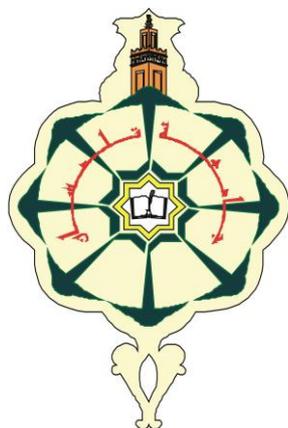


*République Algérienne Démocratique et Populaire*  
*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*

UNIVERSITÉ ABOU-BEKR BELKAÏD - TLEMCEM

FACULTÉ DE TECHNOLOGIE  
DÉPARTEMENT DE GÉNIE ELECTRIQUE ET ELECTRONIQUE  
LABORATOIRE DE PRODUCTIQUE



---

# *Thèse*

présentée en vue de l'obtention du diplôme de  
**Doctorat en Sciences**  
Spécialité : **productique**

*par*

**Fethi BOUDAHRI**



---

---

**Sujet : Conception et Pilotage d'une Chaîne Logistique Agro-alimentaire.**  
**Application: produits de volaille dans la ville de Tlemcen.**

---

---

Soutenue le **14 Mars 2013** devant la commission d'examen :

<b>M.A. CHIKH</b>	<b>Professeur (Université de Tlemcen)</b>	<b>Président du Jury</b>
<b>L. SEKHRI</b>	<b>Maître de Conférences (Université d'Oran)</b>	<b>Examineur</b>
<b>W. NOUBAT</b>	<b>Maître de Conférences (Université d'USTO)</b>	<b>Examineur</b>
<b>A. NEKI</b>	<b>Maître de Conférences (Université de Cergy-Pontoise)</b>	<b>Examineur</b>
<b>M. DAHANE</b>	<b>Maître de Conférences (École d'Ingénieurs de Metz)</b>	<b>Examineur</b>
<b>Z. SARI</b>	<b>Professeur (Université de Tlemcen)</b>	<b>Directeur de Thèse</b>



# Remerciements

*Le travail présenté dans cette thèse a été réalisé au Laboratoire de Productique de Tlemcen (MELT), Faculté de Technologie, Université de Tlemcen.*

*Je tiens à remercier profondément Monsieur SARI Zaki, Professeur à l'Université de Tlemcen et Directeur du Laboratoire de Productique de Tlemcen (MELT), tout d'abord, pour m'y avoir accueilli et offert les moyens techniques nécessaires au bon déroulement de ma thèse puis pour bien vouloir diriger ce travail, je lui en serais sans cesse reconnaissant.*

*J'adresse également mes plus vifs remerciements à Monsieur CHIKH Mohammed Amine, Professeur à l'Université de Tlemcen, pour m'avoir fait l'honneur de présider le jury de ma thèse.*

*Je tiens à exprimer mes plus vifs remerciements et mon profond respect à Monsieur SEKHRI Larbi, Maître de conférences à l'université d'Oran, d'avoir accepté l'expertise de ce travail.*

*Je tiens aussi à remercier profondément Monsieur NOUIBAT Wahid, Maître de conférences à l'université de sciences et technologies d'Oran, d'avoir accepté l'expertise de ce travail.*

*Tout particulièrement, je tiens à exprimer mes remerciements et mon profond respect à Monsieur NEKI Abdelkader, Maître de conférences à Université de Cergy-Pontoise Paris, pour sa disponibilité et pour avoir bien voulu examiner ce travail malgré ses multiples tâches.*

*J'exprime ma profonde gratitude à Monsieur DAHANE Mohamed, Maître de conférences à École Nationale d'Ingénieurs de Metz, pour avoir bien voulu examiner ce travail malgré ces nombreuses occupations.*

*Qu'il me soit aussi permis d'adresser mes plus vifs remerciements à tous mes collègues du Laboratoire et à tous mes amis. J'adresse enfin mes sentiments de reconnaissance à tous ceux qui m'ont aidé durant la préparation de cette thèse.*

# Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction générale</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Les chaînes logistiques</b>	<b>11</b>
2.1	Émergence historique de la chaîne logistique . . . . .	11
2.2	La logistique . . . . .	13
2.3	La chaîne logistique . . . . .	13
2.4	Gestion de la chaîne logistique . . . . .	15
2.4.1	Définition . . . . .	15
2.5	Conception des chaînes logistiques . . . . .	18
2.5.1	Décisions au niveau stratégique . . . . .	18
2.5.2	Décision au niveau tactique . . . . .	20
2.5.3	Décision au niveau opérationnel . . . . .	21
2.6	Modélisation de la gestion de la chaîne logistique . . . . .	22
2.6.1	Modélisation d'entreprise . . . . .	22
2.6.2	Les modèles analytiques . . . . .	23
2.6.3	Les modèles de simulation . . . . .	24
2.7	Planification d'une chaîne logistique . . . . .	25
2.7.1	Classification fonctionnelle . . . . .	25
2.7.2	Décisions temporelles . . . . .	26
2.8	Classes de base des chaînes logistiques . . . . .	26
2.8.1	Les fournisseurs . . . . .	26
2.8.2	Les usines . . . . .	27
2.8.3	Les centres de distributions . . . . .	27
2.8.4	Les clients . . . . .	28
2.8.5	Connexion de transport . . . . .	28
2.8.6	Liaison d'information . . . . .	28

2.8.7	Entreprise . . . . .	29
2.9	Principaux processus d'une entreprise . . . . .	29
2.9.1	Le processus Approvisionnement . . . . .	29
2.9.2	Le processus production . . . . .	30
2.9.3	Le processus distribution . . . . .	31
2.9.4	Le processus Vente . . . . .	31
<b>3</b>	<b>Un état de l'art sur la reconfiguration des chaînes logistiques</b>	<b>35</b>
3.1	Introduction . . . . .	35
3.2	Modèles analytique . . . . .	37
3.2.1	La nature des décisions à prendre . . . . .	37
3.2.2	Le nombre d'échelon dans le réseau logistique . . . . .	38
3.2.3	Le nombre de périodes envisagées . . . . .	38
3.2.4	Les objectifs recherchés . . . . .	38
3.2.5	Les contraintes prises en compte . . . . .	38
3.2.6	Le caractère international du réseau logistique . . . . .	39
3.3	Modèles domestiques . . . . .	39
3.3.1	Problème de localisation . . . . .	39
3.3.2	Problème d'allocation . . . . .	41
3.3.3	Problème de localisation–allocation . . . . .	42
3.3.4	Problème de localisation–allocation et de capacité . . . . .	44
3.4	Modèles globaux . . . . .	45
3.4.1	Tarifs et droits de douane . . . . .	46
3.4.2	Les barrières non tarifaires . . . . .	46
3.4.3	Taux de change . . . . .	46
3.4.4	Impôts et subventions à l'exportation . . . . .	46
3.5	Pilotage . . . . .	47
3.5.1	Introduction . . . . .	47
3.5.2	Le pilotage par l'amont ou pilotage traditionnel . . . . .	48
3.5.3	Le pilotage par l'aval ou Le Kanban . . . . .	48
3.5.4	Pilotage d'un système . . . . .	48
3.6	Pilotage des systèmes industriels . . . . .	49
3.7	Position du problème . . . . .	50

<b>4</b>	<b>Capacitated centred clustering problem (CCCP)</b>	<b>57</b>
4.1	Introduction . . . . .	57
4.2	Modèle Mathématique du problème 1 . . . . .	61
4.2.1	Paramètres du modèle du problème 1 . . . . .	64
<b>5</b>	<b>Problème de localisation-allocation</b>	<b>70</b>
5.1	Introduction . . . . .	70
5.2	Modèles de localisation-allocation . . . . .	71
5.2.1	Problèmes de recouvrement . . . . .	71
5.2.2	Problèmes des p-centres et p-médianes . . . . .	72
5.2.3	Problème de localisation d'entrepôts . . . . .	75
5.3	Description du problème 2 . . . . .	75
5.3.1	Modélisation mathématique . . . . .	79
5.3.2	Les paramètres du modèle . . . . .	79
<b>6</b>	<b>Problèmes de transport</b>	<b>86</b>
6.1	Introduction . . . . .	86
6.2	Problèmes de tournées des véhicules . . . . .	87
6.2.1	Définition . . . . .	87
6.2.2	Problème de tournées de véhicules dans l'industrie alimentaire	88
6.2.3	Domaines d'application des problèmes de tournées de véhicules	89
6.3	Problème de voyageur de commerce ou Traveling Salesman Problem .	89
6.4	Problème de tournées de véhicules avec livraisons divisibles . . . . .	91
6.5	Formulation mathématique de problème 3 . . . . .	91
6.5.1	Paramètres du modèles . . . . .	92
6.5.2	Problème du voyageur de commerce-TSP- . . . . .	93
6.5.3	Problème de tournées de véhicules-VRP . . . . .	93
<b>7</b>	<b>Conclusion Générale</b>	<b>111</b>

# Chapitre 1

## Introduction générale

Ce travail a été effectué au sein de l'équipe « chaîne logistique » du Laboratoire de Productique de Tlemcen (MELT). Il est consacré à la conception et au pilotage d'une chaîne logistique agro-alimentaire : Application produits de volaille dans la ville de Tlemcen.

Lors des dernières décennies, le comportement client a évolué. L'environnement concurrentiel actuel fait que l'objectif de toute entreprise est désormais de produire et de livrer dans des délais précis, à des coûts réduits, en satisfaisant des niveaux de service élevés exigés par les clients.

L'environnement économique est en perpétuelle mutation induisant ainsi une instabilité et une concurrence mondiale auxquelles les entreprises doivent faire face. Cette mutation est principalement due au renversement du rapport entre l'offre et la demande, à la globalisation des marchés économiques mais aussi aux mutations techniques et technologiques. Ainsi, la survie des entreprises dépend de leur réactivité et de leur capacité d'adaptation aux changements. Dans cette optique, les entreprises créent de plus en plus d'alliances pour pallier aux limites et aux faiblesses individuelles face aux pressions de l'environnement mondial. Ces alliances ont donné lieu à de nouvelles formes organisationnelles et relationnelles dans lesquelles s'inscrivent les chaînes logistiques [1].

La chaîne logistique n'est pas un concept contemporain. Depuis des décennies, les matières premières ou les produits finis traversent les continents pour arriver aux clients. Cependant, le développement et le progrès important des technologies et plus précisément ceux de l'information et de la communication ont intensifié le besoin de formaliser les interactions entre les différents acteurs et d'intégrer de nouvelles pra-

tiques de management afin de piloter et d'optimiser le fonctionnement de tout le réseau. Cette intégration a complexifié la structure organisationnelle et la prise de décision dans le but de réguler les flux dans la chaîne logistique [1].

De nos jours, le fait de conserver son avantage concurrentiel sur le marché est un défi de plus en plus complexe. Les clients s'attendent toujours à obtenir de meilleurs services, tout en les payant moins cher.

La gestion de la chaîne d'approvisionnement est une fonction qui consiste essentiellement à satisfaire les besoins des clients de façon efficiente. Dans ce contexte, de plus en plus d'entreprises se rendent compte qu'une gestion efficace de leur chaîne d'approvisionnement est un facteur clé de la réussite.

La gestion d'une chaîne d'approvisionnement est un ensemble d'approches utilisées pour intégrer efficacement les fournisseurs, les manufacturiers, les entrepôts, les distributeurs, les détaillants et les clients de manière à produire et à distribuer les bonnes quantités de produits, aux bons endroits et au bon moment pour réduire les coûts inhérents à l'ensemble du système, tout en rencontrant les niveaux de services désirés par les clients. A haut niveau, une chaîne d'approvisionnement est composée de deux processus intégrés : le processus de planification de la production et le processus de distribution et de logistique [2].

- Le processus de planification de la production contient des sous processus de fabrication et de stockage. Plus spécifiquement, la planification de la production décrit la conception et la gestion du processus de fabrication entier et des politiques, des procédures de stockage.

- Le processus de distribution et de logistique détermine comment des produits sont récupérés et transportés de l'entrepôt aux détaillants. Ces produits peuvent être transportés aux détaillants directement, ou peuvent d'abord être déplacés aux distributions qui, à leur tour, transportent des produits aux détaillants. Ce processus inclut la gestion de la récupération des produits, du transport, et de la livraison finale de produits. Il y a principalement trois tâches importantes de la gestion d'une chaîne d'approvisionnement :

- 1) La conception et l'optimisation d'une chaîne d'approvisionnement : déterminer quelle est la façon la plus optimale de fabriquer les produits, de les stocker et de les livrer.

- 2) L'évaluation et la sélection des technologies de gestion d'une chaîne d'approvi-

sionnement : déterminer rapidement et précisément les exigences auxquelles devront répondre tous les nouveaux systèmes pour une chaîne d'approvisionnement.

3) La mise en œuvre des technologies de gestion d'une chaîne d'approvisionnement : mise en œuvre et intégration d'applications, et gestion des projets des partenaires visant à mettre en place des technologies de gestion de chaîne d'approvisionnement. Pour ce travail on s'intéresse aux problèmes de conception des chaînes logistiques qui sont le plus souvent complexes, de par leur nature et leurs enjeux économiques, organisationnels et sociaux. C'est pour cette raison que la conception d'un réseau logistique (sous ses différentes formes : production-distribution, production-routing, localisation-allocation, localisation-choix des fournisseurs) a réussi, ces dernières années, à attirer l'attention des industriels et de la communauté scientifique [3].

Une chaîne logistique est un réseau de fournisseurs, d'usines de fabrication, d'entrepôts et de chaînes de distribution qui s'organisent pour acquérir des matériaux, les convertir en produits finis et les distribuer aux clients pour satisfaire à leur demande. Une conception et une gestion efficace de la chaîne logistique permet la production et la livraison d'une variété de produits à un coût avantageux, de bonne qualité et dans des temps défiant toute concurrence [4]. Il y a un certain nombre d'aspects à prendre en compte pour la conception et le pilotage de la chaîne logistique qui peuvent être stratégiques, tactiques ou opérationnels. Les décisions au niveau stratégique comprennent la conception du réseau logistique qui passe par le choix de la localisation et des dimensions des usines et du nombre optimal de fournisseurs, distributeurs et de la chaîne. Cela implique également les plans d'actions d'achats et de déploiements pour toutes les usines, distributeurs et clients. Les décisions au niveau stratégique interviennent sur le long terme et sont prises au bout de quelques années, par exemple lorsqu'une firme tient à se développer [4].

Le niveau tactique de décision implique principalement l'organisation des fournisseurs ce qui inclut l'optimisation des flux de produits et de services tout le long du réseau logistique. Les décisions au niveau tactique sont des décisions sur le moyen terme qui sont prises typiquement sur une base mensuelle. L'organisation au niveau opérationnel est une planification à court terme qui implique l'ordonnancement de la production dans toutes les usines heure par heure. A chaque niveau de décision correspond des modèles et des procédures de résolution bien spécifiques.

Selon Matalaa et al (2010)[4] il y a des décisions à certains niveaux qui deviennent des

contraintes à satisfaire ou des objectifs à atteindre à des niveaux inférieurs. Dans la littérature en gestion de la chaîne logistique, les termes conception de réseaux et conception de chaînes logistiques sont parfois employés en tant que synonymes de planification stratégique de la chaîne logistique [4]. Les entreprises peuvent être confrontées aux problèmes de localisation d'usines ou de conception de chaînes logistiques dans diverses situations comme lors d'une extension de leurs activités à de nouveaux horizons géographiques lorsque les capacités limites d'une usine sont atteintes, dans le cas où une usine devient obsolète, lorsque la demande décline ou enfin dans le cas d'une fusion de deux sociétés. Dans tous les cas, la planification sur le long terme est cruciale, (voir [5]). En fait, vu les larges investissements normalement associés à ce type de décisions, la stabilité de la configuration du réseau logistique est l'objectif majeur pour toute les entreprise. L'étude de la conception de systèmes de distribution a commencé relativement tôt, avec le travail original de A. M. Geoffrion et al [6], mais sans considérer la chaîne logistique totale. Les premières recherches se sont intéressées aux problèmes de localisation-allocation (de ressources) d'une usine puis de plusieurs usines. Il existe une quantité de réseaux logistiques d'entreprises si grande qu'aucun modèle ne peut s'adapter à tous. Cependant, les modèles les plus récents intègrent des critères additionnels dont le but est de correspondre au mieux aux réseaux réels. Parmi les caractéristiques principales de ces récents modèles, on peut citer :

- Chaînes logistiques avec de multiples échelons : fournisseurs, usines, entrepôts, clients, etc, [7].
- Problèmes de localisation d'usines multi-périodes [8].
- Plusieurs produits ou familles de produits.
- Nature déterministe/stochastique des données comme les coûts et les demandes[9].
- Variété des contraintes : contraintes de capacité, contraintes budgétaires, etc.
- Structure complexe des coûts : coûts fixes et coûts variables, coûts linéaires ou non-linéaires.
- Modèles hybrides stratégique/tactique ou stratégique/opérationnels : problèmes de localisation pour les tournées de véhicules (voir [10] pour un état de l'art récent de ces problèmes).
- Choix entre différents modes de transport et capacités.
- Choix entre différentes techniques de production.

- Flux de produits complexes : plusieurs niveaux d'usines et d'entrepôts. Échanges de produits entre usines et entrepôts, livraisons directes aux clients, refabrication, retraitement, logistique inverse, etc.

Pour cette étude, on s'intéresse aux réseaux logistiques agroalimentaires qui ont reçu beaucoup d'attention ces derniers temps en raison de problèmes liés à la santé publique. Selon O. Ahumada et al (2009)[11] les chaînes logistiques agroalimentaires seront soumises à des réglementations plus strictes et à une surveillance plus étroite, en particulier celles des produits destinés à la consommation humaine. Le terme de la chaîne logistique agroalimentaire (ASC) a été inventé pour décrire les activités de production et de distribution des produits agricoles ou horticoles de la ferme jusqu'à la table. ASC sont formés par les organisations responsables de la production (agriculteurs), la distribution, la transformation et la commercialisation des produits agricoles au consommateur final. Ce qui différencie ASC par rapport à d'autres chaînes logistiques c'est l'importance de quelque facteur tel que la qualité et la sécurité alimentaire etc. D'autres caractéristiques pertinentes à la chaîne agroalimentaire, notamment la durée de vie limitée, la variabilité des prix et l'instabilité de la demande, rend la chaîne logistique de base plus complexe et plus difficile à gérer que les autres chaînes [11].

Les chaînes logistiques agroalimentaires (ASC) sont identifiées en deux types :

1) La chaîne logistique agroalimentaire des produits frais : sont des denrées très périssables comme le lait frais, la viande, les fruits et légumes dont la vie utile limitée peut être mesurée en jours.

2) La chaîne logistique agroalimentaire des produits non-périssables : sont ceux qui peuvent être stockés pendant de longues périodes de temps comme les céréales, pommes de terre.etc.

La reconfiguration d'un réseau logistique implique de prendre des décisions modifiant une ou plusieurs de ces caractéristiques. Ces décisions sont très coûteuses et impliquent des investissements et des engagements à long terme.

Un réseau logistique, par sa taille, par la dispersion géographique de ses entités, par son caractère dynamique et par le caractère incertain de son environnement, est un système complexe à gérer. Lorsqu'une décision doit être prise, de nombreux éléments sont à considérer. Pour faciliter le processus de prise de décision et pour minimiser le risque d'erreurs, les décideurs ont généralement recours à des méthodes ou des

outils qualifiés d'aide à la décision [12].

Dans cette étude, nous examinons un problème important dans le secteur du commerce, c'est l'instabilité des prix dans la plupart des produits alimentaires (légumes, viandes blanches et rouges, huile et sucre...).

L'instabilité des prix, qui constitue l'un des nombreux facteurs de la non régularité à court et moyen terme de la gestion des budgets de la classe moyen salaire. Ceci peut engendrer d'un soulèvement des populations contre leur gouvernements.

Nous nous sommes intéressés au problème de l'instabilité des prix de la viande blanche. Selon l'étude préliminaire, que nous avons faite, les raisons principales de l'instabilité des prix de la viande blanche sont les suivantes :

1) Le déséquilibre entre l'offre et la demande des produits de volailles, ce point est très importantes dans notre étude. Pendant les périodes où il y a une forte production des produits de volaille chez les éleveurs, les prix baissent et les éleveurs récoltent des pertes énormes. Ceci engendre, comme réaction de sécurité, une suspension de l'activité d'élevage. Comme le cycle de chaque bande varie entre 48 jours et 55 jours, cette période d'arrêt provoque systématiquement un déséquilibre entre l'offre et la demande. Ainsi, la baisse des quantités livrées aux abattoirs pendant cette période, mène à l'augmentation des prix du marché. Ce prix prohibitif pour des produits de volaille (la viande blanche) incitait les éleveurs à exercer leur activité d'élevage une nouvelle fois et aux mêmes périodes. C'est ce qui les fait tomber dans les mêmes erreurs que précédemment.

2) L'absence d'un système qui assure la disponibilité des produits de volailles durant toute l'année.

3) Le manque de structures spéciales pour l'abattage, qui assure les commandes complètes des détaillants ainsi que le délai de livraison.

4) L'absence de méthodes efficaces, qui assure le transport des produits de volailles de la ferme (les éleveurs de volailles) vers les abattoirs et les abattoirs vers les clients en tenant compte de la durée de transport, de l'hygiène et même des prix de ces produits.

5) Le manque de poussin et d'aliment de bonne qualité.

6) Le manque de suivi sur les prix des poussins, le traitement de maladie, les vaccins etc.

Cette thèse est organisée en deux parties.

La première présente la problématique de la reconfiguration des réseaux logistiques et précise l'objet de nos travaux de recherche. La seconde décrit les éléments constituant la démarche d'aide à la décision proposée et discute de leur intégration.

La première partie se subdivise en deux chapitres.

Le chapitre 2 propose une brève introduction à la gestion de la chaîne logistique. Nous définissons les concepts de chaîne logistique et de sa gestion. Nous décrivons, pour les différents niveaux de planification, les décisions liées à la gestion de la chaîne logistique et discutons de la mise en œuvre de ses concepts.

Le Chapitre 3 est dédié principalement à la présentation de notre état de l'art sur la reconfiguration des réseaux logistiques. Plus particulièrement, nous nous intéressons aux problèmes de décisions concernant la localisation des sites (installations) de production et de distribution, des flux de matière entre ces entités et du mode de fonctionnement du réseau. Avec une attention particulière, nous insistons sur le modèle de conception déterministe. Le problème de reconfiguration des réseaux logistiques est résolu avec l'objectif de maximiser le profit à long terme de l'entreprise. Nous terminons le chapitre par le positionnement du problème de notre travail de recherche par rapport aux travaux rapportés.

La deuxième partie est structurée en trois chapitres.

Dans le Chapitre 4, nous regroupons les détaillants les plus proches en distance en utilisant le modèle CCCP (capacitated centered clustering problem). Cette étape nous permet de définir les différents amas de clients (ensemble de détaillants) pour les différents clients de la ville de Tlemcen en respectant la capacité du camion de livraison. Pour cela, nous avons positionnés les détaillants de la ville de Tlemcen en utilisant le logiciel Autocad.

Pour le Chapitre 5, nous considérons un problème de conception de la chaîne d'approvisionnement avec un ensemble d'abattoirs candidats possédant une capacité limitée pour fournir un ensemble de détaillants à l'aide d'une flotte de camions de livraison de capacité permettant de visiter plus d'un client par route. On cherche à prendre des décisions de localisation de ces abattoirs qui seront le point de départ des routes de livraison aux détaillants afin de satisfaire leur demande souhaitée. Par la suite, on passe à l'affectation des abattoirs localisés vers les fermes sélectionnées (points d'approvisionnement), en respectant une répartition quotidienne rigoureuse, qui tient compte des quantités commandées et des délais de livraison.

Dans le Chapitre 6, notre problème consiste à planifier des tournées des véhicules partant des différents abattoirs pour servir un ensemble de clients en satisfaisant leurs exigences à savoir le prix, la qualité, temps de livraison...

Nous terminons notre thèse par une conclusion et nous discutons de quelques perspectives de recherche future.

# Bibliographie

- [1] T. Jihène, *Modélisation pour la simulation de la chaîne logistique globale dans un environnement de production PME mécatroniques*, Thèse de doctorat, Université de Savoie (2009).
- [2] H. Bouchriha, *faire ou faire-faire dans la conception d'une chaîne logistique : un outil d'aide à la décision*, Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique De Grenoble (2002).
- [3] G. A. Tanonkou, *Une approche par relaxation lagrangienne pour l'optimisation d'un réseau de distribution : modèles stochastiques et ables*, Thèse de doctorat, Université Paul Varlaine Metz (2007).
- [4] W. Mtalaa, R. Aggoune, *Un modele bi-objectif pour la conception de chaines logistiques vertes*, 8<sup>ème</sup> Conférence Internationale de Modélisation et Simulation, Hammamet, Tunisie (2010).
- [5] P. N. Thanh, N. Bostel and O. Peton, *A dynamic model for facility location in the design of complex supply chains*, International Journal of Production Economics, **113**, 678–693 (2008).
- [6] A. M. Geoffrion and G. W. Graves, *Multicommodity distribution system design by Bender's decomposition*. Management Science, **20**, 822–844 (1974).
- [7] G. Sahin and H. Süral, *A review of hierarchical facility location models*, Computers Operations Research, **34**, 2310-2331 (2007).
- [8] M. T. Melo, S. Nickel and F. Saldanha-da-Gama, *Dynamic multi-commodity capacitated facility location :A mathematical modeling framework for strategic supply chain planning*, Computers Operations Research, **33**, 181-208 (2006).
- [9] L. V. Snyder, *Facility location under uncertainty*, A review. IIE Transactions, **38**, 537-554 (2006).
- [10] G. Nagy and S. Salhi, *Location-routing : Issues, models and methods*, European Journal of Operational Research, **177**, 649-672 (2007).
- [11] O. Ahumada and J. R. Villalobos, *application of planning models in the agri-food supply chain : A review* , European journal of operational research, **195**, 1-20 (2009).
- [12] F. Pirard, *Une démarche hybride d'aide à la décision pour la reconfiguration et la planification stratégiques des réseaux logistiques des entreprises multi-sites*, Thèse de doctorat, Université de Mons, (2005).

# Chapitre 2

## Les chaines logistiques

### 2.1 Émergence historique de la chaîne logistique

De 1950 à 1970, l'économie était basée sur l'offre : les sociétés de production produisent principalement sur stock. Cette production a pour objectif de minimiser les coûts de production. Mais ses inconvénients sont [1] :

- La lenteur pour le développement et l'absence de nouveaux produits.
- La nécessité de stocks devant les opérations « goulots », induisant des immobilisations financières.

La période 1970 — 1975, Cette période est caractérisée par le fait que la demande était supérieure à l'offre. La production était la préoccupation majeure des sociétés qui n'avait pas de motif pour recourir les délais de livraison ou aller à des nouveaux besoins [2].

La période allant de 1975 à 1980, est une période où l'on parle sur l'intégration d'activités. La multiplication des entreprises pour un même segment de marché, accroît l'offre et donc la concurrence entre elles [2].

Dans les années 1980, les bouleversements des marchés (mondialisation, concurrence accrue) et les exigences de performance financière, combinés aux progrès technologiques (TIC, nouveaux procédés...) ont forcé les grands groupes à proposer des produits de bonne qualité à bas prix. Dans le but d'améliorer les rendements et les temps de cycle de production par rapport à la concurrence, les entreprises utilisent alors des méthodes de management telle que le « juste à temps » (JIT : Just-in-time), qui permet de limiter les stocks de composants en organisant et ordonnant précisément l'approvisionnement avec les fournisseurs [3]. C'est dans ce contexte que les entre-

prises se rendent compte de l'importance de la relation stratégique client-fournisseur, prémisses du SCM, au départ uniquement orienté « approvisionnement » avec les fournisseurs directs. Parallèlement, des consultants et experts sur la gestion logistique ont disséminé les concepts de materials management et de DRP (Distribution Resource Planning), une étape supplémentaire pour définir les fonctions transport et distribution physique de la chaîne logistique. L'ajout de la fonction distribution à la partie approvisionnement forme la « logistique intégrée », connue aussi sous le nom de gestion de la chaîne logistique ou Supply Chain Management (SCM) [3].

À partir des années 90, les études s'étendent à des organisations plus complexes de type flowshop ou jobshop avec machines dupliquées [4]. Enfin, les scientifiques essaient de fixer une structure au Supply Chain Management [1], ils travaillent sur deux grands axes :

- i)* Achat et approvisionnement.
- ii)* Transport et logistique.

L'intégration de ces deux parties dans un même modèle semble difficile. En effet, il n'y a guère de but commun, si ce n'est le fait de satisfaire la demande du client. Cependant, petit à petit, les chercheurs ont élargi leur domaine d'étude en passant de l'atelier à l'usine, puis de l'usine à la chaîne logistique en vue d'une optimisation plus globale des systèmes de production, grâce notamment aux avancées dans les technologies de l'information, les modèles mathématiques et autres outils d'optimisation [3]. De nos jours, la problématique SCM peut se découper en plusieurs domaines, tels que la conception ou re-conception de la chaîne, la gestion des risques industriels (non amortissement des coûts de développement, d'industrialisation et de production), l'évaluation de performances, la planification des activités, la gestion des stocks, la gestion des transports, le système d'information, la négociation (ou entente industrielle), les aspects sociologiques, les aspects économiques et financiers, l'aide à la décision [3].

## 2.2 La logistique

Le terme logistique vient du mot grec « logistike » qui signifie l'art du raisonnement et du calcul. Initialement, la logistique est issue du domaine militaire où elle définit l'ensemble des techniques mises en œuvre pour assurer l'approvisionnement, et le maintien en conditions opérationnelles des troupes armées en temps de guerre [2].

## 2.3 La chaîne logistique

Le terme « chaîne logistique » vient de l'anglais Supply Chain (SC) qui signifie littéralement « chaîne d'approvisionnement ». La définition de la logistique est évoluée avec l'évolution du marché et recouvre des domaines très diverses. La logistique joue le rôle d'une science interdisciplinaire combinant ingénierie, micro-économie et théorie d'organisation [2].

D'après K. Rota-Franz [5], la chaîne logistique se définit comme l'ensemble des entreprises qui interviennent dans le processus de fabrication, de distribution, et de vente du produit, du premier des fournisseurs au client ultime. Cette notion de chaîne logistique est ainsi très étendue et très complexe car les fournisseurs ont eux-mêmes leurs propres fournisseurs et les clients sont souvent fournisseurs d'autres clients.

En définissant la chaîne logistique comme étant l'ensemble des processus logistiques de l'acquisition de la matière première jusqu'à la distribution des produits finis aux clients ultimes.

Selon M. L. Christopher (1992) [6], la chaîne logistique peut être considérée comme le réseau d'entreprises qui participent, en amont et en aval, aux différents processus et activités qui créent de la valeur sous forme de produits et de services apportés au consommateur final. En d'autres termes, une chaîne logistique est composée de plusieurs entreprises, en amont (fourniture de matières et composants) et en aval (distribution), et du client final.

H. L. Lee and C. Billington (1993) [7] ont défini la chaîne logistique comme étant un réseau d'installations qui assure les fonctions d'approvisionnement de matières premières, de transformation en produits semi finis et en produits finis, et de distribution des produits finis aux clients finaux. Cette définition met en évidence trois fonctions principales dans la chaîne logistique qui sont : l'approvisionnement, la production et

la distribution. De plus, elle estime la chaîne comme étant un ensemble d'installations et non plus d'entreprises. Comme l'entreprise s'étend sur plusieurs installations organisées sur de multiples niveaux, la notion de chaîne logistique devient de plus en plus complexe. Ainsi, une installation peut représenter :

- un fournisseur
- une unité de production
- une unité de stockage
- un centre de distribution (entrepôt)
- un client

Le lien entre les différentes installations se fait par des opérations de transport.

D'après B. La Londe and J. Masters (1994) [8], 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.

Pour R. Ganeshan et *al.* (1998) [9], une chaîne logistique est un réseau d'entités de production et de sites de distribution qui réalise les fonctions d'approvisionnement de matières, de transformation de ces matières en produits intermédiaires et finis, et de distribution de ces produits finis jusqu'aux clients. Les chaînes logistiques existent aussi bien dans les organisations de service que de production, bien que la complexité de la chaîne varie d'une industrie à l'autre et d'une entreprise à l'autre.

D'après S. Tayur et *al.* (1999) [10], une chaîne logistique est un système de sous-traitants, de producteurs, de distributeurs, de détaillants et de clients entre lesquels s'échangent les flux matériels dans le sens des fournisseurs vers les clients et des flux d'information dans les deux sens.

Selon K. Rota-Franz (1998) [5], la chaîne logistique d'un produit fini se définit comme l'ensemble des entreprises qui interviennent dans les processus de fabrication, de distribution et de vente du produit, du premier des fournisseurs au client ultime. Le produit considéré est, dans le domaine aéronautique, l'avion qui peut être qualifié de produit système étant donné sa complexité.

H. Stadtler et C. Kilger (2000) [11] définissent la chaîne logistique comme la constitution de deux ou plusieurs organisations indépendantes, liées par des flux physiques, informationnels et financiers. Ces organisations peuvent être des entreprises produi-

sant des composants, des produits intermédiaires et des produits finis, des prestataires de service logistique et même le client final lui-même.

Pour J. T. Mentzer et *al.* (2001) [12], une chaîne logistique est un groupe d'au moins trois entités directement impliquées dans les flux amont et aval de produits, services, finances et/ou informations, qui vont d'une source jusqu'à un client.

