut comporter des représentants, des concessionnaires..., c'est-à-dire des personnes physiques et des entreprises). (DAYAN, 1987).

4.5.2. Circuit de distribution

Il est constitué par les différents stades de la distribution d'un bien qui s'intercalent entre la production de ce bien et son arrivée chez le consommateur ou l'utilisateur. Le circuit peut être direct (du producteur au consommateur), court (producteur, détaillant, consommateur), long (producteur, grossiste, détaillant, consommateur) ou encore intégré, c'est-à dire qu'entre le producteur et le consommateur les fonctions de gros et de détail sont groupées au sein d'une même entreprise ou « organisation », intégrant une centrale d'achat ou un groupement d'achat, et des points de vente de détail.

4.5.3. Rôle de la distribution vis-à-vis du producteur et de l'utilisateur

La distribution a de nombreuses fonctions pour permettre l'écoulement de la production vers les lieux de consommation dans les meilleures des conditions possibles il s'agit :

- Du stockage des produits ;
- Du transfert des marchandises jusque dans les coins les plus reculés, partout où vivent des consommateurs ;
- De la mise à la disposition matérielle de l'utilisateur dans un local de vente, le magasin, ou par de nombreuses autres méthodes de vente (par distribution automatique).
- De la promotion des produits par différentes techniques (publicité sur le lieu de vente, (merchandising) .
- Du recueil des doléances ou suggestions de l'utilisateur. (DAYAN, 1987).

Les rôles de la distribution sont donc multiples et bénéfiques pour le producteur comme pour l'utilisateur. Vis-à-vis du premier, la distribution opère une régulation dans la fabrication, en permettant son étalement sur toute l'année, par le stockage et les commandes à l'avance : les hauts et les bas de la demande sont ainsi amortis, la distribution participe à l'effort financier du producteur, en payant les biens qu'elle stocke, sans avoir la certitude de les vendre ; elle permet au producteur d'acheminer partout sa production, et en accord avec lui, car c'est leur intérêt réciproque, participe à des opérations publicitaires destinées à mieux vendre le produit ou le service. Vis-à-vis du second, la distribution a un rôle essentiel également : elle met à sa disposition, où qu'il se trouve et souvent quelle que soit la saison, les biens qu'il désire dans la quantité voulue ; elle lui évite ainsi d'avoir à faire de gros achats et d'immobiliser des sommes qu'il n'a peut-être pas... ce qui serait le cas s'il s'adressait directement au producteur. Disons enfin que placée entre le producteur et l'utilisateur la distribution peut se faire le porte-parole de chacun d'eux auprès de l'autre, et avoir de la sorte un rôle d'information vis-à-vis des deux partenaires. (DAYAN, 1987).

4.5.4. Les objectifs de logistique de distribution :

Les principales missions de la distribution dans le secteur de la logistique c'est de situer le produit à proximité du client pour assurer une satisfaction maximale et garantir la fiabilité et flexibilité d'une livraison avec une rentabilité optimale (minimiser les coûts).

Les entreprises cherchent le choix du positionnement stratégique qui s'appelle triangle d'or illustrer dans la Figure 6 « coût-délai-qualité/réactivité » c'est trois notions fondamentales

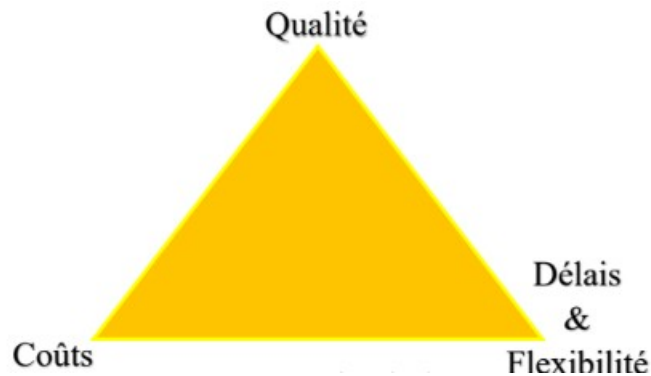


Figure 6 : triangle d'or

Les entreprises ont longtemps dû choisir un seul objectif stratégique parce qu'il semblait que les trois positionnements soient Contradictaires.

- La stratégie low cost consiste à une production à volume élevé sans trop se soucier de la qualité et peu de flexibilité.
- Une stratégie de bonne qualité entraînait une augmentation des coûts du fait des choix des composants et de la multiplication des contrôles.
- Une stratégie de flexibilité qui permet d'obtenir des produits de plusieurs types dans des délais courts qui nécessite plus de moyens humain et technique et donc forcément, cela a un coût important.

5. La maîtrise des coûts logistique

La création de valeur ajoutée dans la Supply Chain ne se limite pas au simple cumul des coûts induits par les opérations physiques et l'utilisation des flux d'informations, l'objectif de minimisation des coûts logistique reste un facteur majeur. Cependant l'évolution des coûts logistiques se situe sur plusieurs axes :

- Les stocks qui sont très importants pour assurer la disponibilité des produits et les délais
- Les moyens de transport
- Les entrepôts sont également un poste de coût significatif.

- Les systèmes d'information, permettent un pilotage des flux et de traitement des commandes, sont un investissement conséquent pour une entreprise (ERP).

6. Le circuit de distributions

Distribuer des produits, c'est les amener aux bons endroits en quantités suffisantes, au bon moment. Un grand nombre d'opérations découlent de ces exigences. Ce chemin est plus ou moins long selon le nombre d'intermédiaires intervenant dans la distribution du produit.

Le réseau est constitué d'une usine qui fabrique le produit et distribue à un ensemble de clients à travers des tournées. L'objectif est de satisfaire la demande tout en minimisant les coûts de transports et de stockage. Pour atteindre ce but on définit la localisation optimale des sites.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté le cadre conceptuel de la logistique, on a défini les notions de la chaîne logistique avec une description de ces entités, de ces flux et des activités. Ainsi on a abordé la gestion de la chaîne logistique et ces différents rôles. Nous nous sommes ensuite concentrés sur le secteur principal de notre thème ; le transport et la logistique de distribution dans le secteur alimentaire et plus précisément les produits laitiers qui occupent une importance dans l'industrie alimentaire. Ce problème est connu sous le nom de tournée de véhicule, un problème classique dans la recherche opérationnelle. Le chapitre suivant détaillera cette notion et ces méthodes de résoudre ce type de problèmes.

CHAPITRE II :

État de l'art sur le problème de tournée de véhicules

Introduction

La gestion des transports est devenue l'un des enjeux majeurs pour les entreprises ces dernières décennies. Dans un contexte où les coûts de distribution de produits à courte durée de vie augmentent constamment, les entreprises ont compris l'importance d'une planification optimale des tournées pour minimiser les coûts opérationnels. C'est dans ce contexte que le problème de tournée de véhicules a émergé comme un enjeu crucial pour la logistique de transport.

Dans ce chapitre, nous allons retracer l'évolution du problème de tournée de véhicules depuis ses origines jusqu'à ses variantes les plus récentes, en mettant en exergue ses différentes applications réelles. Nous allons également explorer les méthodes de résolution proposées pour résoudre ces problèmes complexes

1. Le rôle transport dans la chaîne logistique

Le transport est un élément important dans la chaîne logistique, en effet, les coûts de transport représentent 3% à 5% du chiffre d'affaires d'une entreprise industrielle, ce qui explique l'importance du transport sur la compétitivité et la rentabilité des entreprises et son rôle crucial dans la chaîne logistique, car la bonne planification de cet élément assurer une bonne qualité de service aux clients. Le transport commence à partir la sortie de produit jusqu'à son arrivé au destination finale dans le cas de distribution la destination finale est le client, mais généralement c'est la phase de mouvement d'une marchandise d'un point à l'autre. Dans nos cas on s'intéresse d'optimiser la fonction d'élaboration de tournées de véhicules pour l'approvisionnement des matières premières et la distribution des produits finis, et proposer des solutions pour résoudre l'ensemble des problèmes VRP (Li, Y et al. 2008).

1.1. Le problème de voyageur de commerce TSP

Le problème du voyageur de commerce, étudié depuis le 19^e siècle, est l'un des problèmes les plus connus dans le domaine de la recherche opérationnelle. Permet de trouver le meilleur chemin possible parcouru par un véhicule qui part d'un point de départ, parcourt un ensemble de points sans jamais les croiser plus d'une fois et revient finalement au point de départ... Et de s'informer sur les différentes méthodes informatiques proposées pour résoudre ce problème. Ce problème peut être modélisé avec un graphe composé d'un ensemble des

sommets et des arrêts. Les sommets correspondent aux différentes villes, tandis que les arêtes représentent les liaisons entre ces villes. En outre, chaque arête est associée à un poids qui peut refléter une distance, un temps de trajet ou un coût.

1.2. Le problème de tournée de véhicule VRP

Le problème du routage des véhicules (VRP) a été formulé pour la première fois en 1959 par Danzig et Ramser. Le problème consiste à déterminer des itinéraires optimaux pour une flotte de camions identiques partant d'un entrepôt, en respectant la capacité de chaque camion et en minimisant la distance totale parcourue (**KHELOUFI, I et al**).

Le VRP est la généralisation du problème du voyageur de commerce (TSP), qui implique plusieurs voyageurs ou véhicules devant visiter un ensemble de clients géographiquement dispersés à l'aide d'une flotte de véhicules partant d'un même entrepôt et y revenant. L'objectif du VRP est de trouver la manière la plus efficace d'organiser ces visites afin de minimiser les coûts de transport tout en respectant les contraintes de capacités de véhicule (**Benantar, A. 2017**).

1.2.1 Les variantes du VRP

Récemment, de nombreuses extensions du problème VRP ont été développées, qu'en raison de leur nécessité et importance dans le domaine de distribution par les entreprises industrielles, car la plupart de ces dernières impliquent la prise de décision pour déterminer l'ordre de visite des clients à partir d'un ou plusieurs dépôts, tout en utilisant une flotte de véhicules. En fonction des décisions prises, différentes contraintes peuvent être prises en compte ou ignorées, ce qui génère de nouveaux problèmes à chaque fois qu'une contrainte est ajoutée ou supprimée, cela explique ces variantes des VRP dans la littérature (**Rachid, M. H et, al. 2008**)

Il existe une classification des articles qui peuvent être ajoutés au VRP de base, et pour en savoir plus, on peut consulter les revues de l'état de l'art dans (Desrochers et al.), Toth et Vigo, Crainic et Semet ainsi que (Eksioglu et al.)

Ces éléments peuvent être résumés comme suit (**Benantar, A, 2017**) :

- (1) Réseau routier : Les distances peuvent être symétriques ou asymétriques.
- (2) Source d'approvisionnement : Un seul ou plusieurs dépôts.
- (3) Propriétés de la demande :

- Déterministe, stochastique ou dynamique.
- Objet sans/avec dimensions ou liquide.

(4) La clientèle : Identifiable, localisable et peut être potentielle.

(5) La flotte :

- Un seul ou plusieurs véhicules.
- Homogène ou hétérogène.
- Un ou multi-compartiments.

(6) Tournées :

- Longueur Restreinte ou non restreinte.
- Durée restreinte ou non restreinte.
- Une ou plusieurs tournées admises par véhicule.

(7) Visite aux clients :

- Nombre de visites : unique ou multiple.
- Horaires de visites : non définis, rendez-vous, fenêtres de temps souples ou rigides.

(8) Types de service :

- Collecte ou livraison
- Collectes et livraisons simultanées.

(9) Horizon de service : Mono-période ou Multi-périodes.

(10) Coût : Exprimé en fonction de la distance, temps ou nombre de véhicules. Il peut aussi être une combinaison de ces critères

On présente les variantes de VRP les plus connus :

- **Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) :**

C'est le cas quand le VRP a une contrainte de capacité des véhicules, où la capacité de véhicule doit être supérieure ou égale aux demandes des clients servis dans une tournée.

- **Le Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW) :**

Le VRPTW est une variante du VRP dans laquelle une contrainte de temps est imposée. Chaque client a une fenêtre de temps spécifique pendant laquelle il doit être servi, ce qui est connu à l'avance par le livreur. Cette contrainte doit être respectée sous peine de pénalités. Dans la vie réelle, le VRPTW est couramment utilisé dans des industries telles que la distribution de produits périssables comme les produits laitiers, les services de livraison de journaux, les services ambulatoires, etc. (Akli, M. 2013).

- **Le Vehicle Routing Problem with Backhauls (VRPB) :**

C'est une extension du VRP traditionnel qui implique un groupe de clients devant recevoir des produits ainsi qu'un ensemble de fournisseurs qui doivent livrer leurs marchandises au dépôt. Dans ce type de problème, toutes les livraisons doivent être effectuées avant le chargement des marchandises pour éviter de devoir réorganiser les charges sur le véhicule lors de la tournée (Akli, M. 2013).

- **Le Vehicle Routing Problem with Pick-up and Delivery (VRPPD) :**

C'est similaire au problème de VRP, mais inclut deux positions géographiques différentes pour chaque client : l'une pour la prise en charge du produit et l'autre pour la livraison du produit. Cette situation crée une contrainte de précédence, qui exige que chaque tournée commence par une prise en charge de produits chez un client avant de procéder à la livraison chez un autre client (Akli, M. 2013).

