

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان -

Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen –

Faculté de TECHNOLOGIE



**THESE**

Présentée pour l'obtention du grade de DOCTEUR

En : Productique

Par

**Mme. Rabab BOUKLI-HACENE**

**Conception et optimisations d'une chaîne logistique  
destinée aux produits pharmaceutiques**

Soutenue publiquement, le 24/06/2020 , devant le jury composé de :

Mme SARI Lamia	MCA	Université de Tlemcen	Présidente
Mr BOUDAHRI Fethi	MCA	Université de Relizane	Directeur de thèse
Mr BETAOUAF Hichem	MCB	Université de Tlemcen	Co-Directeur de thèse
Mr BELKAID Fayçal	MCA	Université de Tlemcen	Examineur 1
Mr SOUIER Mehdi	MCA	L'Ecole Supérieure de Management	Examineur 2

# Remerciements

Je remercie, avant tout, Dieu, le Tout-Puissant, de m'avoir accordé parmi ses innombrables grâces, santé et courage pour accomplir ce travail.

Mes plus vifs remerciements vont naturellement à Mr BOUDAHRI Fethi pour avoir accepté de diriger cette thèse. Il n'a ménagé aucun effort pour résoudre les difficultés auxquelles j'ai été confronté durant toutes ses années de travail.

J'exprime toute ma gratitude à Mr BETAOUAF Hichem pour avoir accepté de codiriger cette thèse et pour sa précieuse contribution dans la rédaction et la révision.

J'adresse aussi mes sincères remerciements à Mme SARI Lamia d'avoir accepté de présider le jury de ma soutenance, ainsi qu'aux Mr BELKAID Fayçal et Mr SOUIER Mehdi pour avoir consenti à examiner ma thèse.

Je tiens, également, à remercier, chaleureusement, mes collègues à la faculté de technologie de Tlemcen, qui m'ont soutenu et prodigué de précieux conseils.

Je ne manquerai pas de remercier mes chères copines de m'avoir encouragé à mener ce travail jusqu'au bout.

Mes derniers mots s'adressent tout particulièrement à ma famille : mon père, ma mère, mes frères et surtout mon époux dont les encouragements et le soutien ont été indispensables à l'aboutissement de cette thèse que sans eux je n'aurais jamais réussi à conclure.

# Table des matières

---

Introduction générale.....	1
<b>1 Chapitre 1 : Revue de la littérature et position du problème .....</b>	<b>5</b>
1.1 Introduction .....	6
1.2 Chaîne logistique et gestion de la chaîne logistique .....	6
1.2.1 La logistique.....	6
1.2.2 La chaîne logistique.....	7
1.2.3 Gestion de la chaîne logistique .....	8
1.2.4 Niveaux de décision de la chaîne.....	9
1.3 Les problèmes de localisation-allocation.....	12
1.3.1 Les problèmes de localisation déterministes.....	13
1.3.2 Le problème P- médian.....	14
1.3.3 Le problème de recouvrement.....	14
1.3.4 Le problème du centre .....	15
1.3.5 Le problème de localisation des sites à deux niveaux.....	15
1.4 Reconfiguration de la chaîne logistique.....	16
1.4.1 Modèles analytiques.....	17
1.4.2 Modèles domestiques .....	17
1.4.3 Modèles globaux.....	17
1.4.4 Pilotage.....	17
1.4.5 Pilotage des systèmes industriels.....	18
1.4.6 Position du problème.....	18
1.5 Conclusion.....	19
<b>2 Chapitre 2 : Capacitated Centred Clustering Problem (CCCP) .....</b>	<b>20</b>
2.1 Introduction .....	21
2.2 Capacitated Centred Clustering Problem (CCCP).....	21
2.2.1 Modèle mathématique du problème 1.....	22
2.2.2 Résultats des calculs.....	28