Selon P. Génin (2003) [13], une chaîne logistique est un réseau d'organisations ou de fonctions géographiquement dispersées sur plusieurs sites qui coopèrent, pour réduire les coûts et augmenter la vitesse des processus et activités entre les fournisseurs et les clients. Si l'objectif de satisfaction du client est le même, la complexité varie d'une chaîne logistique à l'autre.

## 2.4 Gestion de la chaîne logistique

### 2.4.1 Définition

Une chaîne logistique existe dès lors qu'au moins deux entreprises travaillent sur l'achèvement d'un produit donné. Si et seulement si cette association est délibérément pilotée en vue d'en maximiser la performance, alors on peut parler de gestion de la chaîne logistique. Comme pour le terme de « la chaîne logistique », la communauté scientifique a proposé plusieurs définitions de la gestion de la chaîne logistique. Selon D. J. Thomas et P. M. Griffin (1996) [14], la gestion de la chaîne logistique est la gestion des flux de marchandises et d'informations à la fois dans et entre les sites tels que les points de vente, les centres de distribution et les sites de production et d'assemblage. D'après K. Tan (2001)[1], la gestion de la chaîne logistique englobe la gestion des approvisionnements et des marchandises depuis les fournisseurs de matières premières jusqu'au produit fini. La gestion de la chaîne logistique se focalise sur la façon dont les entreprises utilisent les processus, la technologie et l'aptitude à améliorer la compétitivité de leurs fournisseurs.

Pour J. Geunes et B. Chang, (2001) [15], la gestion de la chaîne logistique est la coordination et l'intégration des activités de la chaîne logistique avec l'objectif d'atteindre un avantage compétitif viable. La gestion de la chaîne logistique comprend donc une large gamme de problématiques stratégiques, financières et opérationnelles.

K. Rota-Franz (1998) [5] dit que "Supply Chain Management" signifie que l'on

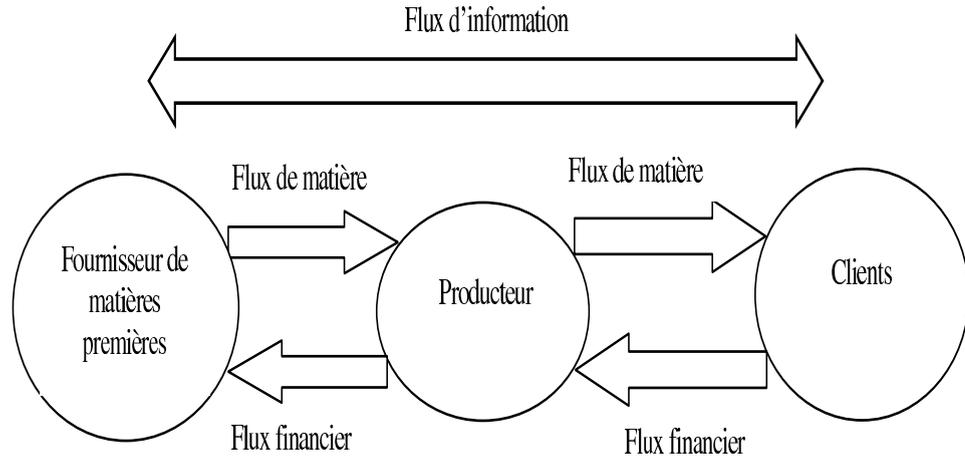


FIGURE 2.1 – Flux d'une entreprise.

cherche à intégrer l'ensemble des moyens internes et externes pour répondre à la commande des clients. L'objectif est d'optimiser de manière simultanée et non plus séquentielle l'ensemble des processus logistiques.

Et selon H. Dominguez, R. S. Lashkari (2004) [16], l'intérêt du Supply Chain Management (SCM) est de faciliter les ventes en positionnant correctement les produits en bonne quantité, au bon endroit, et au moment où il y a un besoin et enfin au coût le plus réduit. Le principal objectif du SCM est d'allouer efficacement les ressources de production, distribution, transport et information en présence d'objectifs conflictuels, dans le but d'atteindre le niveau de service demandé par les clients au plus bas prix.

Le bon fonctionnement d'une entreprise repose sur la circulation efficace de certains flux. On peut les classer en trois catégories : les flux de matières, les flux d'information et les flux monétaires, comme le montre la figure (2.1).

#### **2.4.1.1 Le flux d'information**

Ce flux est composé d'un flux de donnée et d'un flux de décision qui sont essentiels pour un bon fonctionnement d'une chaîne logistique [2].

Le flux d'information représente l'ensemble des transferts ou échanges de données entre les différents acteurs de la chaîne logistique. Il s'agit en premier lieu des informations commerciales, notamment les commandes passées entre clients et fournisseurs. Une commande comprend généralement la référence du produit, la quantité commandée, la date de livraison souhaitée et le prix éventuellement négocié lors de la vente. Mais les entreprises s'échangent aussi des informations plus techniques : paramètres physiques du produit, gammes opératoires, capacités de production et éventuellement de transport, informations de suivi des niveaux de stock. Ces dernières sont de plus en plus réclamées par les clients qui souhaitent connaître l'état d'avancement de fabrication de leur produit [3].

#### **2.4.1.2 Le flux physique**

Appelés également flux produit, les flux physiques décrivent les matières qui circulent entre les différents maillons de la chaîne. Ces matières peuvent être des composantes, des produits semi-finis, des produits finis ou des pièces de rechange. Ces flux constituent le cœur d'une chaîne logistique, sans lesquels les autres flux n'existeraient pas. Ils peuvent être regroupés en trois étapes : produire, stocker et transporter [2].

#### **2.4.1.3 Le flux financier**

Le flux financier concerne toute la gestion pécuniaire des entreprises : ventes de produits, achats de composants ou de matières premières, mais aussi des outils de production, de divers équipements, de la location d'entrepôts,...et bien sûr du salaire des employés. Le flux financier est généralement géré de façon centralisée dans l'entreprise dans le service financier ou comptabilité, en liaison toutefois avec la fonction production par les services achats et le service commercial. Sur le long terme, il correspond aussi aux investissements lourds tels que la construction de nouveaux bâtiments et de lignes de fabrication. Encore s'agit-il d'échanges avec des organismes bancaires extérieurs au réseau d'entreprises [3].

## 2.5 Conception des chaînes logistiques

La conception d'une chaîne logistique concerne généralement plusieurs phases allant de l'approvisionnement à la distribution. Pour l'activité d'approvisionnement, le décideur a besoin d'identifier les fournisseurs potentiels à choisir pour alimenter les différentes usines en matières premières, en composants et en produits semi-finis. Pour l'activité de production, il a à déterminer les meilleures localisations de ses usines pour assurer les performances et la rentabilité des activités de production. Pour obtenir une chaîne de la distribution efficace, le décideur doit déterminer le nombre et la localisation de ses différents centres de distribution. Une fois le choix des différents fournisseurs, usines et centres de distribution établie, il est indispensable de trouver la meilleure structure de connexion reliant ces sites. Ainsi, le décideur détermine les différentes connexions et moyens de transport (camion, train, avion et bateau) à utiliser pour assurer la connectivité des différents sites. Cette conception sera faite dans le respect des contraintes économiques, sociales et environnementales tout en minimisant les coûts, maximisant la satisfaction des clients, avec un minimum l'impact sur l'environnement (consommation du fuel lors du transport par exemple), etc. [17]

L'objectif principal lors de la conception des chaînes logistiques est d'optimiser les investissements engagés pour les différents sites, de minimiser les coûts opérationnels de l'ensemble des activités de la chaîne et de maximiser la satisfaction des clients finaux, sous des contraintes économiques, sociales et environnementales.

La conception d'une chaîne logistique nécessite la prise d'un ensemble de décisions à travers les différents horizons de temps (court, moyen et long terme). Ces décisions peuvent être regroupées en trois niveaux : les décisions stratégiques, les décisions tactiques et les décisions opérationnelles (voir la figure 2.2).

### 2.5.1 Décisions au niveau stratégique

Ce niveau, appelé Strategic management ou encore Strategic planning, regroupe toutes les décisions stratégiques de l'entreprise. Ces décisions, prises par la direction générale, sont des orientations sur le long terme (de 6 mois à plusieurs années), comme, par exemple, la sélection de fournisseurs et sous-traitants, les décisions d'ou-

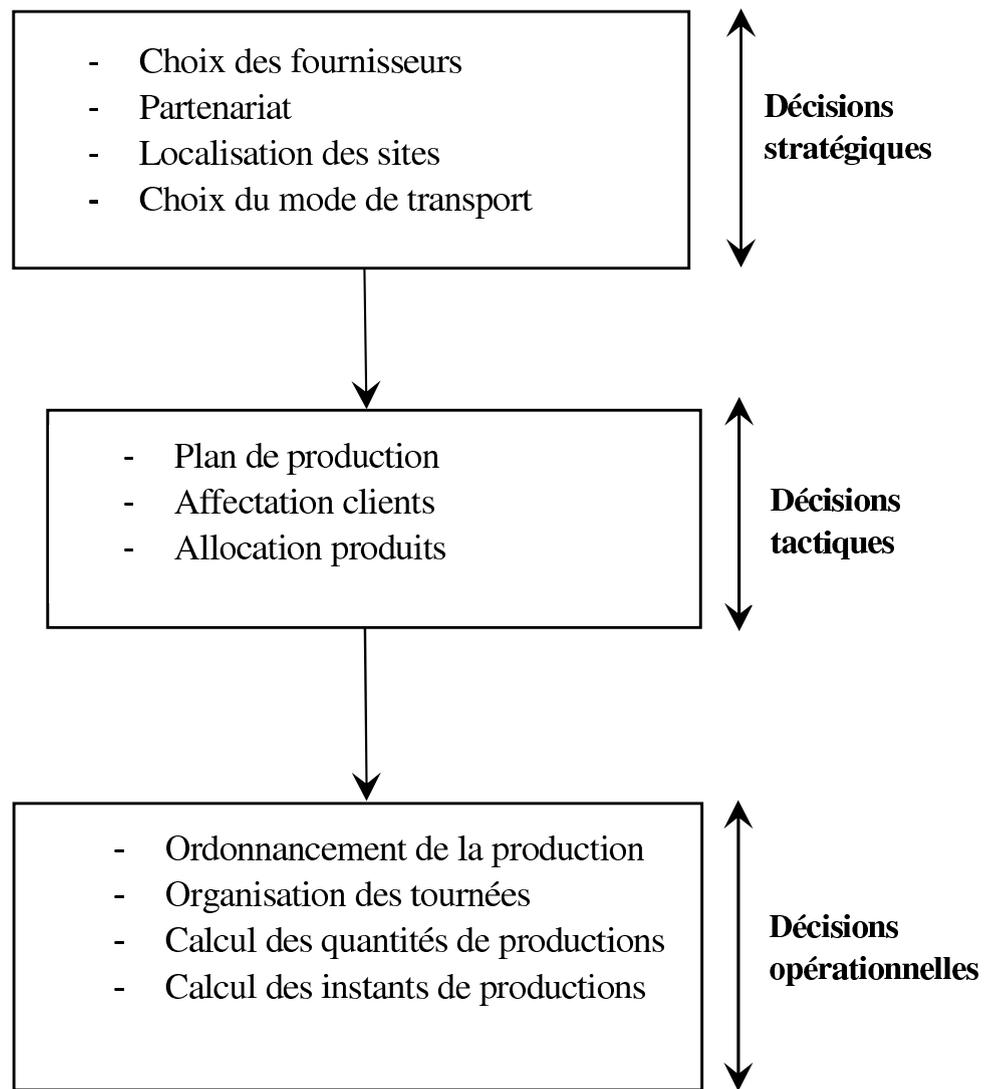


FIGURE 2.2 – Niveaux décisionnels dans une chaîne logistique [2]

verture ou de fermeture de certains sites de production ou leur délocalisation, l'affectation d'une nouvelle zone de marché à un centre de distribution (entrepôt), la recherche de nouveaux partenaires industriels, mais aussi le développement d'un nouveau produit, la configuration de l'usine, son mode de fonctionnement, ainsi que les objectifs financiers à atteindre.

La gestion stratégique est une partie prenante de la conception de la chaîne et concerne le choix de la localisation des sites, la définition des rôles et des missions, des modes de transport, des choix technologiques et l'affectation des produits à ces sites. Cette gestion vise à prendre les décisions stratégiques qui concernent principalement [18] :

- Le choix du fournisseurs.
- Le nombre, la localisation, et la capacité des sites manufacturiers.
- L'affectation des produits aux installations sélectionnées (ouvertes) de la chaîne.
- L'ouverture/fermeture de certaines installations dans la chaîne.
- Les moyens de transport à utiliser.
- La quantité de matière pour chaque site de la chaîne (fournisseur, usine, stock, client...).

## **2.5.2 Décision au niveau tactique**

Le niveau décisionnel tactique s'intéresse aux décisions à moyen et long terme (de quelques semaines à quelques mois) qui devront être mises en application pour déployer la stratégie décidée par l'entreprise. Les décisions de ce niveau sont prises par les cadres de la production et les chefs d'atelier.

Les décisions tactiques, il s'agit de produire au moindre coût pour satisfaire les demandes prévisibles en s'inscrivant dans le cadre fixé par le plan stratégique de l'entreprise (ressources matérielles et humaines connues) [17]. 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. Trois types de coordinations ont été recensés :

1. La coordination au niveau de l'interface client/fournisseur concerne principalement [18] :
  - 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 désigne principalement [18] :
- 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 concerne principalement [18] :
- La taille optimale des lots d'expédition.
  - La détermination de la politique optimale de distribution (distribution directe au client ou à travers un centre de distribution).

D'un autre côté, nous avons rencontré un modèle très célèbre dans la littérature qui traite de la coordination de la chaîne logistique globale [19]. Cohen et *al.* [19] ont élaboré quatre sous-modèles d'optimisations pour la gestion et le contrôle :

- Approvisionnement des matières premières.
- Du processus de production.
- Du processus stock des produits finis.
- Du processus de distribution.

Une heuristique a été utilisée pour permettre le lien entre les différents modèles afin d'aboutir à une optimisation de la chaîne logistique globale.

### 2.5.3 Décision au niveau opérationnel

Des décisions opérationnelles sont prises pour assurer le fonctionnement au quotidien de la chaîne. Parmi ces décisions, on trouve la gestion des stocks, la gestion de la main d'œuvre, la gestion des équipements, l'ordonnancement de la production, etc. [17].

Ces trois classes de décisions de gestion de la chaîne logistiques se différencient par au moins trois éléments [18] :

- Par l’horizon de temps considéré. Les décisions opérationnelles sont prises au jour le jour. Les décisions tactiques concernent la planification à moyen terme (<18 mois). Les décisions stratégiques concernent la planification à long terme.
- Par le niveau d’agrégation. Sont prises : les décisions opérationnelle au niveau de l’atelier, les décisions tactiques au niveau de l’usine et les décisions stratégiques au niveau de l’ensemble de l’entreprise.
- Par le niveau de responsabilité. Sont prises : les décisions opérationnelles par les agents de maîtrise, les décisions tactiques par les cadres et les décisions stratégique par la direction générale de l’entreprise [17].

## 2.6 Modélisation de la gestion de la chaîne logistique

Pour aider les décideurs du SCM, des outils ont été développés par la recherche et transférés par l’offre logicielle. Il s’agit, d’une part, de la modélisation d’entreprise pour comprendre le positionnement des activités dans les processus d’entreprise et, d’autre part, des modèles mathématiques et de résolution optimale, supports en particulier à la planification.

### 2.6.1 Modélisation d’entreprise

L’objectif de la modélisation d’entreprise est de représenter une partie donnée de l’entreprise pour en comprendre le fonctionnement, pour en analyser le comportement et les performances, pour détecter des dysfonctionnements, en vue naturellement d’en améliorer la performance, ou de valider une organisation nouvelle.

Selon L. Ouzazi (2005) [20], un modèle peut être défini comme une représentation abstraite d’un système ou d’un objet utilisée par exemple pour en visualiser le fonctionnement. Dans le cadre des chaînes logistiques, on peut distinguer des modèles s’attachant à représenter et formaliser le fonctionnement au jour le jour de la chaîne, ou ce qu’on appelle les architectures de chaîne logistique.

Selon R. Ganeshan et *al.* (1998) [9], la modélisation d’entreprise regroupe la part « concepts et modèles non quantitatifs » de la littérature scientifique. S. Croom et *al.*

[21] classe la modélisation d'entreprise dans les modèles descriptifs et non normatifs. La multitude de ces modèles est parfois problématique pour définir d'une manière unifiée le fonctionnement d'une entreprise.

Dans sa thèse, M. Roque, (2005) [22] propose un modèle qui permet d'intégrer différentes modélisations par décomposition puis recombinaison de composants élémentaires présents dans ces modélisations. Ce modèle permet d'échanger plus facilement des informations entre les modèles : c'est une forme d'interopérabilité entre les différentes modélisations d'entreprises.

D'après D. J. Thomas, P. M. Griffin [14] qui ont fait un classement des modèles mathématiques utilisés pour le SCM, les grandes familles de modèles sont les modèles stochastiques (modélisation par files d'attente, par exemple), les modèles analytiques (programmation linéaire, par exemple), et les simulations.

## 2.6.2 Les modèles analytiques

Les modèles analytiques permettent de décrire un système par un ensemble d'équations régissant son fonctionnement. Ils peuvent être déterministes (tous les paramètres du modèle sont réputés connus) ou stochastiques (certains paramètres sont incertains et suivent une loi de probabilité) [23]. Ces modèles sont généralement associés à un problème d'optimisation à un ou plusieurs critères. Ils peuvent être résolus par différents logiciels spécifiques ou génériques. Ces modèles correspondent à ce que [9] appellent les modèles quantitatifs.

Selon T. Jihène (2009) [24] les modèles analytiques sont des modèles mathématiques fondés sur des équations mathématiques afin de résoudre les problèmes d'une manière quantitative. En effet, l'approche analytique décrit les entités du système et leurs relations à l'aide d'une fonction d'analyse mathématique. L'exécution d'un tel modèle est considérée comme une évaluation des entités et des relations. Ces modèles analytiques se subdivisent en deux catégories : les modèles déterministes où tous les paramètres sont connus et les modèles probabilistes où les paramètres sont aléatoires.

G. Q. Huang et *al.* (2003) [25] précisent que le choix du modèle, compte tenu de ses hypothèses de validité, détermine directement le type de problème et de structure que l'on peut étudier. Il rappelle aussi que, pour qu'un modèle analytique (détermi-

niste ou stochastique) soit viable, il doit être relativement simple, c'est-à-dire qu'il faut faire un certain nombre d'hypothèses et de simplifications. Ainsi les modèles analytiques se contentent-ils généralement d'aspects basés sur le processus de distribution dans une structure dyadique (une seule relation client-fournisseur).

D. J. Thomas, P. M. Griffin [14] classent les modèles analytiques suivant deux niveaux hiérarchiques : opérationnel et stratégique. Les problèmes soulevés dans ces modèles au niveau opérationnel sont la gestion d'une ressource avec file d'attente, la gestion du transport, l'utilisation ou non de la sous-traitance, la gestion de la production locale, la détermination de la taille des lots pour la production et la distribution, le choix du type de transport, etc. Au niveau stratégique, les décisions à prendre sont l'ouverture ou la délocalisation d'une entreprise ou d'un centre de distribution, l'allocation d'équipements pour les entreprises, le choix de sites pour l'implantation de nouvelles entreprises pour un nouveau produit ou pour le changement du flux physique d'un produit à travers la chaîne, le choix de fournisseurs.

### **2.6.3 Les modèles de simulation**

Un modèle de simulation est généralement utilisé lorsqu'il est difficile de trouver une relation (une équation) entre différentes variables et ne pouvant donc généralement pas se mettre sous la forme d'un modèle analytique.

J. P. C. Kleijnen (2005) [26] identifie quatre types de simulations : Simulation de type Tableur, Dynamiques des systèmes, Simulation à événements discrets, et Jeux d'entreprises. Il mène une étude comparative pour mettre en évidence l'intérêt de vérifier et valider les modèles (méthodes statistiques), pour analyser la sensibilité des facteurs, optimiser les modèles, et étudier leur robustesse.

A. Maria (1997) [23] dit que, les modèles de simulation sont des modèles à la fois stochastiques et dynamiques. L'auteur distingue un autre critère pour le classement des modèles : la prise en compte du temps. Il y aurait donc deux types de modèles : les modèles statiques dans lesquels le temps n'est pas pris en compte, et les modèles dynamiques.

## 2.7 Planification d'une chaîne logistique

La planification de la chaîne logistique consiste à optimiser les activités d'approvisionnement, de production et de distribution produits, en se basant sur la demande prévisionnelle des clients. Les objectifs principaux de la planification sont de réduire les stocks à tous les niveaux, de satisfaire la demande des clients dans les délais et d'utiliser de façon optimale les moyens. La planification d'une chaîne logistique nécessite de prendre un ensemble de décisions à des niveaux différents. Les différentes décisions de planification de la chaîne logistique sont donc classées selon les fonctions du réseau logistique et selon l'horizon temporel (classification fonctionnelle et décisions temporelles) [27].

### 2.7.1 Classification fonctionnelle

La classification fonctionnelle est une décision de planification qui regroupe les décisions d'approvisionnement, de production et de distribution.

#### 2.7.1.1 Décisions d'approvisionnement

Les décisions relatives à l'approvisionnement sont celles qui permettent de définir la structure du sous-réseau approvisionnement. Les principales décisions portent sur le choix de Faire ou Faire-Faire, le nombre et le choix de fournisseurs, l'affectation des fournisseurs aux sites de production et la définition du programme d'approvisionnement [27].

#### 2.7.1.2 Décisions de production

Les décisions qui concernent la fonction production (le sous-réseau de production) sont principalement la localisation d'usines (nombre d'usines, où se situe chacune d'elles), l'allocation des articles aux sites de production, le choix de ligne de production (articles à fabriquer dans chaque site de production), la planification de la capacité dans chaque usine et l'affectation de la capacité aux articles, les décisions sur les stocks (articles à stocker dans chaque centre de stockage, les niveaux des stocks) et l'ordonnancement de la production [27].

### **2.7.1.3 Décisions de Distribution**

Le dimensionnement du réseau de distribution regroupe essentiellement la configuration des centres de distribution (types de centres de distribution à utiliser), la localisation des centres de distribution, la définition de la politique de transport, l'affectation des clients aux centres de distribution et l'allocation des articles aux centres de distribution et aux clients [27].

### **2.7.2 Décisions temporelles**

Les décisions relatives à la gestion et à la planification de la chaîne logistique sont nombreuses et couvrent les différents horizons de la prise de décision : court, moyen et long termes.

## **2.8 Classes de base des chaînes logistiques**

Toute modélisation et simulation d'une chaîne logistique commence par l'identification des composants de base de la chaîne. Où, nous avons défini quatre classes de base correspondant aux quatre catégories de sites de la chaîne, à savoir : les fournisseurs, les usines, les centres de distribution, les clients [17].

### **2.8.1 Les fournisseurs**

Un fournisseur est une personne ou une entreprise qui soit fabrique, transforme, emballe, ou installe des produits contrôlés, soit exerce des activités d'importation ou de vente de ces produits.

Dans une chaîne logistique, les fournisseurs sont généralement des sources où les flux de matières sont initiés. Un fournisseur peut fournir plusieurs types de produit, qui peuvent être de différentes natures : des matières premières, des composants, des produits semi-finis et même des produits finis. Le prix de vente a été et est toujours un attribut critique pour le choix de fournisseurs. Néanmoins, le seul prix d'achat n'est pas de nos jours un facteur déterminant. Le rapport qualité-prix est beaucoup plus utilisé que le prix d'achat seul. De plus, le respect des délais de livraison et la qualité du service sont des éléments clés et seront utilisés dans notre évaluation de la stratégie d'approvisionnement adoptée dans la chaîne.

Les principaux attributs sont [17] :

- Prix d'achat unitaire hors taxe.
- Taux de la taxe douanière.
- Pourcentage des produits ne respectant pas le cahier des charges.
- Délai d'approvisionnement.
- Quantité minimale acceptée par ordre.

### **2.8.2 Les usines**

Une usine est un bâtiment ou un ensemble de bâtiments destinés à la production industrielle. On y transforme généralement des matières premières ou semi-ouvrées en produits finis, mais aussi de l'énergie. Une usine est l'une des entités critiques dans une chaîne logistique.

Les principaux attributs [17] :

- Fréquence de lancement de la production
- Capacité de production à chaque instant de lancement
- Taille minimale pour chaque lancement
- Délai de production
- Coût de production unitaire
- Nomenclature du produit fini

### **2.8.3 Les centres de distributions**

Dans une chaîne logistique, le rôle de cette site est triple et consiste en : la réception, le stockage et l'expédition des produits de différentes natures (matières premières, composants, produits finis, etc).

Les attributs d'un centre de distribution sont [17] :

- Capacité de réception
- Capacité de stockage
- Capacité d'expédition
- Coût de stockage par unité de produit et par jour
- Coût unitaire pour un chargement/déchargement

## 2.8.4 Les clients

Un client, au sens économique, désigne la personne où l'entité qui prend la décision d'acheter un bien ou service, de façon occasionnelle ou habituelle, à un fournisseur.

Les principaux attributs d'un client sont [17] :

- Demande moyenne
- Écart-type de la quantité demandée
- Fréquence des demandes (constante ou aléatoire)
- Type de comportement (patient ou impatient)
- Délai souhaité de réception de la demande
- Priorité de service

## 2.8.5 Connexion de transport

Dans une chaîne logistique, les entités principales (fournisseurs, usines, centres de distribution et clients finaux) sont reliées entre elles par des connexions impliquant différents modes de transport. Les principaux attributs [17] :

- Capacité maximale de transport
- Quantité minimale exigée pour initier le transport
- Délai de transport moyen
- Écart-type du délai de transport
- Coût de transport unitaire
- Coût de transport par départ ou envoi
- Consommation moyenne du fuel

## 2.8.6 Liaison d'information

Les liaisons d'information sont utilisées pour connecter les sites entre eux, principalement en terme de passation d'ordres (d'achat, d'approvisionnement, de production...).

Les principaux attributs [17] :

- Expéditeur d'ordres
- Récepteur d'ordres

## 2.8.7 Entreprise

Une entreprise est une unité institutionnelle, mue par un projet décliné en stratégie et/ou en politiques et plans d'action, dans le but de produire et de fournir des biens ou des services à destination d'un ensemble de clients ou usagers. Pour ce faire elle s'organise, fait appel, mobilise et consomme des ressources (matérielles, humaines, financières, immatérielles et informationnelles). L'entreprise exerce son activité en s'adaptant à un contexte précis auquel elle doit s'adapter : un environnement plus ou moins concurrentiel, une filière technico-économique caractérisée par un état de l'art, un cadre socio-culturel et réglementaire spécifique, ainsi qu'un éventuel impératif de niveau de rentabilité plus ou moins élevé.

## 2.9 Principaux processus d'une entreprise

Un processus opérationnel (ou Business Process, en anglais) est un ensemble d'activités qui définit des rôles et des relations, et qui systématise l'organisation et la politique d'une entreprise dans le but d'atteindre certains des objectifs de cette entreprise. Nous rappelons ici les quatre processus principaux d'une entreprise, qui sont l'approvisionnement, la production, la distribution et la vente [3].

### 2.9.1 Le processus Approvisionnement

Les matières et les composants approvisionnés constituent 60% à 70% de coûts des produits fabriqués dans presque toutes les entreprises [20].

Pour l'activité d'approvisionnement, Ding dit que [17], le décideur a besoin d'identifier les fournisseurs potentiels à choisir pour alimenter les différentes usines en matières premières, en composants et en produits semi-finis.

Le processus Approvisionnement se concentre sur la fourniture de tous les composants nécessaires à la fabrication. Deux grandes phases sont ici à distinguer. La première phase consiste à sélectionner les fournisseurs de l'entreprise. Le choix des fournisseurs peut se faire sur différents critères comme la qualité, le prix, les délais de réapprovisionnement des matières premières ou composants, mais aussi leur capacité de production, leur facilité à accepter une demande très variable, leur possibilité de faire évoluer techniquement les composant [3]. Il est possible de sélectionner un four-

nisseur unique par produit ou, au contraire, des sources multiples qui se partagent la demande, en minimisant ainsi le risque de rupture de livraison. Les fournisseurs étant déterminés, la seconde phase du processus approvisionnement consiste à passer les commandes des composants à ces fournisseurs en fonction de la production à réaliser. Il s'agit aussi de vérifier que ces composants sont livrés dans de bonnes conditions, c'est-à-dire de vérifier que la livraison comporte les bons composants, de qualité requise, en quantité conforme et au bon moment. 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 [3].

## 2.9.2 Le processus production

La fonction de production est au cœur de la chaîne logistique, il s'agit là des compétences que détient l'entreprise pour fabriquer, développer ou transformer les matières premières en produits ou services. Elle donne la capacité à la chaîne logistique pour produire et donne ainsi un indice sur sa réactivité aux demandes fluctuantes du marché [28]. La production représente l'ensemble des activités nécessaires pour réaliser le produit, le fabriquer et le stocker. Il se base essentiellement sur la conception du produit et la gestion de la production et des services [24].

Selon Francois [3], le processus Production concerne l'ensemble des transformations que vont subir les composants pour réaliser les produits finis de l'entreprise. L'objectif du processus Production est de fabriquer les produits requis tout en assurant la productivité du système (notamment par un taux élevé d'utilisation des ressources mobilisées). 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.

La production est l'activité socialement organisée exercée par une unité institutionnelle qui combine des facteurs de production (facteur travail, facteur capital) pour transformer les consommations intermédiaires en biens ou en services échangés sur le marché ou obtenus à partir de facteurs de production s'échangeant sur le marché.

### 2.9.3 Le processus distribution

La distribution est généralement un élément intermédiaire d'une filière économique chargée du financement, du stockage, de la promotion et de l'acheminement des produits aux commerçants (c'est-à-dire du management de la distribution).

D'après Jihéne [24], la distribution englobe toutes les activités prenant en charge les commandes clients et leur livraison. Il inclut la gestion de la commande (entrée de commande et traitement), la gestion du transport et la livraison aux clients. Selon François [3], le processus 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 (ou d'intermédiaires) dans le réseau de distribution ainsi que le positionnement des entrepôts et leur mode de gestion. Par exemple, les produits peuvent être acheminés en nombre par train et regroupés dans un entrepôt pour être livrés ensuite par camion aux clients d'une même zone géographique, en vue du meilleur compromis entre qualité de service et coût économique.

### 2.9.4 Le processus Vente

Une vente est l'opération par laquelle un bien ou un droit détenu par un vendeur est cédé à un acheteur en échange d'une contrepartie, généralement la remise d'une somme d'argent.

D'après François [3], le processus vente, mis en œuvre par le service commercial, développe les relations envers le client (négociation des prix et des délais, enregistrement des commandes...) et par extension, recherche une meilleure connaissance du marché. Ce processus de l'entreprise est également chargé de définir la demande prévisionnelle et d'intégrer des aspects commerciaux comme la durée de vie du produit pour anticiper l'évolution de ses ventes. Les aspects marketing (analyse de marché, publicité, promotions...) sont aussi gérés dans ce processus. Selon Mouloua [28], la fonction de vente est la fonction ultime dans une chaîne logistique, son efficacité dépend des performances des fonctions en amont. Si on a bien optimisé pendant les étapes précédentes, alors on facilite la tâche du personnel chargé de la vente, car ils pourront offrir des prix plus compétitifs que la concurrence, sinon les marges seront très étroites et les bénéfices pas très importants, voire même engendrer des pertes.

# Bibliographie

- [1] K. C. Tan, *Framework of supply chain management literature*, European Journal of Purchasing and Supply Management, **7**, 39-48 (2001).
- [2] S. E. Merzouk, *problème de dimensionnement de lots et de livraisons : application au cas d'une chaîne logistique*, Thèse de doctorat, université de technologie de Belfort-Montbéliard (2007).
- [3] J. Francois, *Planification des chaînes logistiques : Modélisation du système décisionnel et performance*, Thèse de doctorat, École doctorale des sciences physiques et de l'ingénieur, Université Bordeaux 1, France (2007).
- [4] V. Botta-Genoulaz, *Principes et Méthodes pour l'Intégration et l'Optimisation du pilotage des Systèmes de Production et des Chaînes Logistiques*, Rapport de HDR, tome 1, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon et Université Claude Bernard de Lyon 1 (2005).
- [5] K. Rota-Franz, *Coordination temporelle de centres gérant de façon autonome des ressources. Application aux chaînes logistiques intégrées en aéronautique*, Thèse de doctorat, École nationale supérieure de l'aéronautique et de l'espace, Toulouse, France (1998).
- [6] M. L. Christopher, *Logistics and Supply Chain Management*, Pitman Publishing, London (1992).
- [7] H. L. Lee and C. Billington, *Material management in decentralized supply chain*. Operation Research, **41**, 835-847 (1993).
- [8] B. La Londe and J. Masters, *Emerging Logistics Strategies : Blueprints for the Next Century*, International Journal of Physical Distribution and Logistics Management, **24**, 35-47 (1994).
- [9] R. Ganeshan, E. Jack, M. J. Magazine and P. Stephens, *A Taxonomic Review of Supply Chain Management Research, in Quantitative Models for Supply Chain Management*, Kluwer Academic Publishers, Boston, 841-880 (1998).
- [10] S. Tayur, R. Ganeshan, M. Magazine, *Quantitative models for supply chain management*, Kluwer Academic Publishers (1999).
- [11] H. Statler and C. Kilger, *Supply Chain Management and Advanced Planning : concepts, models, software and case studies*, Editions Springer Verlag (2000).
- [12] J. T. Mentzer, W. Dewitt, J. S. Keebler, S. Min, N. W. Nix, C.D. Smith, Z. G. Zacharia, *Defining the supply chain Management*, Journal of Business logistics, **22**, 1-25 (2001).