- **Le Stochastic Vehicle Routing Problem (SVRP) :**

On appelle un VRP "stochastique" lorsqu'un élément aléatoire est introduit dans le problème. Par exemple, cela peut concerner la représentation aléatoire des demandes des clients, la variabilité du temps de transport sur un arc, ou encore la prise en compte du coût aléatoire d'un arc sous forme de variable. (ILLOUL, Y. 2020)

- **Le Periodic Vehicle Routing Problem (PVRP) :**

Le problème des tournées de véhicules périodique implique la visite périodique de chaque client selon une planification préétablie. (ILLOUL, Y. 2020)

- **Le Multi-Depot Vehicle Routing Problem (MDVRP) :**

Le problème MDVRP est souvent associé à la distribution de marchandises et implique la présence de plusieurs dépôts, chacun étant équipé d'un ensemble de véhicules. Chaque tournée débute à un dépôt donné et doit y revenir, tandis que chaque client ne doit être servi qu'une seule fois, comme dans le cas du VRP (Akli, M. 2013).

- **Le Dynamic Vehicle Routing Problem (DVRP) :**

Le VRP Dynamique est l'opposé du VRP Statique, car il a au moins une composante dynamique qui change pendant son exécution. Cette composante peut être la demande ou la fenêtre de temps de service qui varient, ou encore le nombre de clients à servir qui change. Ainsi, ce type de problème est plus complexe à résoudre. (ILLOUL, Y. 2020)

- **Le Vehicle Routing Problem with Multiple Trips (VRPMT) :**

le VRPMT implique la planification de plusieurs tournées pour un unique véhicule durant une période donnée, dans le cas où la flotte de véhicules est limitée. Le but du VRPMT est de trouver différentes méthodes pour minimiser le coût total du transport. (ILLOUL, Y. 2020)

- **Le Vehicle Routing Problem with Split Delivery (VRPSD ou SDVRP) :**

Le problème consiste à répondre aux demandes d'un client en le visitant plusieurs fois, même si sa demande dépasse la capacité du véhicule. Cette situation est exceptionnelle pour ce type de problème. (Akli, M. 2013).

- **Open Vehicle Routing Problem (OVRP) :**

Le problème est similaire au VRP, à la différence que le véhicule n'est pas obligé de retourner au dépôt après la fin de la tournée. S'il décide de retourner au dépôt, il doit suivre le même itinéraire en sens inverse (Akli, M. 2013).

- **Multi-Compartment Vehicle Routing Problem (MCVRP) :**

Le MCVRP est un problème utilisé pour représenter les situations où les clients ont des demandes pour plusieurs produits incompatibles. Ces produits doivent être transportés dans le même véhicule, mais dans des compartiments indépendants (Akli, M. 2013).

- **Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem (HFVRP ou HVRP) :**

Dans ce problème, la flotte est constituée de différents types de véhicules qui se différencient par leur capacité, leur puissance, leur coût de transport, etc. (Akli, M. 2013).

- **Selective Vehicle Routing Problem (SVRP) :**

Le SVRP apparaît dans les cas où la capacité de la flotte de véhicules est insuffisante pour répondre à toutes les demandes des clients. Dans cette situation, seuls certains clients sélectionnés à partir de l'ensemble total des clients peuvent être desservis (ILLOUL, Y. 2020)

2. Méthodes de résolution

2.1. Méthodes exactes

Les méthodes de résolution exactes, aussi appelées méthodes complètes. Son nom indique que ce sont des méthodes permettent de trouver une solution optimale des problèmes utilisent une exploration intelligente de l'espace de recherche, mais ces méthodes sont utilisées pour résoudre des problèmes d'une faible taille, car l'augmentation de la taille de problème nécessite un temps de calcul et un espace de mémoire très large. Les méthodes exactes appropriées au problème VRP sont : les recherches arborescentes (Branch & Bound), la programmation dynamique et la programmation linéaire avec un entier. (Benantar, 2017)

2.2. Méthodes approchées

Sont des méthodes de résolution heuristique qui visent à trouver une solution de bonne qualité dans un temps raisonnable, les chercheurs ont développé ces méthodes car la majorité des problèmes d'optimisation sont de très grande taille qui nécessite une grande base de données et un temps d'exécution important, pour lesquelles les méthodes exactes sont très coûteuses en termes de temps de calculs donc les méthodes approchées sont utiles dans les cas où, trouver une solution presque parfaite même si elle n'est pas optimale est suffisant. Il existe deux catégories de méthodes qui peuvent être distinguées :

2.2.1. Heuristiques

Le terme heuristique provient du grec ancien "heuriskein", qui peut être traduit par « trouver ». Dans la littérature il existe beaucoup de définitions :

"Les heuristiques sont des procédures qui conduisent rapidement à des solutions acceptables, mais non nécessairement optimales, pour des problèmes difficiles" – (H.A. Simon, 1957)

"Les heuristiques sont des méthodes de résolution qui permettent de trouver des solutions de qualité acceptable pour des problèmes d'optimisation en utilisant des stratégies inspirées de l'intuition humaine" – (J.-K. Hao et al, 2004)

L'heuristique est une méthode algorithmique utilisée pour résoudre des problèmes et des tâches qui comportent de multiples variables et composants. Elle ne fournit pas de solutions optimales, mais elle aide à trouver des solutions acceptables en examinant des options possibles et en prenant des décisions sur la base des résultats obtenus à l'aide de ces techniques d'exploration. L'heuristique peut être appliquée à presque tous les types de problèmes ou de tâches complexes nécessitant une prise de décision et s'est révélée particulièrement efficace lorsqu'il est impossible de réduire ces variables ou composants à des équations ou algorithmes simples (Gardeux, V. 2011).

2.2.2. Métaheuristiques

Le préfixe "méta" signifie "au-delà", "plus que ça" ou encore "à un niveau supérieur". Quand il est ajouté à l'heuristique, cela correspond à une méta-heuristique, ou la capacité à trouver des solutions au-delà des solutions conventionnelles.

Les métaheuristiques sont des techniques avancées conçues pour résoudre des problèmes d'optimisation complexes caractérisés souvent par des données insuffisantes, incertaines ou bruyantes et une capacité de calcul restreinte. Ce qui rend ces méthodes si populaires est leur applicabilité à une grande variété de domaines, puisqu'elles peuvent être utilisées pour résoudre tous les types de problèmes exprimables sous forme d'un problème d'optimisation de critères. Ces approches sont inspirées parfois de la physique (comme le recuit simulé), la biologie (comme les algorithmes génétiques) ou l'éthologie (comme les essais particuliers ou les colonies de fourmis) (Benaïchouche, A.N. 2014). Dans ce qui suit, nous allons examiner brièvement quelques principales métaheuristiques d'optimisation qui sont :

Le recuit simulé

Le Recuit Simulé est une méthode métaheuristique qui résout des problèmes d'optimisation combinatoire, inspirée de la technique de simulation de Metropolis (**Hitchcock, D. B. 2003**) en mécanique statistique basée sur la distribution de Boltzmann. L'algorithme d'optimisation du recuit simulé a été proposé pour la première fois par Kirkpatrick et al. (**Kirkpatrick et al., 1983**), et indépendamment par Cerny [Cerny, 1985], Le recuit en métallurgie consiste à procéder à un traitement thermique contrôlé de cycles de chauffage et de refroidissement sur un matériau afin de restructurer sa structure cristallographique. L'objectif de cette étape est d'obtenir un matériau homogène et d'une qualité optimale.

Il fait appel à un processus de simulation thermique pour explorer l'espace des solutions et trouver le meilleur résultat possible. On commence par sélectionner une solution initiale au hasard, puis on génère une série de voisins en appliquant des changements aléatoires. À chaque étape, le nouveau résultat est estimé et s'il est amélioré par rapport à la précédente solution, il est accepté comme la nouvelle solution en cours. Même si la qualité de la nouvelle solution est pire, elle peut tout de même être acceptée avec une certaine probabilité qui s'amenuise progressivement à mesure que la recherche évolue et que la température baisse. Cette probabilité empêche les pièges locaux et permet de continuer à explorer l'espace des solutions disponibles.

L'adaptation de la technique de recuit physique à la métaheuristique du recuit simulé repose sur les similitudes suivantes : la fonction objective à optimiser est comparée à l'énergie du matériau, tandis que la température est représentée par un paramètre de contrôle qui définit le schéma de refroidissement (**Benaichouche, A.N. 2014**)

Nécessite : La fonction objectif f , la température maximale T_{max} , la température minimale T_{min} et la fonction de diminution de la température $abaisser(T)$.

- 1: Initialiser la température : $T \leftarrow T_{max}$
- 2: Générer une solution aléatoire S
- 3: Calculer la *fitness* $f(S)$ associée à la solution initiale S
- 4: Initialiser la solution optimale : $S_{opt} \leftarrow S$
- 5: **Tant que** $T > T_{min}$ **Faire**
- 6: **Tant que** l'équilibre thermodynamique n'est pas atteint **Faire**
- 7: Tirer une nouvelle solution S' dans le voisinage de S
- 8: Calculer la variation d'énergie : $\Delta f \leftarrow f(S') - f(S)$
- 9: **Si** $\Delta f \leq 0$ **Alors**
- 10: Accepter la nouvelle solution : $S \leftarrow S'$
- 11: **Sinon**
- 12: **Si** $\exp\left(-\frac{\Delta f}{T}\right) > x$ aléatoire $\in [0, 1]$ **Alors**
- 13: Accepter la nouvelle solution : $S \leftarrow S'$
- 14: **Fin Si**
- 15: **Fin Si**
- 16: **Si** $f(S') < f(S)$ **Alors**
- 17: Mettre à jour la solution optimale : $S_{opt} \leftarrow S'$
- 18: **Fin Si**
- 19: Abaisser la température T : $T \leftarrow abaisser(T)$
- 20: **Fin tant que**
- 21: **Fin tant que**
- 22: **Retourner :** La solution optimale S_{opt}

Figure 7 : Algorithme de recuit simulé

La recherche tabou

La recherche tabou est une métaheuristique d'optimisation qui permet de résoudre des problèmes d'optimisation combinatoire, elle a été proposée pour la première fois par Glover en 1986 [Glover, 1986]. Le principe de la recherche tabou est de suivre les solutions récemment explorées dans la liste des tabous. C'est un file FIFO avec une taille donnée, cette liste est mise en œuvre afin de s'assurer que le voisinage de la solution actuelle ne comprend pas les solutions déjà visitées. Par conséquent, à partir d'une position donnée, le voisinage sera exploré et la position qui minimise la fonction objective sera sélectionnée (Jaoua, M.2014)

La fable des randonneurs peut expliquer l'idée derrière la recherche Tabou qui parle d'un randonneur qui s'est perdu dans la montagne souhaite atteindre le point le plus bas possible pour être secouru. La recherche Tabou lui propose de se rendre vers le point le plus bas qu'il peut voir à travers le brouillard et de trouver ensuite la plus proche position la plus basse sans se diriger vers les lieux déjà récemment visités. Même si cela peut parfois nécessiter une remontée vers un endroit plus haut, il pourra ainsi trouver des lieux encore plus bas. Ainsi, le

randonneur peut se déplacer en mémorisant les T derniers positions visités qui seront considérés comme tabous (Akli, M. 2013).

Nécessite : La fonction objectif f et la taille de la liste taboue

- 1: Générer une solution aléatoire S
- 2: Calculer la *fitness* $f(S)$ associée à la solution initiale S
- 3: Initialiser la solution optimale : $S_{opt} \leftarrow S$
- 4: **Tant que** la condition d'arrêt n'est pas vérifiée **Faire**
- 5: Générer la liste des candidats non tabous par opération de voisinage
- 6: Trouver la meilleure solution S' parmi les candidats
- 7: **Si** $f(S') < f(S)$ **Alors**
- 8: $S \leftarrow S'$
- 9: $S_{opt} \leftarrow S$
- 10: **Fin Si**
- 11: Mettre à jour la liste taboue
- 12: **Fin tant que**
- 13: **Retourner** : La solution optimale S_{opt}

Figure 8 : Algorithme de recherche tabou

Algorithme génétique

Selon Holland (1975), les principes fondamentaux des algorithmes génétiques sont basés sur le fonctionnement de l'évolution naturelle et incluent la sélection de Darwin et la reproduction selon les règles de Mendel. Darwin considère la sélection naturelle comme étant l'"élément propulseur" de l'évolution, laquelle favorise les individus bien adaptés à leur environnement au sein d'une population.