2.3	Conclusion :	31
3	<b>Chapitre 3 : Problème de localisation-allocation.</b>	33
3.1	Introduction	34
3.2	Modèles de localisation-allocation	35
3.2.1	Problèmes de recouvrement	35
3.2.2	Problèmes des p-centres et p-médianes.	36
3.2.3	Problème de localisation d'entrepôts	38
3.3	Description du problème 2	38
3.3.1	Modélisation mathématique	40
3.3.2	Les paramètres du modèle	40
3.4	Conclusion :	51
4	<b>Chapitre 4 : Intégration du Cloud Computing et Fog Computing.</b>	52
4.1	Introduction	53
4.2	Cloud Computing.	53
4.2.1	Domaine d'applications du Cloud.	54
4.2.2	Avantage du Cloud.	54
4.2.3	Inconvénient du Cloud	55
4.3	Fog computing.	55
4.3.1	Domaine d'applications du Fog	55
4.3.2	Avantage du Fog	56
4.3.3	Inconvénient du Fog	56
4.4	Comparaison entre le Cloud computing et le Fog computing	57
4.5	La carte Chifa	58
4.6	Proposition d'amélioration :	58
4.7	Intégration du Cloud computing et du Fog computing dans notre problème	59
4.8	Conclusion :	61
	Conclusion générale et perspective	63
	Bibliographie	65

# Table des Figures

---

<b>Figure 1.1</b> : Exemple d'une chaîne logistique.....	8
<b>Figure 1.2</b> : Pyramide des niveaux de décisions [14].....	9
<b>Figure 1.3</b> : Différence entre les niveaux de décisions [14].....	10
<b>Figure 2.1</b> : Exemple d'un amas de clients [61] .....	22
<b>Figure 2.2</b> : Carte de Tlemcen (La zone étudiée).....	24
<b>Figure 2.3</b> : Variation de demande par pharmacie.....	28
<b>Figure 2.4</b> : Position du centre d'amas 1 (l'allée des pins).....	30
<b>Figure 2.5</b> : Position du centre d'amas 2 (Oudjlida) .....	31
<b>Figure 3.1</b> : Exemple de localisation-allocation des sites.....	34
<b>Figure 3.2</b> : les Position des pharmacies sur la carte de Tlemcen.....	39
<b>Figure 3.3</b> : les Positions des laboratoires sur la carte d'Algérie.....	39
<b>Figure 3.4</b> : les Position des grossistes sur la carte de Tlemcen.....	40
<b>Figure 3.5</b> : Chemin parcouru entre un centre d'amas et un grossiste.....	45
<b>Figure 3.6</b> : Distribution du produit pp1.....	47
<b>Figure 3.7</b> : Distribution du produit pp2.....	48
<b>Figure 3.8</b> : Distribution du produit pp3.....	48
<b>Figure 3.9</b> : Distribution du produit pp4.....	49
<b>Figure 3.10</b> : Distribution du produit pp5.....	50
<b>Figure 3.11</b> : Distribution du produit pp6.....	50
<b>Figure 3.12</b> : Distribution du produit pp7.....	51
<b>Figure 4.1</b> : Schéma explicatif sur la chaîne de distribution actuelle .....	59
<b>Figure 4.2</b> : Modèle de l'intégration du Cloud et Fog Computing.....	60

---

# Table des Tableaux

---

<b>Tableau 2.1:</b> Demande de médicaments par pharmacie .....	24
<b>Tableau 2.2 :</b> Les résultats du problème1 .....	29
<b>Tableau 3.1 :</b> Distance en Km entre les grossistes et les centre d'amas trouvés.....	43
<b>Tableau 3.2 :</b> Distance en Km entre les grossistes et les fournisseurs.....	44
<b>Tableau 3.3 :</b> Résultats du problème Z2.....	45
<b>Tableau 4.1 :</b> Tableau présentant la différence entre le Cloud et le Fog [69] .....	57

# Introduction générale

La santé est non seulement un droit universel fondamental, mais aussi une ressource majeure pour le développement social, économique et individuel.

La chaîne logistique pharmaceutique occupe une partie importante de l'industrie mondiale grâce à son impact sur la santé, voire la vie de l'individu.