- [13] P. Génin, *Planification tactique robuste avec usage d'un A.P.S—Proposition d'un mode de gestion par plan de référence*, Thèse de doctorat de l'École des Mines de Paris (2003).
- [14] D. J. Thomas, P. M. Griffin, *Coordinated supply chain management*, European Journal of Operational Research. **94**, 1-15 (1996).
- [15] J. Geunes and B. Chang, *Operations research models for supply chain management and design*, in *Encyclopaedia of Optimization*, Kluwer Academic Publishers, **4**, 133-145 (2001).
- [16] H. Dominguez, R. S. Lashkari, *Model for integrating the supply chain of an appliance company : a value of information approach*, International Journal of Production Research, **42**, 2113-2140 (2004).
- [17] H. Ding, *Une approche d'optimisation basée sur la simulation pour la conception des chaînes logistiques : Applications dans les industries automobile et textile*. Thèse de Doctorat, université de Metz (2004).
- [18] H. Bouchriha, *faire ou faire-faire dans la conception d'une chaîne logistique : un outil d'aide à la décision*, Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique De Grenoble (2002).
- [19] M. A. Cohen and H. L. Lee, *Strategic analysis of integrated production-distribution systems : Models and methods*, Operation research, **36**, 216-228 (1988).
- [20] L. Ouzazi, *Planification de la production par CO- décision et négociation de l'entreprise virtuelle*, École doctorale Informatique, Electronique—Electrotechnique, Mathématiques, Université de Metz France (2005).
- [21] S. Croom, P. Romano and M. Giannakis, *Supply chain management : an analytical framework for critical literature review*, European Journal of Purchasing and Supply Management, **6**, 67-83 (2000).
- [22] M. Roque, *Contribution à la définition d'un langage générique de modélisation d'entreprise*. Thèse de doctorat de l'Université Bordeaux 1, 2005.
- [23] A. Maria, *Introduction to modeling and simulation*, Proceedings of the 29th conference on Winter simulation, IEEE Computer Society Washington, USA (1997).
- [24] T. Jihène, *Modélisation pour la simulation de la chaîne logistique globale dans un environnement de production PME mécatroniques*, Thèse de doctorat, Université de Savoie (2009).
- [25] G. Q. Huang, S. K. LAU and K. L. Mak, *The impacts of sharing production information on supply chain dynamics : a review of the literature*, International Journal of Production Research, **41**, 1483-1517 (2003).
- [26] J. P. C. Kleijnen, *Supply Chain Simulation tools and techniques : A Survey*, International Journal of Simulation and Process Modelling, **1**, 82-89 (2005).
- [27] K. Hadj-Hamou, *Contribution à la conception de produits à forte diversité et de leur chaîne logistique : une approche par contraintes*, Thèse de doctorat, L'institut National Polytechnique de Toulouse, France (2002).

- [28] Z. Mouloua, *Ordonnements coopératifs pour les chaînes logistiques*, Ecole Supérieure des Mines de Nancy (2011).

# Chapitre 3

## Un état de l'art sur la reconfiguration des chaînes logistiques

### 3.1 Introduction

Le problème de reconfiguration des réseaux logistiques a fait l'objet de nombreuses études. La littérature qui lui est relative est assez importante, plusieurs revues ont déjà été réalisées. Toutefois, même s'il est abondamment traité, rares sont les chercheurs qui ont abordé le problème dans sa globalité. De nombreux chercheurs ont limité leur étude à un ou plusieurs sous-problèmes. D'autre se sont intéressés au problème général pour un réseau logistique de structure très particulière. Dans ce chapitre, nous présentons plusieurs modèles élaborés pour répondre aux attentes de reconfiguration de ces réseaux. Nous nous intéressons aux éléments pris en compte dans ces modèles et à la manière dont ces derniers sont résolus.

C. H. Aikens (1985) [1] donne un état de l'art sur les différents modèles traitants du problème de localisation de sites d'une chaîne logistique. L'auteur présente des modèles mathématiques relatifs au problème de configuration des réseaux de distribution allant du modèle simple sans contrainte de capacité aux modèles multi-produits, multi-niveaux avec des contraintes de capacité.

V. Verter et C. Dincer (1992) [2] s'intéresse aux problèmes de conception des chaînes logistiques globales. Les auteurs insistent sur l'importance de la coordination de tous les acteurs de la chaîne. Cette revue est composée de deux parties :

- un état de l'art sur les modèles de localisation .
- un état de l'art sur les modèles de conception des systèmes de production et de distribution.

Selon les auteurs, les modèles de localisation dits "classiques" négligent les contraintes de capacité. Pour les travaux sur la conception des systèmes de production et de distribution, les auteurs remarquent l'absence de la considération des incertitudes liées au prix, au taux d'échange...

A. M. Geoffrion et R. F. Powers (1995) [3] présentent les modèles et approches dédiés aux problèmes de conception des réseaux de distribution. Les auteurs remarquent que les modèles de grandes tailles sont compliqués à résoudre sans l'utilisation de la méthode de décomposition Benders.

D. J. Thomas et P. M. Griffin (1996) [4] étudient la littérature relative à l'élaboration de plannings coordonnant deux ou plusieurs activités du réseau logistique tel que l'approvisionnement, la production et la livraison .

C. J. Vidal et M. Goetschalckx (1997) [5] passent en revue les différents modèles se rapportant à la planification stratégiques des systèmes de production et de livraison en mettant en évidence leur caractéristiques ; fonction objectif, contraintes et méthode mise en œuvre pour les résoudre. Ils montrent certains manques des modèles existants et l'importance de développer des modèles plus réalistes ainsi que les méthodes de résolution de ces modèles.

Dans le papier de A. M. Sarmiento et R. A. Nagi (1999) [6], les auteurs présentent des approches intégrées des chaînes logistiques considérant l'ensemble des décisions (localisation de sites, approvisionnement, distribution, stockage, production...) dans un seul modèle d'optimisation. Selon leur article, les problèmes liés à la conception des systèmes de production et de distribution sont classés en trois catégories : distribution-stockage, stockage-routage et production-stockage- distribution-stockage.

L. V. Snyder (2004) [7] présente un rapport sur des modèles de localisation existants tenant explicitement compte de l'incertitude sous différentes formes. L'auteur identifie deux catégories de problèmes appelés respectivement problème de localisation stochastique et problème de localisation robuste. Pour résoudre les problèmes de localisation stochastique, la plupart des modèles proposés ont pour objectif soit la minimisation du coût total soit la maximisation du profit. D'autres modèles utilisent

une approche probabiliste avec l'objectif de la maximisation de la probabilité que la solution finale soit de bonne qualité.

A. Guinet (2011) [8] a proposé une approximation basée sur la problématique de la planification de la production au niveau multi-sites en utilisant comme outil de résolution la programmation linéaire duale. Dans son article, il stipule qu'un problème de planification d'un simple produit avec coûts variables est dit NP-hard. Cependant, des solutions peuvent être trouvées grâce à la : programmation linéaire, la programmation mixte entière et la programmation dynamique en utilisant quelques heuristiques,

## 3.2 Modèles analytique

La plupart des modèles analytiques sont des modèles de programmation linéaire mixte : les décisions de types " faire ou ne pas faire" différentes méthodes comme l'algorithme du simplexe, la procédure de séparation et d'évaluation, la décomposition de Benders, des approches heuristiques, par exemple, basées sur la relaxation lagrangienne ou encore des métaheuristiques.

Le problème de reconfiguration des réseaux logistiques est un problème de décision complexe impliquant de nombreux éléments. Une première étude de la littérature nous a permis d'identifier un certain nombre de facteurs qui sont généralement pris en compte et qui influence la taille des problèmes à résoudre. Ces différents facteurs permettent également de caractériser les modèles. ils sont les suivants [9].

### 3.2.1 La nature des décisions à prendre

Quand une entreprise a identifié, en fonction de sa stratégie, un ensemble de projets pour redéployer son réseau logistique, il lui reste à décider quel projet elle peut mettre en œuvre afin de se démarquer de ses concurrents. L'entreprise est donc face à un problème de décision appelé "problème de reconfiguration du réseau logistique". Généralement, selon la nature des projets potentiels, quatre types de décisions sont associés à ce problème : des décisions de localisation des sites de production et de distribution, des décisions concernant les flux de matière entre ces sites, des décisions concernant le mode de fonctionnement du réseau et des décisions concernant les investissements en main d'œuvre et en équipement dans chacun de ces sites [10].

### **3.2.2 Le nombre d'échelon dans le réseau logistique**

La taille du problème à résoudre dépend du tronçon de réseau logistique qui est considéré. Il peut s'agir d'un problème relatif à une partie de ce réseau comme, par exemple, le sous-réseau de distribution ou d'un problème concernant plusieurs sous-réseaux. Souvent, deux échelons sont considérés dans les problèmes [9]. Les sites du premier niveau (centres de production) fournissent des produits aux sites du second niveau (les centres de distribution) qui les livrent, à leur tour, aux clients.

### **3.2.3 Le nombre de périodes envisagées**

Pour un problème donné, certains modèles considèrent une seule période de temps et d'autre envisagent plusieurs périodes. L'élaboration du planning stratégique sur plusieurs périodes de temps complique considérablement le modèle.

### **3.2.4 Les objectifs recherchés**

L'objectif principal est la minimisation des coûts. Certains auteurs supposent une structure linéaire pour les coûts et les regroupent en une composante fixe et une composante variable. D'autre prennent en compte les économies d'échelle, ce qui mène à des modèles non linéaires. En général, les entreprises ne cherchent pas à optimiser un seul critère qui est le coût mais s'intéressent également à la maximisation d'autres critères financiers.

### **3.2.5 Les contraintes prises en compte**

Celles-ci dépendent du problème considéré. Plusieurs contraintes peuvent être prises en compte dans les modèles. En général, on retrouve des contraintes liées au service (la satisfaction de la demande) et des contraintes relatives aux capacités des installations de la chaîne logistique.

### 3.2.6 Le caractère international du réseau logistique

Lorsqu'un réseau logistique opère sur un marché international, il est intéressant de prendre en compte un certain nombre d'éléments qui affectent son profit comme, par exemple, les frais de douane, les taxes, les taux de change et les réglementations locales [9].

Dans la suite de cette partie, nous avons regroupé les modèles de reconfiguration en plusieurs catégories selon les facteurs mentionnés ci-dessus. Nous faisons une première distinction entre les modèles développés pour un réseau logistique présent dans un seul pays et ceux qui tiennent compte du caractère international de ce réseau. Généralement, les premiers portent le nom de modèles domestiques et les seconds de modèles globaux [9].

## 3.3 Modèles domestiques

Ce sont des modèles servant à résoudre : le problème de localisation, le problème d'allocation, le problème de localisation-allocation et les problèmes de localisation-allocation ainsi que de capacité.

### 3.3.1 Problème de localisation

Un problème de localisation consiste à déterminer l'emplacement d'un ou de plusieurs sites, de sorte à optimiser une fonction mathématique qui dépend des distances entre ces sites et un ensemble d'utilisateurs potentiels. L'étude de la théorie de localisation a commencé officiellement en 1909 par Weber [11]. Le livre publié par Weber constitue l'un des premiers apports théoriques sur les facteurs clés de localisation des entreprises à l'échelle régionale ou nationale. Il considère un problème de localisation d'un entrepôt afin de minimiser la distance totale entre cet entrepôt et plusieurs clients. Mais ce n'est que dans les années 60 que S. L. Hakimi (1964) [12] considère un problème plus général, c'est celui de la localisation d'un ou de plusieurs sites dans un réseau, dans le but de minimiser la distance totale entre les clients et ces sites, ou bien pour minimiser le maximum de cette distance.

La version de base de ce problème est la suivante [9, 13] :

Minimiser la somme des coûts fixes liés à l'implantation des sites et des coûts va-

riables liés au transport.

Sous contraintes de : satisfaire la totalité de la demande à partir des sites ouverts.

G. Bel et *al.* (1996) [14] proposent un modèle mathématique multi-produit de programmation linéaire en variables mixtes pour la localisation des lignes d'assemblage. L'objectif d'optimisation est de minimiser les coûts de production et de transport et maximiser la robustesse. Un algorithme génétique multicritères est implémenté pour la résolution du problème. L'algorithme génétique est également utilisé pour la résolution du problème d'optimisation monocritère. Selon les résultats obtenus, l'algorithme génétique montre son efficacité lors de la recherche de la solution optimale.

J. D. Gamm et *al.* (1997) [15] ont traité le problème de localisation mono période, pour réorganiser un réseau de distribution. L'objectif consiste à minimiser les différents coûts du réseau. La méthode de résolution utilisée pour ce problème est la procédure de séparation et d'évaluation implémenté dans LINDO.

M. T. Melo et *al.* (2009) [16] présente une revue de la littérature des modèles de la localisation des usines ainsi que de la relation générale entre les modèles de localisation des usines et la stratégie de planification de la chaîne logistique. Les auteurs ont remarqué l'intérêt porté par plusieurs chercheurs qui traitent les cas stochastiques. Ils soulignent aussi le fait que les décisions tactique et opérationnelle (routage et mode de transport) dépendent fortement de décision de la localisation des sites. Ils ont aussi remarqué que l'intégration complète des décisions SCM (Supply Chain Management) est moins étudiée.

L. Nozick et *al.* (2001) [17] ont réorganisés un réseau de distribution d'un constructeur automobile. L'objectif de cette étude est de minimiser les coûts et satisfaire la demande d'un problème de localisation.

A. Osman (2003) [18], proposé un nouvel algorithme génétique pour le problème d'emplacement des sites (installations), cet algorithme est assez simple et il donne rapidement de bonnes solutions. Le but du modèle est de sélectionner la meilleure localisation des  $P$  sites pour servir les  $N$  points (zones) de demande afin de minimiser la distance entre ces sites et les points de demande. L'algorithme utilisé permet de donner deux solutions, la meilleure et la mauvaise, puis il va sélectionner la meilleure qui ne change plus.

G. Zhou et *al.* (2002) [19] ont traité un problème de localisation mono-période d'un

réseau logistique. Ce réseau est constitué de 03 centres de distributions et 21 clients. Les auteurs ont utilisés les algorithmes génétiques pour optimiser le problème. A. Tanonkou et *al.* (2005) [20] présentent la conception d'un réseau logistique constitué de fournisseurs, de détaillants et de centres de distributions à localiser. Pour ce réseau, chaque détaillant fait une commande aléatoire pour un seul type de produit. Aussi, le temps de livraison entre le fournisseur et les centre de distributions est aléatoire. Le problème consiste à sélectionner l'ouverture des centres de distribution afin de minimiser les coûts d'inventaire et sa sécurité du stock aux centres de distribution, les coûts de passation d'une commande, les coûts de transport dans le réseau et les coûts fixe de localisation. Les auteurs ont trouvé que le problème est NP difficile et ont proposé l'approche de relaxation Lagrangienne pour résoudre ce problème.

### 3.3.2 Problème d'allocation

Étant donné un réseau logistique composé d'un ensemble de fournisseurs approvisionnant des matières premières, d'un ensemble de centre de fabrication transformant ces matières premières en produits finis et d'un ensemble d'entrepôts distribuant ces produits finis auprès des clients finaux, le problème d'allocation consiste à affecter la fabrication et la distribution des produits finis aux sites et à déterminer les flux entre les entités du réseau.

Dans la version de base, ce problème s'exprime comme suit [9] :

Minimiser la somme des coûts de production et de transport.

Sous contraintes de :

- Satisfaire la demande
- Approvisionner les matières premières nécessaires
- Respecter les capacités disponibles au niveau de l'approvisionnement, au niveau de la production, au niveau de la distribution
- Équilibrer les flux

Cohen et Moon (1991) [21] ont traité le problème d'allocation mono-période à deux échelons. Les auteurs ont utilisés la décomposition de Bender pour résoudre le problème d'optimisation.

M. Rami et *al.* (2005) [22] ont proposé dans leur article, un nouvel algorithme pour résoudre le problème de l'affectation d'un réseau de cross-docks. L'objectif de ce tra-

vail est de minimiser les frais de transport à partir d'un ensemble de fournisseurs  $I$  vers un ensemble de clients  $J$  à travers les centres de distribution de cross-docks. L'algorithme d'optimisation par colonies de fourmis (ACO) a été utilisé pour résoudre ce problème. Les auteurs ont constaté que leur solution proposée réduit considérablement les frais de livraison dans le réseau de cross-docks.

### 3.3.3 Problème de localisation–allocation

Dans un problème de localisation-allocation, on distingue le terme localisation qui fait référence à la détermination des emplacements des sites qui peuvent être des sites de production ou de distribution de l'entreprise, et le terme allocation qui fait référence à l'affectation des activités aux sites de production ou des clients aux centres de distribution.

Dans la version de base, ce problème de localisation-allocation s'exprime de la manière suivante [9] :

Minimiser la somme des coûts fixes liés aux installations et des coûts variables liés à la production et au transport.

Sous contraintes de :

- Satisfaire la demande
- Approvisionner les matières premières nécessaires
- Respecter les capacités disponibles au niveau de l'approvisionnement, au niveau de la production, au niveau de la distribution
- Équilibrer les flux
- Garantir que lorsqu'un site est fermé, aucun produit ne soit fabriqué dans ce site et que les flux de matière entrant et sortant de ce site soient nuls.

G. Mayer et B. Wagner (2002) [23] ont traité un problème de localisation multi-sites pour la fabrication, associé à un problème d'allocation et de transport pour la distribution multi-dépôts et multi-niveaux. Ils ont utilisé comme outil de résolution, au niveau statique, la programmation linéaire duale (LP dual) et la programmation linéaire relaxée (LPR). Au niveau dynamique, ils ont utilisé la méthode de "branch & bound" (B& B).

A. M. Geoffrion et *al.* (1974) [24] ont traité le problème de localisation-allocation mono-période et multi produit. L'objectif de cette étude, est de minimiser les coûts

d'un réseau de distribution d'une entreprise des produits alimentaires. Les auteurs ont utilisé la méthode de décomposition de Bender pour résoudre le problème d'optimisation.

M. J. Canos et *al.* (2001) [25] ont défini le problème classique de la localisation de P-médian comme étant celui de localisation des P installations afin de couvrir toute la commande demandée avec la minimisation du coût total de transport. Ils supposent que ces coûts sont directement proportionnels à la distance couverte et à la quantité de produits transportés.

G. A. Tanonkou et *al.* (2006) [3] ont traité le problème de l'intégration des décisions de la localisation des sites et de sélection des fournisseurs pour un réseau de distribution. Dans cette étude, ils ont supposé que le détaillant faire une demande aléatoire pour un seul type de produits et que le temps de livraison entre chaque fournisseur et chaque centre de distribution est constant. Le problème consiste à sélectionner des fournisseurs, localiser des centres de distributions et l'affecter des fournisseurs aux (DCs) et affecter des détaillants aux (DCs) afin de minimiser les coûts d'inventaire, les coûts de passation d'une commande, les coûts de transport dans le réseau et les coûts fixes de la localisation. Les auteurs qui ont trouvé que le problème est NP difficile, ont proposé l'approche de relaxation de Lagrangienne pour résoudre ce problème.

H. Pircul et V. Gayaraman (2006) [27], ont étudié un problème de localisation-allocation à deux niveau où l'objectif est de minimiser les coûts du réseau. Les auteurs ont décomposé le problème en sous-problèmes et ont utilisé la relaxation Lagrangienne pour optimiser chacun de ces sous-problèmes.

G. A. Tanonkou et *al.* (2007) [28] ont traité l'intégration de deux décisions, la localisation des centres de distribution (DCs) et le choix de fournisseurs, qui se fait habituellement par la localisation des centres de distribution, l'affectation des fournisseurs vers les (DCs) et l'affectation des détaillants vers les (DCs) localisés. Les auteurs ont supposé que chaque détaillant va faire des demandes aléatoires d'un seul type de produit et avec un temps de livraison aléatoire entre chaque fournisseur et le centre de distribution. Le but de cette intégration des deux décisions est de minimiser les coûts d'inventaire et la sécurité du niveau de stock, les coûts de passation des commandes et du transport ainsi que les coûts fixes de localisation des centres de distribution. Les auteurs ont obtenu un problème d'optimisation combinatoire non

linéaire qui est difficile à résoudre et ont proposé pour cela l'approche de relaxation Lagrangienne.

V. Jayaraman et H. Pirkul (1996) [29] proposent un modèle mono-période/multi-produits de programmation linéaire en variables mixtes pour la résolution des problèmes de localisation et d'allocation lors de la conception d'un réseau de production et de distribution. Trois types de coûts sont considérés dans le modèle, incluant les coûts fixes et variables de production, les coûts de transport des matières premières et les coûts fixes et variables pour la distribution des produits finis. Une méthode heuristique basée sur la relaxation Lagrangienne est alors développée pour l'optimisation du problème.

H. Yan et *al.* (2003) [30] ont minimisé les coûts d'un problème de localisation-allocation mono-période multi produits d'un réseau de petite taille inspiré dans cas industriel. La méthode utilisée pour résoudre ce problème est la procédure de séparation de LINDO.

### **3.3.4 Problème de localisation–allocation et de capacité**

Contrairement au problème de localisation-allocation, le Problème de localisation–allocation et de capacité suppose que la capacité disponible dans les centres de fabrications et de distribution est une variable de décision. La résolution de ce problème permet de déterminer l'état (ouvert ou fermé) des sites existants et potentiels, les capacités disponibles dans ces sites et les quantités de chaque produit à fabriquer et à transporter entre les différentes installations du réseau logistique. Ce problème s'exprime comme suit [9] :

Minimiser la somme des coûts fixes liés aux installations et aux capacités et des coûts variables liés à l'utilisation des capacités, à la production et au transport.

Sous contraintes de :

- Satisfaire la demande
- Approvisionner les matières premières nécessaires
- Les capacités disponibles
- Respecter les capacités disponibles au niveau de l'approvisionnement, au niveau de la production, au niveau de la distribution
- Équilibrer les flux
- Garantir que lorsqu'un site est fermé, aucun produit ne soit fabriqué dans ce site

et que les flux de matière entrant et sortant de ce site soient nuls et que la capacité disponible le soit également.

A. Amiri (2006) [31] s'intéresse aux problèmes de localisation-allocation et de capacité d'un réseau logistique. Ce réseau est constitué de 100 zones de demande, 25 sites de distributions potentiels et 10 entités de productions potentiels dont l'objectif est de minimiser les coûts. La méthode de résolution est une heuristique basée sur la relaxation Lagrangienne.

M. Paquet et *al.* (2001) [32] ont traité le problème de localisation-allocation et de capacité multi-produits et multi-échelon dans le but de minimiser les coûts. Le problème est fictif mais inspiré d'un cas industriel. La procédure de séparation et d'évaluation de CPLEX est utilisée pour optimiser ce problème.

M. T. Melo et *al.* (2006) [33] ont examiné un modèle de type programme linéaire mixte. Ce modèle traite le problème de localisation-allocation et de capacité multi-période, multi-produits et multi-échelon. Le problème est optimisé par la procédure de séparation et d'évaluation de CPLEX.

J. Lamothe et *al.* (2006) [34] ont étudié un problème de localisation-allocation et de capacité ainsi que la conception de produits. L'objectif de cette étude est de minimiser les coûts de ce réseau logistique. L'optimisation du problème se fait par la procédure de séparation et d'évaluation de CPLEX.

### 3.4 Modèles globaux

Les modèles globaux (internationaux) sont utilisés pour des entreprises qui n'opèrent plus dans un seul pays. Elles exportent des produits vers d'autres pays, s'approvisionnent par le biais de sources étrangères ou fabriquent à l'étranger. Ce déploiement international procure de nombreux avantages. Il permet d'accéder à des ressources à meilleur prix ou non disponibles ailleurs (main-d'œuvre bon marché, accès à des matières premières, source d'énergie peu coûteuse), de bénéficier de subventions de certains gouvernements étrangers qui cherchent à attirer les investisseurs dans leur pays. Les modèles internationaux ont fondamentalement les mêmes caractéristiques, variables et contraintes que les modèles domestiques. Néanmoins, de nouveaux éléments, augmentant la complexité des modèles, doivent être considérés [35]. Ces éléments sont les suivants :

### 3.4.1 Tarifs et droits de douane

Ils consistent à ajouter une taxe sur la valeur des produits importés, renchérissant ainsi leur prix sur le marché intérieur. Ils sont basés sur les flux de marchandises qui traversent les frontières. Certains pays se sont regroupés pour former des zones libres à l'intérieur desquelles les marchandises peuvent circuler librement.

### 3.4.2 Les barrières non tarifaires

Il s'agit de tous les autres obstacles mis à l'entrée de marchandises étrangères. Ce peut être des limitations quantitatives (contingentements ou quotas) : l'importation de tel ou tel produit est fixée à une quantité maximum, pour une période donnée. Ce peut être aussi des barrières plus insidieuses, moins visibles : on impose des normes sanitaires spécifiques pour les produits importés, ou des normes techniques, on peut aussi imposer des formalités administratives complexes et coûteuses qui ont pour effet de décourager les importations.

### 3.4.3 Taux de change

Le taux de change d'une devise (une monnaie) est le cours (autrement dit le prix) de cette devise par rapport à une autre. Les taux de change fluctuent et affectent les profits réalisés dans les pays où l'entreprise est implantée. V. Verter et C. Dincer (1995) [36] Constatent que peu de modèles de production et de distribution traitent les aspects internationaux d'une chaîne globale. De même, ils montrent l'importance des aspects stochastiques tels que les aléas des prix des marchés et des taux de change dans la localisation de sites.

### 3.4.4 Impôts et subventions à l'exportation

d'après M. A. Cohen et H. L. Lee [37], Les impôts payés par les entreprises et les subventions diffèrent d'un pays à l'autre.

B. C. Arntzen et *al.* (1995) [38] présentent un problème de localisation-allocation dans un réseau logistique global multi-produit, multi-période et multi-échelon. L'objectif de ce travail est de minimiser des coûts et des temps de production et de distribution. Les auteurs ont pris en considération des taux de taxation, de certaines exigences locales et de la possibilité d'être remboursé des frais de douane.

G. Schmidt et E. wilhelm (2000) [39] présentent un état de l'art sur les approches de modélisation et d'optimisation des chaînes logistiques à l'échelle internationale. Suivant la nature des décisions (stratégiques, tactiques et opérationnelles). Les auteurs insistent sur le fait que les décisions des différents niveaux interagissent les unes avec les autres. Les décisions du niveau supérieur imposent des contraintes structurelles ainsi que la performance de la chaîne aux niveaux inférieurs.

C. J. Vidal et M. Geotchalckx (2001) [40] ont présenté une étude d'un cas industriel dans le domaine de la chimie. L'objectif de cette étude est la maximisation du profit. Les auteurs ont traité un problème d'allocation dans un réseau logistique global multi-produit, multi-période. Les auteurs ont pris en considération des taux de taxation, des taux de change, des frais de douane à l'importation. Pour résoudre ce problème, les auteurs ont décomposé le modèle en deux modèles linéaires.

## **3.5 Pilotage**

### **3.5.1 Introduction**

La satisfaction du client est évidemment au cœur des préoccupations d'une entreprise qui se veut pérenne. Elle passe aussi par la gestion des insatisfactions éventuelles, et les deux sont directement liées à la force ou à la fragilité des compétences relationnelles de l'entrepreneur.

Pour rester compétitives sur des marchés de plus en plus incertains, les entreprises ont besoin d'être réactives. Elles doivent souvent faire face à des événements imprévus tels qu'une annulation ou une modification de commande, la prise en compte d'une commande urgente, des aléas du système de production, etc. Ceci nécessite d'avoir des outils de pilotage de la production capables de réagir face aux événements critiques [41]. Pour les dictionnaires, piloter c'est tout à la fois conduire, diriger, gouverner. Implicitement, le pilotage fait référence à un système complexe. Ceci se retrouve dans le langage commun : on conduit sa voiture, mais on pilote une formule1 ou un avion.

### **3.5.2 Le pilotage par l'amont ou pilotage traditionnel**

Dans les organisations industrielles de type classiques, les objectifs du directeur de production et du directeur financier sont souvent contradictoires. Alors que le Directeur financier recherche une réduction maximum du niveau des stocks qui pèsent sur l'entreprise, le Directeur de production préfère lancer de longues séries de fabrication de manière à réaliser des économies d'échelle pour alléger les coûts unitaires de production – or, de longues séries de fabrication conduisent bien évidemment à alourdir les stocks.

En clair, les organisations classiques sont perpétuellement à la recherche d'un compromis entre le coût de lancement des séries de production et les coûts de stockage.

### **3.5.3 Le pilotage par l'aval ou Le Kanban**

Le Kanban peut se définir comme un mode de pilotage de la production destiné à éliminer tous les stocks inutiles surtout ceux qui concernent les encours de production. L'objectif global du Kanban est d'atteindre le zéro stock que l'on a souvent associé au zéro défaut et ceci avec la mise en place de procédures de contrôle total de la qualité. Pour les occidentaux, la mise en place du Kanban représente dans les entreprises une petite « révolution ».

Le principe du Kanban est le suivant : il s'agit de produire et livrer des produits finis juste à temps pour être vendus, fabriquer des produits intermédiaires juste à temps pour être transformés en produits finis, acheter des matières premières juste à temps pour la fabrication.

### **3.5.4 Pilotage d'un système**

Un système de pilotage d'entreprise est le dispositif mis en place par les dirigeants afin de leur permettre de piloter leur entreprise c.à.d qu'il fournit des données objectives pour la prise de décision. Le management de la qualité par exemple peut être un système de pilotage car il permet d'identifier des objectifs et une politique d'entreprise puis la mise en place d'un dispositif de mesure et de surveillance (avec des indicateurs) qui indique si l'entreprise atteint ses objectifs au pas et donc permet de l'orienter.

Le pilotage des systèmes de production a fait l'objet de nombreux travaux et de publications depuis trois décennies, que ce soit dans le milieu industriel ou dans le milieu académique. Force est de constater qu'il n'y a pas d'accord complet sur la définition de ce vocable, ni même sur ce qu'il recouvre, selon que l'on a à faire à des automaticiens, des gestionnaires, des chercheurs en génie industriel ou des éditeurs de logiciel.

### 3.6 Pilotage des systèmes industriels

Parmi les nombreuses définitions du pilotage industriel, la première que nous retiendrons est celle de J. Méléze (1972) [42], qui fait ressortir le concept de module de pilotage. Cette entité, base de l'analyse modulaire des systèmes, constitue le premier formalisme spécifique dédié à la compréhension du mécanisme de prise de décision, en particulier dans les systèmes de production. Selon l'auteur, le module de pilotage comprend un décideur ainsi que des sous-systèmes décisionnels et d'évolution. J. L. Moigne (1974) [43] introduit la séparation entre système physique, système d'information et système de décision. Pour lui, le pilotage concerne la définition et l'organisation des relations entre sous-système physique et sous-système de décision, ainsi que l'organisation des activités liées à la prise de décision.

P. Lorino (1992) [44] place l'objectif global de l'entreprise au centre du processus de pilotage. Pour lui, piloter, c'est définir des règles de comportement cohérentes avec cet objectif global. En termes actuels, on retrouve la notion de processus. L'objectif global de l'entreprise est l'aboutissement d'un ensemble d'activités liées, autrement dit : un processus. Piloter c'est donc :

- Déterminer le processus supérieur de l'entreprise.
- Décliner ce processus en sous processus.
- Assurer que chaque activité participe en cohérence avec les autres à l'atteinte de l'objectif global.

De nombreux auteurs restreignent le pilotage de la production au pilotage de l'atelier proprement dit et au temps réel. D. Trentesaux (1996) [45] définit le pilotage comme la structure de décision et d'information associée à la gestion en temps réel. Ce pilotage en temps réel comprend deux sous-fonctions liées par une boucle de ré-

troaction :

- 1) la conduite, qui est la fonction décisionnelle qui donne les ordres.
- 2) la commande, qui exécute les ordres décidés par la conduite et lui retourne les données de suivi.

Pour B. Grabot (1996) [46], le pilotage permet la production court terme de l'atelier en accord avec les objectifs établis par la gestion de production et en adaptant la production aux perturbations pouvant subvenir au niveau de l'atelier et de son environnement.

Selon G. Doumeingts (1984) [47], piloter un système c'est assigner à chaque partie du système un objectifs à atteindre. Les activités de pilotage ont pour rôle de guider chacune des parties du système vers ses objectifs. Le système doit posséder des dispositifs de retour d'information pour assurer la concordance entre les objectifs assignés et les résultats obtenus.

Par la suite, P. Lorino (1997) [48] assimile la performance de l'entreprise au surplus que dégage l'entreprise (différence entre la valeur fournie et les ressources consommées). En termes de processus on parlerait maintenant de création de valeur ajoutée monétaire. Nous verrons par la suite que, dans le contexte actuel, la valeur créée par une activité doit s'estimer en termes plus larges que le simple flux financier (qualité, réactivité, délais). Enfin, au niveau de l'entreprise, la performance se traduira par des rentrées monétaires.