Le processus d'utilisation d'un algorithme génétique se déroule en quelques étapes. D'abord, on crée une population initiale, avec des solutions aléatoires. Ensuite, on applique des opérateurs génétiques tels que la sélection, la mutation et le croisement pour régénérer la population en se basant sur les meilleures solutions de la génération précédente. Les générations suivantes devraient produire des solutions plus performantes et à mesure que le nombre de générations augmente, la qualité de la solution devrait s'améliorer. La dernière génération ne nous donnera pas nécessairement le résultat optimal possible. Il y a 2 populations qui fonctionnent simultanément : une population courante qui fournit les chromosomes-parents pour la prochaine génération et une nouvelle génération qui est en cours de création et regroupe les chromosomes-enfants. (Merdjaoui, B, 2006)

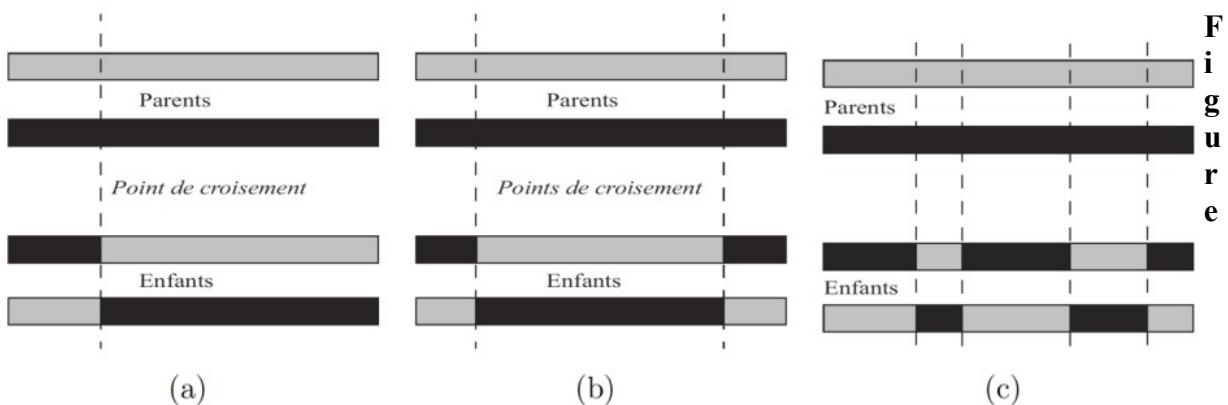
- **Les opérateurs génétiques :**

- *La sélection*

Implique de choisir les individus qui sont les plus aptes à être reproduits et forment la population suivante. On y parvient en utilisant une fonction de sélection qui évalue chaque individu, définissant leur probabilité de reproduction, selon leur compétence. On peut user différentes techniques, comme la sélection par roulette, tournoi, rang... L'objectif est que les plus habiles aient une forte probabilité de se reproduire et transmettre leurs caractères à la génération suivante. **(Housroum, H. 2005)**

- *Le croisement*

Le croisement est l'opérateur principal utilisé pour agir sur la population des parents dans le cadre d'un algorithme génétique. Ce dernier est appliqué avec une certaine probabilité, également appelée taux ou probabilité de croisement P_c , qui est généralement proche de l'unité. Le processus de croisement consiste à sélectionner deux individus au hasard dans la population courante, puis à définir un ou plusieurs points de croisement de manière aléatoire. Les nouveaux individus sont créés en échangeant les différentes parties de chaque chaîne, ce qui permet d'explorer efficacement le domaine de variation des individus et de diriger la recherche vers des régions intéressantes de l'espace d'étude tout en utilisant la connaissance déjà présente dans la population courante. **(Housroum, H, 2005)**



9 : Exemples de croisement : (a) croisement simple en un point, (b) croisement en deux points, (c) croisement uniforme

- *La mutation*

Une opération importante pour les algorithmes génétiques car elle prévient la perte précoce d'informations pertinentes. Elle est utilisée pour ajouter une certaine variété dans la population, qui pourrait être perdue lors de l'opération de croisement. La mutation est donc

essentielle pour maintenir la diversité au sein de la population et permet une exploration plus complète du domaine de recherche. (Housroum, H. 2005)

Conclusion

En conclusion, le problème de tournée de véhicules est un problème complexe qui peut être résolu en utilisant différentes approches. Dans ce chapitre, nous avons présenté les différentes variantes du problème et les méthodes de résolution qui sont utilisées pour trouver des solutions exactes ou heuristiques. Les méthodes présentées, telles que le recuit simulé, la recherche tabou et l'algorithme génétique, chaque méthode a ses avantages et ses limites, et le choix de la méthode de résolution doit être fait en fonction de la nature et de la complexité du problème, ainsi que des exigences du domaine d'application.

CHAPITRE III :
Présentation de l'entreprise
GIPLAIT El Mansourah

Introduction

Le Groupe Lait **Giplait/SPA** est l'un des plus importants producteurs de laits et produits laitiers en Algérie avec une capacité de production de plus de **1,6** millions de litres/jour. Outre la production et la commercialisation des laits et produits laitiers, le groupe a aussi pour mission de développer la production nationale de lait, comme il participe activement à la régulation du marché national du lait.

Nous avons vu dans les chapitres précédents le concept de la gestion de la chaîne logistique, ainsi que le rôle des problèmes de tournée de véhicules dans l'aide à la décision à la logistique de distribution. Dans ce chapitre, nous tenterons d'appliquer ce qui a été abordé dans la partie théorique : problème de tournée de véhicules et l'optimisation de distribution des produits laitiers chez la sous-unité du groupe industriel de production de lait et de ses dérivés- GIPLAIT - Unité Mansourah.

Pendant le stage de fin d'études au sein de l'entreprise GIPLAIT-Unité Mansourah (Wilaya de TLEMCEM), nous avons eu l'opportunité de travailler sur un problème de logistique et appliquer ce que nous avons accueilli durant notre parcours de formation en management industriel et logistique. Dans un premier temps, nous introduisons une description de cette entreprise, nous en apprendrons ensuite sur ses produits et ses étapes de production nous discuterons des activités de distribution jusqu'à ce que nous arrivions à la problématique et proposer un modèle mathématique adapté aux besoins de l'entreprise.

1. Présentation de l'entreprise

Le Groupe GIPLAIT/SPA est l'un des plus importants producteurs de laits et produits laitiers (fromage, yaourt, mozzarella...) en Algérie, et l'unité de Tlemcen El Mansourah est rattachée à l'Office National de la Production du Lait et de ses Dérivés, c'est une unité industrielle et commerciale où elle produit et vend du lait et ses dérivés à ses clients. Dans la suite, nous aborderons l'historique, la fiche technique et la nature de l'activité qu'elle exerce afin de pouvoir atteindre ses objectifs.

2. Historique

L'histoire du groupe Giplait remonte à la création de l'Office national du lait (ONALAIT) en 1969, qui a été restructuré par la suite en trois offices régionaux : pour l'est le centre et l'ouest.

- Coletal (Alger)
- Clo (Oran)
- Clc (Constantine)

En l'an 1982 y'a eu une restructuration des institutions avec des démarche de la part de l'État en créant des bureaux régionaux répartis sur trois régions :

- ORLAC (l'office régional du lait est au centre).
- OROLAIT (office régional du lait de l'ouest).
- ORELAIT (office régional du Lait de l'est).

L'Etat algérien arrive en 1993 avec de nouvelles décisions venues du fonds international, qui ont imposé aux pays un nouvel ordre mondial, qui a engagé ses entreprises en privatisation, parmi ces entreprises :

- Office national interprofessionnel du lait et des produits laitiers (ONIL) à Boufarik, Alger.
- Groupe industriel de production de lait et de ses dérivés (GIPLAIT) situé à Hussein Dey, Alger.

En 1997, les entreprises laitières ont entamé un nouveau processus pour le groupe industriel pour la production de lait et de produits laitiers, le groupe a été créé, supervisé par un directeur général principal sous la supervision du ministère de l'agriculture et du développement rural, et ils ont donné aux unités de production une nouvelle série appelée filiales, parmi lesquelles l'unité de Tlemcen El Mansourah.

Après avoir été rattaché successivement au Fonds de participation et au Holding public agroalimentaire de base, le groupe a rejoint le ministère de l'Agriculture et du développement rural en mars 2010 sur résolution du Conseil des participations de l'Etat (CPE), qui avait aussi statué sur son assainissement.

3. Fiche technique de l'entreprise

Raison sociale : E P E Spa Laiterie EL Mansourah Tlemcen

Statut juridique : Société par actions

Capital social : 448 540 000 DA

Siège social : Zone semi industrielle Abou Tachefine Tlemcen

Numéro du registre de commerce : 13/00-0262135 B98

Numéro d'identification fiscal : 099813026213508

Comptes bancaires : B.A.D.R Banque Agence N° 513

- 00300 513 101 648 300 001
- 00300 513 300 301 300 082

N° de Téléphone : 00 213 43 38 91 75

N° De FAX : 00 213 43 38 93 71

N° De Mobile : 00 213 6 61 22 01 16

COURRIEL : mansourahgiplait@gmail.com

4 . Localisation de l'entreprise

Cet établissement est situé dans la zone semi-industrielle Abou Tachefine Tlemcen, la superficie totale est estimée à environ 29 700 m² dont la superficie bâtie est de 7 821.92 elle est bordée au nord par la route principale de l'entrée de la ville de Tlemcen, au sud par Chetouane, à l'ouest par la Société de Construction (LTPE), et à l'est par El Koudia. Il contient également le bâtiment de production (**Figure 10**), qui comprend l'atelier de préparation du lait, l'atelier de remplissage des sacs de lait, l'atelier de nettoyage et un autre atelier de fabrication de yaourt, en plus d'un grand bâtiment représentant le siège administratif de cet établissement, ainsi qu'un bâtiment pour le stockage de la poudre de lait et des matières d'emballages.

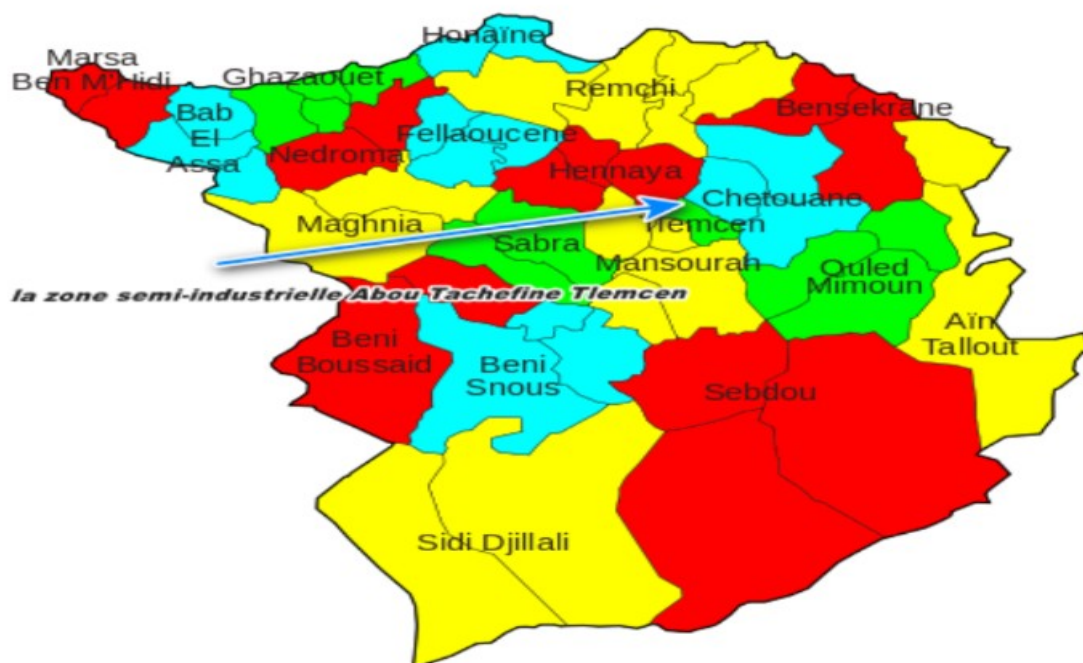


Figure 10 : localisation de l'entreprise dans la wilaya de Tlemcen

5. Structure organisationnelle

C'est parmi les indicateurs du bon déroulement des activités de cette entreprise C'est la principale référence pour la gestion, à travers laquelle les différentes activités sont contrôlées. Il se compose de directions et départements indiqués dans la Figure 11.

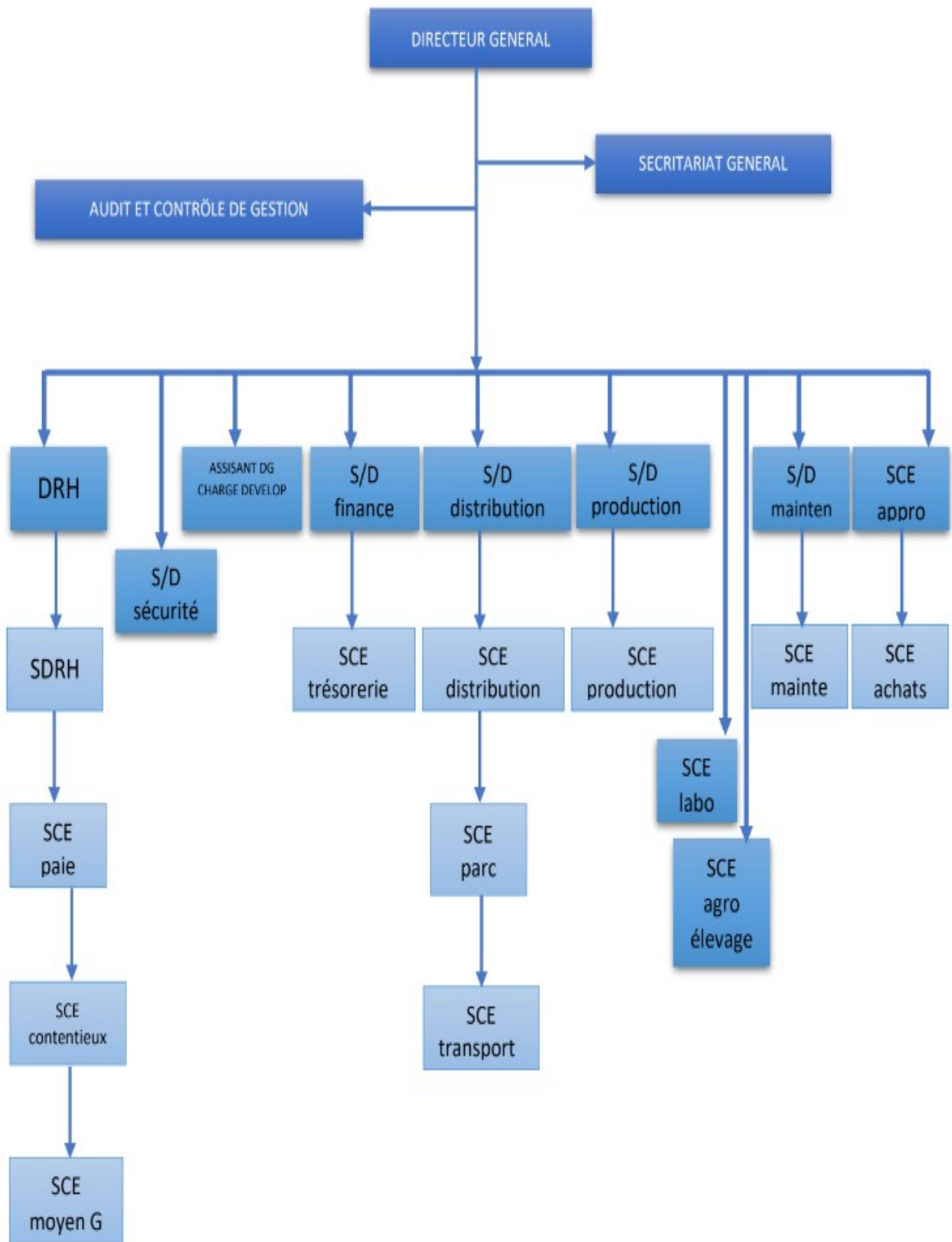


Figure 11 : L'organigramme de l'entreprise

Nous notons que l'organisation interne de l'entreprise suit la base fonctionnelle, de sorte qu'une direction a été affectée à chaque poste, et elle est subdivisée en plusieurs départements affiliés à lui. Chaque direction est supervisée par un chef qui exécute des tâches spécifiques, le directeur général est également responsable de la supervision directe de tous les intérêts de l'entreprise. On peut distinguer les services administratifs et les bureaux directement rattachés au directeur, chaque département ou sous-département a un rôle à jouer comme suit :

5.1. Responsabilités de la direction supérieure de la laiterie

Ces départements ont été directement liés au directeur en raison de la nature et de l'importance de leurs tâches.