L'industrie des médicaments regroupe peu d'entreprises pharmaceutiques, leurs chaînes logistiques est une structure complexe à cause des exigences des clients, de la traçabilité, du délai limite de consommation, du choix des formes de thérapie, de la commercialisation et la distribution.

Les objectifs visés par la politique du médicament sont très loin. Le patient est pénalisé par le dérèglement de la chaîne de distribution du médicament. Les distributeurs sont touchés par les problèmes rencontrés par les laboratoires, notamment la vente concomitante qui a conduit les distributeurs à retenir les médicaments afin de faciliter la vente et contraindre les pharmaciens à acheter les produits rosignols par divers procédés et favoriser les pharmaciens selon leurs chiffres d'affaires, ce qui va à l'encontre de la déontologie pharmaceutique qui doit assurer le médicament au patient [1].

Les pénuries et le gaspillage sont dus aux défaillances au système d'approvisionnement de médicaments qui se répercutent sur la santé ou sur le plan économique car le total des dépenses de santé est déterminé par les achats de médicaments, et que le développement de l'accès aux médicaments essentiels nécessite la fiabilité d'un système d'approvisionnement [2].

La gestion de la chaîne logistique pharmaceutique est complexe et différente de la chaîne logistique manufacturière, il n'est pas possible d'avoir une structure centralisée (une plateforme qui livre directement aux patients). En termes d'exigences sur la qualité et la traçabilité, ainsi que sur la saisonnalité et la variabilité de la demande, les chaînes logistiques pharmaceutique et agroalimentaire se ressemblent mais qu'elles divergent aussitôt sur le grand écart de prix de médicament, la rupture de stock, gâchis ... [3]

La répartition géographique actuelle des officines sur le territoire national assure la disponibilité des médicaments aux populations d'une façon anarchique.

La prise de décision collaborative entre le fournisseur pharmaceutique et le pharmacien-détaillant entraîne non seulement une rentabilité économique plus élevée, mais améliore également le stock des médicaments. La plupart des modèles mathématiques de la (Chaîne Logistique Pharmaceutique) CLP manquent de conceptualisation adéquate de la structure et du

comportement de la chaîne d'approvisionnement, et des conditions aux limites qui doivent être prises en compte pour un problème donné. [4]

Les modèles ne spécifient pas adéquatement les opérations actuelles des unités ou les futures options de technologie de production, et sont donc incapables de répondre aux questions cruciales concernant les technologies alternatives de produits ou de procédés. La structure physique et la prise de décision peuvent être centralisées ou décentralisées. En effet la structure physique peut être centralisée au sens où un fournisseur livre directement aux unités de soins sans passer par les grossistes tandis que la décision décentralisée consiste à ce que chaque maillon de la chaîne essaye de minimiser son coût, alors que, la décision centralisée, c'est tout un ensemble des maillons qui essaye de minimiser les coûts globaux [5].

Le développement d'un modèle MILP bi-objectif pour un problème de conception de réseau de chaîne logistique multi-produits et multi-périodes dans lequel les décisions stratégiques (nombres, emplacements et technologies de production des fabricants secondaires, numéros, emplacements et capacités des principaux pays en développement) ainsi que le nombre et la localisation des centres de distribution CD locaux) et les décisions tactiques (c'est-à-dire les flux de produits entre établissements de différents échelons sur chaque période) sont pris en compte simultanément.