### **3.7 Position du problème**

Ce mémoire examine le cas réel de distribution des produits de volaille dans la grande ville de Tlemcen. La ville de Tlemcen est située au nord-ouest de l'Algérie, à 520 km à ouest d'Alger et frontalière du Maroc, à 76 km à l'est de la ville marocaine d'Oujda. Tlemcen, érigée dans l'arrière-pays, est distante de 40 km de la mer Méditerranée. La ville de Tlemcen est le chef-lieu de la wilaya de Tlemcen qui regroupe trois daïra : Tlemcen, Mansourah, Chetouane (voir la figure 3.1).

L'objectif du cas d'étude est de reconfigurer un réseau logistique multi-échelons et multi-produits, dans le but de stabiliser les prix de la viande blanche au cours de toute l'année et avec des prix bien étudié et à l'apporté de toute les citoyens dans la

ville de Tlemcen. Ce réseau est constitué de trois partenaires ; les fermes (éleveurs de volaille), les abattoirs (abattage de poulets) et les détaillants. Les détaillants effectuent des commandes près des abattoirs avec des quantités précises et pour des dates de livraisons souhaitées. Pour satisfaire ces commandes, les abattoirs effectuent des demandes de livraisons aux éleveurs, de la même façon, ces commandes ont des quantités précises et arrivent à des dates convenues. La modélisation d'une chaîne logistique agroalimentaire sous forme de processus, la nécessité de collaboration entre les partenaires semble s'imposer pour aligner l'offre à la demande en termes de prestations (qualité, coûts, délai, quantité, service...). La première étape de ce travail, consiste à regrouper les détaillants les plus proches en distance en utilisant le modèle CCCP (capacitated centered clustering problem). Cette étape, nous permet de définir les différents amas de clients (ensemble de détaillants) de la ville de Tlemcen. Pour ce faire, nous avons utilisé le logiciel Autocad pour positionner les détaillants de cette ville. Dans la deuxième étape, nous traitons le problème de localisation/allocation des abattoirs par le modèle déterministe à trois niveaux avec une capacité déterminée. Cette optimisation nous a permis de localiser les abattoirs ainsi que l'affectation des abattoirs aux éleveurs et l'affectation des différents amas de clients (ensemble de détaillants) aux abattoirs localisés. L'objectif est de minimiser le nombre d'abattoirs ouverts et le coût de transport entre les fermes (éleveurs) et les abattoirs ainsi qu'entre les abattoirs et les détaillants en respectant la capacité des abattoirs et la capacité des camions frigo utilisé pour la livraison. Pour la dernière étape (problème 3), nous nous intéressons au problème de livraison (tournée de véhicule), pour cela, nous effectuons ce problème à l'aide de deux modèles de tournée de véhicule (TSP) et (VRP). Nous utilisons le logiciel d'optimisation LINGO 12 pour la résolution de ce problème qui a été décomposé en plusieurs sous problèmes et la résolution sera séquentielle l'une par rapport à l'autre.

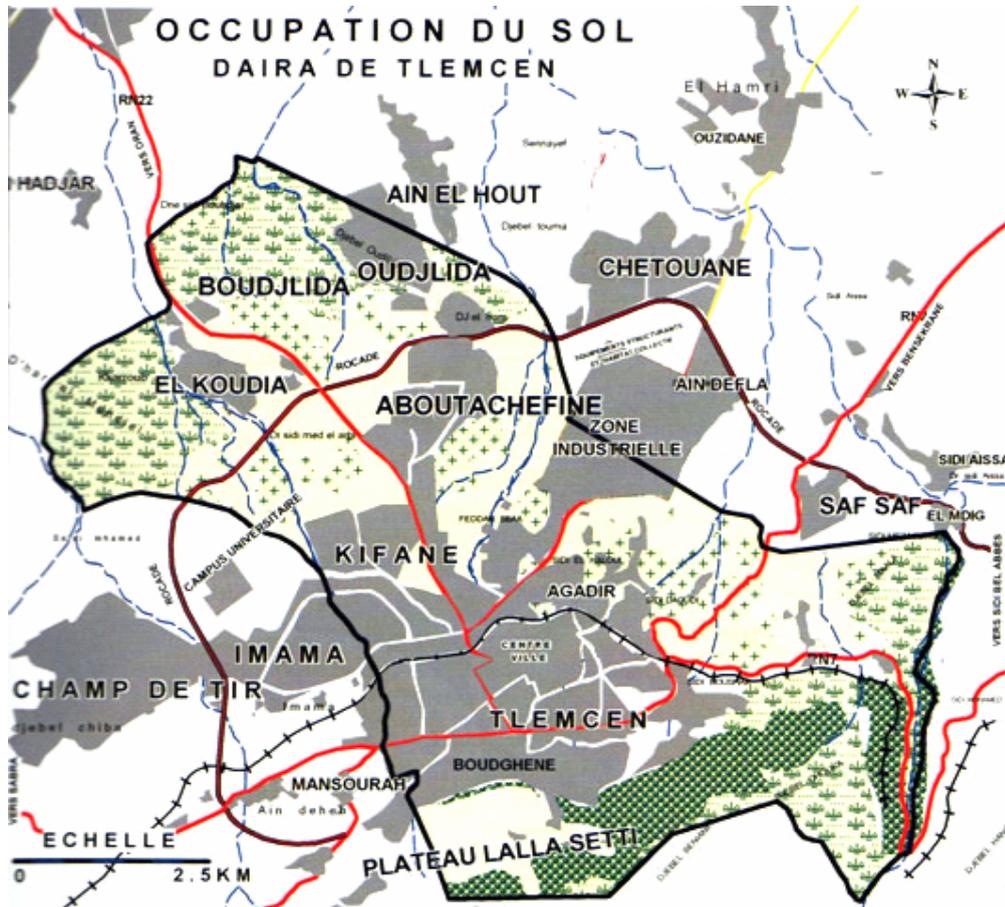


FIGURE 3.1 – Carte de la ville de Tlemcen.

# Bibliographie

- [1] C. H. Aikens, *Facility location models for distribution planning*, European journal of operational research, **22**, 263-279 (1985).
- [2] V. Verter and C. Dincer, *An integrated evaluation of location, capacity acquisition, and technology selection for designing global manufacturing strategies*, European Journal of Operational Research, **60**, 118 (1992).
- [3] A. M. Geoffion and R. F. Powers, *Twenty years of strategic distribution system design : An evolutionary perspective*, Intedaces, **25**,105-127 (1995).
- [4] D. J. Thomas and P. M. Griffin, *Coordinated supply chain management*, European journal of operational research, **94**, 1-15 (1996).
- [5] C. J. Vidal and M. Goetschalckx, *Strategic production-distribution models : A critical review emphasis on global supply chain models*, European journal of operational research, **98**, 1-18 (1997).
- [6] A. M. Sarmiento and R. A. Nagi, *Review of integrated analysis of production-distribution systems*, IIE Transactions, **31**, 1061-1074 (1999).
- [7] L. V. Snyder, *Facility location under uncertainty-A review*, Technical Report 04T.015, Department of Industrial, Lehigh University, USA (2004).
- [8] A. Guinet, *Multi-site planning : a transshipment problem*, International Journal of Production Economics, **74**, 21-32 (2011).
- [9] P. Florence, *Une démarche hybride d'aide à la décision pour la reconfiguration et la planification stratégiques des réseaux logistiques des entreprises multi-sites*, thèse de doctorat, (2005).
- [10] D. Simchi, P. Kaminsky, and E. Simchi, *Designing and managing the supply chain : concepts, strategies and case studies*, New York, second edition (2003).
- [11] A. Weber, *The Theory of the Location of Industries*. Chicago University Press, (1909).
- [12] S. L. Hakimi, *Optimal location of switching centers and the absolute centers and medians of a graph*, Operations Research, **12**, 450-459 (1964)
- [13] M. S. Daskin, *Network and discrete location : Models, algorithms and application*. Wiley, New York (1995).

- [14] G. Bel, E. Bensana, K. Rota and B. Sarocchi. *Strategic decision making in production planning with genetic algorithms*. Proceedings of the Fifth Rensselaer International Conference on Computer Integrated Manufacturing, Automation Technology, Grenoble, France (1996).
- [15] J. D. Gamm, T. E. Chorman, F. A. Dill, J. R. Evans, D. J. Sweeney and G. W. Wegryn. *Restructuring*, **27**, 128-142, (1997).
- [16] M. T. Melo, S. Nickel and F. Saldanha-da-Gama, *Facility location and supply chain management-A review*, European journal of operational research, **196**, 401-412 (2009).
- [17] L. Nozick and M. A. Turnquist, *Inventory, transportation, service quality and the localization of distribution centers*, European journal of operational research, **129**, 362-371 (2001).
- [18] A. Osman, *An Efficient Genetic Algorithm for the p-Median Problem*, Annals of Operations Research, **122**, 21-42 (2003).
- [19] G. Zhou, H. Min, and M. Gen, *The balanced allocation of customers to multiple distribution centers in the supply chain network : a genetic algorithm approach*, Computer et Industrial Engineering, **43**, 251-261 (2002).
- [20] G. A. Tanonkou, L. Benyoucef and X. Xie, *An efficient lagrangian heuristic for a facility location problem with stochastic demands and lead-times*, Proceeding of IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and informatics, Beijing, China (2005).
- [21] M. A. Cohen and S. Moon, *An integrated plant loading model with economies of scale and scope*, European journal of operational research, **50**, 266-279 (1991).
- [22] M. Rami, J. Arnaout and J. Hosang, *Ant colony optimization algorithm to solve for the transportation problem of cross-docking network*, Computers Industrial Engineering, **59**, 85-92 (2010).
- [23] G. Mayer and B. Wagner, *an exact solution method for the multiple allocation hub location problem*, Computers & Operations Research, **29**, 715-739 (2002).
- [24] A. M. Geoffrion and G. W. Graves, *Multi-commodity distribution system design by Benders decomposition*, Management science, **20**, 822-844 (1974).
- [25] M. J. Canos, *The fuzzy p-median problem : A global analysis of the solutions*, European Journal of Operational Research, **130**, 430-436 (2001).
- [26] G. A. Tanonkou, L. Benyoucef and X. Xie, *Integrated facility location and supplier selection decisions in a distribution network design*, Proceeding of IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and informatics. Beijing, China (2006).
- [27] H. Pirkul and V. Jayaraman, *Production, transportation and distribution planning in a multi-commodity tri-echelon system*, Transportation Science, **30**, 291-302 (1996).
- [28] G. A. Tanonkou, L. Benyoucef and X. Xie, *Joint facility location and supplier selection problem in a supply chain network design with random supply lead-time*, Proceeding of International Conference on industrial engineering and system management, Beijing, China (2007).

- [29] V. Jayaraman and H. Pirkul, *Planning and coordination of production and distribution facilities for multiple commodities*, European journal of operational research, **133**, 394-408 (2001).
- [30] H. Yan, Z. Yu, and E. Cheng, *A strategic model for supply chain design with logical constraints : formulation and solution*, Computer operations research, **30**, 2135-2155 (2003).
- [31] A. Amiri, *Designing distribution network in a supply chain system : Formulation and efficient solution procedure*, European journal of operational research, **171**, 567-576 (2006) .
- [32] M. Paquet, A. Martel, and G. Desaulniers, *Including technology selection decisions in manufacturing network design models*, In proceedings of international conference on industrial engineering and production management, Quebec (2001).
- [33] M. T. Melo, S. Nickel, and F. Saldanha, *Dynamic multi-commodity capacitated facility location : a mathematical modeling framework for strategic supply chain planning*, Computers operations research, **33**, 181-208 (2006).
- [34] J. Lamothe, K. Hadj-hamou and M. Aldanondo, *An optimization model for selecting a product family and designing its supply chain*, European journal of operational research, **169**, 1030-1047 (2006).
- [35] M. Geotschalckx. *Supplu chain management and advanced planning : concept, Models, software and case studies*, Springer-Verlag, Belin (2002).
- [36] V. Verter and C. Dincer, *Facility location and capacity acquisition : An integrated approach*, Nwal Research Logistics, **42**, 1141-1160 (1995).
- [37] M. A. Cohen and H. L. Lee, *Resource deployment analysis of global manufacturing and distribution network*, Journal of manufacturing and operations management, **2**, 81-104 (1989).
- [38] B. C. Arntzen, G. G. Brown, T. P. Harrison, and L. L. Trafton. *Global supply chain management at digital équipement corporation*, Interfaces, **25**, 69-93 (1995).
- [39] G. Schmidt and E. Wilhelm, *Strategic, tactical and operational decisions in multi-national logistics networks : A review and discussion of modeling issues*, International Journal of Production Research, **39**, 1501-1523 (2000).
- [40] C. J. Vidal, M. Geotschalckx, *A global supply chain model with transfer pricing and transportation cost allocation*, European journal of operational research, **129**, 134-158 (2001).
- [41] S. Mirdamadi, *Modélisation du processus de pilotage d'un atelier en temps réel à l'aide de la simulation en ligne couplée à l'exécution*, Thèse de doctorat, Université de Toulouse (2009).
- [42] J. Méléze, *L'analyse modulaire des systèmes de gestion*, Éditions Hommes et Techniques, Paris (1972).
- [43] J. L. Moigne, *Les systèmes de décision dans les organisations*, Presses Universitaires de France, Paris, (1974).
- [44] P. Lorino, *La gestion par les activités dans évaluer pour évoluer*, Séminaire AFGI octobre (1992).

- [45] D. Trentesaux, *Conception d'un système de pilotage distribué, supervisé et multicritère pour les systèmes automatisés de production*, Thèse de Doctorat en Automatique-Productique, Institut National Polytechnique de Grenoble, (1996).
- [46] B. Grabot, *Pierre Huguet reference models and objectoriented method for reuse in production activity control system design*, Computer in Industry, **32**, 17-31 (1996).
- [47] G. Doumeingts, *Méthode GRAI : Méthode de conception en productique*, Thèse Doctorat d'Etat es Sciences, Université de Bordeaux I, (1984).
- [48] P. Lorino, *Méthodes et pratiques de la performance le guide du pilotage*, Editions d'organisation, 512 (1997).

# Chapitre 4

## Capacitated centred clustering problem (CCCP)

### 4.1 Introduction

La localisation des sites (installations) est un problème majeur pour les décisions stratégiques. De nombreuses applications ont été explorées dans des domaines tels que les télécommunications, le transport et la distribution industrielle, avec des applications sur la localisation des sites pour l'exploration pétrolière, les zones de collecte des ordures, et d'autres. Le problème "capacitated centred clustering problem" (CCCP) est le problème  $p$ -médian qui est très connu. Ce problème est constitué de localisation des installations  $p$  dans un espace donné (par exemple, l'espace euclidien) qui satisfont la demande  $n$  points où la somme totale des distances entre chaque point de la demande et sa plus proche installation est minimisée [1].

Le CCCP est un cas général de (CPMP) capacitated  $p$ -median problem, qui peut être vu comme le problème de la définition d'un ensemble d'amas avec une capacité limitée. Où chaque amas a un centre de gravité situé au centre géométrique de ses  $n$  points et couvre toutes les demandes d'un ensemble de  $n$  points (voir la Figure 4.1). Le problème de CCCP (capacitated centred clustering problem) consiste à partitionner un ensemble de  $n$  points en  $p$  groupes appelé amas, avec une capacité connue. Chaque amas est spécifié par un centre de gravité. L'objectif de (CCCP) est de minimiser la distance totale au sein de chaque groupe (amas), de telle sorte qu'une limite de capacité donnée à un amas ne soit pas dépassée.

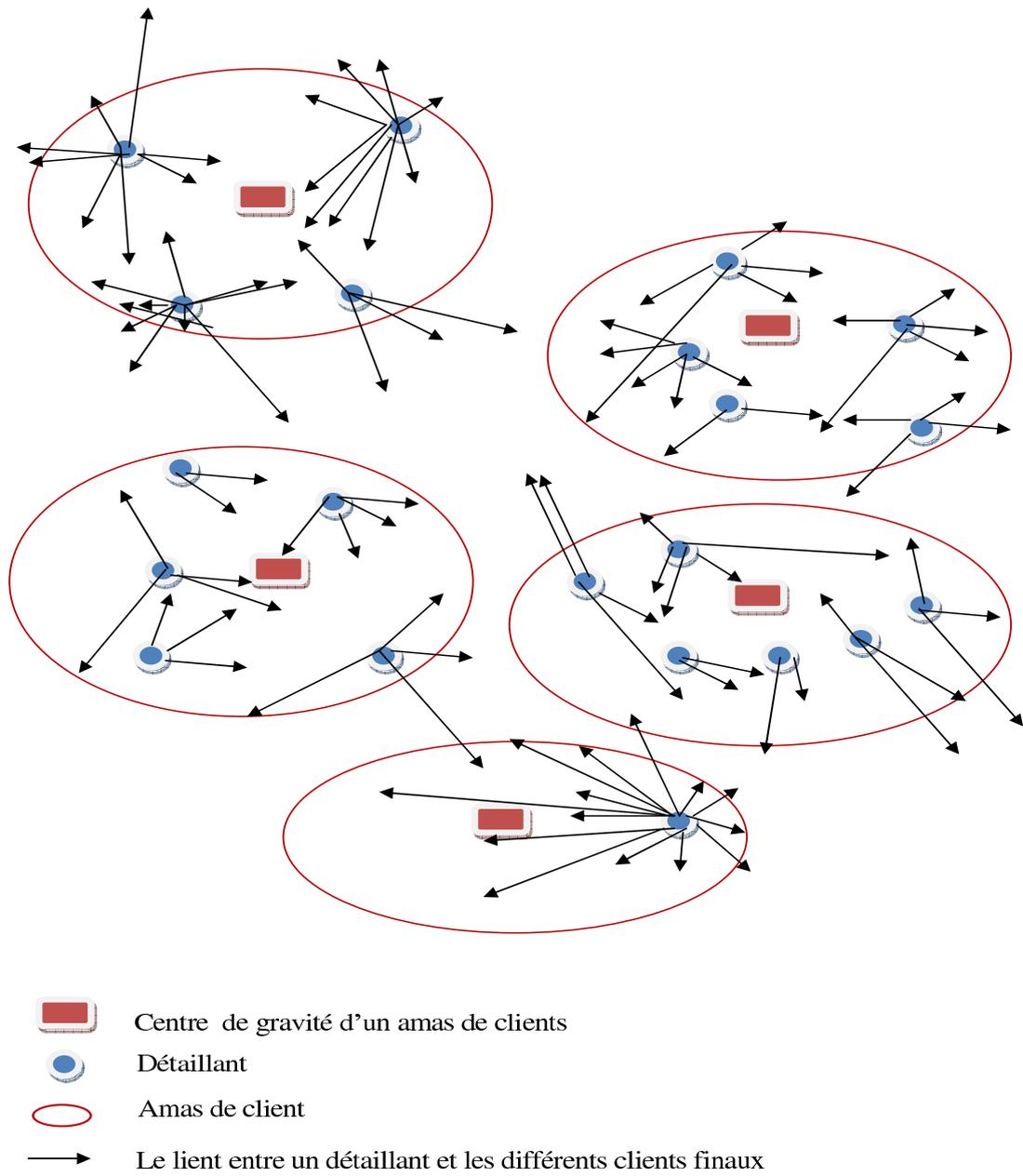


FIGURE 4.1 – Exemple d'un amas de clients.

TABLE 4.1 – Représentation des 04 scénarios.

Scénarios	Type de véhicules utilisés	Taux de charge	somme des distances entre les clients et le centre d'amas	Coût d'achat des véhicules
Scénario 1	15 V.L. K 3000	84,80 %	90,026 E6	3570 Millions de Cts
Scénario 2	21 V.L. K 2700	92,84 %	114,27 E6	4066 Millions de Cts
Scénario 3	04 V.L. K 3000	95,86 %	43,647 E6	3520 Millions de Cts
Scénario 4	+ 14 V.L. K 2700 11 V.L. K 3000 + 7 V.L. K 2700	80,18 %	88,881 E6	3664 Millions de Cts

Dans notre étude, un amas de clients regroupe tous les clients les plus proches en distance avec une condition que la somme des commandes de différents clients de cet amas est inférieure à la capacité du camion frigo utilisé pour la livraison. Pour cela, nous avons utilisé deux types de camions, l'un de type K 2700 de capacité inférieure à 500 unités (poulets et dindes où le volume de la dinde est cinq fois celui du poulet) et l'autre de type K 3000 de capacité inférieure à 800 unités où les commandes des clients de l'amas sont supérieures à 500 unités et inférieurs à 800 unités. Pour l'ordonnancement le plus optimisé des véhicules de livraison, nous avons fait une étude sur un grand nombre de scénarios (plus de 30) pour sélectionner le nombre et type des véhicules de livraison. Nous présentons ci-après quatre scénarios les plus intéressants (voir le tableau 4.1). Dans chaque scénario, nous avons fait l'étude suivant trois critères ; taux de charge pour chaque véhicule de livraison (voir la figure 4.2), parcours le plus court (le parcours regroupe la somme des distances entre le client et le centre de gravité de l'amas de clients élevé au carré) (voir la figure 4.3) et coût total de l'achat de ces véhicules (voir la figure 4.4). Après cette étude, nous remarquons que pour ce type de problèmes, le scénario 03 donne les meilleurs résultats, en plus du fait qu'il présente le coût d'acquisition le plus faible, il permet une importante économie dans les coûts de fonctionnement car il réduit de manière très importante.

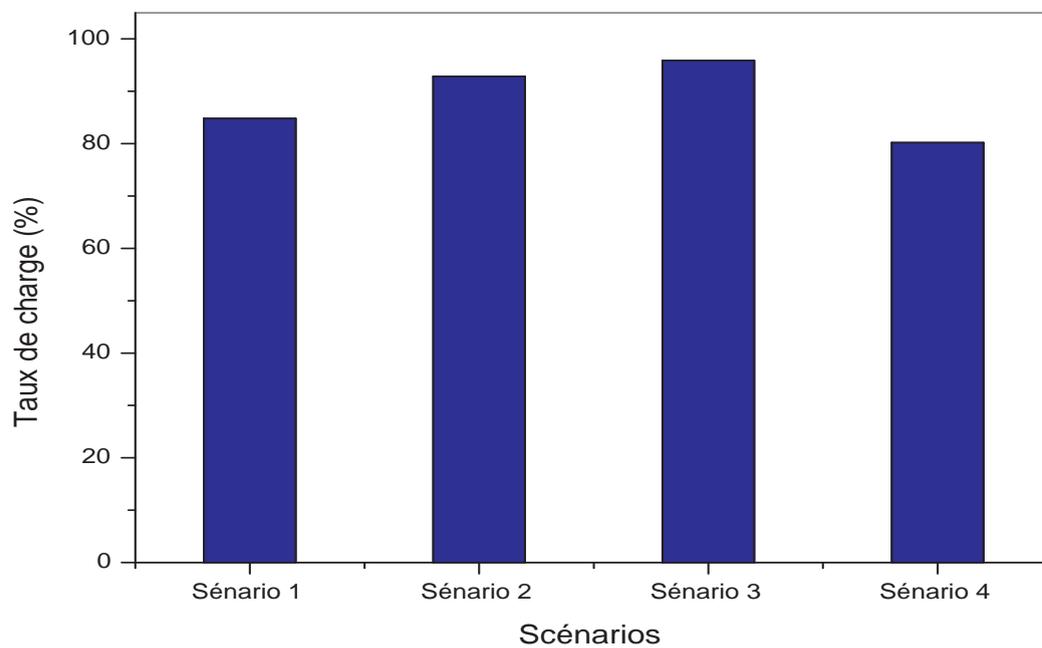


FIGURE 4.2 – Taux de charge des véhicules de livraison pour les quatre scénarios.

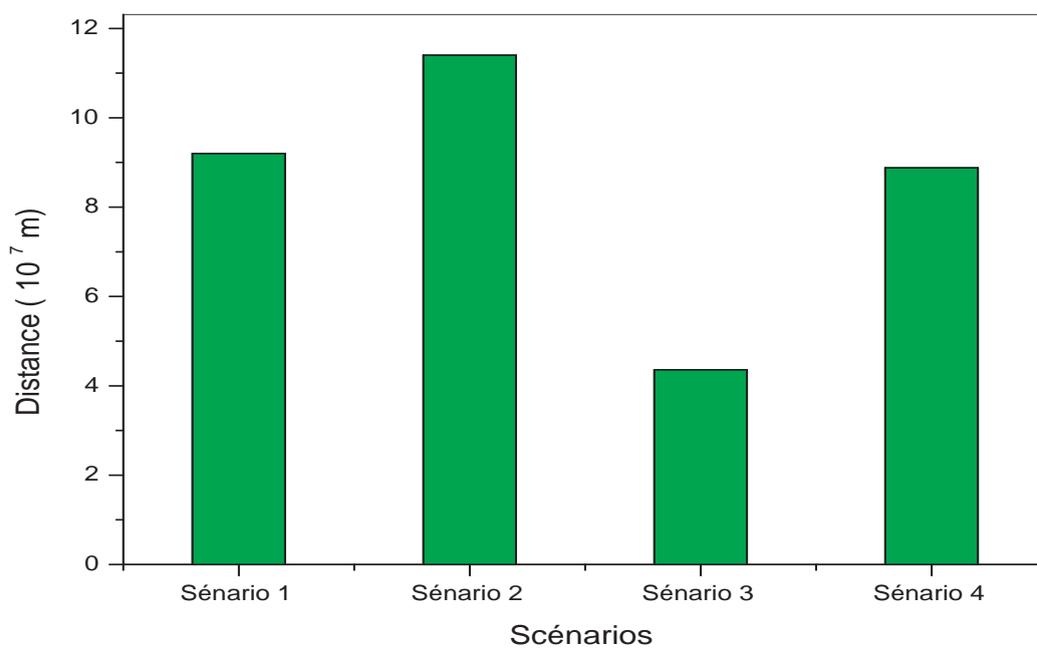


FIGURE 4.3 – Somme des distances entre le client et le centre d'amas au carrée.

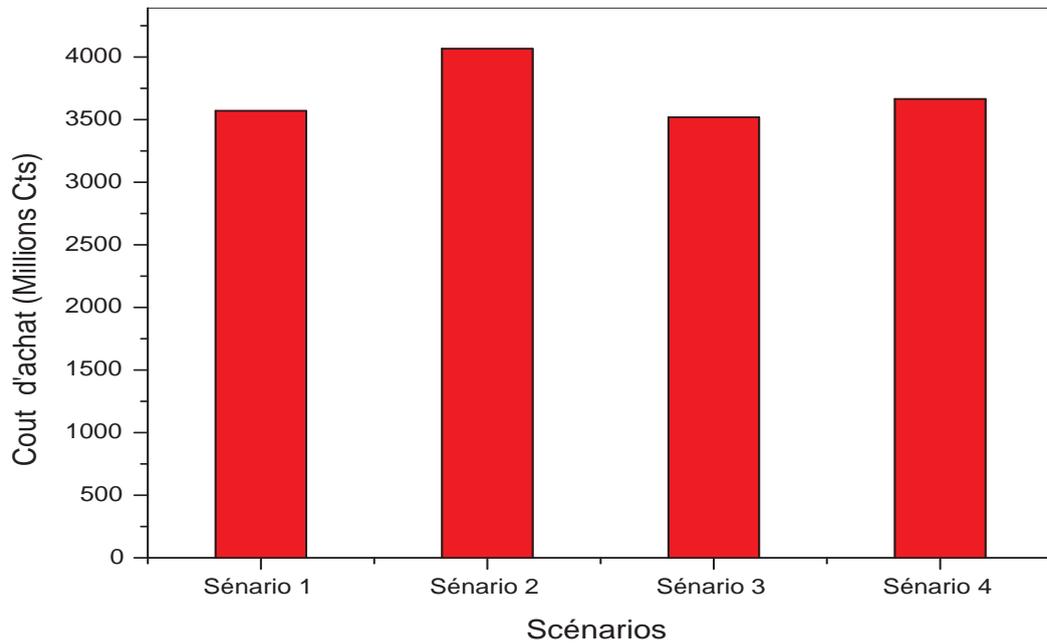


FIGURE 4.4 – Coût d’achat des véhicules de livraison (Camions frigo).

## 4.2 Modèle Mathématique du problème 1

Ce problème permet de former l’ensemble des zones de commandes dans la ville de Tlemcen (voir la Figure 4.5) appelées amas de clients, qui est connu dans la littérature sous le nom (CCCP) Capacitated Centered Clustering Problem. Pour cela, nous avons utilisé une carte d’aménagement de la ville de Tlemcen et à l’aide du logiciel *AutoCad*, nous avons positionné tous les détaillants des produits de volailles (voir les Tableaux 4.2 et 4.3).

TABLE 4.2 – Position des détaillants de produits dans la ville de Tlemcen.

Cli- ents	Positions ( $x_i, y_i$ )	Demande de clients ( $Dc_{il}$ ) Poulets -Dindes		Cli- ents	Positions ( $x_i, y_i$ )	demande de clients ( $Dc_{il}$ ) Poulets -Dindes	
C <sub>1</sub>	(8060.9, 5579.5)	50	05	C <sub>32</sub>	(6987.8, 5682.8)	80	03
C <sub>2</sub>	(8096.7, 5551.3)	100	10	C <sub>33</sub>	(8158.1, 4506.9)	30	02
C <sub>3</sub>	(8827.3, 5749.6)	40	05	C <sub>34</sub>	(8138.4, 4600.7)	60	06
C <sub>4</sub>	(8876.6, 5685.2)	70	08	C <sub>35</sub>	(8046.8, 4424.0)	25	00
C <sub>5</sub>	(8819.9, 5632.0)	680	20	C <sub>36</sub>	(8148.0, 4394.2)	25	00
C <sub>6</sub>	(8856.2, 5617.0)	680	20	C <sub>37</sub>	(7954.7, 4395.5)	25	00
C <sub>7</sub>	(8854.7, 5646.2)	680	20	C <sub>38</sub>	(7933.1, 4414.0)	80	05
C <sub>8</sub>	(8880.5, 5638.3)	680	20	C <sub>39</sub>	(7704.7, 4280.1)	20	00
C <sub>9</sub>	(8585.2, 5483.5)	70	05	C <sub>40</sub>	(7707.8, 4244.3)	50	00
C <sub>10</sub>	(9087.5, 5764.6)	40	00	C <sub>41</sub>	(7695.8, 4231.2)	20	00
C <sub>11</sub>	(9336.3, 5429.2)	70	05	C <sub>42</sub>	(7757.3, 4170.1)	20	02
C <sub>12</sub>	(9215.9, 5721.1)	30	00	C <sub>43</sub>	(7640.3, 4169.9)	20	01
C <sub>13</sub>	(9236.5, 5747.7)	30	00	C <sub>44</sub>	(7550.0, 4113.8)	20	02
C <sub>14</sub>	(9509.2, 5366.1)	25	00	C <sub>45</sub>	(6242.7, 5304.0)	100	10
C <sub>15</sub>	(9591.5, 5342.8)	70	05	C <sub>46</sub>	(6102.9, 5994.6)	30	01
C <sub>16</sub>	(9548.9, 6010.1)	40	00	C <sub>47</sub>	(6250.5, 6317.4)	25	03
C <sub>17</sub>	(9496.7, 5066.6)	40	03	C <sub>48</sub>	(6775.9, 5489.6)	80	03
C <sub>18</sub>	(9306.1, 5179.3)	40	00	C <sub>49</sub>	(6582.3, 6121.1)	40	02
C <sub>19</sub>	(8910.8, 4921.4)	40	02	C <sub>50</sub>	(6533.2, 6155.5)	20	02
C <sub>20</sub>	(10134.3, 4973.9)	30	00	C <sub>51</sub>	(6781.6, 6152.1)	30	02
C <sub>21</sub>	(8073.7, 5006.5)	30	03	C <sub>52</sub>	(7108.0, 6478.5)	40	00
C <sub>22</sub>	(7927.1, 4861.1)	40	03	C <sub>53</sub>	(7170.2, 6555.6)	40	00
C <sub>23</sub>	(7854.6, 4766.4)	80	02	C <sub>54</sub>	(7238.4, 6791.2)	60	02
C <sub>24</sub>	(7734.8, 4733.5)	30	03	C <sub>55</sub>	(7460.6, 5760.0)	40	00
C <sub>25</sub>	(7547.4, 4658.9)	20	00	C <sub>56</sub>	(7845.9, 5809.0)	80	04
C <sub>26</sub>	(7565.7, 4984.3)	40	00	C <sub>57</sub>	(7599.7, 5997.4)	40	01
C <sub>27</sub>	(7929.2, 5089.6)	30	00	C <sub>58</sub>	(7363.3, 6240.7)	40	02
C <sub>28</sub>	(7170.6, 5149.3)	50	05	C <sub>59</sub>	(7473.6, 6114.2)	30	00
C <sub>29</sub>	(7119.0, 5289.7)	40	03	C <sub>60</sub>	(7022.0, 6135.3)	20	00
C <sub>30</sub>	(7043.5, 5555.3)	30	02	C <sub>61</sub>	(5903.8, 5572.4)	30	03
C <sub>31</sub>	(6895.8, 5524.0)	20	00	C <sub>62</sub>	(5787.4, 5610.5)	30	01

TABLE 4.3 – Même légende que pour le tableau 4.2.