5.1.1. Le président directeur général

Il est chargé de gérer, d'organiser et de conclure des affaires avec les fournisseurs et les clients de l'établissement. Il a le pouvoir de décision. Il a également pour tâche la coordination entre la sous-unité et l'établissement de tutelle et la coordination entre les différents départements laitiers.

5.1.2. Le secrétariat

Affilié au directeur général il enregistre le courrier entrant et sortant, organise les rendez-vous et les réceptions, imprime la correspondance émise par la direction générale.

5.1.3. Audit de contrôle administratif

Cette section est considérée comme l'auditeur interne de l'établissement, dont la tâche est de veiller au respect des conditions des travaux convenus.

5.1.4. Direction des Ressources Humains

C'est l'ensemble des pratiques en œuvre pour administrer, mobiliser et développer les ressources humaines impliquées dans l'activité de l'entreprise. La gestion des ressources humaines intervient à tous les stades de la vie des collaborateurs dans l'entreprise, dont leur entrée et leur départ. Elle se décline ainsi en multiples tâches : définition des postes, recrutement, gestion des carrières, formation, gestion de la paie et rémunérations, évaluation des performances.

5.1.5. Bureau de Contrôle et de Gestion

Ce bureau a pour objectif de suivre les quantités et les montants collectés au sein de l'établissement, le contrôle interne étant un outil de suivi des mécanismes de gestion au sein de l'entreprise et ses missions consistent à :

- Suivi de la comptabilité au sein de l'organisation.
- Surveiller les normes de consommation et de production.
- Suivi des mécanismes de gestion.
- Préserver les ressources de l'établissement.
- Suivi et application des règles de gestion pour chaque département.

5.1.6. Sécurité et Prévention

Ce bureau est directement rattaché au directeur, dont la tâche est de protéger l'entreprise en interne, en termes de fautes professionnelles, ainsi que la prévention, notamment contre les incendies, les vols et la circulation des moyens de transport et de le protéger contre divers dangers.

5.2. Fonctions de ses départements

En tout Il y a huit départements administratifs :

5.2.1. Département des achats et des approvisionnements

C'est l'un des intérêts les plus importants au sein de l'entreprise, car il entretient une relation étroite avec la direction des magasins en ce qui concerne leur approvisionnement en matériaux utilisés dans les processus de production (matériel automatique, la poudre de lait, polyéthylène emballage etc.).

Service de maintenance

Ce service est en relation directe avec les processus de production et de distribution, car il entretient les moyens de production pour assurer la continuité du travail et l'entretien des moyens de transport

Laboratoire et Contrôle Qualité

Branche en charge du contrôle qualité permanent en termes de qualité et de conformité aux spécifications, durant toutes les opérations, depuis la réception de la matière première jusqu'au produit fini en passant par les étapes fondamentales du processus de production. Se divise en deux services ; physico-chimique et microbiologique.

La Direction de la Distribution et de la Vente

Elle est composée du sous-directeur de la distribution et de la vente, service commercial et service facturation sont intégrés, car il s'agit de conclure les marchés des produits laitiers et de suivre les conditions de leur écoulement sur le marché.

Direction de la Production

Composée du sous-directeur de la production, et regroupe les services installation et nettoyage, ce service s'occupe :

- Le suivi quotidien des produits avec introduction de quelques modifications élémentaires si nécessaire.
- Le maintien du flux permanent des moyens de la production, améliorer la production et la productivité.
- Étudier la possibilité d'introduire de nouveaux produits Ainsi que de prendre des décisions liées au processus de production pour s'assurer que les spécifications requises et les quantités spécifiées répondent aux besoins des consommateurs.

Direction de l'agriculture et de l'élevage

Supervisé par le sous-directeur de l'agriculture et de l'élevage. Ce département s'occupe de la collecte du lait de vache.

La Direction des Finances et de la Comptabilité

La Direction de la Comptabilité Générale et l'Intérêt Financier en sont rattachées, elle est considérée comme le pilier principal de l'institution en raison du rôle effectif qu'elle joue dans le processus de financement des différentes opérations de production. Elle effectue toutes les

opérations financières et comptables, en plus de l'établissement du budget, de la gestion et du contrôle des comptes, elle est également concernée par le processus d'inventaire annuel.

Nous notons qu'il y a une absence de gestion de la chaîne logistique dans la structure organisationnelle et cela est dû à l'absence d'une compréhension de la logistique et des chaînes logistique dans les établissements algériens en général et la laiterie EL Mansourah en particulier. Cela a conduit à un certain manque de coordination entre ces activités.

6. L'approche de travail de l'entreprise

GIPLAIT Al Mansourah est une entreprise à activité économique et commerciale, contribuant de manière significative au développement économique et répondant largement aux exigences des consommateurs, El Mansourah GIPLAIT combine plusieurs fonctions d'achat, de production et de vente. La laiterie GIPLAIT se préoccupe également de la qualité et de la sécurité du lait et des produits laitiers, car elle prend soin de la sécurité, de la santé des consommateurs et de la fidélisation de la clientèle. elle a donc mis en place un laboratoire de contrôle qualité à toutes les étapes de la chaîne production, en commençant par tester les matières premières issues de la poudre de lait et du lait cru de vache ainsi que l'eau, et leur conformité aux spécifications des normes internationales jusqu'à la réalisation d'un contrôle des sorties finales en effectuant des tests sur des échantillons des unités produites et en testant leur disponibilité sur les spécifications et caractéristiques requises pour être disponibles dans les produits finaux. Ces contrôles comprennent une analyse physico-chimique et une analyse bactériologique, pour cela, il y a des cadres nationaux qualifiés dans ce domaine pour produire des produits selon les spécifications requises et pour s'assurer que les processus de production se déroulent conformément au plan et sous contrôle total. Pour finir, l'entreprise travaille à la mise en œuvre du système de sécurité alimentaire, ou système d'analyse des risques critiques HACCP.

7. Les produits de l'entreprise

Les objectifs de la laiterie résident dans la production du lait et de ses dérivés pour répondre aux besoins du marché, L'entreprise GIPLAIT Mansourah produisent du lait et ses dérivés qui sont :

- Le lait pasteuriser conditionner (LPC) de 80000 à 90000 litres par jour, composé des sous-produits suivants :
 - Poudre de laits 0% matière grâce.
 - Poudre de laits 26% matière grâce.
- Lait de vache frais : moyenne 15000 litres par jour.
- Lben : 5000 litres par jour, et il se compose de :
- Lait de vache.
- Des ferments spécial pour lben.
- Beurre : par Kg selon la demande.
- La crème fraîche deux gammes :
 - 500 pots (350g) par semaine.
 - 3000 pots (160g) par semaine. Petit suisse : 8000 assiettes par semaine.

8. Les activités de commercialisation et de distribution

8.1. Service à la clientèle

D'après notre entretien personnel avec les gérants, il a été constaté que la laitière s'efforce de fournir ses produits au client au bon moment et au bon endroit avec le bon coût, mais elle dépend encore de la politique de vente personnelle basée sur des hommes non formés. Cela affectera la compétitivité de l'entreprise, en particulier avec l'ouverture économique et avec la présence de concurrents privés qui fournissent des services plus efficaces et de qualité au client.

8.2. Service de transport

C'est un service très important pour le succès de toutes les entreprises économiques privées. Les produits laitiers Mansoura sont des produits sensibles et sont gravement affectés par la qualité du transport, et parce que le service de transport joue un rôle actif dans l'échange et la distribution des produits et le degré d'interdépendance qu'il atteint entre l'entreprise et ses clients, la laiterie El Mansourah comme d'autres entreprises, ils comptent sur ce travail pour répondre aux besoins de production de matières premières, ou pour commercialiser leurs produits finaux, cela se fait de deux manières :

- Par des moyens spéciaux de l'entreprise afin qu'il livre leurs produits aux clients avec lesquels elle a des contrats tels que les établissements militaires.
- Pour le reste des clients, les produits sont livrés par leurs propres camions frigorifiques.

8.3. Service de distribution

La distribution reste un élément déterminant pour la disponibilité du produit sur le marché. Par conséquent, la laiterie GIPLAIT El Mansourah écoule ses produits satisfaisant les besoins et les exigences du marché selon deux modes de distribution ; à savoir, la distribution directe sur la base d'une convention (contrat) entre l'institution productrice et certains établissements, et la distribution indirecte basée sur les intermédiaires.

8.3.1. Distribution directe

La distribution directe est principalement représentée dans la distribution du lait et ses dérivés, et la redistribution de certains produits (revente) tels que certains types de yaourt et de fromage directement aux institutions avec lesquelles ils ont des conventions et des contrats tels que le secteur militaire de défense national MDN (Figure 12), et les points de vente affiliés.



Figure 12 : la distribution directe

8.3.2. Distribution indirecte

En plus de la distribution directe, l'entreprise dépend de la commercialisation des produits pour la distribution indirecte, car elle distribue ses produits sur le marché par les intermédiaire commerciaux (grossistes et détaillants), l'entreprise utilise deux types de canaux de distribution, comme il est indiqué dans la Figure 13 :

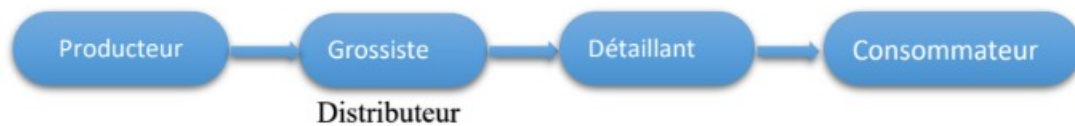


Figure 13 : la distribution indirecte

Ce qu'il faut noter en ce qui concerne la vente du lait, il existe des territoires à part pour chaque unité du groupe GIPLAIT, qui ne peuvent pas être traversés. Quant aux sous-produits et les dérivés laitiers, toutes les unités sont libres de les commercialiser n'importe où.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'entreprise GIPLAIT El Mansourah où nous avons effectués notre stage de fin d'études. Nous avons ensuite détaillé l'organigramme de l'entreprise, les coordinations entre les différents départements avant de passer à l'approche de travail de l'entreprise pour ses produits. En s'intéressant particulièrement au secteur commercial et le service de distribution plus précisément, dans lequel s'est déroulé notre stage. La mission du service de distribution consiste principalement à élaborer pour chaque camion les tournées de distribution du lait. Pour créer un programme de distribution, le service utilise une approche intuitive qui dépend uniquement de l'expérience employé. Dans ce sens, notre objectif est de guider par cette formation de fin d'étude, une nouvelle approche qui consiste à modéliser le cycle de distribution du lait tout en respectant les exigences de l'entreprise et de ses clients. Afin d'obtenir des solutions efficaces à ce problème, nous utilisons des méthodes de solution basées sur la programmation linéaire et les métaheuristiques

CHAPITRE IV :
Optimisation de la
distribution du lait à
l'entreprise GIPLAIT

Introduction

Dans ce chapitre nous allons améliorer la distribution de l'entreprise Giplait par régions avec des outils qu'on a déjà vu dans le chapitre 1 et 2, avec l'aide d'un modèle mathématique qui s'adapte aux besoins de l'entreprise.

Après avoir exposé des données et expliqué comment les activités de livraison sont gérées pour GIPLAIT El Mansourah. Enfin, nous présentons et interprétons les résultats en démontrant les améliorations apportées par la méthode.

1. Description des activités de distribution de l'entreprise

L'entreprise GIPLAIT commercialise ses produits, avec deux types de distribution :

La distribution directe et indirecte.

- En ce qui concerne la distribution indirecte, l'entreprise ne se préoccupe pas de préciser le parcours du distributeur et son travail se limite à préciser la zone de distribution pour chaque Distributeur.
 - Distribution directe, c'est l'une des tâches du service transport de l'entreprise, où elle distribue ses produits aux ses propres points de vente, qui sont des points spécifiques ainsi que les établissements avec lesquelles elle a des contrats et des conventions, qui sont des institutions du militaire de défense national.
- Notre but vise à améliorer les cycles de distribution pour les clients de la wilaya de Tlemcen et ces environs, le processus de distribution est effectué par des camions frigorifiques de capacités différentes.