Par rapport au cadre décentralisé, la prise de décision centralisée crée plus de rentabilité économique pour l'ensemble de la CLP. Néanmoins, la prise de décision conjointe n'entraîne pas nécessairement plus d'avantages pour les deux membres de la CLP. De plus, le modèle centralisé proposé optimise les variables de décision afin de maximiser la rentabilité économique de l'ensemble du CLP et peut ne pas satisfaire le taux de remplissage requis pour les patients. Dans les chaînes d'approvisionnement pharmaceutiques, en raison de leur responsabilité vis-à-vis de la société, il est très important de prendre en compte les conséquences sociales des décisions, en plus des coûts ou des avantages de celles-ci. [6]

Les médicaments et si nécessaire, les produits de santé doivent être stockés séparément d'autres produits susceptibles de les dégrader et dans des conditions les protégeant de toute détérioration par la lumière, l'humidité, la température ou d'autres facteurs externes. Une attention particulière doit être portée aux produits nécessitant des conditions de stockage spécifiques. [7]

L'objectif de notre travail a pour principe qu'aucun malade ne souffre tant que le médicament existe quelque part. Pour réorganiser le réseau pharmaceutique à Tlemcen pour une meilleure distribution, nous comptons adopter la méthode d'optimisation multi-échelle pour notre réel cas industriel.

Cette nouvelle organisation permet de trouver le bon médicament, au bon endroit et dans les plus brefs délais ce qui permet de répondre plus efficacement aux besoins des clients.

Dans ce travail nous étudions un problème de conception d'une chaîne logistique multi fournisseurs, multi produits avec des entrées déterministes. Plus précisément, nous étudions une chaîne logistique composée d'un ensemble de fournisseurs potentiels connectés à un ensemble de détaillants. Chacun des détaillants est identifié par sa zone de localisation qui représente en même temps une zone potentielle de localisation de centre de distribution (DC). Nous cherchons dans ce travail à localiser les centres de distribution (DCs) avec une demande connue qui est satisfaite par les fournisseurs potentiels sachant que chaque fournisseur possédera une quantité de produit limitée. L'objectif de notre travail consiste à sélectionner les meilleurs fournisseurs et à trouver la meilleure affectation des fournisseurs aux DCs tout en satisfaisant la demande de ces derniers. Pour ce faire, une approche d'optimisation basée sur la simulation est considérée.

La thèse est organisée en quatre chapitres.

Le chapitre 1 est dédié aux notions des chaînes logistiques, de la gestion de la chaîne logistique, des niveaux de décisions et à la reconfiguration de la chaîne logistique. Nous abordons aussi dans ce chapitre les problèmes de conception de chaînes logistiques. Nous nous intéressons par la suite aux problèmes de localisation allocation et aux approches de résolution proposées.

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.

Le chapitre 2 est consacré à l'étude théorique de la problématique étudiée et à l'explication de l'approche de résolution proposée. Nous parlons dans ce chapitre de l'optimisation et la simulation des chaînes logistiques, après nous expliquons le principe et les notions de base de branch and bound appliqué sur notre cas réel. 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. Pour cela, nous avons positionnés les détaillants de la ville de Tlemcen sur la carte géographique Google Map.

Nous considérons un problème de conception de la chaîne d'approvisionnement avec un ensemble de grossistes candidats possédant une capacité limitée pour fournir un ensemble de pharmacies à l'aide d'un ensemble de véhicule de livraison de capacité permettant de visiter plus d'un client par route. On cherche à prendre des décisions de localisation de ces grossistes qui seront le point de départ des routes de livraison aux détaillants afin de satisfaire leur demande souhaitée.

Le chapitre 3 est consacré principalement à l'application de notre approche de localisation-allocation sur la chaîne logistique pharmaceutique étudiée. Ainsi, on passe à l'affectation des grossistes localisés vers les fournisseurs sélectionnés, en respectant une répartition quotidienne, qui tient compte des quantités commandées et des délais de livraison souhaité. Les résultats numériques sont présentés et commentés afin de montrer l'efficacité de l'approche proposée.

Le chapitre 4 est dédié à l'amélioration du réseau de distribution existant. La proposition de meilleures solutions en intégrant les nouvelles technologies telles que le cloud et le fog computing. Sur notre cloud computing, nous allons enregistrer la disponibilité de médicaments chez tout grossiste répartiteur du pays afin de pouvoir lancer la fabrication de médicaments presque consommés pour éviter tout gâchis et pénurie. Concernant la connexion entre malades, médecins, officines et grossistes ça se fait par le fog computing pour ne pas encombrer le Cloud. Le fog est donc un réseau local permettant de lier le patient, le médecin et le pharmacien afin de vérifier la disponibilité des médicaments chez les pharmacies et vice versa.