Cli- ents	Positions ( $x_i, y_i$ )	Demande de clients ( $D_{c_{il}}$ ) Poulets -Dindes		Cli- ents	Positions ( $x_i, y_i$ )	demande de clients ( $D_{c_{il}}$ ) Poulets -Dindes	
C <sub>63</sub>	(5750.1, 5552.9)	30	00	C <sub>88</sub>	(8333.7, 6673.4)	30	00
C <sub>64</sub>	(5576.8, 5527.4)	50	02	C <sub>89</sub>	(8444.6, 6200.0)	25	02
C <sub>65</sub>	(5552.1, 5490.6)	250	7	C <sub>90</sub>	(8478.1, 6228.2)	60	03
C <sub>66</sub>	(5496.0, 5456.1)	200	9	C <sub>91</sub>	(8561.9, 6238.6)	30	00
C <sub>67</sub>	(5586.9, 5400.8)	05	00	C <sub>92</sub>	(10567.5, 8488.8)	30	00
C <sub>68</sub>	(4789.9, 5485.1)	40	00	C <sub>93</sub>	(10769.9, 8876.1)	30	02
C <sub>69</sub>	(4302.8, 6168.4)	30	00	C <sub>94</sub>	(7822.2, 10844.2)	40	02
C <sub>70</sub>	(3933.2, 6337.0)	30	02	C <sub>95</sub>	(7733.1, 11065.8)	60	05
C <sub>71</sub>	(10866.6, 9339.3)	25	01	C <sub>96</sub>	(7909.2, 9356.2)	30	01
C <sub>72</sub>	(10885.6, 9353.9)	25	00	C <sub>97</sub>	(7770.9, 9335.1)	30	02
C <sub>73</sub>	(10914.7, 9407.0)	30	02	C <sub>98</sub>	(7758.8, 9367.1)	30	02
C <sub>74</sub>	(10948.8, 9486.8)	30	00	C <sub>99</sub>	(7228.4, 10038.3)	25	02
C <sub>75</sub>	(10597.1, 9539.9)	60	03	C <sub>100</sub>	(7125.6, 10383.2)	70	03
C <sub>76</sub>	(10560.2, 9561.2)	40	03	C <sub>101</sub>	(7063.1, 10578.8)	20	00
C <sub>77</sub>	(10547.3, 9542.9)	25	00	C <sub>102</sub>	(5472.5, 8839.2)	60	00
C <sub>78</sub>	(10493.1, 9546.6)	50	01	C <sub>103</sub>	(5349.8, 8770.1)	20	02
C <sub>79</sub>	(10469.5, 9546.6)	60	05	C <sub>104</sub>	(5398.5, 8720.4)	30	01
C <sub>80</sub>	(10316.8, 9560.1)	20	00	C <sub>105</sub>	(7942.1, 8139.5)	20	00
C <sub>81</sub>	(10265.9, 9585.2)	20	00	C <sub>106</sub>	(8040.7, 8369.4)	30	02
C <sub>82</sub>	(10220.5, 9588.6)	30	00	C <sub>107</sub>	(8122.3, 8615.4)	20	02
C <sub>83</sub>	(10330.8, 9638.0)	100	02	C <sub>108</sub>	(8112.6, 8661.8)	20	00
C <sub>84</sub>	(11935.8, 7117.4)	30	00	C <sub>109</sub>	(8128.7, 8729.5)	20	00
C <sub>85</sub>	(11396.1, 10549.3)	25	00	C <sub>110</sub>	(7792.3, 8655.7)	25	02
C <sub>86</sub>	(11560.4, 10682.9)	30	00	C <sub>111</sub>	(7545.8, 5167.2)	40	02
C <sub>87</sub>	(11666.8, 11541.4)	30	00	C <sub>112</sub>	(7573.5, 5280.6)	60	00

### 4.2.1 Paramètres du modèle du problème 1

Après l'étude de ces quatre scénarios, nous avons conclu que le meilleur scénario pour les trois critères à savoir : le taux de charge, la longueur du trajet et le coût d'achat des véhicules de livraison est le scénario 03. Après la sélection de type de véhicules de livraison d'après l'étude précédente, on applique le problème 1, qui permet de former l'ensemble des zones de commandes appelées amas de clients en utilisant les paramètres suivants :

$i$  : Ensemble des clients indexés  $i$ ;  $i \in I$ .

$j$  : Ensemble des amas de clients indexés par  $j$ ;  $j \in J$ .

$l$  : Ensemble des produits indexés par  $l$ ;  $l \in L$ .

$I = \{1, \dots, r\}$  pour les clients.

$J = \{1, \dots, t\}$  pour les amas de clients.

$L = \{1, \dots, p\}$  pour les produits.

$x_i$  et  $y_i$  : Position géométrique du client  $i$ .

$x'_j$  et  $y'_j$  : Position géométrique de l'amas de clients  $j$ .

$n_j$  : Nombre des clients affecté à l'amas de clients  $j$ .

$Q_j$  : Capacité du camion de transport affecté vers l'amas de clients  $j$ .

$Dc_{il}$  : Demande du client  $i$  du produit  $l$ .

$Dcc_{jl}$  : Demande de l'amas de clients  $j$  du produit  $l$ .

$P_l$  : Volume unitaire du produits  $l$ .

La formulation mathématique de ce problème 1 est définie comme suit [1] et [2] :

$$\text{Min}Z1 = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \| (x_i - x'_j) + (y_i - y'_j) \|^2 Y_{jk} \quad (4.1)$$

Avec contraintes :

$$\sum_{j \in J} Y_{ij} = 1, \forall i \in I \quad (4.2)$$

$$\sum_{i \in I} Y_{ij} = n_j, \forall j \in J \quad (4.3)$$

$$\sum_{i \in I} x_i Y_{ij} \leq n_j x_j, \forall j \in J \quad (4.4)$$

$$\sum_{i \in I} y_i Y_{ij} \leq n_j y_j, \forall j \in J \quad (4.5)$$

$$\sum_{i \in I} (Dc_{il} \times P_l) Y_{ij} \leq Q_j, \forall l \in L \quad (4.6)$$

$$(x_i - y_i) \in \mathfrak{R}, (x'_j - y'_j) \in \mathfrak{R}, n_j \in \mathbb{N}, Y_{ij} \in \{0, 1\}, \forall i \in I, \forall j \in J \quad (4.7)$$

L'équation (4.1) présente la fonction objectif du problème 1, la contrainte (4.2) impose que chaque client soit affecté à un seul amas de clients. La Contrainte (4.3) donne le nombre de clients dans un amas de clients. Les Contraintes (4.4) et (4.5) donnent la localisation des centres de gravité des amas de clients. La Contrainte (4.6) impose que la taille d'un amas de client ne dépasse pas la capacité du camion frigo utilisé pour le transport et la contrainte (6.11) définit les bornes des variables de décisions.

Problème 1 : porte sur la façon de regrouper les détaillants de volaille de la ville de Tlemcen suivant les caractéristiques suivantes :

- Distance la plus proche entre les clients de chaque groupe appelé amas de clients, en tenant compte de la route à moindre circulation et la route bien goudronnée.
- La somme des demandes des clients d'un groupe (amas de clients) doit être inférieure à la capacité de camion de livraison.

Les entrées de problème 1 sont :

1) les coordonnées (positions géographiques) des différents clients  $i(x_i, y_i)$  présentées dans les deux tableaux (4.2 et 4.3). Pour cela, nous avons utilisé la carte d'aménagement de la ville de Tlemcen avec le logiciel **AutoCad**.

2) La demande des détaillants pour chaque produit. Pour ce point, Nous avons remarqué que la demande diffère d'un détaillant à un autre à cause de : nombre d'habitants par zone où se trouve ce détaillant, la qualification du détaillant lui-même (présence de beaucoup de dérivées de poulets et dindes, coté hygiène) et l'endroit et la qualité du matériel de la boucherie.

3) le volume unitaire de chaque produit, nous avons supposé que le volume de la dinde est cinq fois celui du poulet.

Les résultats obtenus à partir de Z1 sont :

1) la sélection de 16 amas de clients parmi 18 amas de clients candidats. Nous remarquons que l'amas de clients 1, 2, 3 et 4 contiennent chacun un seul détaillant parce

que ces quatre détaillants se trouvent au niveau du marché couvert au centre ville de Tlemcen ou il y'a une fort demande par des clients finaux et par des restaurants de la ville de Tlemcen.

l'amas de client 5 sera ouvert et servira les clients 3, 4, 11, 17, 18, 102, 103 et 104. De même, les amas de clients 6 et 7 serviront respectivement les clients 10, 12, 13, 14, 15, 16, 20, 88, 89 90, 91, 105 et 1, 53, 54, 56, 57, 58,59,112. L'amas de clients 8 sera fermé. Par ailleurs, l'amas de clients 9 servira les clients 46, 64, 66, 67, 68, 69 et 70. les clients 2, 9, 19, 49, 51, 52, 55 et 60 sont affectés à l'amas de clients 10, la même chose pour les clients 79, 80, 81, 82, 83, 84, 92, 93, 94 et 95 qui sont orientés à la zone de demande 11. De même, les amas de clients 12,13 et 14 serviront respectivement les clients 23, 26, 30, 32, 33, 34, 50, 111 et 21, 22, 27, 47, 65 et 24, 25, 28, 29, 31, 35, 36, 37,38, 48. La zone de demande 15 sera fermé, donc ne contient aucun client. Par ailleurs, les clients 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 85, 86, 87, 110 et 96, 97, 98, 99, 100, 101, 106, 107, 108, 109 et 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 61, 62, 63 sont affectés respectivement aux amas de clients 16, 17 et 18.

- 2) les positions des centres de gravité de chaque amas de clients sélectionné.
- 3) les nombres de clients dans chaque amas de clients (ensemble de détaillants).
- 4) La demande totale de chaque amas de clients pour les différents produits.

Toutes les contraintes du problème sont respectées.

Tous ces résultats sont représenté dans le tableau 4.4.

TABLE 4.4 – Les résultats du problème 1.

Amas de clients $j$	décisions d'ouverture ou de fermeture $(y_{ij})$	Positions des amas de clients $(x'_j, y'_j)$	nombre de clients dans un amas de clients $(n_j)$	Affectation d'un amas de clients vers un abattoir localisé	Quantités $Q_{ij}$	Taux de charge (en %)	type de véhicule
$CC_1$	1	(8819.92, 5632.02)	1	$C_5$	680 20	95,5	K3000
$CC_2$	1	(8854.72, 5646.22)	1	$C_7$	680 20	95,5	K3000
$CC_3$	1	(8856.22, 5617.00)	1	$C_6$	680 20	95,5	K3000
$CC_4$	1	(8880.51, 5638.30)	1	$C_8$	680 20	95,5	K3000
$CC_5$	1	(7758.02, 6679.99)	8	$C_3, C_4, C_{11}, C_{17}, C_{18}, C_{102}, C_{103}, C_{104}$	370 24	98	K2700
$CC_6$	1	(9007.11, 6033.94)	12	$C_{10}, C_{12}, C_{13}, C_{14}, C_{15}, C_{16}, C_{20}, C_{88}, C_{89}, C_{90}, C_{91}, C_{105}$	430 10	96	K2700
$CC_7$	1	(7540.73, 6046.07)	8	$C_1, C_{53}, C_{54}, C_{56}, C_{57}, C_{58}, C_{59}, C_{112}$	400 19	99	K2700
$CC_8$	0	fermé	-	-	-	-	-
$CC_9$	1	(5112.69, 5767.09)	7	$C_{46}, C_{64}, C_{66}, C_{67}, C_{68}, C_{69}, C_{70}$	405 16	97	K2700
$CC_{10}$	1	(7568.44, 5825.43)	8	$C_2, C_9, C_{19}, C_{49}, C_{51}, C_{52}, C_{55}, C_{60}$	380 22	98	K2700
$CC_{11}$	1	(10043.23, 9490.09)	10	$C_{79}, C_{80}, C_{81}, C_{82}, C_{83}, C_{84}, C_{92}, C_{93}, C_{94}, C_{95}$	420 16	100	K2700
$CC_{12}$	1	(7478.42, 5177.42)	8	$C_{23}, C_{26}, C_{30}, C_{32}, C_{33}, C_{34}, C_{50}, C_{111}$	380 19	95	K2700
$CC_{13}$	1	(7146.53, 5353.10)	5	$C_{21}, C_{22}, C_{27}, C_{47}, C_{65}$	375 19	94	K2700
$CC_{14}$	1	(7532.64, 4847.30)	10	$C_{24}, C_{25}, C_{28}, C_{29}, C_{31}, C_{35}, C_{36}, C_{37}, C_{38}, C_{48}$	395 21	100	K2700
$CC_{15}$	0	fermé	-	-	-	-	-
$CC_{16}$	1	(10685.80, 9767.27)	12	$C_{71}, C_{72}, C_{73}, C_{74}, C_{75}, C_{76}, C_{77}, C_{78}, C_{85}, C_{86}, C_{87}, C_{110}$	395 15	94	K2700
$CC_{17}$	1	(7726.06, 9343.55)	10	$C_{96}, C_{97}, C_{98}, C_{99}, C_{100}, C_{101}, C_{106}, C_{107}, C_{108}, C_{109}$	295 14	73	K2700
$CC_{18}$	1	(6974.03, 4724.97)	10	$C_{39}, C_{40}, C_{41}, C_{42}, C_{43}, C_{44}, C_{45}, C_{61}, C_{62}, C_{63}$	340 28	96	K2700

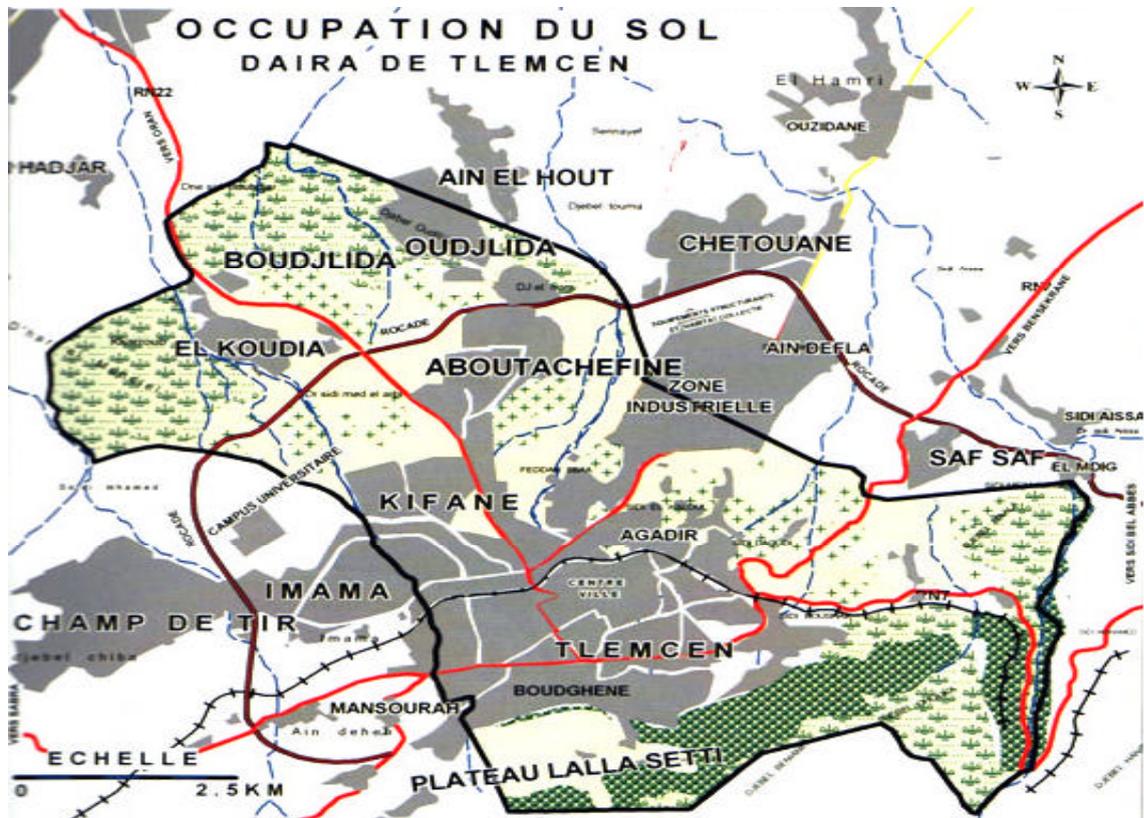


FIGURE 4.5 – Carte de la ville de Tlemcen.

# Bibliographie

- [1] A.C.Augusto, N.LuizAntonio, *Clustering search algorithm for the capacitated centered clustering problem*, Computers et Operations Research, **37** 552 – 558 (2010).
- [2] F. Boudahri, M. Bennekrouf, F. Belkaid and Z. Sari, *Application of a capacitated centered clustering problem for design of agri-food supply chain network*, International journal of computer sciences issues, **9**, 300–304 (2012).

# Chapitre 5

## Problème de localisation-allocation

### 5.1 Introduction

La localisation est souvent considéré comme le facteur de réussite le plus important pour une organisation du secteur privé ou public. Les organisations privées peuvent tirer profit d'un bon emplacement (localisation), qu'il s'agit d'un petit café-restaurant avec une clientèle locale ou d'un réseau multinational d'usines avec des centres de distribution et une chaîne mondiale de points de vente. La localisation peut aider à réduire les coûts fixes et indirects et à améliorer l'accessibilité. Les ressources du secteur public, telles que les écoles, hôpitaux, bibliothèques, casernes de pompiers et centres des services d'intervention d'urgence, peuvent fournir à la communauté un service de qualité à coût réduit lorsqu'un bon emplacement est sélectionné. A partir de ressources fournissant des marchandises et des services et d'un ensemble de points de demande qui les consomment, le but de localisation-allocation est de localiser les ressources de manière à satisfaire la demande le plus efficacement possible. Comme son nom l'indique, La localisation-allocation est un problème double qui consiste simultanément à localiser des ressources et à leur allouer des points de demande. L'objectif des modèles de localisation-allocation est d'optimiser : le nombre et la localisation des points de vente ; l'allocation des consommateurs vers ces points de vente afin de déterminer la capacité d'offre des point de ventes (voir la figure 5.1).

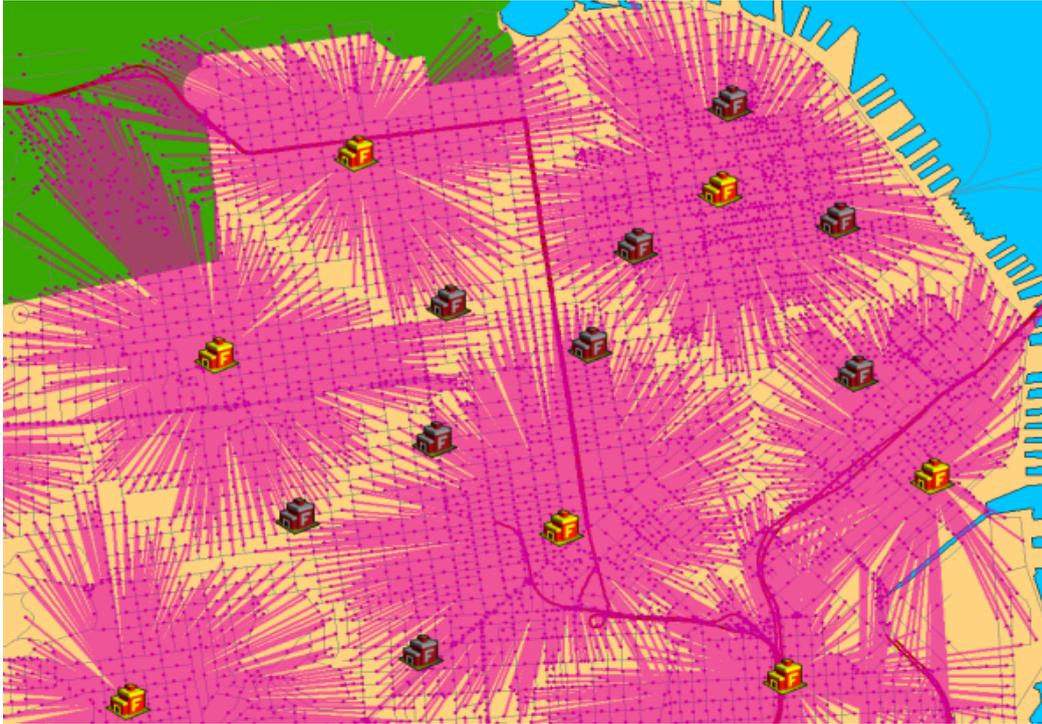


FIGURE 5.1 – Exemple de localisation-allocation des sites.

Les principales questions à se poser pour le problème localisation-allocation en vue de minimiser les coûts résultants sont généralement [1] :

- Combien d’installations faut-il ouvrir ?
- Où doit-on les placer ?
- Comment y affecter les clients ?

Les possibilités de localisation peuvent être considérées comme continues (partout dans le plan) ou discrètes (nombre fini de sites possibles).

## 5.2 Modèles de localisation-allocation

Les modèles de localisation- allocation sont nombreux. Le choix d’un modèle dépend de la formulation précise du problème considéré.

### 5.2.1 Problèmes de recouvrement

Le premier problème abordé est celui contenant le moins de type de contraintes. La seule obligation est de couvrir l’ensemble des clients avec les dépôts, chacun ne servant qu’un sous-ensemble prédéfini de clients (souvent les plus proches). Les

affectations des clients aux dépôts ne font pas partie des décisions à prendre. Il s'agit d'un problème de recouvrement (Set Covering Problem-SCP). L'objectif est de trouver les sites à ouvrir afin de couvrir les clients au moindre coût. Le problème peut se formuler de la manière suivante [1] :

$$\text{Min} \sum_{j \in J} Fc_j x_j \quad (5.1)$$

Sous les contraintes :

$$\sum_{i \in I} y_{ij} x_j \geq 1 \quad \forall j \in J \quad (5.2)$$

$$x_j \in \{0, 1\} \quad \forall i \in I \quad (5.3)$$

Où :

$i$  : indice des points de demande (clients).

$j$  : indice des sites potentiels d'offre (usines).

$Fc_j$  : coût d'ouverture d'une usine dans la région  $j$ .

**Variables de décisions :**

$$x_j = \begin{cases} 1 & \text{si on localise l'usine } j \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

$$y_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si le site } j \text{ peut couvrir le client } i \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

L'équation (5.1) représente la fonction-objectif, la contrainte (5.2) assure que tous les clients sont servis au moins une fois et la contrainte (5.3) détermine la nature binaire des variables de décision.

## 5.2.2 Problèmes des p-centres et p-médianes

La p-médiane consiste à choisir la configuration géographique des unités d'offre de manière à minimiser la somme des distances parcourues sous une série de contraintes énoncées par l'utilisateur. Le modèle assure la couverture efficace du milieu. La p-médiane présente l'avantage d'être facilement adaptée aux spécificités du problème posé par l'utilisateur et d'être résolue par des méthodes efficaces, rapides et souples

[2]. Ce modèle permet non seulement de s'attacher à la forme des aires et aux localisations optimales, mais également de suggérer le nombre idéal de services et de simuler des solutions sous diverses contraintes et hypothèses. Le problème consiste donc à choisir la configuration géographique des unités d'offre ; de manière à minimiser la somme pondérée des distances parcourues par les utilisateurs.

La modélisation mathématique de ce problème est la suivante [3] :

$$\text{Min} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} d_i c_{ij} y_{ij} \quad (5.4)$$

Sous les contraintes :

$$\sum_{j=1} y_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \quad (5.5)$$

$$\sum_{j \in J} x_j = P \quad (5.6)$$

$$y_{ij} \leq x_j \quad \forall i \in I \quad \forall j \in J \quad (5.7)$$

$$x_j, y_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in I, \quad \forall j \in J \quad (5.8)$$

Où :

$i$  : indice des points de demande.

$j$  : indice des sites potentiels d'offre.

$d_i$  : demande totale du client  $i$ .

$c_{ij}$  : coût de transport entre  $i$  et  $j$ .

$P$  : nombre de sites à localiser.

**Variable de décisions :**

$$x_j = \begin{cases} 1 & \text{si on localise l'usine } j \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

$$y_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si le client } i \text{ est servi par l'usine } j \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

L'équation (5.4) représente la fonction-objectif, la contrainte (5.5) impose que chaque client soit affecté à un seul site, la contrainte (5.6) détermine le nombre de sites

à ouvrir, la contrainte (5.7) indique que, toutes les demandes de client  $i$  doivent être satisfaites par une et une seule usine et la contrainte (5.8) détermine la nature binaire des variables de décision.

Le problème du p-centre est une extension du problème p-médian, on dit un problème de type p-centres, si la fonction-objectif à optimiser est une minimisation du plus long trajet entre les clients et les usines. La variable  $Z$  représentant le maximum des distances ou  $c_{ij}$  désigne les coûts entre les nœuds  $i$  et  $j$ . Le problème des p-centres peut s'écrire [1] et [3] :

$$\text{Min } Z \quad (5.9)$$

Sous les contraintes :

$$\sum_{j=1} y_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \quad (5.10)$$

$$\sum_{j=1} x_j = P \quad (5.11)$$

$$Z \geq \sum_{i \in I} c_{ij} y_{ij} \quad (5.12)$$

$$y_{ij} \leq x_j \quad \forall i \in I \quad \forall j \in J \quad (5.13)$$

$$x_j, y_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in I, \quad \forall j \in J \quad (5.14)$$

$$Z \geq 0 \quad (5.15)$$

L'équation (5.9) désigne la fonction-objectif, la contrainte (5.10) impose que chaque client soit affecté à un seule site, la contrainte (5.11) déterminent le nombre de sites à ouvrir, la contrainte (5.12) définit la distance maximale entre le client  $i$  et l'usine  $j$ , la contrainte (5.13) indique qu'aucun client ne peut être affecté à un site fermé, et les contraintes (5.14) et (5.15) sont les contraintes sur les variables.

Le problème de p-médianes et le problème p-centre sont NP-difficiles [1].

### 5.2.3 Problème de localisation d'entrepôts

Le but de ce problème consiste à minimiser à la fois les coûts d'ouverture des sites et ceux de transport (affectation des clients). Les dépôts peuvent être de capacité limitée ou non. Les clients peuvent être livrés soit par un seul dépôt (single-source), soit par plusieurs si des capacités l'imposent. Dans ce dernier cas, le problème déjà NP-difficile devient NP-difficile au sens fort [4].

Pour se rapprocher de l'étude faite dans cette thèse, dans le modèle présenté ici, la livraison d'un client  $i$ , de demande  $d_i$ , doit être effectuée par un seul site  $j$  de capacité limitée  $W_j$  et de coût d'ouverture  $Fc_j$ . En considérant, les coûts d'affectation  $c_{ij}$  d'un client  $i$  au site  $j$  et les variables de décisions  $x_j = 1$  si le site  $j$  est ouvert et  $y_{ij}$  représentant la quantité livrée par le site  $j$  au client  $i$ .

Ce problème est formulé comme suit [1] :

$$\text{Min } \sum_{i \in I} Fc_j x_j + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{ij} y_{ij} \quad (5.16)$$

Sous les contraintes :

$$\sum_{i \in I} d_i y_{ij} \leq w_j x_j \quad \forall j \in J \quad (5.17)$$

$$\sum_{i \in I} y_{ij} = 1 \quad \forall j \in J \quad (5.18)$$

$$x_i \in \{0, 1\} \quad \forall i \in I \quad (5.19)$$

$$y_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in I \quad \forall j \in J \quad (5.20)$$

L'équation (5.16) est la fonction-objectif, contrainte (5.17) impose que les capacités des dépôts soient respectées, contrainte (5.18) correspond au respect des demandes et assure que les clients ne soient affectés qu'à un seul dépôt, contraintes (5.19) et (5.20) déterminent la nature binaire des variables de décision.

## 5.3 Description du problème 2

Notre approche s'inscrit aussi dans ce cadre classique de décomposition pour résoudre le problème de localisation-allocation. Cependant, il vise à atténuer l'inconvénient découlant du processus de décision purement hiérarchique par la mise en œuvre

d'une approche itérative et interactive entre les deux composantes du problème. Lors de la définition des lieux d'implantation des sites, certaines informations partielles ou approchées sur les itinéraires envisageables sont utilisées. Inversement, le processus de décision permet de changer ou de modifier les décisions de localisation-allocation lors du sous-processus de prise de décision de routage si ces modifications permettent d'obtenir de meilleurs itinéraires.

L'approche de résolution, que nous présentons ici est utilisée pour résoudre le problème de transport des produits de volaille dans la wilaya de Tlemcen – Algérie (voir la figure 5.2) entre les fermes (éleveurs) et les clients finaux (consommateurs).

Dans ce contexte, on doit choisir un ensemble des fermes qui ont déjà une expérience dans le domaine de l'élevage de poulets et de la dinde d'une part, et les abattoirs des produits de volailles d'autre part, et on doit concevoir des liens de transport entre les deux sites. Les zones de l'élevage (les fermes) sélectionnées sont figurées dans les tableaux 5.1 et 5.2.

Notre objectif, dans cette partie est d'organiser le planning d'élevage de volailles suivant des contrats entre les éleveurs et gérants des abattoirs. Ce planning est important dans notre étude, toute défectuosité dans ce planning, nous mène à un manque (une rupture) sur les commandes des clients ou un excédent de production. Sur cette base, il est indispensable de signer des accords entre producteurs (éleveurs) et gérants des abattoirs. Ces accords restreignent les éleveurs des produits de volaille de collaborer plus sérieusement pour fournir la quantité nécessaire des produits de volaille avec une qualité requise, et ce tout au long de l'année.

Les différentes abréviations utilisées dans les tableaux 5.1 et 5.2 sont définis comme suit :

Ne : zone de Nedroma ; Hn : zone de djabala (houanet) ; Sh : zone de Souhalia ; Fl : zone de Fellaoucen ; Bo : zone de Boor ; Sn : zone de Souani ; Gz : zone de Gazaouat ; BA : zone de Bab el Assa ; Mb : zone de Marsa Benmehidi ; Mg : zone de Maghnia ; Br : zone de Borj Arima (Beni oursouise) ; Ak : zone de Ain Kebira ; Om : zone de Ouled Mimoun ; Sb : zone de Sebdou ; Bm : zone de Beni Mester.

TABLE 5.1 – Le planning de l'élevage des fermes pour les poulets de chair.

jours	Mois											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
1	Ne	Dj	Ne	Dj	Dj	Gz	Gz	Sh	Sh	Bo	Bm	Dj
2	Dj	Gz	Dj	Gz	Gz	Sh	Sh	Bo	Bo	Sn	Ne	Gz
3	Gz	Sh	Gz	Sh	Sh	Bo	Bo	Sn	Sn	Ba	Dj	Sh
4	Sh	Bo	Sh	Bo	Bo	Sn	Sn	Ba	Ba	Sb	Gz	Bo
5	Bo	Sn	Bo	Sn	Sn	Ba	Ba	Sb	Sb	Ak	Sh	Ba
6	Sn	Ba	Sn	Ba	Ba	Sb	Sb	Ak	Ak	Mb	Bo	Sb
7	Ba	Sb	Ba	Sb	Sb	Ak	Ak	Mb	Mb	Mg	Ba	Ak
8	Sb	Ak	Sb	Ak	Ak	Mb	Mb	Mg	Mg	Fl	Sb	Mb
9	Ak	Mb	Ak	Mb	Mb	Mg	Mg	Fl	Fl	Br	Ak	Mg
10	Mb	Mg	Mb	Mg	Mg	Fl	Fl	Br	Br	Om	Mb	Fl
11	Mg	Fl	Mg	Fl	Fl	Br	Br	Om	Om	Bm	Mg	Br
12	Fl	Br	Fl	Br	Br	Om	Om	Bm	Bm	Ne	Fl	Om
13	Br	Om	Br	Om	Om	Bm	Bm	Ne	Ne	-	Br	Bm
14	Om	Bm	Om	Bm	Bm	Ne	Ne	Dj	Dj	-	Om	Ne
15	Bm	Ne	Bm	Ne	Ne	Dj	Dj	Gz	Gz	-	Bm	Dj
16	Ne	Dj	Ne	Dj	Dj	Gz	Gz	Sh	Sh	-	Ne	Gz
17	Dj	Gz	Dj	Gz	Gz	Sh	Sh	Bo	Bo	-	Dj	Sh
18	Gz	Sh	Gz	Sh	Sh	Bo	Bo	Sn	Sn	-	Gz	Bo
19	Sh	Bo	Sh	Bo	Bo	Sn	Sn	Ba	Ba	Dj	Sh	Sn
20	Bo	Sn	Bo	Sn	Sn	Ba	Ba	Sb	Sb	Gz	Bo	Ba
21	Sn	Ba	Sn	Ba	Ba	Sb	Sb	Ak	Ak	Sh	Sn	Sb
22	Ba	Sb	Ba	Sb	Sb	Ak	Ak	Mb	Mb	Bo	Ba	Ak
23	Sb	Ak	Sb	Ak	Ak	Mb	Mb	Mg	Mg	Ba	Sb	Mb
24	Ak	Mb	Ak	Mb	Mb	Mg	Mg	Fl	Fl	Sb	Ak	Mg
25	Mb	Mg	Mb	Mg	Mg	Fl	Fl	Br	Br	Ak	Mb	Fl
26	Mg	Fl	Mg	Fl	Fl	Br	Br	Om	Om	Mb	Mg	Br
27	Fl	Br	Fl	Br	Br	Om	Om	Bm	Bm	Mg	Fl	Om
28	Br	Om	Br	Om	Om	Bm	Bm	Ne	Ne	Fl	Br	Bm
29	Om	Bm	Om	Bm	Bm	Ne	Ne	Dj	Dj	Br	Om	Ne
30	Bm		Bm	Ne	Ne	Dj	Dj	Gz	Gz	Om	Bm	Dj
31	Ne		Ne		Dj		Gz	Gz		Sh		Ne

TABLE 5.2 – Le planning de l'élevage des fermes pour les dindes.

jours	Mois											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
1	Gz	Sh	Gz	Sh	Sh	Bo	Bo	Sn	Sn	Ba	Dj	Sh
2	Bo	Sn	Bo	Sn	Sn	Ba	Ba	Sb	Sb	Ak	Sh	Ba
3	Sn	Ba	Sn	Ba	Ba	Sb	Sb	Ak	Ak	Mb	Bo	Sb
4	Ba	Sb	Ba	Sb	Sb	Ak	Ak	Mb	Mb	Mg	Ba	Ak
5	Sb	Ak	Sb	Ak	Ak	Mb	Mb	Mg	Mg	Fl	Sb	Mb
6	Ak	Mb	Ak	Mb	Mb	Mg	Mg	Fl	Fl	Br	Ak	Mg
7	Mb	Mg	Mb	Mg	Mg	Fl	Fl	Br	Br	Om	Mb	Fl
8	Mg	Fl	Mg	Fl	Fl	Br	Br	Om	Om	Bm	Mg	Br
9	Fl	Br	Fl	Br	Br	Om	Om	Bm	Bm	Ne	Fl	Om
10	Br	Om	Br	Om	Om	Bm	Bm	Ne	Ne	Fl	Br	Bm
11	Om	Bm	Om	Bm	Bm	Ne	Ne	Dj	Dj	Br	Om	Ne
12	Bm	Ne	Bm	Ne	Ne	Dj	Dj	Gz	Gz	-	Bm	Dj
13	Ne	Dj	Ne	Dj	Dj	Gz	Gz	Sh	Sh	-	Ne	Gz
14	Dj	Gz	Dj	Gz	Gz	Sh	Sh	Bo	Bo	-	Dj	Sh
15	Gz	Sh	Gz	Sh	Sh	Bo	Bo	Sn	Sn	-	Gz	Bo
16	Sh	Bo	Sh	Bo	Bo	Sn	Sn	Ba	Ba	-	Sh	Sn
17	Bo	Sn	Bo	Sn	Sn	Ba	Ba	Sb	Sb	-	Bo	Ba
18	Sn	Ba	Sn	Ba	Ba	Sb	Sb	Ak	Ak	-	Sn	Sb
19	Ba	Sb	Ba	Sb	Sb	Ak	Ak	Mb	Mb	-	Ba	Ak
20	Sb	Ak	Sb	Ak	Ak	Mb	Mb	Mg	Mg	Ba	Sb	Mb
21	Ak	Mb	Ak	Mb	Mb	Mg	Mg	Fl	Fl	Sb	Ak	Mg
22	Mb	Mg	Mb	Mg	Mg	Fl	Fl	Br	Br	Ak	Mb	Fl
23	Mg	Fl	Mg	Fl	Fl	Br	Br	Om	Om	Mb	Mg	Br
24	Fl	Br	Fl	Br	Br	Om	Om	Bm	Bm	Mg	Fl	Om
25	Br	Om	Br	Om	Om	Bm	Bm	Ne	Ne	Fl	Br	Bm
26	Om	Bm	Om	Bm	Bm	Ne	Ne	Dj	Dj	Br	Om	Ne
27	Bm	Ne	Bm	Ne	Ne	Dj	Dj	Gz	Gz	Om	Bm	Dj
28	Ne	Dj	Ne	Dj	Dj	Gz	Gz	Gz	Sh	Bm	Ne	Sh
29	Dj		Dj	Gz	Gz	Sh	Sh	Bo	Bo	Ne	Dj	Bo
30	Gz		Gz	Sh	Bo	Sn	Gz	Sn	Sn	Dj	Sh	Sn
31	Bo		Bo		Sn		Bo	Sn		Gz		Ba



FIGURE 5.2 – Carte de la wilaya de Tlemcen.