2. L'objectif de notre étude

Notre objectif est de planifier efficacement la distribution du lait LPC (lait pasteurisé conditionné) pour l'entreprise GIPLAIT. Comme précédemment mentionné, la livraison du lait LPC est effectuée par les clients, et non par l'entreprise elle-même. Dans notre étude, nous considérons les distributeurs comme nos clients et traitons chaque région de distribution comme une entité cliente distincte. Ainsi, notre objectif est d'optimiser la

planification en déterminant le nombre optimal de camions, en choisissant les types appropriés, et en minimisant les distances de livraison afin de réduire les coûts de distribution. En optimisant les itinéraires de livraison vers les différentes régions, nous visons à améliorer l'efficacité et la rentabilité de la chaîne logistique de l'entreprise.

3. Données du cas étudié

3.1. Les camions utilisés

Les types des camions qu'on va utiliser dans notre étude :

- Hyundai hd35 frigorifique (capacité 2000 litres)
- Hyundai hd65 frigorifique (capacité 3500 litres)
- Mitsubishi 4.5 tonnes frigo carrier (capacité de 4500 litres)
- Hyundai hd72 frigorifique (capacité 5000 litres)
- Hyundai hd78 frigorifique (capacité 5500 litres)
- Hyundai hd120 frigorifique (capacité 6000 litres)
- Hyundai hd120 frigorifique (capacité 7000 litres)

Il est noté que les coûts d'utilisation des camions varient en fonction du type de camion utilisé :

- Les camions de capacité entre 2000 et 3500 sont de cout : 1.
- Entre 4500, 5000 et 5500 avec un cout de : 2.
- Entre 6000 et 7000, le cout utilisé : 3.

Le nombre de camion se variée en fonction de la quantité de lait produite chaque jour. Lors des journées de forte demande, nous avons besoin d'un grand nombre de camions, tandis que certains jours où la charge est moins importante, nous pouvons nous contenter de quelques camions seulement.

3.2. La distance parcourue

La distance parcourue depuis l'entreprise a été calculée en prenant en compte la distance entre l'entreprise et chaque région, multipliée par 2 pour tenir compte du trajet aller-retour. Cependant, une modification a été apportée en regroupant plusieurs régions en une seule. Par conséquent, la distance calculée a été multipliée par le nombre de régions initiales qui ont été fusionnées en une seule région. Cette modification a été effectuée afin de simplifier le calcul de la distance parcourue depuis l'entreprise.

Les jours	Le nombre de camions	La distance parcouru (KM)
1	9	544,2
2	38	1787
3	35	1548,4
4	14	862,4
5	0	0
6	37	1722,4
7	38	1787
8	13	880

Tableau 1 : le nombre de camion et leur distances parcouru de chaque jour

3.3. Les sites de livraison

3.3.1. Les tournées existantes

Koudia, Zenata, Ghazaouet, Tlemcen, Sebaa chioukh, Remchi, bouhlou, sabra, el gor, Sebdou, Hammam boughrara, Beni mester, Mansourah, Chetouane, Hennaya, Amieur, Beni senous, Ain ghoraba, Nedroma, Falaoucen, Sidi abdeli, Ouled Mimoun, Ain youcef, Honaine.



Figure 14 : sites de livraison de l'entreprise Giplait

3.3.2. Segmentation des régions de distribution en plusieurs sites de livraison

Placement des points des livreurs

Tlemcen a une très forte demande en comparant avec les autres villes et aussi par contrainte de capacité des camions que l'entreprise possède dans notre cas on a le plus grand camion peut prendre 7000 litres donc la demande par région ne doit pas dépassée cette capacité.

À l'aide d'un document donnée par l'entreprise qui indique la tournée de chaque livreur et leurs demandes nous avons placé les points de livraison sur google maps de toutes la ville de Tlemcen et en respectant notre contrainte nous avons fait la division par quartier en se basant sur la tournée par zone et pour éviter la charge ou un blocage sur cette chaîne logistique.

L'entreprise Giplait consacre 11 camions pour sa tournée sur la ville de Tlemcen donc 11 livreurs chacun pour une région précise, après avoir collecté les données des tournées de l'entreprise on a placé les points de livraisons de chaque livreur sur google Earth avec une couleur pour chaque région.

Pour les centres de gravité chaque 2 régions adjacente (groupe de 2 couleurs) auront un centre de gravité en commun pour minimiser les camions sauf pour quelqu'un (3 précisément parce que y a une forte demande donc on ne peut pas faire l'union dans ces régions)



Figure 15 : tournée de la ville de Tlemcen (11 régions divisée par couleurs)

Regroupement des régions

Pour les centres de gravité chaque 2 régions adjacente (groupe de 2 couleurs) auront un centre de gravité en commun pour minimiser les camions sauf pour quelqu'un (3 précisément parce que y a une forte demande donc on ne peut pas faire l'union dans ces régions)

Après le regroupement des régions adjacentes avec des petites charge de demande et respectant la contrainte de capacité des camions, le résultat de division est 7 régions de livraison or que Les noms des 7 régions de Tlemcen avec la clé pour lire la carte :

- Les points en Gris et en rouge : **Kalaa**
- Bleu turquoise et violet : **Kiffane**
- Blue et blanc : **Sidi Said**
- Orange : **Bouguen**
- Rose claire et mauve : **B-Oujlida**

- Marron : **Tlemcen-CHET**
- Vert clair : **Beni Boublène**

la figure ci-dessous montre les points de livraisons de la ville de Tlemcen avec les centre de gravité de la nouvelle tournée, les grande balises représente les centres de gravité (Giplait est localisé par la grande balise en noir).

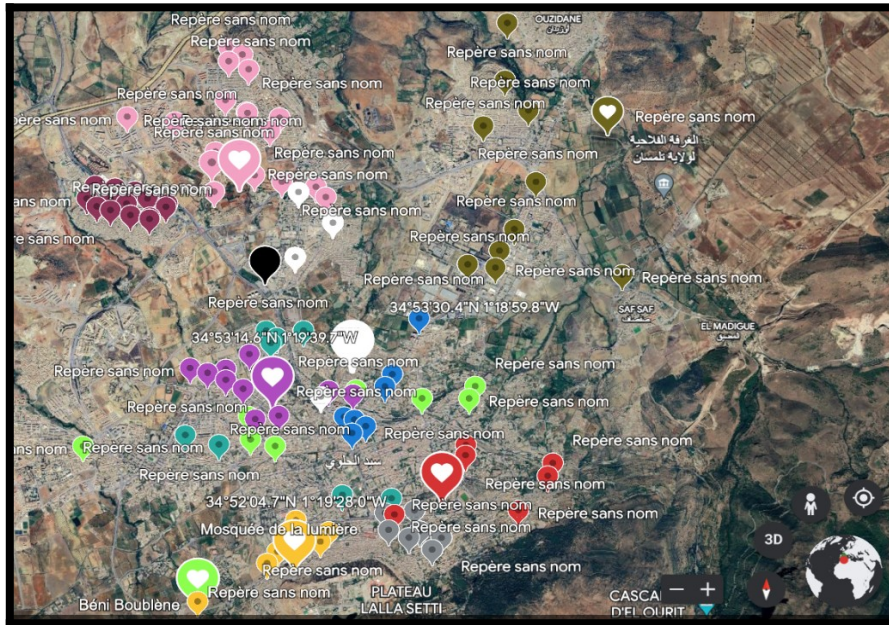


Figure 16 : les points de livraisons de la ville de Tlemcen avec les centre de gravité de la nouvelle tournée

Les centres de gravités

On a trouvé une nouvelle tournée sur Tlemcen toute en respectant la capacité des camions on a eu les 7 centre de gravité suivants :

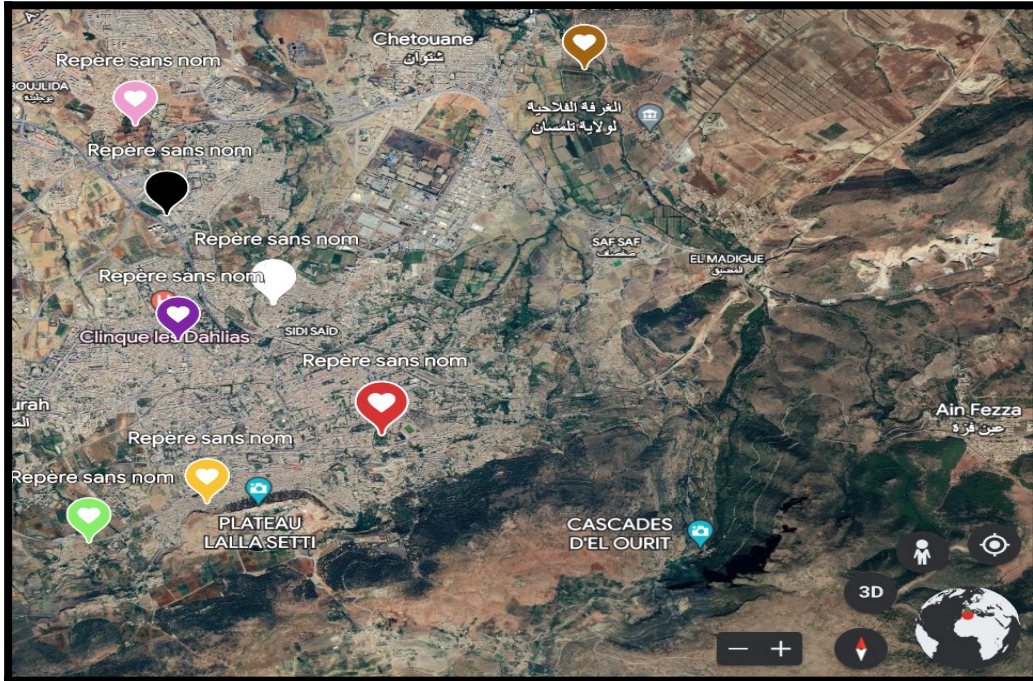


Figure 17 : centre de gravité des 7 zones de Tlemcen

- Pareil pour Maghnia nous l'avons divisé en 2 zones (est et ouest)



Figure 18 : Sites de distribution Maghnia

- **Remarque :**

Tout ce travail est fait pour avoir les centres de gravité des 7 zones de Tlemcen et des 2 zones de Maghnia pour pouvoir remplir la matrice de distance.

Concernant les autres zones de distribution hors Tlemcen nous avons calculer les distances entre eux a l'aide de google maps en prenant les centre de gravité par défauts.

3.4. Les demandes

Nous avons fait l'études selon les demandes de la première semaine du mois de mai du 1^{er} au 8 et pendant cette semaine Y'a eu des journées avec un pique sur les commandes par exemple le 6 et le 7 et d'autres journée moins chargée comme le 1^{er} du mois, voici le tableau avec toutes les demandes des régions.

- **Remarque :**

Les demandes de la région de Tlemcen et Maghnia était trop importantes et hors capacité pour les camions après la division nous avons divisé les demandes pour qu'elle puisse être réalisable c'est à dire moins de 7000 litres par régions car on aura une contrainte sur les camions sinon.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Kalaa	0	3200	3100	0	0	3300	3300	0
Boudghen	0	2000	2000	0	0	1800	2000	0
Beni boublen	5000	5000	5000	5000	0	5000	5000	5000
Sidi Said	0	3400	3300	0	0	3100	3100	0
Kiffane	0	4800	5000	0	0	4300	4300	0
Tlemcen-Chet	3000	5000	5000	3000	0	5000	5000	3000
B-Oujlida	0	6000	5500	0	0	5000	5000	0
Sebaa Chioukh	2500	2500	2000	2500	0	1500	2500	2500
Remchi	4000	4000	4000	0	0	3500	3500	3500
Bouhlou	0	2500	2000	0	0	1600	1500	
Sabra	5000	5000	5000	5000	0		5000	5000
El gor	2500	2500	0	2500	0	2500	2500	2500
Sebdou	5000	5000	0	5000	0	5000	5000	5000
Hamam Boughrara	0	2000	2000	0	0	1500	1500	0
Maghnia Est	0	0	5000	5000	0	0	0	5000
Maghnia Ouest	0	3000	2500	2500	0	2200	2000	2300
Beni mester	0	2600	2000	0	0	1600	1500	0
Mansourah	0	3100	2800	1236	0	2500	2500	0
Chetouane	0	4800	4300	3000	0	3800	3800	0
Hennaya	0	5300	5500	0	0	5000	5000	0
Zenata	0	3000	2000	0	0	1800	1500	0
Amieur	0	2500	2000	0	0	1700	1500	0
Beni Snous	0	2000	1300	0	0	1500	1500	0
Ain Ghoraba	0	2000	1300	0	0	1000	1200	0

Nedroma	0	2500	2000	2000	0	2000	2000	2000
Fellaoucen	0	2500	2200	0	0	1500	2000	0
Ghazaouet	0	3000	2000	0	0	1500	0	0
Sidi Abdeli	3000	2500	0	3000	0	3000	3000	0
Ouled Mimoun	5000	5000	0	5000	0	5000	5000	0
Ain Youcef	0	2800	2500	0	0	1500	0	0
Honaine	0	2500	1600	0	0	1500	0	0
Beni-Ouarsous	0	3000	2300	0	0	2500	0	0

Tableau 2 : Données distribution des régions durant une semaine

3.5. La matrice de distance

Comme précédemment mentionné, notre objectif est de livrer le produit dans toutes les régions de la wilaya de Tlemcen. Après avoir localisé les points sur Google Earth et calculé les centres de gravité, nous avons obtenu une matrice des 33 régions dans lesquelles l'entreprise effectue ses livraisons.