Nous terminons la thèse par quelques remarques et perspectives pour des futurs travaux de recherche.

# Chapitre 1 :

Revue de la littérature et position du problème

*« Le monde est dangereux à vivre ! Non pas tant à cause de ceux qui font le mal, mais à cause de ceux qui regardent et laissent faire. »*

---

**Albert Einstein**

## 1.1 Introduction

Depuis les années 50, la gestion industrielle a subi de profondes mutations modifiant les modes de gestion des entreprises. De 1950 à 1975, l'économie de production voyant une demande plus forte que l'offre pousse les entreprises à produire à moindre coût des produits peu variés [8]. Depuis 1975, l'économie de production laisse sa place à l'économie de marché dans laquelle l'offre est supérieure à la demande et les prix sont fixés par le marché. A la même époque, au début des années 80 le concept de chaînes logistiques fait son apparition avec un programme menant à une réduction des délais de livraison dans l'industrie textile et d'habillement aux États-Unis [9]. Une chaîne logistique inclut tout le cycle de vie du produit depuis l'approvisionnement des matières premières jusqu'à la réalisation des produits finis et leur livraison aux clients.

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 [8].

## 1.2 Chaîne logistique et gestion de la chaîne logistique

Le terme Gestion de Chaînes Logistiques ou Supply Chain Management (SCM) est apparu pour la première fois il y a une vingtaine d'années (Cooper et al. 1997). Le SCM est devenu un sujet tellement porteur dans les dix dernières années qu'il est difficile de prendre une revue spécialisée dans la production, la distribution, le marketing, la gestion des clients ou le transport sans y trouver un article consacré à cette question. La gestion de chaînes logistiques est une vision intégrée de la logistique qui s'occupe de l'ensemble des flux et processus de mise à disposition des produits de la conception jusqu'au client final et ce pendant tout le cycle de vie des produits. [10]

### 1.2.1 La logistique

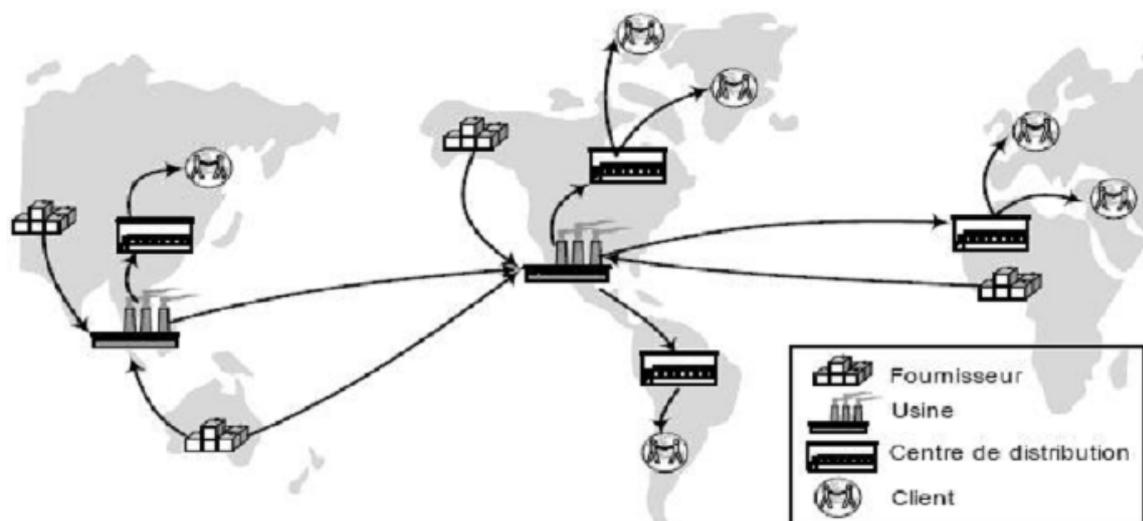
Le terme logistique vient du mot grec « logistike » qui signifie l'art du raisonnement et du calcul. Initialement, la logistique est issue du domaine militaire où elle définit l'ensemble des