### 5.3.1 Modélisation mathématique

Dans le problème 2, nous traitons le problème de Localisation/ allocation des abattoirs parmi plusieurs abattoirs candidats par le modèle déterministe à trois niveaux, à savoir les fermes, les abattoirs et les détaillants avec une capacité déterminée. Cette optimisation, nous a permis de localiser les abattoirs ainsi que l'affectation des abattoirs aux éleveurs sélectionnée (fermes) et l'affectation des différents amas de clients (ensemble de des détaillants) aux abattoirs localisée.

### 5.3.2 Les paramètres du modèle

#### Indice

Dans la formulation du modèle, nous utilisons les ensembles d'indices suivants :

Clients :  $I = \{1, \dots, r\}$  .

Amas de clients :  $J = \{1, \dots, t\}$  .

Abattoirs : :  $K = \{1, \dots, s\}$ .

Produits : :  $L = \{1, \dots, p\}$  .

Fermes : :  $M = \{1, \dots, q\}$  .

## Données

Le modèle nécessite les données suivantes :

$Dc_{il}$  : demande du client  $i$  du produit  $l$ .

$Dcc_{jl}$  : demande de l'amas de clients  $j$  du produit  $l$ .

$D_{kj}$  : distance entre l'abattoir  $k$  et le centre de l'amas de client  $j$ .

$n_j$  : nombre de clients affectés à l'amas de clients  $j$ .

$Q_j$  : capacité du camion du transport affecté à l'amas de clients  $j$ .

$Q_{li}$  : capacité de l'abattoir  $k$  pour le produit  $l$ .

$Q_{lm}$  : capacité de la ferme  $m$  pour le produit  $l$ .

$V_{lmk}$  : volume de produit  $l$  expédié de la ferme  $m$  vers l'abattoir  $k$ .

$Pp_{mort}$  : poids moyen du poulet déplumé (égorge et nettoyer).

$Pp_{mort}$  : poids moyen du poulet vivant.

Pour la formulation mathématique, nous tenons compte des coûts suivants :

$FC_k$  : coût fixe pour la fondation d'abattoir  $k$ .

$FFC_m$  : coût fixe pour la rénovation des hangards dans les zones de fermes  $m$ .

$Ct_{lmk}$  : coût de transport de la ferme  $m$  vers l'abattoir  $k$  pour le produit  $l$ .

$Cp_{lm}$  : coût de production du produit  $l$  dans la ferme  $m$ .

$Cop_{lk}$  : coût opérationnel du produit  $l$  dans l'abattoir  $k$ .

$Cf_{kj}$  : coût de transport en frigo du l'abattoir  $k$  vers amas de clients  $j$ .

$\alpha$  : coût de transport par unité par kilomètre.

$\beta$  : nombre des zones de fermes.

$\gamma$  : nombre des camions de transports utilise entre les zone de fermes et l'abattoirs.

La résolution du modèle mathématique permet de déterminer les variables de décisions suivantes :

$$y_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si le client } i \text{ est servi par l'amas de client } j \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

$$Z_{jk} = \begin{cases} 1 & \text{si l'amas de client } j \text{ est servi par l'abattoir } k \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

$$X_k = \begin{cases} 1 & \text{si l'abattoir } k \text{ est localisé} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

Le problème 2 de localisation-allocation à trois niveaux et multi produits peut être formulé comme suit :

$$\begin{aligned}
\min Z2 &= \sum_{k \in K} Fc_k x_k \\
&+ \sum_{l \in L} \sum_{k \in K} \sum_{j \in J} \times (\alpha D_{kj} + Cop_{lk} + Cf_{kj}) Dcc_{jl} Pp_{mort(l)} Z_{jk} \\
&+ \beta \sum_{l \in L} \sum_{m \in M} \sum_{k \in K} (\gamma Ct_{lmk} + Cp_{lm}) Pp_{vivant(l)} V_{lmk} + \sum_{m \in M} FF_{cm} \quad (5.21)
\end{aligned}$$

Sous les contraintes :

$$\sum_{k \in K} Z_{jk} = 1 \quad \forall j \in J \quad (5.22)$$

$$\sum_{k \in K} V_{lmk} \leq Q_{lm}, \quad \forall l \in L, \quad \forall m \in M \quad (5.23)$$

$$\sum_{m \in M} V_{lmk} \leq Q_{lk}, \quad \forall l \in L, \quad \forall k \in K \quad (5.24)$$

$$\sum_{m \in M} V_{lmk} = \sum_{j \in J} Dcc_{lj} Z_{jk} \quad \forall l \in L, \quad \forall k \in K \quad (5.25)$$

$$Z_{jk} \leq x_k \quad \forall j \in J, \quad \forall k \in K \quad (5.26)$$

$$Z_{ij} \in \{0, 1\} \quad (5.27)$$

$$X_i \in \{0, 1\} \quad (5.28)$$

L'équation (5.21) désigne la fonction objectif, les contraintes (5.22) et (5.26) indiquent que toutes les demandes d'un amas de clients  $j$  doivent être satisfaites par un et un seul abattoir, la contrainte (5.23) suppose que le volume de produit  $l$  expédié de la ferme  $m$  vers l'abattoir  $k$  est inférieure ou égale à la capacité de l'abattoir  $k$ , la contrainte (5.24) suppose que le volume de produit  $l$  expédié de la ferme  $m$  vers l'abattoir  $k$  est inférieure ou égale à la capacité de la ferme  $m$ , la contrainte (5.25) indique que le volume expédié de l'abattoir  $k$  aux amas de clients  $j$  est égale à la commande des clients, les contraintes (5.27) et (5.28) déterminent la nature binaire des variables de décision.

Le problème 2 est le problème de base dans notre étude, les entrées du problème 2

sont :

- 1) demandes de chaque amas de clients (résultats du Z1) pour les différents produits commandés.
- 2) distances entre les différents abattoirs candidats et les centres d'amas de clients (résultats du Z1).
- 3) capacité de l'abattage (nombre de poulets et de dindes) de chaque abattoir candidat, pour éviter le manque dans les quantités désirées (commandes des détaillants).
- 4) capacité de chaque éleveur pour les différents produits de volaille.
- 5) quantité de produit de volailles à transférer de l'éleveur aux abattoirs candidats sans oublier d'ajouter un certain nombre de produits de volaille à cause de la mortalité pendant le transfert de l'éleveur vers l'abattoir (pour éviter le manque sur les commandes des détaillants).
- 6) poids moyen de chaque produit de volaille vivant.
- 7) poids moyen de chaque produit de volaille égorgé et nettoyé.
- 8) coût fixe pour la fondation des abattoirs candidats.
- 9) coût fixe pour la rénovation des fermes de l'élevage sélectionné pour chaque produit de volailles.
- 10) coût de transport par unité de kilogramme de la ferme sélectionné vers les abattoirs candidats.
- 11) coût de transport par unité de kilogramme de l'abattoir ouvert vers les amas de client.
- 12) coût total de produit chez l'éleveur (coût de poussin + coût aliment + coût des vaccins et traitement + charges : électricité, gaz, l'eau, main d'œuvre) (voir l'annexe).
- 13) coût opérationnel dans les abattoirs.
- 14) coût du transport en utilisant des camions frigo.

Les résultats obtenus à partir de Z2 sont :

Nous observons que l'abattoir 1 dans la zone de Remchi sera fermé, par contre l'abattoir 2 dans la zone de Beni mester sera ouvert et servira les zones de demande (amas de clients) 1, 4, 17 et 18. De même, l'abattoir 3 dans la zone de Tizghanit sera ouvert et servira les zones de demande 1, 9, 10, 12 et 13. Par ailleurs, l'abattoir 4 sera ouvert dans la zone de Mansourah servira la zone de demande 2, 5, 7 et 14. Enfin, un abattoir sera ouvert dans la zone de demande Ouzidane et servira les zones

de demande 3, 11, et 16. Les abattoirs dans les zones de Ain Hout et Hanaya sont fermés. Toutes les contraintes du problème sont respectées.

Tous ces résultats sont regroupés comme suit :

- Décisions d'ouverture/ fermeture des abattoirs. Cette optimisation, nous a permis d'ouvrir quatre abattoirs parmi sept abattoirs candidats.
- Décisions d'affectations des amas de clients aux abattoirs localisés.
- Décisions d'affectations des abattoirs localisés à la ferme programmée.
- Quantité de chaque type de produit désigné.

Tous ces résultats sont résumés dans le tableau 5.3.

TABLE 5.3 – les résultats du problème2.

Abattoirs candidat	Décisions de localisations ( $X_i$ )	Décisions de affectations ( $Z_{ij}$ )	Produit de poulets	Produit de la dinde
Abattoir1	fermé			
Abattoir2	Ouvert	CC1 CC4 CC17 CC18	680 680 295 340	20 20 14 28
Abattoir3	Ouvert	CC6 CC9 CC10 CC12 CC13	430 405 380 380 375	10 16 22 19 19
Abattoir4	Ouvert	CC2 CC5 CC7 CC14	680 370 400 395	20 24 19 21
Abattoir5	fermé			
Abattoir6	Ouvert	CC3 CC11 CC16	680 420 395	20 16 15
Abattoir7	fermé			

# Bibliographie

- [1] C. Prodhon, *Le problème de localisation-routage*, Thèse de doctorat, Université de Technologie de Troyes, France (2006).
- [2] P. Hanjoul and D. Peeters, *Comparison of two dual-based procedures for solving the  $p$ -median problem*, european journal of operational research, **20**, 387-396 (1985).
- [3] G. A. Tanonkou, *Une approche par relaxation lagrangienne pour l'optimisation d'un réseau de distribution : modèles stochastiques et fiables*, Thèse de doctorat, Université Paul Verlaine Metz (2007).
- [4] P. Mirchandani and R. Francis, *Discrete Location Theory*, John Wiley Sons New York (1990).

# Chapitre 6

## Problèmes de transport

### 6.1 Introduction

Dans l'économie actuelle, rare est le produit qui arrive à être consommé par son utilisateur final sans l'intervention du transport. Presque tous les produits doivent passer par une série de déplacements entre un lieu de production quelconque, des dépôts et des consommateurs. Naturellement, ces déplacements entraînent des coûts. Selon une étude d'industrie récente, les frais attribuables à la gestion de la chaîne d'approvisionnement s'élèvent à 32% du coût de fabrication [1]. Donc, il va de soi que les coûts de logistique constituent un élément déterminant de la compétitivité de l'entreprise.

Les problèmes de transport, appelés aussi problèmes de routage, modélisent des problèmes réels liés au transport de marchandises ou de personnes. Sous sa forme la plus simple, le problème de tournées (routage) consiste à minimiser la distance totale parcourue par une flotte de camions homogènes afin d'assurer la livraison, à partir d'un seul dépôt, à un nombre fixe de clients tout en respectant les contraintes de capacité des camions. Cependant, en tenant compte de toutes les intrications des cas de distribution réels, le problème se complexifie rapidement. L'ajout de composantes telles que les véhicules hétérogènes, la capacité de véhicules et le problème de circulation dans les routes rendent la résolution d'autant plus difficile [1].

L'étude d'un problème de distribution réel d'une entreprise n'est donc pas triviale. Elle demande donc une attention particulière au détail afin de modéliser les particularités opérationnelles propres à l'entreprise. Le problème de tournées de véhicules possède de nombreuses applications dans des domaines tels que la logistique, la planification des réseaux de distribution et leur gestion.

Dans le domaine de transport, nous évoquons les problèmes de tournées à travers, essentiellement, trois grandes familles de problèmes : Le problème de tournées de véhicules souvent nommé Vehicle Routing Problem (VRP) ; le problème de voyageur de commerce ou Traveling Salesman Problem (TSP) et Le problème de tournées de véhicules avec livraisons divisibles (Split Delivery Vehicle Routing Problem-SDVRP).

## 6.2 Problèmes de tournées des véhicules

### 6.2.1 Définition

Le problème de tournées de véhicules souvent nommé Vehicle Routing Problem (VRP) n'est pas nouveau. En fait, la première formulation du problème est attribuée par Dantzig et Ramser en 1959 [1]. À partir d'une liste de clients, tous possédant une demande connue, et une flotte de camions homogènes ayant une capacité déterminée, il consiste à créer une série de tournées, soit une pour chaque véhicule, partant d'un seul entrepôt, de façon à minimiser la distance totale parcourue tout en s'assurant de ne pas dépasser la contrainte de capacité de chaque camion. Le problème de routage de véhicules a été largement étudié durant la deuxième moitié du siècle dernier.

Le problème de tournées de véhicules est une version tendue du Problème du Voyageur de Commerce, qui consiste visiter des clients partis d'un dépôt et au moyen d'une flotte de véhicules, avec un coût minimal (voir figure 6.1). D'après H. Housroum (2005) [2], le problème de tournées de véhicules vise à déterminer les tournées permettant de servir une liste de clients en minimisant le coût de livraison.

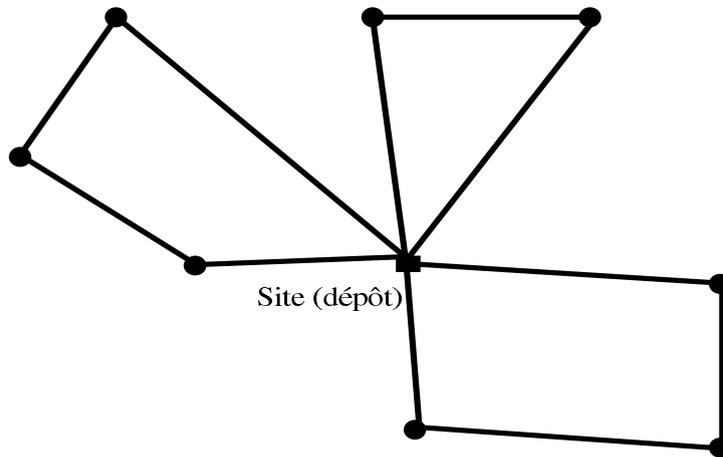


FIGURE 6.1 – Un exemple du VRP.

## 6.2.2 Problème de tournées de véhicules dans l'industrie alimentaire

Plusieurs auteurs soulignent les particularités de la distribution alimentaire. H.Chung and J. Norback [3] décrivent comme une industrie ayant des marges bénéficiaires minimales malgré le volume de produits qui se transigent. De plus, la distribution alimentaire est caractérisée par la livraison fréquente de petits volumes à des clients nombreux. G. Ioannou et *al.* (2001) [4] discute la contrainte supplémentaire qu'engendre l'espace de rayonnage limité des magasins.

G.Panozzo et *al.*(1999) [5]donnent les facteurs qui compliquent l'étude du problème de tournées de véhicules dans l'industrie alimentaire. Cette industrie doit se fléchir à une série de normes et de règlements portant sur les conditions hygiéniques et sanitaires imposées par l'état afin d'assurer la qualité et la sécurité des denrées. Finalement, les auteurs se penchent sur la consommation d'énergie supérieure dans la distribution alimentaire due au besoin de réfrigération des camions, ainsi que sur les impacts environnementaux.

H. Chaug-Ing and H. Sheng-Feng (2003) [6] introduisent un facteur de détérioration stochastique basé sur le temps de déplacement d'un produit entre un site de production et un ensemble de détaillants. Afin de compenser les pertes de nourriture.

D. Ljungberg (2006) [7] examine dans sa thèse, les industries laitières ainsi que la distribution de la viande et de la distribution aux détaillants dans une région en

Suède en vue d'optimiser le transport. Il suggère, entre autres, la coordination des livraisons de produits compatibles. Ses essais révèlent une diminution potentielle du nombre de livraisons par un facteur de 40%.

V. Gaur and F. Marshall [8] s'intéressent à la distribution d'un ensemble de supermarchés aux Pays-Bas. Ils développent un système à trois modules : soit un module d'inventaire, un module d'affectation de véhicules et un module d'équilibrage de la charge de travail. Ce système a réussi à diminuer les coûts de transport de 4%.

A. Higgins [9] s'intéresse au transport de la canne à sucre en Australie. L'auteur suggère un modèle de planification des tournées incluant une recherche participative avec tous les acteurs principaux de la chaîne d'approvisionnement.

### **6.2.3 Domaines d'application des problèmes de tournées de véhicules**

Parmi les applications essentielles des problèmes de tournées de véhicules, on trouve :

- ◆ Livraison de produits à partir d'un entrepôt.
- ◆ Cueillette et livraison de colis en milieu urbain.
- ◆ Cueillette et livraison de marchandises par les entreprises de transport.
- ◆ Cueillette des ordures.
- ◆ Transport adapté de passagers.
- ◆ Services d'inspection et de réparation.

## **6.3 Problème de voyageur de commerce ou Traveling Salesman Problem**

Le problème de voyageur de commerce est un des problèmes d'optimisation combinatoire les plus connus, il pose le problème suivant ; avec seul véhicule partir d'un dépôt, trouver un parcours le moins court qui passe par tous les clients une seule fois et revienne au dépôt (voir figure 6.2) [10, 15].

Le problème de voyageur de commerce (TSP) consiste à trouver la plus courte tournée permettant de visiter  $n$  villes et de revenir au point de départ en ne visitant chaque ville qu'une seule fois.

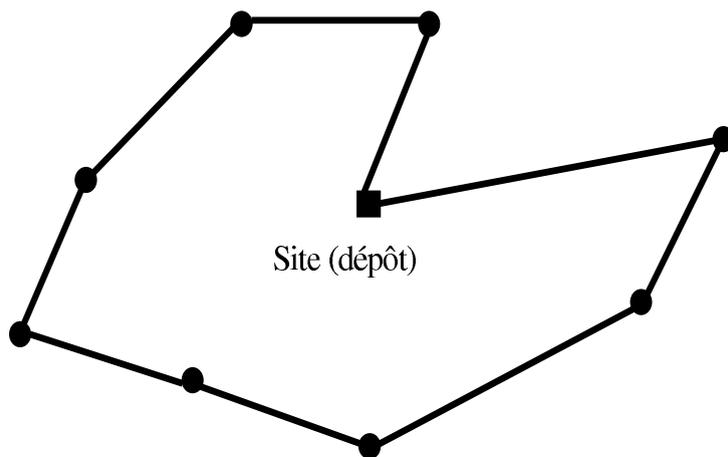


FIGURE 6.2 – Un exemple du TSP.

L'énoncé du problème du voyageur de commerce est le suivant : étant donné  $n$  points (des « villes ») et les distances séparant chaque point, trouver un chemin de longueur totale minimale qui passe exactement une fois par chaque point et revienne au point de départ. Il s'agit d'un problème d'optimisation pour lequel on ne connaît pas d'algorithme permettant de trouver une solution exacte en un temps polynomial. L'intérêt du TSP et de ses variantes est fort. Si l'on y fait clairement face pour la planification de transports, le problème se pose aussi lors du routage de cartes électroniques et pour l'édification des liens entre les transistors d'un microprocesseur. En outre, et de manière tout aussi évidente, dans l'industrie, le perçage de trou sur une plaque, ou encore le dépôt de composants discrets sur un circuit imprimé avant soudure, sont des applications du TSP.

[11]. D'après Dhaenens et al. (2002)[12], le problème du voyageur de commerce serait le problème le plus célèbre et le plus étudié en optimisation combinatoire. Dans ce problème, un voyageur de commerce doit visiter plusieurs villes (ou clients) en passant une et une seule fois par chacune d'entre elles, et en minimisant la distance totale parcourue. Plus formellement, un TSP est modélisé sous forme d'un graphe où les sommets représentent les villes à visiter, et les arrêtes les liaisons entre ces villes. La pondération ou le poids associé à chaque arrête représente le coût de la liaison entre les deux villes et correspond généralement à la distance qui les sépare. L'objectif est de trouver un cycle passant une et une seule fois par tous les sommets du graphe, et de longueur minimale.

Selon R. Phan (2009) [13], le TSP ou "Traveling Saleman Problem" est un problème classique de la littérature en RO. L'énoncé peut-être le suivant : étant donné  $N$  points (des "villes") et les distances séparant chaque point, trouver un chemin de longueur totale minimale qui passe exactement une fois par chaque point et revienne au point de départ. Le problème est de type NP- complet [13]. C'est-à-dire qu'il n'existe pas d'algorithme de résolution exacte en un temps "raisonnable". Ce problème est plus compliqué qu'il n'y paraît ; on ne connaît pas de méthode de résolution permettant d'obtenir des solutions exactes en un temps raisonnable pour de grandes instances (grand nombre de villes) du problème. Pour ces grandes instances, on devra donc souvent se contenter de solutions approchées, car on se retrouve face à une explosion combinatoire : le nombre de chemins possibles passant par 69 villes est déjà un nombre d'une longueur de 100 chiffres.

## 6.4 Problème de tournées de véhicules avec livraisons divisibles

Dans le problème de tournées de véhicules avec livraisons divisibles (Split Delivery Vehicle Routing Problem -SDVRP-), une flotte de véhicules à capacités homogènes est disponible pour servir un ensemble de clients. Chaque client peut être visité plusieurs fois (voir figure 6.3), contrairement à ce qui est généralement supposé dans le problème de tournées de véhicules, et la demande de chaque client peut être supérieure à la capacité du véhicule. Chaque véhicule doit démarrer et terminer son tour au dépôt [14]. Le problème consiste à trouver les chemins de route pour servir tous les clients, telle que la somme des quantités livrées dans chaque tour n'excède pas la capacité d'un véhicule et la distance totale voyagé est réduite. Le SDVRP a été introduit par Dror et Trudeau (1989) [16], qui ont souligné les propriétés des solutions optimales et ont proposés une heuristique de recherche locale. Depuis lors, plusieurs heuristiques ont été développées pour le SDVRP.

## 6.5 Formulation mathématique de problème 3

Le problème 3 traite le problème de tournées de véhicules. Ce problème consiste à affecter des commandes de clients à des véhicules et à construire la tournée de

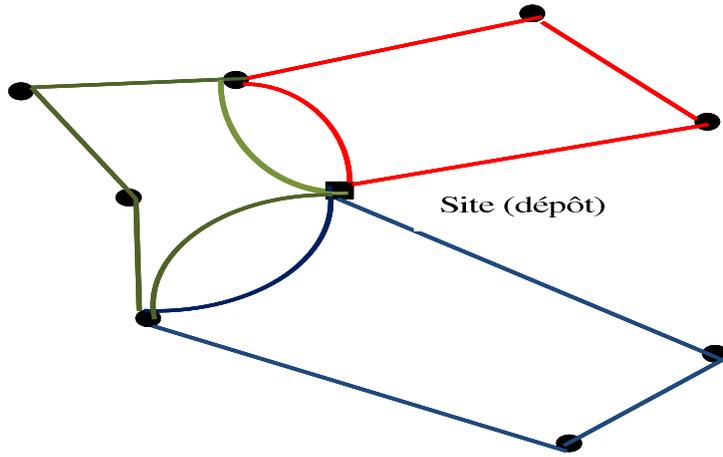


FIGURE 6.3 – Un exemple du SDVRP.

chaque véhicule à travers les amas de clients définie dans le problème 1 en satisfaisant certaines contraintes et en optimisant notre objectif.

Dans notre cas réel, nous avons appliqué les deux modèles connus pour le problème de routage à savoir le TSP (Traveling Salesman Problem) et le VRP (Vehicle Routing Problem), pour faire une comparaison entre les deux modèles.

### 6.5.1 Paramètres du modèles

Dans cette section, nous avons défini les paramètres suivants :

$D_{ii'}$  : représente la distance entre un client  $i$  et un autre client  $i'$  dans la même amas de clients.

$q$  : définit la capacité des camions frigo utilisés pour la livraisons.

**les variables de décision :**

$$Z_{ii'} = \begin{cases} 1 & \text{si le lien est utilisé entre le client } i \text{ et le client } i' \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

$$Y_{ii'v} = \begin{cases} 1 & \text{si le trajet entre } (i, i') \text{ est parcouru par le camion frigo } v \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

## 6.5.2 Problème du voyageur de commerce-TSP-

Traveling Salesman Problem (TSP) consiste à trouver la plus courte tournée permettant de visiter  $n$  clients de chaque amas défini dans le chapitre (III) et de revenir au point de départ (l'abattoir) en ne visitant chaque client qu'une seule fois.

La fonction objectif de ce problème est la suivante [11] :

$$\text{Min } Z_3 = \sum_i^r \sum_{i'}^r D_{ii'} Z_{ii'} \quad (6.1)$$

$$\sum_{i=1}^r Z_{ii'} = 1, \quad i' = 1, 2, \dots \text{et } i' \neq i \quad (6.2)$$

$$\sum_{i'=1}^r Z_{ii'} = 1, \quad i = 1, 2, \dots \text{et } i \neq i' \quad (6.3)$$

$$\sum_{i=1}^r Z_{ii'} \leq |P| - 1, \quad \forall P \subset I, P \neq \phi \quad (6.4)$$

$$Z_{ii'} \in \{0, 1\} \quad \forall (i, i') \in I^2 \quad (6.5)$$

Où la Contrainte (6.2) impose que chaque client  $i = 1$  ne peut accepter qu'un lien sortant vers un autre client  $i'$  et (6.3) impose chaque client  $i'$  ne peut accepter qu'un lien entrant d'un autre client  $i = 1$ , la contraintes (6.4) indique que la somme des liens dans un amas de clients inférieure à l'ensemble des clients de cet amas de clients et la contrainte (6.5) détermine la nature des variables de décisions.

## 6.5.3 Problème de tournées de véhicules-VRP

La formulation du Vehicle Routing Problem (VRP) que nous présentons ici correspond à la formulation mathématique suivante [17] .

$$\text{Min } Z_4 = \sum_{i \in I} \sum_{i' \in I} \sum_{v \in V} D_{ii'} Y_{ii'v} \quad (6.6)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{v \in V} Y_{ii'v} = 1 \quad \forall 1 \leq i' \leq r \quad (6.7)$$

$$\sum_{i' \in I} \sum_{v \in V} Y_{ii'v} = 1 \quad \forall 1 \leq i \leq r \quad (6.8)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{v \in V} Y_{ii'v} = \sum_{i' \in I} \sum_{v=1}^m Y_{ii'v} \quad (6.9)$$

$$\sum_{i' \in I} Y_{ii'v} = 1 \quad \forall 1 \leq i \leq m \quad (6.10)$$

$$\sum_{i \in I} Y_{ii'v} = 1 \quad \forall 1 \leq i' \leq m \quad (6.11)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{i' \in I} Y_{ii'v} \leq q \quad \forall 1 \leq v \leq m \quad (6.12)$$

$$Y_{ii'v} \in \{0, 1\} \quad \forall 0 \leq i, i' \leq t \quad 1 \leq v \leq m \quad (6.13)$$

Sous cette formulation, (6.6) signifie que l'objectif du problème d'optimisation est de minimiser la somme des coûts de toutes les tournées. Les contraintes (6.7) et (6.8) imposent que chaque client soit desservi une et une seule fois et la contrainte (6.9) assure la conservation de flot. Les contraintes et (6.10) et (6.11) assurent que chaque tournée commence et se termine au dépôt. Finalement, la contrainte (6.12) impose la capacité du camion frigo et la contrainte (6.13) donne la nature des variables de décision  $Y_{ii'v}$ .

Les entrées du problème 3 sont les différentes distances entre les clients de chaque amas de clients et la capacité du camion de livraison pour le modèle TSP. Par contre, pour le modèle VRP les entrées sont les distances entre les clients de chaque amas de clients, la demande de chaque client dans l'amas de clients et la capacité du camion de livraison.

Les résultats de problème 3 qui définit les différentes tournées de véhicules sont donnés par les modèles Z3 et Z4, sont comme suit.

- les amas 1, 2, 3 et 4 représente un seule client qui ont une commande inférieure ou égale à la capacité d'un camion de type K 3000, donc la tournée pour ces quatre amas se fait directement des abattoirs vers ces clients (ces amas décrivent les clients du marché couvert du centre ville de Tlemcen).
- La tournée pour TSP dans l'amas de clients 5, allant du client C3 et termine par le client C4 en passant par les clients C102, C104, C103, C1, C17 et C18 pour un trajet de 14593 m. Pour VRP le trajet est 8783 m entre le premier client C3 et le dernier client C102 (Figure 6.3).
- La distribution dans l'amas de clients 6, cet amas regroupe 12 clients (C10, C14, C15, C20, C12, C13, C16, C91, C105, C88, C90 et C89), la livraison commence du client 10 vers le client 14 sur TSP. Par contre, pour VRP la livraison commence dans le sens inverse voir (Figure 6.4). Le trajet pour TSP est inférieur à celui de VRP.
- La tournée de livraison dans l'amas de clients 7 (Figure 6.5), fait son début du client C1 et passe par les clients (C57, C59, C54, C53, C58 et C112), la distance parcourue par le camion de livraison est de 4169 pour TSP et de 5063 VRP.

- Le trajet de la tournée du modèle TSP est inférieure par rapport au modèle VRP dans l'amas de clients 9, cet amas contient les clients C46, C64, C68, C69, C70, C67 et C66 voir (Figure 6.6). Le trajet de tournée de TSP est 7449 et du VRP est 7549.
- La livraison dans l'amas de clients 10 (voir Figure 6.7). Dans cet amas, on a 8 clients (C2, C52, C49, C51, C60, C55, C19 et C9). La distance entre le premier client C2 et le dernier client dans cette livraison est de 6657 pour TSP et de 5770 pour VRP.
- La tournée pour VRP dans l'amas de clients 11, fait son début à partir du client C79 et se termine par le client C84, par contre dans TSP, allant du client C79 et termine par le client C83. Le parcours de tournée de TSP est inférieur à celle du VRP (voir Figure 6.8).
- L'amas de clients 12 regroupe les clients suivants (C23, C30, C32, C50, C111, C26, C34 et C33), la livraison commence à partir du client 23 sur VRP. Par contre, TSP commence la livraison du client 23 mais dans le sens inverse du VRP (voir Figure 6.9). Le trajet de tournée de VRP est inférieur à celle du TSP.
- La tournée de livraison du VRP dans l'amas de clients 13, commence du client C21 et termine par le client C47, passant par les clients C22, C27 et C65 voir (Figure 6.10). La distance parcourue par le camion de la livraison est de 4526 pour VRP et de 5760 pour TSP.
- La tournée TSP dans l'amas de clients 14, allant du client C24 et termine par le client C38 et par le client C36 pour le VRP (voir Figure 6.11). Le parcours est de 4872 m pour TSP et de 4699 m pour VRP.
- Le parcours de la tournée du modèle TSP est le même que celui du VRP dans l'amas de clients 16, cet amas regroupe les clients C71, C72, C76, C78, C110, C77 C75, C86, C87, C85, C74 et C73 (voir Figure 6.12). Le longueur du trajet de chaque tournée est 13477.
- La tournée TSP dans l'amas de clients 17 (Figure 6.13), commence du client C96 et termine par le client C108 dans TSP et par le client C97 dans le VRP. Le trajet est de 4990 m pour TSP et de 5880 m pour VRP.
- Le parcours dans la tournée de livraison du modèle TSP est inférieure par rapport au modèle VRP dans l'amas de clients 18, cet amas contient les clients C39, C40, C41, C42, C43, C44, C45, C61, C62 et C63 (voir Figure 6.14).