CHAPITRE IV : Optimisation de la distribution de l'entreprise GIPLAIT

Les régions	Giplait	Kalaa	Bou-dghen	Beni boublée	Sidi said	Kiffane	Tlemcen - CHET	B-oujlida	Sebaa chioukh	Remchi	Bouhlou	Sabra	Elgor	Sebdou	Hamam boughrar	Maghnia est	Maghnia ouest
Giplait	0	4,8	5	6,1	2,6	2,1	6,5	3,1	37	22	61	32	54	39	38	49	57
Kalaa	4,8	0	2,3	4,2	3,5	3,5	8,5	8,5	40	26	38	29	52	37	42	53	61
Boudghen	5	2,3	0	2,1	4,1	2,9	11	8,7	43	29	37	27	50	35	45	56	64
Beni boublène	6,1	4,2	2,1	0	5,7	4,5	11	10	42	28	35	26	48	33	43	50	63
Sidi said	2,6	3,5	4,1	5,7	0	2	5,8	4,5	38	24	39	30	53	38	40	51	59
Kiffane	2,1	3,5	2,9	4,5	2	0	7	5,9	38	23	37	28	52	37	40	50	59
Tlemcen- CHET	6,5	8,5	11	11	5,8	7	0	5,7	41	26	44	35	61	46	41	52	60
B-oujlida	3,1	8,5	8,7	10	4,5	5,9	5,7	0	36	21	40	31	57	42	37	48	56
Sebaa chioukh	37	40	43	42	38	38	41	36	0	19	63	55	95	81	49	60	69
Remchi	22	26	29	28	24	23	26	21	19	0	50	41	76	61	36	47	57
Bouhlou	61	38	37	35	39	37	44	40	63	50	0	9,1	71	55	29	23	25
Sabra	32	29	27	26	30	28	35	31	55	41	0	75	60	20	24	26	
El Gor	54	52	50	48	53	52	61	57	95	76	71	75	0	19	92	82	84
Sebdou	39	37	35	33	38	37	46	42	81	61	55	60	19	0	78	65	67
Hamam Boughrara	38	42	45	43	40	40	41	37	49	36	29	20	92	78	0	12	15
Maghnia est	49	53	56	50	51	50	52	48	60	47	23	24	82	65	12	0	3,3
Maghnia ouest	57	61	64	63	59	59	60	56	69	57	25	26	84	67	15	3,3	0
Beni Mester	16	13	11	9,7	13	12	19	15	47	28	26	17	59	44	37	40	43
Mansourah	6,4	5	3,7	2,8	3,9	2,6	9,4	5,4	44	25	35	26	52	37	41	63	60
Chetouane	7	8,9	11	11	6,2	7,5	17	7,8	46	27	46	37	63	48	44	55	62
Hennaya	11	12	15	14	10	9,6	11	7,4	33	14	49	30	63	48	38	49	56
Zenata	18	22	24	23	19	19	21	17	32	19	37	28	72	57	33	44	54
Amieur	33	23	26	32	20	24	17	26	36	27	65	56	30	67	59	60	77
Beni Senous	43	41	39	37	42	41	50	46	84	65	26	35	45	26	44	36	38
Ain Ghoraba	28	26	24	23	27	26	35	31	70	50	45	37	30	14	63	55	57
Nedroma	56	60	63	62	58	58	59	55	54	40	53	53	110	96	35	30	31
Felaoucen	37	41	43	42	39	38	40	36	34	21	42	33	91	76	21	32	42
Ghazaouet	68	72	74	73	70	69	71	67	66	52	71	69	122	107	50	45	46
Sid abedli	41	37	47	46	38	42	36	40	40	53	79	69	74	70	67	78	85
Ouled Mimoun	35	32	34	36	33	34	30	34	63	65	73	61	51	47	70	82	89
Ain Youcef	21	25	27	26	23	22	24	20	27	8	46	37	75	60	43	55	65
Honaine	57	61	64	63	59	59	61	57	44	35	71	62	111	97	56	64	78
Beni ouarssous	34	38	41	40	36	36	39	33	32	18	48	39	89	74	34	45	55

Tableau 3 : matrice de distance des régions de distribution (partie 1)

CHAPITRE IV : Optimisation de la distribution de l'entreprise GIPLAIT

Les régions	Beni mester	Mansourah	Chetouane	Hennaya	Zenata	Amieur	Beni snous	Ain ghraba	Nedroma	Felaoucen	Ghazaouet	Sid abdeli	Ouled mimoun	Ain youcef	Honaine	Beni ouarssous
Giplait	16	6,4	7	11	18	33	43	28	56	37	68	41	35	21	57	34
Kalaa	13	5	8,9	12	22	23	41	26	60	41	72	37	32	25	61	38
Boudghen	11	3,7	11	15	24	26	39	24	63	43	74	47	34	27	64	41
Beni boublène	9,7	2,8	11	14	23	32	37	23	62	42	73	46	36	26	63	40
Sidi said	13	3,9	6,2	10	19	20	42	27	58	39	70	38	33	23	59	36
Kiffane	12	2,6	7,5	9,6	19	24	41	26	58	38	69	42	34	22	59	36
Tlemcen- CHET	19	9,4	17	11	21	17	50	35	59	40	71	36	30	24	61	39
B-oujlida	15	5,4	7,8	7,4	17	26	46	31	55	36	67	40	34	20	57	33
Sebaa chioukh	47	44	46	33	32	36	84	70	54	34	66	40	63	27	44	32
Remchi	28	25	27	14	19	27	65	50	40	21	52	53	65	8	35	18
Bouhlou	26	35	46	49	37	65	26	45	53	42	71	79	73	46	71	48
Sabra	17	26	37	30	28	56	35	37	53	33	69	69	61	37	62	39
El gor	59	52	63	63	72	30	45	30	110	91	122	74	51	75	111	89
Sebdou	44	37	48	48	57	67	26	14	96	76	107	70	47	60	97	74
Hamam boughrara	37	41	44	38	33	59	44	63	35	21	50	67	70	43	56	34
Maghnia est	40	63	55	49	44	60	36	55	30	32	45	78	82	55	64	45
Maghnia ouest	43	60	62	56	54	77	38	57	31	42	46	85	89	65	78	55
Bni mester	0	9,6	19	14	22	39	47	33	54	34	73	53	44	26	60	40
Mansourah	9,6	0	11	11	20	30	40	26	59	40	71	43	37	23	60	37
Chetouane	19	11	0	11	21	17	50	35	59	40	71	35	31	24	60	37
Hennaya	14	11	11	0	9,5	23	51	37	48	29	60	40	51	13	49	26
Zenata	22	20	21	9,5	0	32	60	46	39	20	51	49	60	12	40	17
Amieur	39	30	17	23	32	0	64	50	79	48	91	20	38	20	62	64
Beni snous	47	40	50	51	60	64	0	20	66	64	84	84	73	64	98	77
Ain ghraba	33	26	35	37	46	50	20	0	85	65	96	69	58	49	86	63
Nedroma	54	59	59	48	39	79	66	85	0	20	17	87	97	54	36	32
Felaoucen	34	40	40	29	20	48	64	65	20	0	36	67	78	28	35	12
Ghazaouet	73	71	71	60	51	91	84	96	17	36	0	99	110	61	44	44
Sid abdli	53	43	35	40	49	20	84	69	87	67	99	0	23	30	77	67
Ouled mimoun	44	37	31	51	60	38	73	58	97	78	110	23	0	52	89	66
Ain youcef	26	23	24	13	12	20	64	49	54	28	61	30	52	0	43	26
Honaine	60	60	60	49	40	62	98	86	36	35	44	77	89	43	0	23
Beni ouarssous	40	37	37	26	17	64	77	63	32	12	44	67	66	26	23	0

Tableau 4 : matrice de distance des régions de distribution (partie 2)

4. Approche de résolution

4.1. Le problème linéaire

Le problème de tournée de véhicule étudié dans ce chapitre est basé sur les conditions suivantes :

- ❖ Chaque véhicule doit réaliser un unique itinéraire, Le trajet commence et se termine au dépôt, qui est à la fois le point de départ et le point d'arrivée final.
- ❖ La demande maximale de chaque client par jours ne doit pas dépasser la capacité du grand véhicule utilisée.
- ❖ La charge totale du véhicule pendant le circuit ne doit pas dépasser sa capacité.
- ❖ Chaque client, à l'exception du dépôt, est visité exactement une fois et une seule lors du circuit.

4.2. Le modèle mathématique

➤ **Les paramètres :**

- N : le nombre des clients. C : le nombre des camions.
- $n = 1 \dots N$: ensemble des sites de livraison (clients) dont l'usine c'est le client 1.
- $K = \{1 \dots C\}$: ensemble des camions.
- dis_{ij} , $\forall (i,j) \in n * n$: la distance entre client i et j
- d_j : demande de client j ($d_1=0$).
- cap_k , $k \in K$: capacité de camion c .
- $Cout_k$, $k \in K$: cout de camion c .

➤ **Les variables de décision :**

- $x_{ijk} = \{1 \text{ si } i,j \text{ est parcouru par le vehicule } k \ 0 \text{ sinon} ; \forall i,j \in n * n \forall k \in K$
- $z_k = \{1 \text{ si le camion } k \text{ est selectionée } 0 \text{ sinon} ; \forall k \in K$
- u_{ik} : l'ordre de site i visiter par camion k

- *distance* : distance parcourue totale

➤ **Fonction objective :**

$$\text{minimise } \sum_{k \in K} \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} x_{ijk} \times \text{dis}_{ij} \times \text{cout}_k \quad (*)$$

➤ **Les contraintes :**

$$\sum_{k \in K} \sum_{i \in N} x_{ijk} = 1, \forall j \in n \setminus \{1\} \quad (1)$$

$$x_{ijk} \leq z_k; \forall i, j \in n * n \forall k \in K \quad (2)$$

$$\sum_{j \in n} x_{1jk} = z_k; \forall k \in K \quad (3)$$

$$\sum_{j \in n \setminus \{i\}} x_{ijk} = \sum_{p \in n} x_{pik}; \forall i \in n \forall k \in K \quad (4)$$

$$\sum_{i \in n} \sum_{j \in n \setminus \{1\}} d_j \times x_{ijk} \leq z_k \times \text{cap}_k, \forall k \in K \quad (5)$$

$$\sum_{i \in n} \sum_{j \in n \setminus \{1\}} d_j \times x_{ijk} \geq 0.4 \times z_k \times \text{cap}_k, \forall k \in K \quad (6)$$

$$\sum_{i \in n} \sum_{j \in n \setminus \{1\}} d_j \times x_{ijk} \leq 0.9 \times z_k \times \text{cap}_k, \forall k \in K \quad (7)$$

$$u_{ik} - u_{jk} \leq (-N) \times x_{ijk} + N - 1; \forall i \in n \forall j \in n \setminus \{1\} \forall k \in K \quad (8)$$

$$\sum_{k \in K} z_k \leq w \quad (9)$$

$$x_{ijk} \in \{0, 1\}; \forall i, j \in n \forall k \in K \quad (10)$$

$$z_k \in \{0, 1\}; \forall k \in K \quad (11)$$

$$\text{distance} = \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \sum_{k \in K} x_{ijk} \times \text{dis}_{ij} \quad (12)$$

4.3. Explication de modèle mathématiques

- ❖ Dans la fonction objective (*), on sert à minimiser la distance parcourue par les camions entre les clients
- ❖ *La contrainte 1* : pour que chaque client doit être visité une seule fois.
- ❖ *La contrainte 2* : chaque site doit être visité par un seul camion.
- ❖ *La contrainte 3* : Cela indique la contrainte de limitation des tournées des véhicules, ce qui signifie que chaque tournée de camion se termine au point de départ, c'est-à-dire à l'usine.
- ❖ *La contrainte 4* : la contrainte de la continuité de route, Cela signifie que chaque véhicule qui visite un client doit ensuite partir pour en visiter un autre.
- ❖ *Les contraintes 6 et 7* : Ces sont des restrictions de capacité qui doivent être respectées pour n'importe quel véhicule. L'une représente la capacité maximale du camion qui ne doit pas être dépassée, tandis que l'autre contrainte concerne le remplissage minimum de la capacité du camion afin d'éviter qu'il ne parte avec une charge partiellement vide. Cela constitue une solution visant à réduire le nombre de camions nécessaires
- ❖ *La contrainte 8* : Pour annuler les sous-tours
- ❖ *La contrainte 9* : c'est pour sélectionner le nombre maximal des camions utilisées
- ❖ *Les contraintes 10 et 11* : pour les variables binaires
- ❖ *La contrainte 12* : pour calculer la distance parcourue totale

4.4. CPLEX Optimisation Studio

CPLEX Optimization Studio est une suite logicielle puissante qui combine des solveurs avancés, un langage de modélisation convivial et un environnement de développement intégré pour résoudre des problèmes d'optimisation complexes dans divers domaines d'application.

La structure de CPLEX Optimization Studio comprend plusieurs composants clés, tels que :

- ❖ IBM ILOG CPLEX : Il s'agit d'un solveur d'optimisation puissant qui utilise des algorithmes sophistiqués pour résoudre des problèmes d'optimisation linéaire, non linéaire, mixte-entier, quadratique, convexe et de programmation par contraintes.

- ❖ Optimization Programming Language (OPL) : C'est un langage de modélisation mathématique fourni avec CPLEX Optimization Studio. OPL permet aux utilisateurs de définir les problèmes d'optimisation en utilisant une syntaxe intuitive et expressive.
- ❖ CPLEX Studio IDE : Il s'agit d'un environnement de développement intégré qui offre une interface graphique conviviale pour modéliser, résoudre et analyser les problèmes d'optimisation. CPLEX Studio IDE permet aux utilisateurs de formuler les modèles, de configurer les paramètres de résolution, d'afficher les résultats et d'analyser les performances des solutions.