TABLE 6.1 – La distance donnée par les modèles VRP et TSP.

Amas de clients	Distance par le modèles VRP	Distance par le modèles TSP	Distance minimale
01	-	-	-
02	-	-	-
03	-	-	-
04	-	-	-
05	8783	14593	8783
06	12023	<b>10919</b>	10919
07	5063	<b>4169</b>	4169
09	7549	<b>7449</b>	7449
10	<b>5770</b>	6657	5770
11	<b>11689</b>	15027	11689
12	<b>5229</b>	6813	5229
13	<b>4526</b>	5760	4526
14	<b>4699</b>	4872	4699
16	13477	13477	13477
17	5880	<b>4990</b>	4990
18	7476	<b>3996</b>	3996
Distance Totale	92164	98722	85696
Réduction de distance	6.64%	0%	13.19%

Tous les résultats du problème 3 qui définit les différentes tournées de véhicules donnés par les modèles Z3 et Z4, sont représentés par les figures 6.4 à 6.15.

En combinant le TSP et VRP, nous pouvons réduire encore les distances parcourues pour les différentes tournées. Le tableau 6.1 donne pour chaque amas de clients les distances de parcours obtenues pour les modèles VRP et TSP.

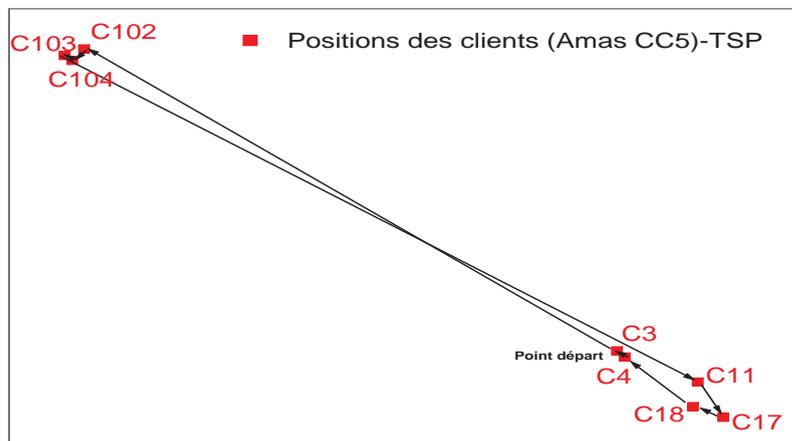
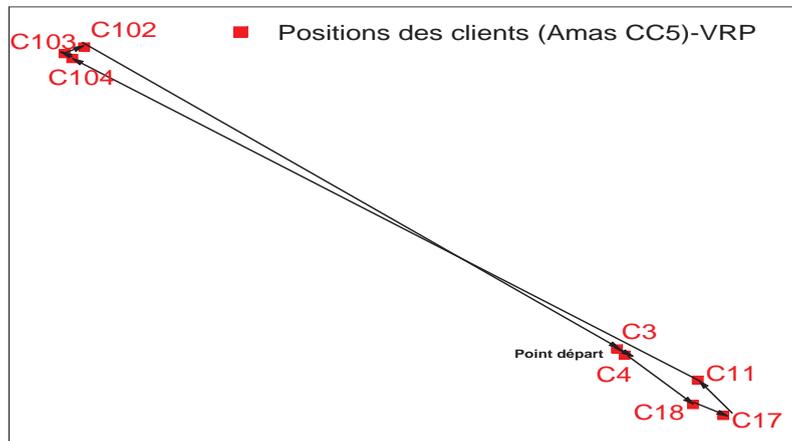


FIGURE 6.4 – La tournée de véhicule pour l’amas de clients n° 5.

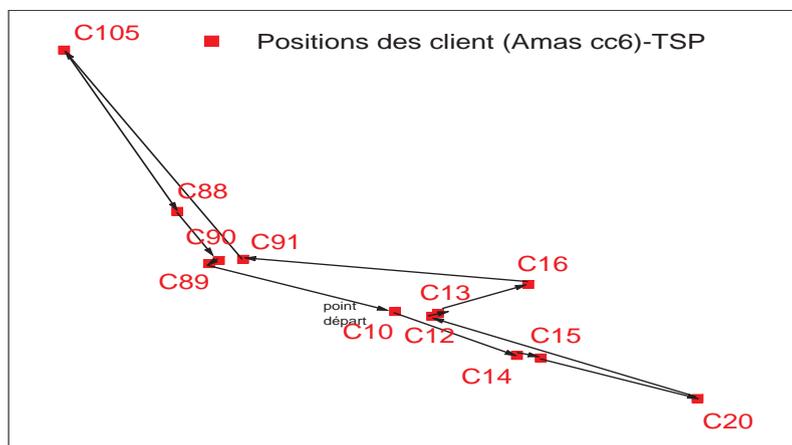
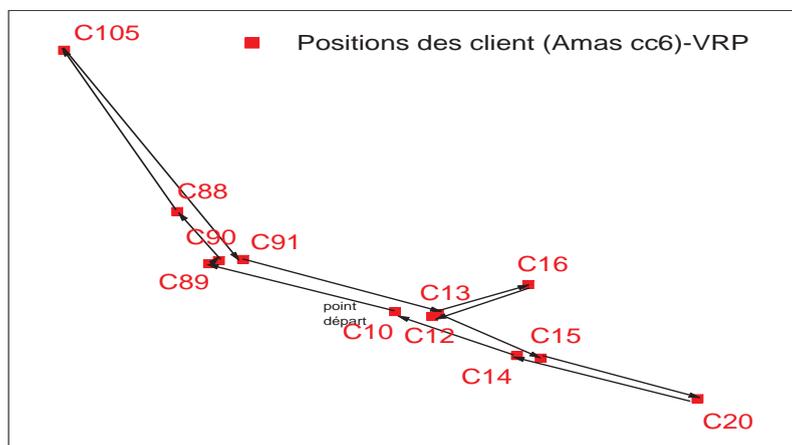


FIGURE 6.5 – La tournée de véhicule pour l’amas de clients n° 6.

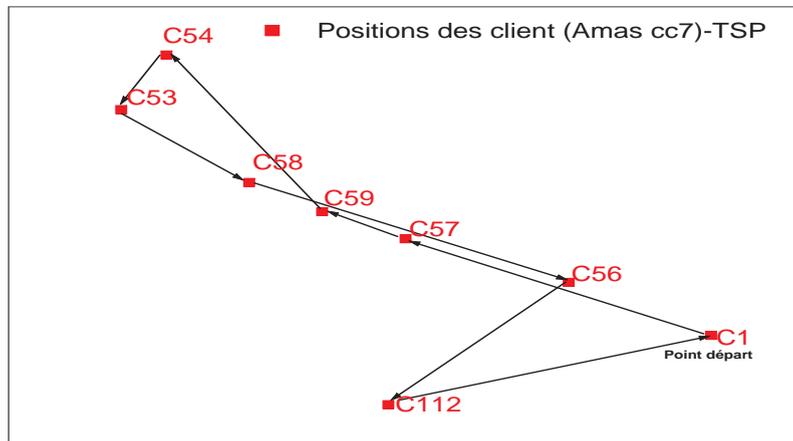
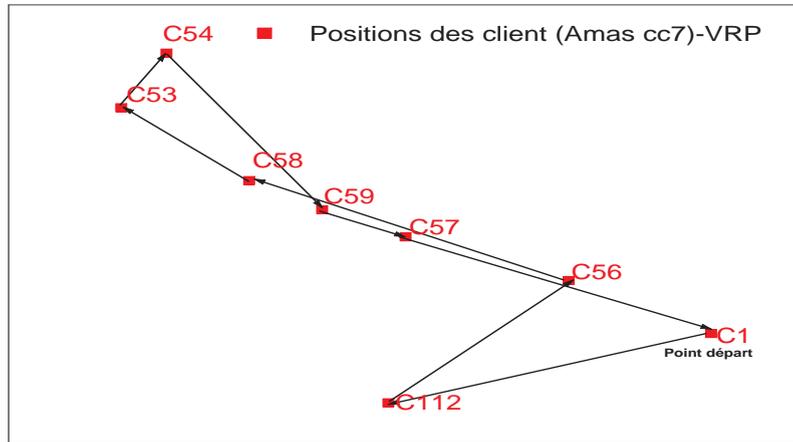


FIGURE 6.6 – La tournée de véhicule pour l’amas de clients n° 7.

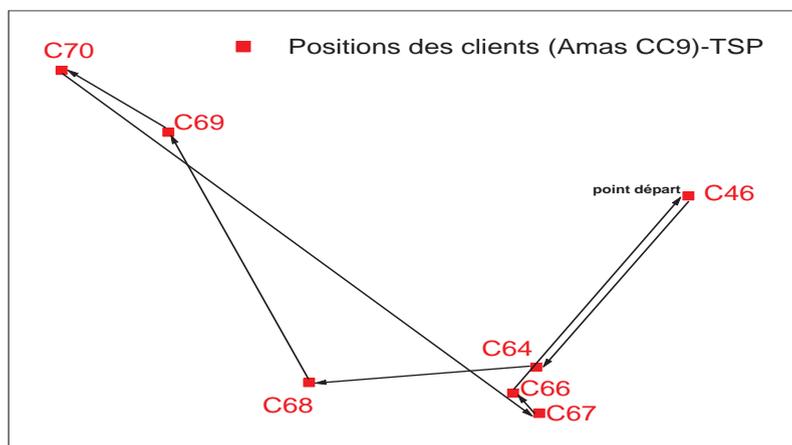
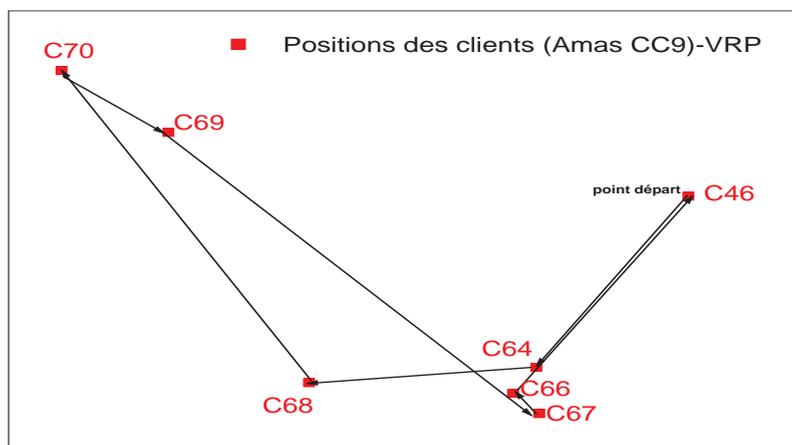


FIGURE 6.7 – La tournée de véhicule pour l’amas de clients n° 9.

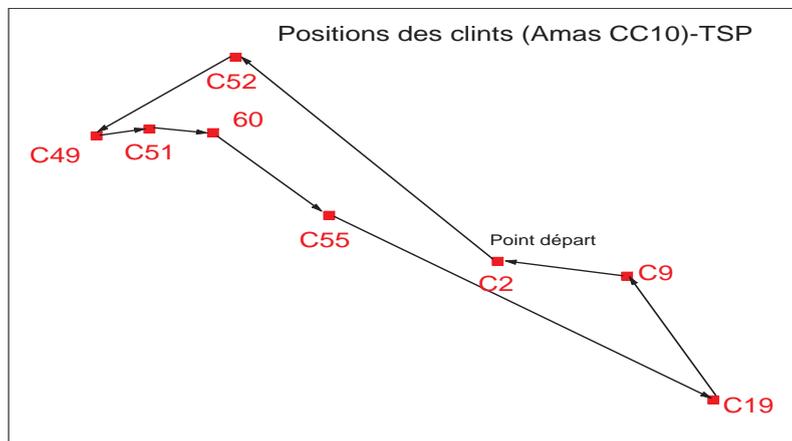
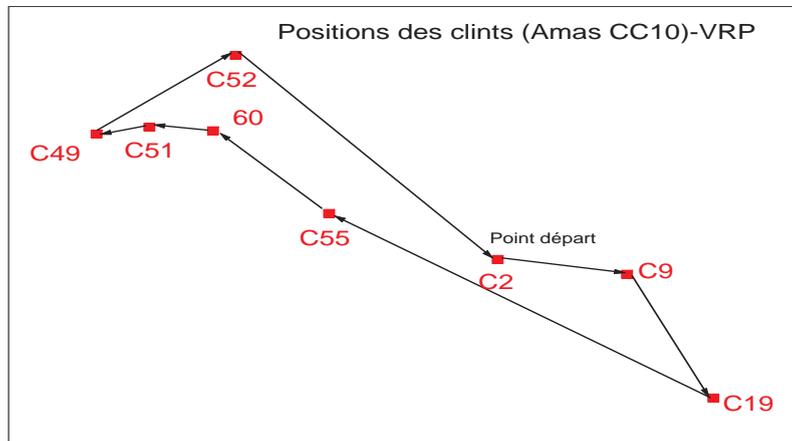
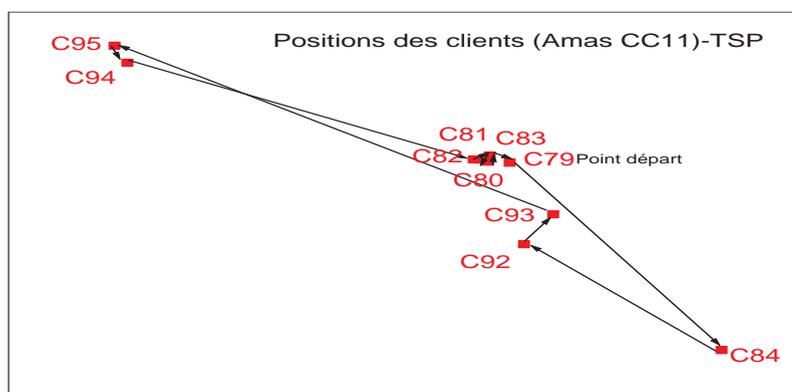
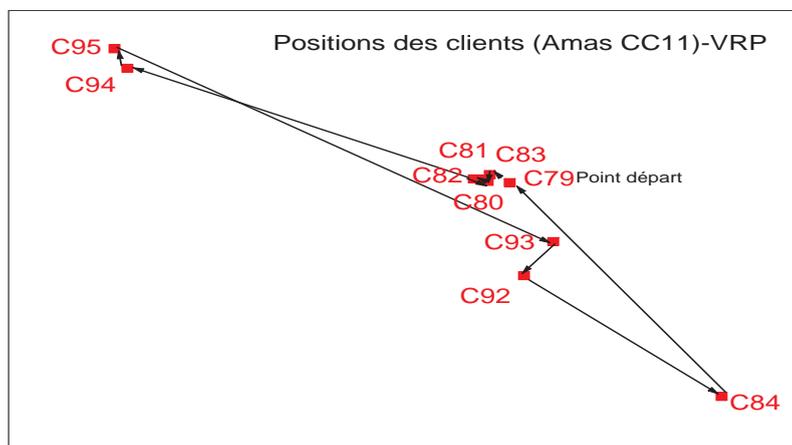


FIGURE 6.8 – La tournée de véhicule pour l'amas de clients n° 10.



x

FIGURE 6.9 – La tournée de véhicule pour l'amas de clients n° 11.

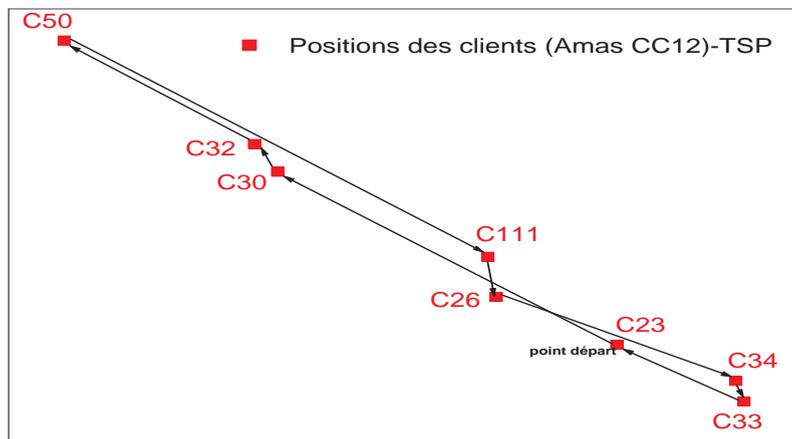
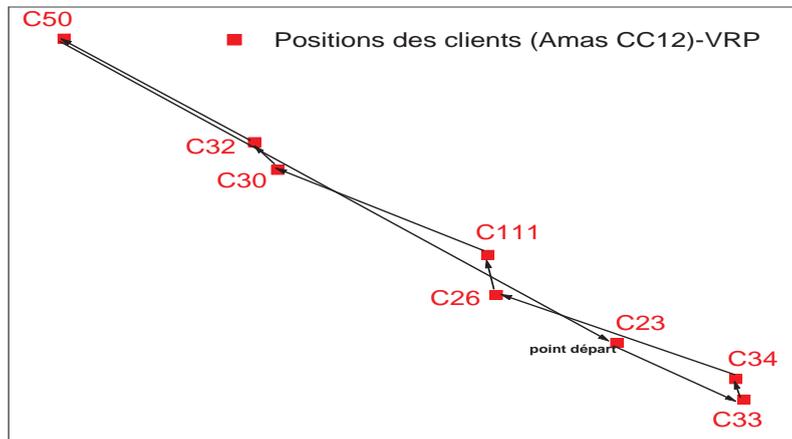


FIGURE 6.10 – La tournée de véhicule pour l’amas de clients n° 12.

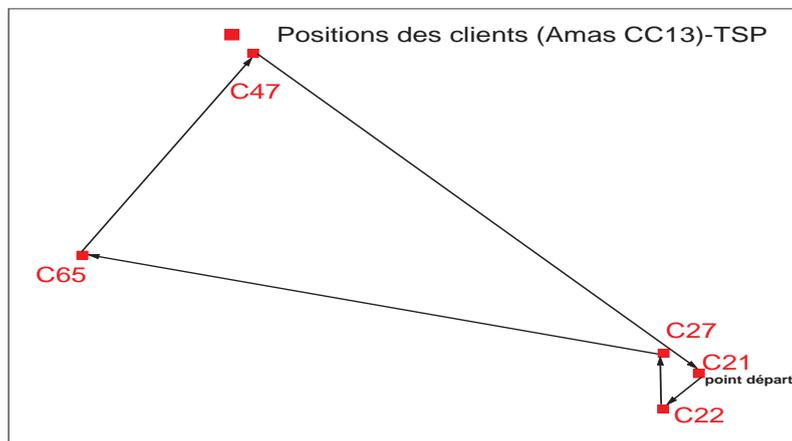
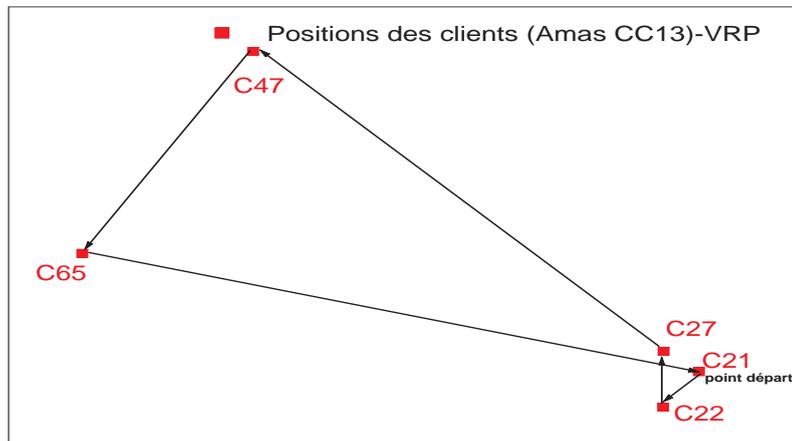


FIGURE 6.11 – La tournée de véhicule pour l’amas de clients n° 13.

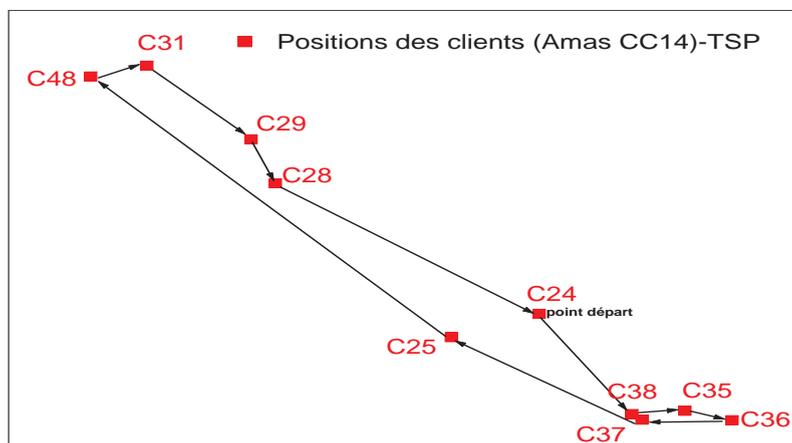
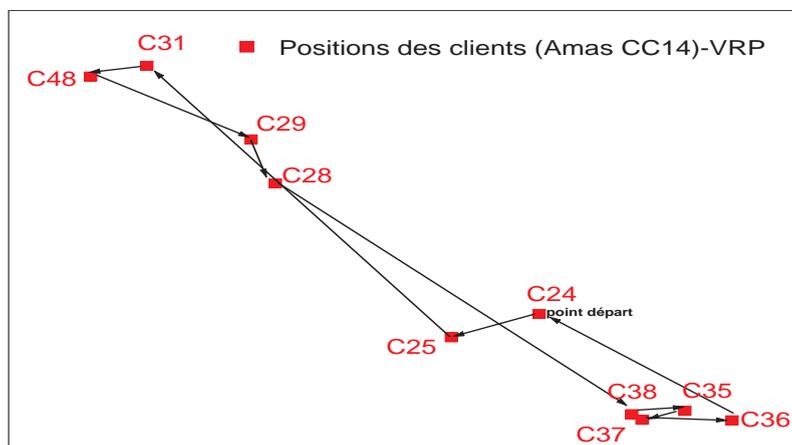


FIGURE 6.12 – La tournée de véhicule pour l’amas de clients n° 14.

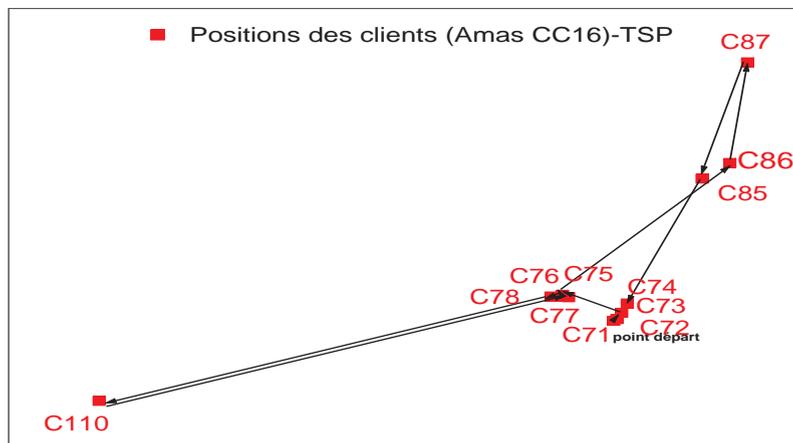
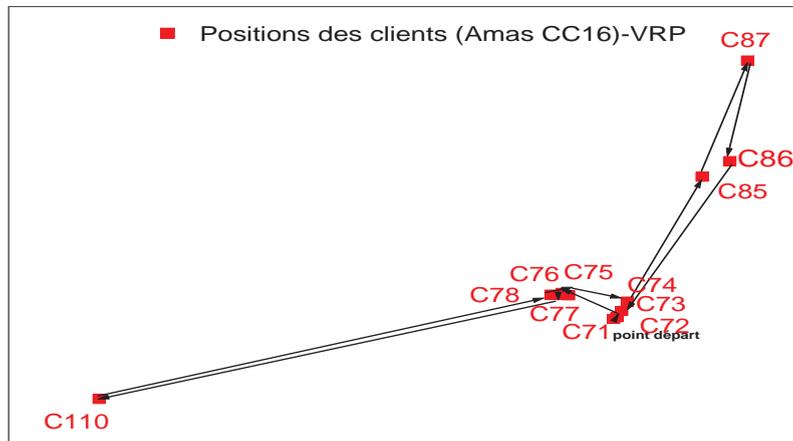


FIGURE 6.13 – La tournée de véhicule pour l’amas de clients n° 16.

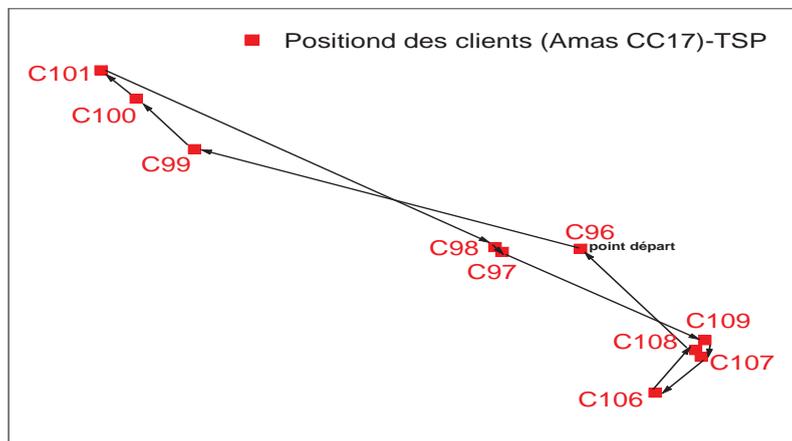
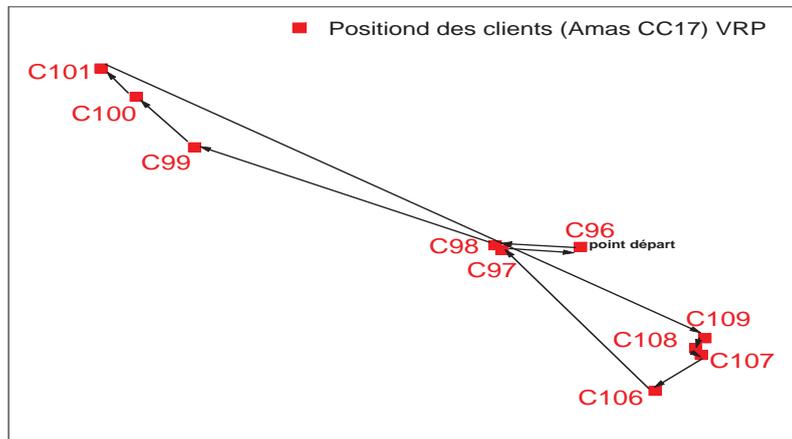


FIGURE 6.14 – La tournée de véhicule pour l’amas de clients n° 17.

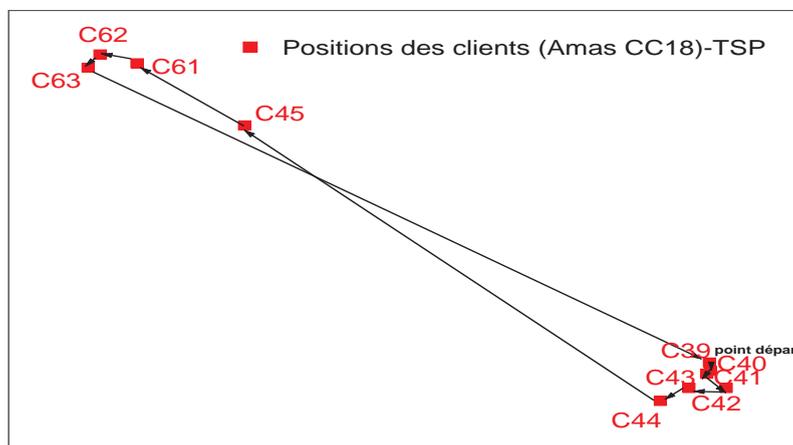
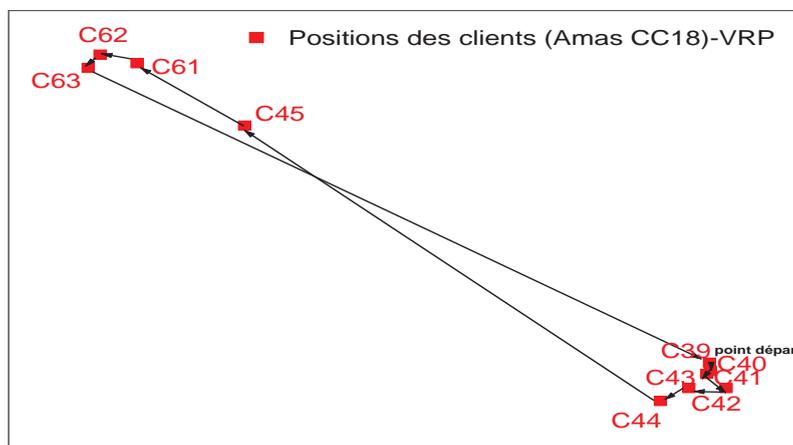


FIGURE 6.15 – La tournée de véhicule pour l’amas de clients n° 18.

# Bibliographie

- [1] A. Trudeau, *Planification des tournées de véhicules pour l'approvisionnement de dépanneurs*, Université de Montréal (2008).
- [2] H. Housroum, *Une approche génétique pour la résolution du problème VRPTW dynamique*, Thèse en génie informatique et automatique, Université d'Artois, France (2005).
- [3] C. Hong and J. Norback, *A clustering and insertion heuristic applied to a Large routing problem in food distribution*, The Journal of the Operational Research Society, **42**, 555-564 (1991).
- [4] G. Ioannou, M. Kiritikos and G. Prastacos, *A greedy look-ahead heuristic for the vehicle routing problem with time windows*, The Journal of the Operational Research Society, **52**, 523-537 (2001).
- [5] G. Panozzo, G. Minotto and A Barizza, *Transport et distribution de produits alimentaires : situation actuelle et tendances futures*, International Journal of Refrigeration, **22**, 625-639 (1999).
- [6] H. Chaug-Ing and H. Sheng-Feng, *Vehicle routing problem for distributing refrigerated food*, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, **5**, 2261-2271 2003.
- [7] D. Ljungberg, *Effective transport systems in food and agricultural supply chain*, Thèse de doctorat, University of Agricultural Sciences, Uppsala, Swedish (2006).
- [8] G. Vishal and M. Fisher, *A periodic inventory routing problem at a supermarket chain*, Operations Research, **52**, 813-822 (2004).
- [9] H. Andrew, *Scheduling of road vehicles in sugarcane transport : A case study at an australian sugar mill*, European Journal of Operational Research, **170**, 987-1000 (2006).
- [10] D. Applegate, R. E. Bixby, V. Chvatal and W. Cook, *The Traveling Salesman Problem : a Computational Study*, Princeton University Press, Princeton, 2007.
- [11] B. Thibaut, N. Coindet and C. Fall, *Résolution du problème du voyageur de commerce asymétrique par séparation et évaluation de sa relaxation combinatoire en problème d'affectation*, université de Nantes (2011).
- [12] ] C. Dhaenens, M.L. Espinouse, and Bernard Penz. *Problèmes combinatoires classiques. Recherche opérationnelle et réseaux*, (2002).
- [13] R. Phan, *Une stratégie hybride pour le problème de tournées de véhicules avec livraisons et collectes*, Rapport d'ingénieur, Institut Supérieur d'Informatique, de Modélisation et de leurs Applications, France (2009).
- [14] T. Nguyen , **Problème de tournées de véhicules avec livraisons divisibles**, Mémoire de fin d'études, Institut de la Francophonie pour l'Informatique, (2008).
- [15] D. S. Johnson and L. A. McGeoch, *Experimental Analysis of Heuristics for the STSP, The Traveling Salesman Problem and its Variations*, Gutin and Punnen (eds), Kluwer Academic Publishers, (2002).

- [16] M. Dror and P. Trudeau, *Savings by split delivery routing*, Transportation Science, **23**,141-145 (1989).
- [17] S. B. Ismail, *Synthèse du problème de routage de véhicules*, Collection des rapports de recherche de Télécom, Bretagne (2011).