Un projet OPL est composé de cinq types de fichiers distincts :

Fichier de projet (.project) : Il s'agit d'un fichier principal qui représente le projet dans son ensemble. Il peut contenir des informations sur le nom du projet, les ressources utilisées et d'autres paramètres généraux.

Fichier de modèle (.mod) : Ce fichier contient la définition du modèle d'optimisation lui-même. Il contient les variables, les contraintes et les objectifs du problème d'optimisation formulé en utilisant le langage de modélisation OPL.

Fichier de données facultatif (.dat) : Ce fichier est utilisé pour spécifier les données spécifiques nécessaires pour résoudre le modèle d'optimisation. Il peut contenir des valeurs numériques, des paramètres, des constantes ou d'autres informations pertinentes.

Fichier de paramètres facultatif (.ops) : Ce fichier est utilisé pour définir des paramètres supplémentaires qui influencent le comportement de la résolution du modèle. Il peut inclure des options de résolution, des préférences d'affichage, des seuils de tolérance, etc.

Fichier de configuration d'exécution (.oplproject) : Ce fichier contient des informations sur la configuration spécifique de l'exécution du projet, tels que les chemins d'accès aux fichiers, les options de compilation, les paramètres de résolution et d'autres détails liés à l'exécution du modèle.

Ces différents fichiers sont utilisés ensemble pour définir, résoudre et analyser un problème d'optimisation dans un projet OPL. Ils permettent de séparer clairement la structure du modèle, les données nécessaires, les paramètres de résolution et les informations de configuration, facilitant ainsi la gestion et la modification du projet.

5. Présentation des résultats

On va présenter les résultats obtenus par nos méthodes appliquées dans ce chapitre pour résoudre le problème tourné de véhicule de GIPLAIT Mansourah dans le réseau de distribution du lait dans la wilaya de Tlemcen dans les 31 régions sélectionnées dans les 7 instances (01,02,03,04,06,07 et 8 mai).

Le choix de méthode de résolution était par rapport la charge de la demande et du nombre de clients (les différentes régions de distribution). Une approche a consisté à diviser les instances en deux catégories distinctes :

❖ *Les petites instances*

❖ *Les grandes instances*

Cette approche permettait d'adapter les méthodes de résolution en fonction de la taille des instances, en utilisant des techniques spécifiques pour chaque catégorie. Le CPLEX a été employé pour les petites instances, tandis que la métaheuristique du recuit simulé a été appliquée aux grandes instances.

5.1. Les petites instances

Les petites instances dans notre calendrier sont les jours (1,4 et 8), et ils sont exécutées par le solver *CPLEX Optimisation studio* mentionné au-dessus.

Remarque :

Afin d'optimiser la sélection des camions répondant aux demandes des clients, un grand nombre de camions de chaque type a été fourni au CPLEX. Ceci visait à maximiser les chances d'obtenir la combinaison adéquate de camions pour satisfaire les exigences des clients de manière efficace et efficiente. Les 27 camions fournis sont répertoriés dans l'ordre suivant :

```
cap=[2000, 2000, 2000, 3500, 3500, 3500, 3500, 3500, 4500, 4500, 4500, 4500, 4500, 4500, 5000, 5000, 5000, 5000, 5500, 5500, 5500, 5500, 6000, 6000, 6000, 6000, 7000, 7000];
```

Figure 19 : les 27 camions fournis

❖ Résultats :

Le chemin de distribution obtenue + la fonction objective + la distance parcourue :

• **Jour 1 :**

Le camion	Capacité	Le chemin parcouru
<i>Camion 4</i>	<i>3500</i>	<i>Giplait -> El Gor -> Giplait</i>
<i>Camion 8</i>	<i>3500</i>	<i>Giplait -> Sebaa El Chioukh -> Giplait</i>
<i>Camion 15</i>	<i>5000</i>	<i>Giplait -> Remchi -> Giplait</i>
<i>Camion 23</i>	<i>6000</i>	<i>Giplait -> Beni boublène -> Giplait</i>
<i>Camion 24</i>	<i>6000</i>	<i>Giplait -> Sebdou -> Giplait</i>
<i>Camion 25</i>	<i>6000</i>	<i>Giplait -> Sebra -> Giplait</i>
<i>Camion 26</i>	<i>7000</i>	<i>Giplait -> Ouled Mimoun -> Giplait</i>
<i>Camion 27</i>	<i>7000</i>	<i>Giplait -> Tlemcen-CHET -> Giplait</i>

La distance totale	533 KM
Le cout	1192,5
Nombre de camion	8 camions

Tableau 5 : Table des résultats du jour 1

• **Jour 4 :**

Le camion	Capacité	Le chemin parcouru
<i>Camion 4</i>	<i>3500</i>	<i>Giplait -> Chetouane -> Giplait</i>
<i>Camion 6</i>	<i>3500</i>	<i>Giplait -> Tlemcen-CHET -> Giplait</i>
<i>Camion 7</i>	<i>3500</i>	<i>Giplait -> El Gor -> Giplait</i>
<i>Camion 19</i>	<i>5500</i>	<i>Giplait -> Maghnia ouest->Nedroma -> Giplait</i>
<i>Camion 20</i>	<i>5500</i>	<i>Giplait -> Sidi Said -> Giplait</i>
<i>Camion 22</i>	<i>6000</i>	<i>Giplait -> Beni boublène -> Giplait</i>
<i>Camion 23</i>	<i>6000</i>	<i>Giplait -> Sebdou -> Giplait</i>
<i>Camion 24</i>	<i>6000</i>	<i>Giplait -> Ouled Mimoun -> Giplait</i>
<i>Camion 25</i>	<i>6000</i>	<i>Giplait -> Maghnia est-> Giplait</i>
<i>Camion 26</i>	<i>7000</i>	<i>Giplait -> Sebra -> Mansourah -> Giplait</i>
<i>Camion 27</i>	<i>7000</i>	<i>Giplait ->Sebaa El Chioukh -> Sidi Abdeli -> Giplait</i>
La distance totale	725 KM	
Le cout	749,5	
Nombre de camion	11 camions	

Tableau 6 : Table des résultats du jour 4

• Jour 8 :

Le camion	Capacité	Le chemin parcouru
Camion 4	3500	Giplait -> Sidi Abdeli -> Giplait
Camion 7	3500	Giplait -> Tlemcen-CHET -> Giplait
Camion 8	3500	Giplait -> El Gor -> Giplait
Camion 18	5000	Giplait -> Maghnia ouest->Nedroma -> Giplait
Camion 22	6000	Giplait -> Maghnia est-> Giplait
Camion 23	6000	Giplait -> Beni boublène -> Giplait
Camion 24	6000	Giplait -> Sebdou -> Giplait
Camion 25	6000	Giplait -> Ouled Mimoun -> Giplait
Camion 26	7000	Giplait -> Remchi -> Sebaa El Chioukh -> Giplait
Camion 27	7000	Giplait -> Sebra -> Sidi Said -> Giplait

La distance totale	725 KM
Le cout	749,5
Nombre de camion	10 camions

Tableau 7 : Table des résultats du jour 8

5.2. Les grandes instances

Pour les grandes instances de notre problème (jours 2, 3, 6 et 7), il était impossible de trouver des résultats avec CPLEX. Par conséquent, nous avons utilisé la métaheuristique Recuit Simulé pour élaborer les tournées de distribution. Pour cela, nous avons utilisé le programme du recuit simulé développé par (Brahmi, 2020)

Pour les camions, le groupe des camions utilisés pour les petites instances, les mêmes camions ont été fournis.

```
cap=[2000, 2000, 2000, 3500, 3500, 3500, 3500, 3500, 4500, 4500, 4500, 4500, 4500, 4500, 4500, 5000, 5000, 5000, 5000, 5000, 5500, 5500, 5500, 5500, 6000, 6000, 6000, 6000, 7000, 7000];
```

Figure 20 : les 27 camions fournis

Exception Dans le jour 2 où un camion de capacité 2000 a été remplacé par un camion de capacité 3500. Cette modification a été apportée afin de mieux répondre aux exigences spécifiques de ce jour-là

❖ Résultats :

Le chemin de distribution obtenue + la fonction objective + la distance parcourue :

• **Jour 2 :**

Le camion	Capacité	Le chemin parcouru
<i>Camion 2</i>	<i>2000</i>	<i>Giplait -> Beni Senous -> Giplait</i>
<i>Camion 3</i>	<i>3500</i>	<i>Giplait -> Kalaa -> Giplait</i>
<i>Camion 4</i>	<i>3500</i>	<i>Giplait -> Sebaa El Chioukh -> Giplait</i>
<i>Camion 5</i>	<i>3500</i>	<i>Giplait -> Bouhlou -> Giplait</i>
<i>Camion 6</i>	<i>3500</i>	<i>Giplait -> El-Gor -> Giplait</i>
<i>Camion 7</i>	<i>3500</i>	<i>Giplait -> Maghnia-ouest -> Giplait</i>
<i>Camion 8</i>	<i>3500</i>	<i>Giplait -> Beni Mester -> Giplait</i>
<i>Camion 9</i>	<i>4500</i>	<i>Giplait -> Remchi -> Giplait</i>
<i>Camion 10</i>	<i>4500</i>	<i>Giplait -> Mansourah -> Giplait</i>
<i>Camion 11</i>	<i>4500</i>	<i>Giplait -> Zennata -> Giplait</i>
<i>Camion 12</i>	<i>4500</i>	<i>Giplait -> Amieur -> Ain Ghoraba -> Giplait</i>
<i>Camion 13</i>	<i>4500</i>	<i>Giplait -> Nedroma -> Hammam Boughrara -> Giplait</i>
<i>Camion 14</i>	<i>4500</i>	<i>Giplait -> Felaoucen -> Giplait</i>
<i>Camion 15</i>	<i>5000</i>	<i>Giplait -> Boudghen -> Giplait</i>
<i>Camion 16</i>	<i>5000</i>	<i>Giplait -> Beni boublène -> Giplait</i>
<i>Camion 17</i>	<i>5000</i>	<i>Giplait -> Sidi Said -> Giplait</i>
<i>Camion 18</i>	<i>5000</i>	<i>Giplait -> Kiffane -> Giplait</i>
<i>Camion 19</i>	<i>5500</i>	<i>Giplait -> Tlemcen-CHET -> Giplait</i>
<i>Camion 20</i>	<i>5500</i>	<i>Giplait -> Sebra -> Giplait</i>
<i>Camion 21</i>	<i>5500</i>	<i>Giplait -> Sebdou -> Giplait</i>
<i>Camion 22</i>	<i>6000</i>	<i>Giplait -> B-Oujlida -> Giplait</i>
<i>Camion 23</i>	<i>6000</i>	<i>Giplait -> Chetouane -> Giplait</i>
<i>Camion 24</i>	<i>6000</i>	<i>Giplait -> Hennaya -> Giplait</i>
<i>Camion 25</i>	<i>6000</i>	<i>Giplait -> Ghazaouet -> Sidi Abdeli -> Giplait</i>
<i>Camion 26</i>	<i>7000</i>	<i>Giplait -> Ouled Mimoun -> Giplait</i>
<i>Camion 27</i>	<i>7000</i>	<i>Giplait -> Ain Youcef -> Honaine -> Giplait</i>

La distance totale	1579.3000000000002
Le cout	3055.7999999999997
Nombre de camion	26 camions

Tableau 8 : Table des résultats du jour 2

• **Jour 3 :**

Le camion	Capacité	Le chemin parcouru
<i>Camion 1</i>	2000	<i>Giplait -> Boudghen -> Giplait</i>
<i>Camion 2</i>	2000	<i>Giplait -> Sebaa El Chioukh -> Giplait</i>
<i>Camion 3</i>	2000	<i>Giplait -> Bouhlou -> Giplait</i>
<i>Camion 4</i>	3500	<i>Giplait -> Kalaa-> Giplait</i>
<i>Camion 5</i>	3500	<i>Giplait -> Hamam boughrara -> beni Senous -> Giplait</i>
<i>Camion 6</i>	3500	<i>Giplait -> Maghnia-ouest -> Giplait</i>
<i>Camion 7</i>	3500	<i>Giplait -> Beni Mester -> Ain Ghoraba -> Giplait</i>
<i>Camion 8</i>	3500	<i>Giplait -> Mansourah -> Giplait</i>
<i>Camion 9</i>	3500	<i>Giplait -> Sidi Said -> Giplait</i>
<i>Camion 10</i>	4500	<i>Giplait -> Remchi -> Giplait</i>
<i>Camion 11</i>	4500	<i>Giplait -> Chetouane -> Giplait</i>
<i>Camion 12</i>	4500	<i>Giplait -> Amieur -> Giplait</i>
<i>Camion 13</i>	4500	<i>Giplait -> Nedroma -> Felaoucen -> Giplait</i>
<i>Camion 14</i>	4500	<i>Giplait -> Ghazaouet -> Ain Youcef -> Giplait</i>
<i>Camion 15</i>	4500	<i>Giplait -> Beni boublène -> Giplait</i>
<i>Camion 16</i>	5000	<i>Giplait -> Kiffane -> Giplait</i>
<i>Camion 17</i>	5000	<i>Giplait -> Tlemcen-CHET -> Giplait</i>
<i>Camion 18</i>	5000	<i>Giplait -> sabra -> Giplait</i>
<i>Camion 19</i>	5000	<i>Giplait -> B-Oujlida -> Giplait</i>
<i>Camion 20</i>	5500	<i>Giplait -> Maghnia est -> Giplait</i>
<i>Camion 21</i>	5500	<i>Giplait -> Hennaya -> Giplait</i>
<i>Camion 22</i>	5500	<i>Giplait -> Honaine -> Beni Ouarsous -> Zenata -> Giplait</i>