# Chapitre 7

## Conclusion Générale

Qu'ils soient publics ou privés, firmes et services sont de plus en plus conscients de l'importance du choix d'une implantation adéquate. Les modèles de localisation-affectation constituent un outil très attrayant pour orienter le choix de telles décisions décisives. Ils permettent d'aider à la prise de décision par un outil scientifiquement justifié. A l'aménageur-géographe, démographe ou économiste-d'analyser consciencieusement tous les problèmes d'estimation qui sont associés à la localisation optimale : connaissance et compréhension du service à localiser, mesure et localisation des quantités demandées au moment de l'analyse et ultérieurement, connaissances de mécanismes de comportement des usagers et du décideur, estimation du coût de déplacement, etc. La modélisation proposée pour cette étude, à pour but la résolution simultanée du problème de choix de solution de conception et du pilotage de la chaîne logistique agro-alimentaire qui a été validée sur une application réelle. Les modèles proposés dans cette thèse donnent des solutions très précises pour régler le problème de l'instabilité des prix de volaille dans la ville de Tlemcen.

Les modèles de localisation-affectation semblent techniquement mûrs, mais de nombreux problèmes généraux se posent quant à leur applicabilité-comme dans bien d'autres types de modèles économiques ou démographiques. Choisir la localisation géographique des sites est une décision importante car la rentabilité future de l'opération d'implantation en dépend directement même s'il faut en limiter la portée en fonction de la stratégie choisie et de la taille de l'entreprise qui doit opérer le choix. Au cours de ces dernières années, de nombreuses entreprises (production ou service) essaient de réactiver leur réseau logistique.

L'objectif de ce travail est de reconfigurer le réseau de production et de distribution

des produits de volailles dans la ville de Tlemcen. Pour notre cas concret, nous avons choisi deux produits de volailles (la viande de poulet et de la dinde).

Pour cela, nous avons construit un modèle mathématique qui se compose de trois problèmes. Le premier, consiste à regrouper les détaillants en amas de clients. le modèle du problème 1, donne une décision importante, c'est d'ouvrir 16 amas de clients parmi 18 amas candidats, cette décision, nous permet de gagner l'achat de deux véhicules de livraison ainsi tous les frais de ces deux tournées de véhicule.

Le deuxième est de localiser les abattoirs et les affecter aux amas de clients ainsi qu'affecter les abattoirs aux fermes sélectionnées pour l'approvisionnement. L'optimisation du problème 2, nous a permis d'ouvrir quatre abattoirs parmi sept abattoirs candidats ainsi que l'affectation des abattoirs aux éleveurs sélectionnée (fermes) et l'affectation des différents amas de clients (ensemble de détaillants) aux abattoirs localisés.

Le dernier modèle, s'intéresse aux différentes tournées de véhicules. Ce problème consiste à trouver un ensemble de routes qui servent tous les clients d'un amas de clients, telle que la somme des quantités livrées dans chaque tour n'excède pas la capacité d'un véhicule de livraison et la distance totale voyagée est minimisée. La combinaison des modèles VRP et TSP, nous a permis de réduire encore les distances parcourus de 13,19% du trajet totale dans chaque amas de clients. Cette distance réduite, permet une réduction importante dans le carburant et l'entretien des véhicules, ceci aura un impact positif non seulement économique mais aussi environnemental.

Nous avons utilisés le logiciel d'optimisation LINGO 12 pour la résolution séquentielle de ce problème qui a été décomposé en trois problèmes.

Les bons résultats obtenus, seront soumis aux intérêts particuliers dans les directions du commerce et de l'agriculture afin d'être activée au profit des citoyens de la ville de Tlemcen.

Les résultats encourageants obtenus dans ce travail, nous suggèrent de consacrer ultérieurement nos activités de recherches à l'étude des problèmes suivants :

- Proposer un modèle qui regroupe tout le pays.
- Proposer un modèle avec des sous-traitants dans le cas où l'offre est supérieure à la demande.

- Ajouter un quatrième niveau dans le réseau, ce dernier concerne le choix du fournisseur pour l'approvisionnement des poussins et aliments de volaille.
- Appliquer d'autres méthodes de résolutions telles que les heuristiques et méta-heuristiques pour des cas où la taille est importante.

# Annexe

# Coût de production du poulet et de la dinde

## 1) Poulets

Prix d'achat du poussin (par unité) : .....	60 DA
Aliment de volaille pour un poussin pendant 55 jours : $6,5 \text{ kg} \times 48 \text{ DA} = \dots$	312 DA
Traitements et Vaccins pour un poussin pendant 55 jours : .....	90 DA
Différentes charges pour un poussin pendant 55 jours : .....	40 DA
<b>Total : .....</b>	<b>502 DA</b>

## 2) Dindes

Prix d'achat du poussin de dinde (par unité) : .....	150 DA
Aliment de volaille pour un poussin pendant 135 jours : $27.5 \text{ kg} \times 52 = \dots$	1430 DA
Traitements et Vaccins pour un poussin pendant 135 jours : .....	300 DA
Différentes charges pour un poussin pendant 135 jours : .....	225 DA
<b>Total : .....</b>	<b>2105 DA</b>

# Coût du transport entre les zones de fermes et les abattoirs

## 1) Poulets

Le transport de poulet se fait par des camions plateau de capacité de 1000 unités, en utilisant des caisses de 10 unités.

## 2) Dindes

Le transport de dinde se fait par des camions plateau de capacité de 100 unités, en utilisant des caisses de 4 unités.

TABLE 7.1 – Les distances entre les clients de l’amas de clients 5

	C3 Mourad Cosmetique	C4 Med boulahya	C11 Saek et voisin	C17 Adejailil	C18 Sayah	C102 Douzi1	C103 Douzi2	C104 Driss
C3	0	91	715	1122	1031	5901	6054	6044
C4	91	0	697	1104	1013	5926	6079	6089
C11	715	697	0	456	366	6445	6598	6588
C17	1122	1104	456	0	395	6876	7029	7019
C18	1031	1013	366	395	0	6786	6939	6929
C102	5901	5926	6445	6876	6786	0	153	143
C103	6054	6079	6598	7029	6939	153	0	87
C104	6044	6089	6588	7019	6929	143	87	0

TABLE 7.2 – Les distances entre les clients de l’amas de clients 6

	C10 Fouzi Boxer	C12 Hakim	C13 prés de Hakim	C14 En face p.esence	C15 Ould mahjou	C16 Agadir	C20 Mamoune	C88 Feddan Sabaa	C89 Sidi said prés baterie	C90 Sidi said Hemiani+Kadar	C9 Sidi said Korso	C105 en face mosqué
C <sub>10</sub>	0	122	168	559	668	566	1666	2327	1663	1750	1854	4046
C <sub>12</sub>	122	0	49	601	710	444	1708	2369	1705	1792	1896	4088
C <sub>13</sub>	168	49	0	650	759	431	1757	2418	1754	1841	1945	4137
C <sub>14</sub>	559	601	650	0	109	1045	1107	2885	2221	2308	2412	4604
C <sub>15</sub>	668	710	759	109	0	1154	998	2994	2330	2417	2521	4713
C <sub>16</sub>	566	444	431	1045	1154	0	2152	2813	2149	2236	2340	4532
C <sub>20</sub>	1666	1708	1757	1107	998	2152	0	3992	3328	3415	3519	5711
C <sub>88</sub>	2327	2369	2418	2885	2994	2813	3992	0	654	569	633	1727
C <sub>89</sub>	1663	1705	1754	2221	2330	2149	3328	654	0	88	209	2384
C <sub>90</sub>	1750	1792	1841	2308	2417	2236	3415	569	88	0	121	2296
C <sub>91</sub>	1854	1896	1945	2412	2521	2340	3519	633	209	121	0	2341
C <sub>105</sub>	4046	4088	4137	4604	4713	4532	5711	1727	2384	2296	2341	0

TABLE 7.3 – Les distances entre les clients de l’amas de clients 7

	C1 Mokhtar face seri	C53 les dalia 6X6	C54 les dalia boumesiene	C56 en face Djezzy	C57 grand boucherie Kiffan	C58 ami bachir Kiffan	C59 baba ahmed Kiffan	C112 5 Da
$c_1$	0	1509	1788	407	716	1024	821	1610
$C_{53}$	1509	0	279	1102	793	485	688	2305
$C_{54}$	1788	279	0	1381	1072	764	967	2584
$C_{56}$	407	1102	1381	0	309	414	617	1203
$C_{57}$	716	793	1072	309	0	308	105	1512
$C_{58}$	1024	485	764	414	308	0	203	1820
$C_{59}$	821	688	967	617	105	203	0	1617
$C_{112}$	1610	2305	2584	1203	1512	1820	1617	0

TABLE 7.4 – Les distances entre les clients de l’amas de clients 9

	C46	C64	C66	C67	C68	C69	C70
	Boubkeur Imama	Abdou Imama	Marché Imama	A/g Kadar Imama	Prés université Bouhanak	Accent blanche Bouhanak	Douzi Bouhanak
C <sub>46</sub>	0	822	922	1094	2255	3754	4236
C <sub>64</sub>	822	0	100	272	1315	2814	3296
C <sub>66</sub>	922	100	0	172	1215	2714	3196
C <sub>67</sub>	1094	272	172	0	1278	2777	3259
C <sub>68</sub>	2255	1315	1215	1278	0	1499	1981
C <sub>69</sub>	3754	2814	2714	2777	1499	0	482
C <sub>70</sub>	4236	3296	3196	3259	1981	482	0

TABLE 7.5 – Les distances entre les clients de l’amas de clients 10

	C2 karim et Salih	C9 en fac CNEP	C19 prés Boudjmaa	C49 Hicham	C51 cousin hicham	C52 en face viva cuisine	C55 Mourad prés kheridine	C60 hadj sœur Azzedine
C <sub>2</sub>	0	607	1596	2259	2011	1494	862	1684
C <sub>9</sub>	607	0	989	2866	2618	2101	1469	2291
C <sub>19</sub>	1596	989	0	3248	3000	2483	1851	2673
C <sub>49</sub>	2259	2866	3248	0	248	926	1398	576
C <sub>51</sub>	2011	2618	3000	248	0	867	1149	327
C <sub>52</sub>	1494	2101	2483	926	867	0	1071	539
C <sub>55</sub>	862	1469	1851	1398	1149	1071	0	822
C <sub>60</sub>	1684	2291	2673	576	327	539	822	0

TABLE 7.6 – Les distances entre les clients de l’amas de clients 11

	C79	C80	C81	C82	C83	C84	C92	C93	C94	C95
	Bengdih Chetouane	nouveau pharmacie Chetouane	femme Chetouane	Mourad Chetouane	Boumediene Chetouane	Saf saf	Marché Ain defla	Maison sadek Ain defla	Abdelghani Ain el Hout	Mansour Ain el Hout
C79	0	203	280	322	266	3604	1668	1214	4120	4377
C80	203	0	77	119	73	3807	1871	1417	3917	4174
C81	280	77	0	42	150	3884	1948	1494	3840	4097
C82	322	119	42	0	192	3926	1990	1536	3798	4055
C83	266	73	150	192	0	3870	1934	1480	3990	4247
C84	3604	3807	3884	3926	3870	0	2917	2463	7001	7258
C92	1668	1871	1948	1990	1934	2917	0	454	4992	5249
C93	1214	1417	1494	1536	1480	2463	454	0	4538	3805
C94	4120	3917	3840	3798	3990	7001	4992	4538	0	257
C95	4377	4174	4097	4055	4247	7258	5249	3805	257	0

TABLE 7.7 – Les distances entre les clients de l’amas de clients 12

	C23 korso Bel air	C26 Mourad Radio Tlemcen	C30 Kadar bouaricha	C32 Bachir	C33 Bouterfas Boudghene	C34 Marché Boudghenene	C50 salle zahi	C111 Krimou
C <sub>23</sub>	0	577	1445	1824	908	742	2492	849
C <sub>26</sub>	577	0	1236	1615	1485	1319	2283	404
C <sub>30</sub>	1445	1236	0	379	2353	2187	1047	832
C <sub>32</sub>	1824	1615	379	0	2732	2566	1221	1211
C <sub>33</sub>	908	1485	2353	2732	0	166	3400	1757
C <sub>34</sub>	742	1319	2187	2566	166	0	3234	1591
C <sub>50</sub>	2492	2283	1047	1221	3400	3234	0	1879
C <sub>111</sub>	849	404	832	1211	1757	1591	1879	0

TABLE 7.8 – Les distances entre les clients de l’amas de clients 13

	C21 Sayeh Bel air	C22 Barka Bel air	C27 frère Hakim cerisier	C47 ami Boubkeur	C65 Marché imama1
C <sub>21</sub>	0	214	581	3112	4346
C <sub>22</sub>	214	0	367	2898	4132
C <sub>27</sub>	581	367	0	2711	3945
C <sub>47</sub>	3112	2898	2711	0	1234
C <sub>65</sub>	4346	4132	3945	1234	0

TABLE 7.9 – Les distances entre les clients de l’amas de clients 14

	C24	C25	C28	C29	C31	C35	C36	C37	C38	C48
	Femme DSA	Hachemi Hopital	Brahim Lobo analyse	Moussa Pieces détaché	Kouider M. jeunes	Barkat1 Boudghene	Barkat2 Boudghene	Barkat 3 Boudghene	Abdou Boudghene	Benyaloul
C <sub>24</sub>	0	210	982	1182	1606	990	1053	1138	880	1729
C <sub>25</sub>	210	0	772	972	1396	1200	1263	1348	1090	1519
C <sub>28</sub>	982	772	0	200	624	1972	2035	2120	1862	747
C <sub>29</sub>	1182	972	200	0	424	2172	2235	2320	2062	547
C <sub>31</sub>	1606	1396	624	424	0	2596	2659	2744	2486	123
C <sub>35</sub>	990	1200	1972	2172	2596	0	63	148	150	2719
C <sub>36</sub>	1053	1263	2035	2235	2659	63	0	63	213	2782
C <sub>37</sub>	1138	1348	2120	2320	2744	148	63	0	298	2867
C <sub>38</sub>	880	1090	1862	2062	2486	150	213	298	0	2609
C <sub>48</sub>	1729	1519	747	547	123	2719	2782	2867	2609	0

TABLE 7.10 – Les distances entre les clients de l’amas de clients 16

	C71	C72	C73	C74	C75	C76	C77	C78	C85	C86	C87	C110
	kadar m Chet	Smir bijout Chet	feu rouge Chet	Habi Chet	Nouredine Chet	Zoubir Chet	Mourad Chet	Houti + benariba Chet	prés samir Ouzi	rond point Ouzi	Bendiouise Ouzi	C110 ancien Mosqué
C <sub>71</sub>	0	70	147	241	513	549	565	615	1554	1710	2916	4243
C <sub>72</sub>	70	0	77	171	443	479	495	545	1484	1640	2846	4173
C <sub>73</sub>	147	77	0	94	366	402	418	468	1207	1363	2569	4096
C <sub>74</sub>	241	171	94	0	460	496	512	562	1113	1269	2475	4190
C <sub>75</sub>	513	443	366	460	0	36	52	102	1573	1729	2935	3730
C <sub>76</sub>	549	479	402	496	36	0	16	66	1609	1765	2971	3694
C <sub>77</sub>	565	495	418	512	52	16	0	50	1625	1781	2987	3678
C <sub>78</sub>	615	545	468	562	102	66	50	0	1675	1831	3037	3628
C <sub>85</sub>	1554	1484	1207	1113	1573	1609	1625	1675	0	156	1362	5303
C <sub>86</sub>	1710	1640	1363	1269	1729	1765	1781	1831	156	0	1206	5459
C <sub>87</sub>	2916	2846	2569	2475	2935	2971	2987	3037	1362	1206	0 6665	
C <sub>110</sub>	4243	4173	4096	4190	3730	3694	3678	3628	5303	5459	6665	0

TABLE 7.11 – Les clients de l’amas de clients 17

	C96	C97	C98	C99	C100	C101	C106	C107	C108	C109
	Toufik oudjlida	Guermouche oudjlida	Nouveau oudjlida	Benyelles oudjlida	Benhamou oudjlida	prés café oudjlida	En face école Aboutechfine	Cousin azzedine Aboutechfine	Beldgheme1 Aboutechfine	Beldgheme2 Aboutechfine
C <sub>96</sub>	0	224	257	1189	1545	1674	1598	1234	1114	990
C <sub>97</sub>	224	0	41	973	1329	1458	1374	1010	890	766
C <sub>98</sub>	257	41	0	932	1288	1417	1415	1051	931	807
C <sub>99</sub>	1189	973	932	0	356	485	2347	1983	1863	1739
C <sub>100</sub>	1545	1329	1288	356	0	129	2703	2339	2219	2095
C <sub>101</sub>	1674	1458	1417	485	129	0	2832	2468	2348	2224
C <sub>106</sub>	1598	1374	1415	2347	2703	2832	0	364	484	608
C <sub>107</sub>	1234	1010	1051	1983	2339	2468	364	0	120	244
C <sub>108</sub>	1114	890	931	1863	2219	2348	484	120	0	124
C <sub>109</sub>	990	766	807	1739	2095	2224	608	244	124	0

TABLE 7.12 – Les clients de l’amas de clients 18

	C39	C40	C41	C42	C43	C44	C45	C61	C62	C63
	Habib boudghane	Mourad 1 boudghane	Kadar M1 boudghane	Kadar M2 boudghane	Kadar M3 boudghane	Mourad 2 Imama	Abdel Belkhaladi Imama	Frère abdejalil Imama	En face stade Kadar	Douzi
C <sub>39</sub>	0	32	53	189	111	354	2706	3525	3591	3669
C <sub>40</sub>	32	0	21	157	79	322	2674	3493	3559	3637
C <sub>41</sub>	53	21	0	136	58	301	2653	3472	3538	3616
C <sub>42</sub>	189	157	136	0	168	411	2763	3582	3672	3755
C <sub>43</sub>	111	79	58	168	0	243	2595	3414	3504	3587
C <sub>44</sub>	354	322	301	411	243	0	2352	3171	3261	3344
C <sub>45</sub>	2706	2674	2653	2763	2595	2352	0	819	909	992
C <sub>61</sub>	3525	3493	3472	3582	3414	3171	819	0	142	225
C <sub>62</sub>	3591	3559	3538	3672	3504	3261	909	142	0	83
C <sub>63</sub>	3669	3637	3616	3755	3587	3344	992	225	83	0

TABLE 7.13 – Prix du transport entre zones délivreur et les abattoirs

	Cavir remchi	Boudahri Beni mseter	Barkat Tizghanit	Germouche Mansourah	Ben hamou Ain el hout	Ayad Ouzidan	Benamar Henaya
Djebala	4000	3800	3800	4000	3800	3800	3500
Nedroma	3500	3400	3400	3500	3500	3800	3200
Tounane	4500	4500	4500	4500	4300	4300	4200
Felaoucene	2000	3000	3000	3000	3200	3500	2000
Boor	3000	3500	3500	3200	3200	3800	3000
Souani	4200	4800	4800	5000	5000	5000	4200
Gazaouat	3500	4000	4000	4000	4000	4000	3500
Bab Assa	4000	5200	5200	5500	5500	5500	4500
Marsa bennehidi	4500	5800	5800	5000	5000	5000	4500
Maghnia	3500	3800	3800	3800	3500	3800	3000
Borj Arima	2000	3000	3000	3000	2800	3000	2500
Ain Kbira	3000	3800	3800	3800	3500	3500	3000
Ouled Mimoun	3000	3000	3000	3000	2800	2800	3000
Sebdou	3800	2800	2800	2500	2500	2500	2800
Beni Snouse	3500	2500	2500	2200	2200	2200	2500
Beni Mester	2800	1500	1500	2000	2200	2200	2000

TABLE 7.14 – Les distances entre les abattoirs et les centre de gravité des amas de clients

	CC1	CC2	CC3	CC4	CC5	CC6	CC7	CC91	CC10	CC11	CC12	CC13	CC14	CC16	CC17	CC18
Abattoir 1	26195	26230	26310	26277	23683	26585	24262	25905	24753	26422	25859	26230	26232	26877	23366	29541
Abattoir 2	14860	14895	14976	14942	17919	15515	14484	12160	13994	19920	13241	12678	13191	20513	19520	12098
Abattoir 3	16786	16821	16902	16868	19845	17441	16410	14086	15920	21846	15167	14604	15117	22439	17594	14024
Abattoir 4	7659	7694	7775	7741	8792	8314	5357	4959	4867	10793	4114	3551	4064	13312	8467	4897
Abattoir 5	7375	7410	7491	7457	5686	7497	6265	7108	6755	1786	7862	8233	8235	4996	2077	8273
Abattoir 6	6495	6530	6612	6577	8614	6610	9193	9673	9683	1894	7154	7657	7585	1547	5005	7774
Abattoir 7	12433	12468	12823	12515	9165	12823	9735	12143	10225	11133	11332	11703	11705	13115	8839	15779

TABLE 7.15 – Les capacités ainsi que les coûts de fondations des abattoirs

	Abattoir1	Abattoir2	Abattoir3	Abattoir4	Abattoir5	Abattoir6	Abattoir7
Capacité (Poulets)	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Capacité (Dindes)	200	100	100	100	100	100	100
Coût de fondation des abattoirs (Millions DA)	30	20	20	20	20	20	20

TABLE 7.16 – Les distances entre les abattoirs et les centre de gravité des amas de clients

	Z.de fer me 1	Z.de fer me 2	Z.de fer me 3	Z.de fer me 4	Z.de fer me 5	Z.de fer me 6	Z.de fer me 7	Z.de fer me 8	Z.de fer me 9	Z.de fer me 10	Z.de fer me 11	Z.de fer me 12	Z.de fer me 13	Z.de fer me 14	Z.de fer me 15
Capacité(Poulets)	7305	7305	7305	7305	7305	7305	7305	7305	7305	7305	7305	7305	7305	7305	7305
Capacité(Dindes)	308	308	308	308	308	308	308	308	308	308	308	308	308	308	308
Coût de rénovation des hangars (Millions DA)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

République Algérienne Démocratique et Populaire

CABINET VETERINAIRE  
Dr : BELABNA M'HAMED  
AVN :09648  
48 Log- Nedroma  
W. Tlemcen

BELEBNA M'hamed  
MÉDECIN VÉTÉRINAIRE,  
10, Rue Amouche Ahmed  
Nadrouma - Tlemcen / A.V.N 09648

CERTIFICAT VETERINAIRE  
D'ORIENTATION A L'ABATTAGE  
Loi 88-08 du janvier 1988

Je soussigné Dr BELABNA M'HAMED AVN N° /09648  
Atteste que les volailles ci-dessous sont cliniquement indemnes de maladie contagieuses de  
L'espèce et ont subi toute les opération recommandé par le programme de prophylaxie  
nationale Arrêté pour espèce et que le délai d'attente du dernier traitement effectué est écoulé

Origine du poussin ..... Couvoir .....

Age des sujets ..... 55 jours

Effectif ..... 1000

Ces animaux seront dirigés vers l'abattoir de Volailles agréé sous le .....

Les volailles appartenant à Monsieur .....

Proviennent du bâtiment d'élevage avicole agréé par les services vétérinaires sous le  
N° ..... et situé à ..... commune de .....

Dont le propriétaire est Monsieur .....

Ce certificat est valable .....

Fait à NEDROMA

Le 01.01.2013

Docteur vétérinaire  
Nom et Prénom, cachet et signature  
(1) Rayer les mentions inutiles

BELEBNA M'hamed  
MÉDECIN VÉTÉRINAIRE  
10, Rue Amouche Ahmed  
Nadrouma - Tlemcen / A.V.N 09648

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة الفلاحة و التنمية الريفية

DIRECTION DES SERVICES AGRICOLES

INSPECTION VETERINAIRE DE LA WILAYA

N° Réf : 91279

مديرية المصالح الفلاحية  
المقتضية البيطرية لولاية  
رقم لمرجع :

CERTIFICAT DE SALUBRITE  
DES PRODUITS ANIMAUX ET/OU D'ORIGINE ANIMALE  
شهادة صحية للمنتوجات الحيوانية و/ أو ذات مصدر حيواني  
(Loi n° 88-08 du 26 janvier 1988, Décret n° 95-363 du 11 novembre 1995  
et Arrêté IM du 21 novembre 1999)

Nom et Prénom du Dr Vétérinaire (قب و اسم الطبيب البيطري) (en lettres capitales) : <u>S. A. L. M. RAKSIA</u> N° d'AVN : <u>91279</u>	01 Chargé du contrôle sanitaire au niveau : (المسؤول عن مراقبة لصحة) : - L'inspection vétérinaire (المفتشية البيطرية) - Abattoir/ Tuerie/ Halle à marée (مطبخ/ مطبخ/ مطبخ) - BHC (مكتب لشهادة لبيطري)
Nom et / ou raison sociale du propriétaire : (قب مالكه و/ أو اسم المؤسسة) <u>Umine Berdajari : A.B. d'Allah : A.Vicole</u> Adresse (العنوان) : <u>Beni Mester</u>	04 Origine du produit (مصدر المنتج) : Abattoir/ Tuerie/halle à marée/ Unité de production/ manipulation/ autres à préciser (مطبخ/ مطبخ/ مطبخ/ وحدة لمعالجة/ اخرى لتحديد) N° d'agrément (رقم الاضداد) : <u>13.11.04</u> Adresse (العنوان) : <u>بن ماستر</u>
Viandes rouges : espèce (نوع اللحم الحمراء) Sexe (الجنس) Carcasses/ Quartiers/ Morceaux (يمكن تشيئة/مقطع/ قطع)	05 Produits laitiers : nature (طبيعة منتجات لائبية) Lait/ beurre/ fromage/ yaourt/ crème fraîche/ autres (ليب/ زبدة/ جبن/ بوريوت/ كريمة ثقيلة/ اخرى)
Viandes blanches (نوع اللحم البيضاء) Carcasses/ Quartiers/ Morceaux (يمكن تشيئة/مقطع/ قطع)	06 Produits carnés : nature (طبيعة منتجات لحم) Cachir/ pâté/ fumés/ autres كفتير/ باتي/ مدخن/ اخرى
Poissons : Bleu/ Blanc (الأسماك البيضاء/ البيضاء) Entiers/ morceaux/ éviscérés/ éfilés/ équeutés كاملة/ قطع/ منزوعة الأحشاء/ منزوعة قلوب/ منزوعة لذيذ	07 Température de conservation prescrite (درجة حرارة التخزين المطلوبة) - Ambiante (طافية) - Réfrigérée (مبردة) <u>0°C</u> - Congelée (مجمدة)
Transport : N° d'agrément (نقل رقم الاضداد) <u>13.14.180</u> Autres à préciser (اخرى للتوضيح) Destination : Wilaya de (المكان المرسل اليه: الولاية)	08 N° d'immatriculation (رقم التسجيل)
09 Certifie que le ou (les) produit (s) décrit (s) ci-dessus est (sont) propre (s) à la consommation humaine sous réserve que les températures et le temps de conservation requis pour chaque produit soient respectés lors du transport et du stockage. En foi de quoi, ce certificat est délivré pour servir et valoir ce que de droit يشهد أن المنتوج أو المنتجات المذكورة اعلاه هي صالحة للاستهلاك البشري بشرط أن يكون لوقت ودرجة حرارة التخزين المطلوبة لكل منتج مطروحة كتابا للتحقق والتخزين و بهذا الشكل يتم إصدار هذه الشهادة في حدود ما يسمح به القانون	
Délivré en date du (تاريخ التسليم) : <u>01/11/13</u> Heure (en lettres) (بشعروف) :	10 Cachet (الختم) Signature : صالح واطميني محمده مفتش رقم مرسوم : 91279

(\* Nom scientifique (الاسم العلمي))  
Rayer la mention inutile pour les cases n° 02-04-05-07.  
شطب لغيره لغير ملاءمة الصيغيات رقم 02-04-05-07

## Résumé

Ce travail est dédié, principalement, à une étude pour la rénovation d'une chaîne logistique agroalimentaire à deux niveaux appliqué à la distribution des produits de volaille dans la ville de Tlemcen (Algérie). Ce réseau est constitué de trois partenaires ; les fermes (éleveurs de volaille), les abattoirs (abattage de poulets) et les détaillants. Les détaillants effectuent des commandes près des abattoirs avec des quantités précises et pour des dates de livraisons souhaitées. Pour satisfaire ces commandes, les abattoirs effectuent des demandes de livraisons aux éleveurs, de la même façon, ces commandes ont des quantités précises et arrivent à des dates convenues. La modélisation d'une chaîne logistique agroalimentaire sous forme de processus, la nécessité de collaboration entre les partenaires semble s'imposer pour aligner l'offre à la demande en termes de prestations (qualité, coûts, délai, quantité, service, etc.). La première étape de ce travail, consiste à regrouper les détaillants les plus proches en distance en utilisant le modèle CCCP (capacitated centered clustering problem). Cette étape, nous permet de définir les différents amas de clients (ensemble de détaillants) de la ville de Tlemcen. Pour ce faire, nous avons utilisé logiciel Autocad pour positionner les détaillants de cette ville. Dans la deuxième étape, nous traitons le problème de localisation/allocation des abattoirs par le modèle déterministe à deux niveaux avec une capacité déterminée. Cette optimisation nous a permis de localiser les abattoirs ainsi que l'affectation des abattoirs aux éleveurs et l'affectation des différents amas de clients (ensemble de détaillants) aux abattoirs localisés. L'objectif est de minimiser le nombre d'abattoirs ouverts et le coût de transport entre les fermes (éleveurs) et les abattoirs ainsi qu'entre les abattoirs et les détaillants en respectant la capacité des abattoirs et la capacité des camions de transport. Nous utilisons le logiciel d'optimisation LINGO 12 pour la résolution de ce problème qui a été décomposé en plusieurs sous problèmes et la résolution sera séquentielle l'un par rapport à autre.

### Mots clés :

Chaîne logistique agroalimentaire ; conception; optimisation; localisation ; allocation ; coût de transport.

### Abstract

This work is dedicated mainly to a study for the renovation of a food supply chain at two levels applied to the distribution of poultry products in the city of Tlemcen (Algeria). This network consists of three partners; farms (poultry farmers), abattoirs (slaughter of chickens) and retailers. Retailers perform commands near slaughterhouses with precise quantities and delivery dates you want. To satisfy these commands, slaughterhouses make requests delivery to farmers, in the same way, these commands are specific quantities and arrive at agreed dates. Modeling of a food chain as a process, the need for collaboration between partners seems necessary to align the supply and demand in terms of performance (quality, cost, time, quantity, service, etc.). . The first step of this work is to bring together retailers closest in distance using the model CCCP (capacitated centered clustering problem). This step allows us to identify different clusters of customers (all retailers) of the city of Tlemcen. To do this, we used Autocad retailers to position the city. In the second step, we treat the problem of location / allocation slaughterhouses by the deterministic model on two levels with a given capacity. This optimization has enabled us to locate slaughterhouses and abattoirs allocation to farmers and the allocation of different clusters of customers (all retailers) to slaughterhouses located. The objective is to minimize the number of slaughterhouses open and the cost of transportation between farms (farmers) as well as between abattoirs and slaughterhouses and retailers complying slaughterhouse capacity and capacity trucks. We use optimization software LINGO 12 for solving this problem has been divided into several sub-problems and the resolution will be sequential with respect to time.

**Keywords:**Food supply chain, design, optimization, location, allocation, cost of transportation.

### ملخص

تكرس هذا العمل أساسا لدراسة لتجديد لسلسلة الإمدادات الغذائية مستويين تطبيق على توزيع منتجات الدواجن في مدينة تلمسان تجار التجزئة تنفيذ. هذه الشبكة تتكون من ثلاثة شركاء؛ المزارع (مزارع الدواجن)، المسالخ (ذبح الدجاج) وتجار التجزئة ((الجزائر لتلبية هذه الأوامر، المسالخ تقديم طلبات التوصيل للمزارعين، الأوامر بالقرب من المسالخ مع كميات دقيقة ومواعيد التسليم التي تريدها نماذج من السلسلة الغذائية كعملية، على ضرورة. في نفس الطريق، وهذه الأوامر هي كميات محددة والتوصل إلى التواريخ المتفق عليها التعاون بين الشركاء يبدو من الضروري لتحقيق المواعيد بين العرض والطلب من حيث الأداء (الجودة، التكلفة، الوقت، الكمية، بالأهلية) CCCP الخطوة الأولى من هذا العمل هو الجمع بين تجار التجزئة الأقرب في المسافة باستخدام نموذج. (والخدمة، وما إلى ذلك للقيام بذلك، كنا. هذه الخطوة نتيج لنا التعرف مجموعات مختلفة من العملاء (جميع تجار التجزئة) لمدينة تلمسان. مشكلة تجميع توسيط في الخطوة الثانية، ونحن علاج مشكلة الموقع / تخصيص المسالخ من قبل طراز القطعية على. تجار التجزئة أوتوكاد لوضع المدينة وقد مكن هذا التحسين لنا لتحديد موقع المسالخ والمجازر تخصيص للمزارعين وتخصيص مجموعات مختلفة من. مستويين بسعة معينة المزارع عين) والهدف من ذلك هو تقليل عدد المسالخ مفتوحة وتكاليف النقل بين المزارع. العملاء (جميع تجار التجزئة) للمسالخ يقع البرمجيات الأمثل لحل LINGO 12. وكذلك بين المجازر والمسالخ وتجار التجزئة الامتثال مسلخ القدرات والشاحنات القدرات وقد تم تقسيم هذه المشكلة إلى عدة مشاكل فرعية والقرار سيكون متتابعة فيما يتعلق الوقت.

### كلمات البحث:

سلسلة الإمدادات الغذائية، والتصميم، والتحسين، والموقع، وتخصيص، وتكلفة النقل.