La distance totale	1270.9000000000003
Le cout	2112.9
Nombre de camion	22 camions

Tableau 9 : Table des résultats du jour 3

• **Jour 6 :**

Le camion	Capacité	Le chemin parcouru
<i>Camion1</i>	2000	<i>Giplait -> Boudghen -> Giplait</i>
<i>Camion 4</i>	3500	<i>Giplait -> Kalaa -> Giplait</i>
<i>Camion 5</i>	3500	<i>Giplait ->Sidi Said -> Giplait</i>
<i>Camion 6</i>	3500	<i>Giplait -> Remchi -> Giplait</i>
<i>Camion 7</i>	3500	<i>Giplait -> El Gor -> Ain Ghoraba -> Giplait</i>
<i>Camion 8</i>	3500	<i>Giplait -> Beni Mester -> Bouhlou -> Giplait</i>
<i>Camion 9</i>	4500	<i>Giplait -> Kiffane -> Giplait</i>
<i>Camion 10</i>	4500	<i>Giplait -> Maghnia ouest -> Beni Senous -> Giplait</i>

Camion 11	4500	Giplait -> Mansourah -> Amieur -> Giplait
Camion 12	4500	Giplait -> Chetouane -> Giplait
Camion 13	4500	Giplait -> Hammam Bouhrara -> Felaoucen -> Giplait
Camion 14	4500	Giplait -> Ain Youcef -> Honaine -> Ghazaouet -> Giplait
Camion 15	5000	Giplait -> Beni Boublène -> Giplait
Camion 16	5000	Giplait -> Tlemcen- CHET -> Giplait
Camion 17	5000	Giplait -> B-Oujlida -> Giplait
Camion 18	5000	Giplait -> Sebdou -> Giplait
Camion 19	5500	Giplait -> Hennaya -> Giplait
Camion 20	5500	Giplait -> Sidi Abdeli -> Zenata -> Giplait
Camion 21	5500	Giplait -> Ouled Mimoun -> Giplait
Camion 22	6000	Giplait -> Nedroma -> Beni Ouarssous -> Sebaa El Chioukh -> Giplait

La distance totale	1245.6000000000001
Le cout	2364.0999999999985
Nombre de camion	20 camions

Tableau 10 : Table des résultats du jour 6

• Jour 7 :

Le camion	Capacité	Le chemin parcouru
Camion 1	2000	Giplait -> Boudghen -> Giplait
Camion 2	2000	Giplait -> Bouhlou -> Giplait
Camion 3	2000	Giplait -> Hammam Bouhrara -> Giplait
Camion 4	3500	Giplait -> Kalaa -> Giplait
Camion 6	3500	Giplait -> Remchi -> Giplait
Camion 7	3500	Giplait -> El Gor -> Giplait
Camion 8	3500	Giplait -> Maghnia ouest -> Beni Mester -> Giplait
Camion 9	4500	Giplait -> Kiffane -> Giplait
Camion 10	4500	Giplait -> Mansourah -> Zenata -> Giplait
Camion 11	4500	Giplait -> Chetouane -> Giplait
Camion 12	4500	Giplait -> Amieur -> Beni snous -> Ain ghoraba -> Giplait
Camion 13	4500	Giplait -> Nedroma -> Felaoucen -> Giplait
Camion 14	4500	Giplait -> Ghazaouet -> Sidi Abdeli -> Giplait
Camion 15	5000	Giplait -> Beni boublène -> Giplait
Camion 16	5000	Giplait -> Tlemcen- CHET -> Giplait
Camion 17	5000	Giplait -> B-Oujlida -> Giplait
Camion 18	5000	Giplait -> Sabra -> Giplait

Camion 19	5500	Giplait -> Sebdou -> Giplait
Camion 20	5500	Giplait -> Hennaya -> Giplait
Camion 21	5500	Giplait -> Ouled Mimoun -> Giplait
Camion 22	6000	Giplait -> Sidi Said -> Giplait
Camion 23	6000	Giplait -> Ain Youcef -> Honaine -> Sebaa El Chioukh -> Giplait
La distance totale	1429.4	
Le coût	2523.4999999999999	
Nombre de camion	22 camions	

Tableau 11 : Table des résultats du jour 7

6. Synthèse de résultats

Les jours		Résultats de tournée existante	Résultats de la nouvelle tournée
Jour 1	La distance (KM)	544,2	533
	Le nombre des camions	9	8
Jour 2	La distance (KM)	1787	1579,3
	Le nombre des camions	38	26
Jour 3	La distance (KM)	1548,4	1270,9
	Le nombre des camions	35	22
Jour 4	La distance (KM)	862,4	725
	Le nombre des camions	14	11
Jour 6	La distance (KM)	1722,4	1245,6
	Le nombre des camions	37	20
Jour 7	La distance (KM)	1787	1429,39
	Le nombre des camions	38	22
Jour 8	La distance (KM)	880	747
	Le nombre des camions	13	10

Tableau 12 : table des synthèses de résultats

7. Analyse et Interprétation des résultats

Les résultats obtenus sont analysés selon deux critères :

7.1. Analyse par rapport aux distances

Il est remarqué que la distance a été minimisée tous les jours, avec une moyenne de **228,744 km** par jour. Le total de la distance parcourue sur les 8 jours de l'étude s'élève à **9 131 km**, calculé entre le dépôt et tous les centres de gravité. Les méthodes utilisées pour résoudre ce

problème linéaire ont permis de réduire cette distance à **7 529,89 km**, ce qui représente une amélioration de **17,53 %**.

7.2. Analyse par rapport au nombre de camions utilisés

Le nombre de camions utilisés varie chaque jour en fonction de la demande. Après avoir résolu le problème linéaire VRP, le nombre de camions a été réduit à **119** sur les 8 jours, en tenant compte de la demande spécifique. Cependant, selon les données, l'entreprise avait utilisé **184 camions** au cours de cette période. Cela signifie que nous avons pu éliminer le besoin de **65 camions** au cours des 8 jours de notre étude.

7.3. Interprétation des résultats

Les critères de distance et de nombre de camions sont essentiels pour réduire les coûts de transport. Une distance minimale parcourue par camion permet de diminuer les dépenses liées au carburant et à l'entretien des véhicules. De plus, en réduisant le nombre de camions nécessaires, on élimine les coûts associés à l'emploi des chauffeurs. En optimisant à la fois la distance parcourue par camion et le nombre de camions utilisés, on peut réaliser des économies significatives dans la gestion des coûts de transport.

Les analyses effectuées en se basant sur ces deux critères confirment que les itinéraires obtenus après la résolution par le CPLEX et la métaheuristique sont améliorés par rapport aux itinéraires utilisés par l'entreprise GIPLAIT.

Conclusion

Dans ce dernier chapitre, nous avons optimisé les tournées de distribution des sachets de lait de l'entreprise Giplait. En utilisant les données disponibles, nous avons appliqué deux approches distinctes : CPLEX et l'algorithme du recuit simulé. Les résultats ont démontré des améliorations significatives par rapport aux méthodes précédentes. En choisissant l'approche adaptée à leurs besoins, l'entreprise peut réduire les coûts de distribution et améliorer son efficacité opérationnelle. Ces résultats prometteurs ouvrent des perspectives pour l'optimisation future des tournées de distribution chez Giplait.

CONCLUSION GENERALE

Le présent travail aborde le problème crucial de la tournée de véhicules, qui constitue l'un des défis fondamentaux dans le domaine de la distribution et a déjà démontré des résultats significatifs dans l'optimisation des chaînes logistiques. Notre intérêt particulier pour cette problématique découle de son rôle essentiel dans l'amélioration de l'efficacité des opérations de distribution.

L'objectif principal de ce mémoire était de planifier de manière économique la distribution des produits laitiers, en réduisant les coûts de livraison tout en garantissant un approvisionnement continu et efficace pour satisfaire les demandes des clients. Cette approche stratégique vise à renforcer la position concurrentielle de l'entreprise sur le marché des produits laitiers.

Dans notre étude, la problématique de distribution a exigé une optimisation spécifique de la construction des tournées de véhicules. Pour relever ce défi, nous avons examiné et présenté différentes méthodes exactes et approchées.

Dans les premiers chapitres, nous avons abordé les concepts généraux de la logistique et exposé l'état de l'art du problème de la tournée de véhicules. Nous avons également présenté les deux méthodes de résolution que nous avons utilisées dans notre étude : les méthodes exactes pour les petites instances et l'algorithme de recuit simulé pour les grandes instances.

La dernière partie de notre travail est dédiée à l'application pratique, représentant une étude de cas industrielle dans laquelle nous avons appliqué nos approches de résolution aux données collectées lors de notre stage au sein de l'entreprise GIPLAIT. Notre objectif était de réaliser une étude approfondie du cas réel de l'entreprise. Nous avons utilisé le solveur CPLEX pour résoudre le programme linéaire, qui convient aux petites instances, tandis que l'algorithme de recuit simulé a été utilisé pour obtenir des résultats satisfaisants pour les grandes instances.

Il est important de noter que chaque entreprise peut présenter ses propres limitations, et notre travail est le fruit de notre apprentissage et de notre expérience acquise tout au long de cette étude.

Bibliographie

- Li, Y., Kergosien, Y., & Billaut, J. C. (2008). Le problème du voyageur de commerce. *Interstices*.
- KHELOUFI, I., & LARBI, I. *Résolution d'un problème combiné localisation et de tournée de véhicules dans une chaîne logistique* (Doctoral dissertation).
- Benantar, A. (2017). *Optimisation pour des problèmes industriels de tournées de véhicules : vers une transition énergétique* (Doctoral dissertation, Normandie Université).
- Rachid, M. H., Ramdane-Cherif, W., Bloch, C., & Chatonnay, P. (2008, March). Classification de problèmes de tournées de véhicules. In *7eme Conférence Internationale de Modélisation et Simulation-MOSIM* (Vol. 8).
- Akli, M. (2013). *Problème de tournées de véhicules avec contraintes et fenêtre de temps* (Doctoral dissertation, UMMTO).
- ILLOUL, Y. (2020). *Optimisation des coûts de collecte du lait pour l'entreprise Danone* (Doctoral dissertation, M. BRAHAMI Mustapha Anwar).
- Newell, A., Shaw, J. C., & Simon, H. A. (1957, February). Empirical explorations of the logic theory machine: a case study in heuristic. In *Papers presented at the February 26-28, 1957, western joint computer conference : Techniques for reliability* (pp. 218-230).
- Hao, J. K., & Solnon, C. (2014). Méta-heuristiques et intelligence artificielle.
- Gardeux, V. (2011). *Conception d'heuristiques d'optimisation pour les problèmes de grande dimension : application à l'analyse de données de puces à ADN* (Doctoral dissertation, Paris Est).
- Benaichouche, A. N. (2014). *Conception de métaheuristiques d'optimisation pour la segmentation d'images : application aux images IRM du cerveau et aux images de tomographie par émission de positons* (Doctoral dissertation, Université Paris-Est).
- Hitchcock, D. B. (2003). A history of the Metropolis–Hastings algorithm. *The American Statistician*, 57(4), 254-257.

- Kirkpatrick, S., Gelatt Jr, C. D., & Vecchi, M. P. (1983). Optimization by simulated annealing. *science*, 220(4598), 671-680.
- Jaoua, M. (2014). *Algorithme de recherche tabou pour la planification optimale d'une campagne marketing sur les moteurs de recherche* (Doctoral dissertation, École Polytechnique de Montréal).
- Merdjaoui, B. (2006). *Optimisation multi-objectif par algorithmes génétiques et approche pareto des paramètres d'usinage sous contraintes des limitations de production* (Doctoral dissertation, Boumerdes, Université M'hamed Bouguerra. Faculté des Sciences de L'ingénieur).
- Housroum, H. (2005). *Une approche génétique pour la résolution du problème VRPTW dynamique* (Doctoral dissertation, Artois).
- Toussaint, H. (2016). Une introduction à OPL et Cplex Studio IDE [Rapport].
- Francois, J. (2007). *Planification des chaînes logistiques: Modélisation du système décisionnel et performance* (Doctoral dissertation, Université Sciences et Technologies-Bordeaux I).
- Kapuscinski, R., & Tayur, S. (1999). Optimal policies and simulation-based optimization for capacitated production inventory systems. *Quantitative Models for Supply Chain Management*, 7-40.
- La Londe, B. J., & Masters, J. M. (1994). Emerging logistics strategies: blueprints for the next century. *International journal of physical distribution & logistics management*.
- Lee, H. L., & Billington, C. (1993). Material management in decentralized supply chains. *Operations research*, 41(5), 835-847.
- Hammami, A. (2003). *Modélisation technico-économique d'une chaîne logistique dans une entreprise réseau* (Doctoral dissertation, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne; Université Laval).
- Giunipero, L. C., Hooker, R. E., Joseph-Matthews, S. A. C. H. A., Yoon, T. E., & Brudvig, S. (2008). A decade of SCM literature: past, present and future implications. *Journal of supply chain management*, 44(4), 66-86.

- Dubois, P. L. (2000). Distribution et logistique: vers un pluralisme méthodologique. *Fabbe-Costes N., Colin J., et Paché G.(éds.), Faire de la recherche en logistique et distribution*, 281-288.
- Dayan, A. (1992). *Manuel de la distribution*. Presses universitaires de France.
- Ganeshan, R., Jack, E., Magazine, M. J., & Stephens, P. (1999). A taxonomic review of supply chain management research. *Quantitative models for supply chain management*, 839-879.
- Brahami, M. (2020). Programme métaheuristiques (recuit simulé) pour le problème de tournées de véhicules (VRP). École supérieure en sciences appliquées de Tlemcen (ESSA-Tlemcen).