---

techniques mises en œuvre pour assurer l’approvisionnement, et le maintien en conditions opérationnelles des troupes armées en temps de guerre. [11]

### 1.2.2 La chaîne logistique

Une chaîne logistique englobe l’ensemble des opérations réalisées pour la fabrication d’un produit ou d’un service allant de l’extraction de la matière première à la livraison au client final, en passant par les étapes de transformation, de stockage, et de distribution. De nos jours, de plus en plus on regarde la chaîne logistique comme une toile regroupant plusieurs activités, cela est dû à la complexité des organisations actuelles et à leurs dimensions internationales. Ajoutés aux flux des matières, la chaîne logistique inclut les flux d’information et les flux financiers. Chaque étape de transformation ou de distribution peut impliquer de nouveaux acteurs, soit de nouveaux fournisseurs ou de nouveaux clients intermédiaires, avec également de nouveaux flux d’informations. Il existe énormément de définitions de la chaîne logistique dans la littérature. C’est un sujet passionnant car nouveau et porteur de progrès. Tayur et al définissent la chaîne logistique comme 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 [12]. Lee et Bellington donnent une vision plus opérationnelle sur les chaînes logistiques ; un réseau d’installations qui assure les fonctions d’approvisionnement en matières premières, de transformation de ces matières premières en composants puis en produits finis, et de distribution du produit fini vers le client [13]. Le parallélisme entre la chaîne logistique et l’organisation en réseau est très significative, ça met en évidence la complexité de sa gestion étant donné qu’elle est le point qui rassemble plusieurs acteurs qui participent à un même projet ou à défaut ils participent tous au processus de création, ou développement d’un service ou d’un produit. New et al. Vont dans le même sens et proposent de représenter les activités et les entreprises impliquées dans cette chaîne qui commence à l’extraction de la matière première en passant par les entreprises de production, les grossistes, les détaillants jusqu’au client final [14]. Un exemple de chaîne logistique est illustré par la (figure 1.1)



**Figure 1.1** : Exemple d'une chaîne logistique

### 1.2.3 Gestion de la chaîne logistique

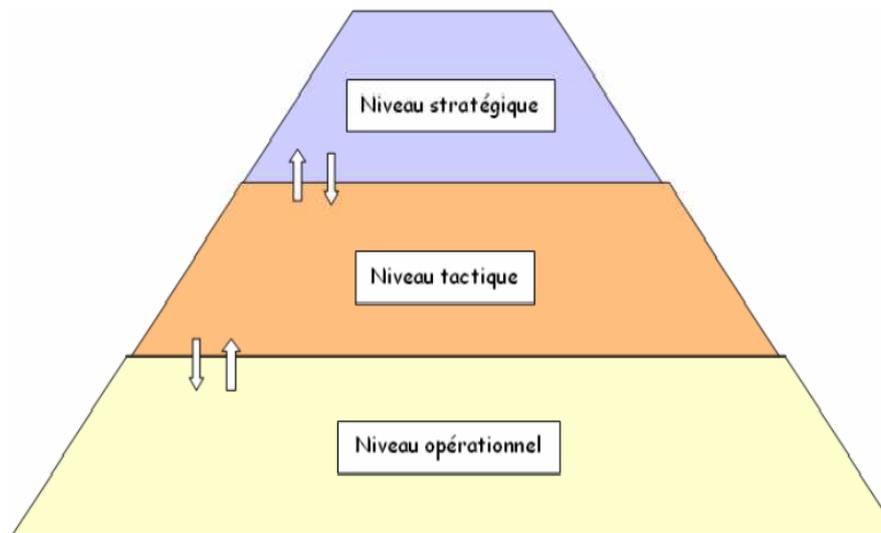
Le concept de gestion de la chaîne logistique (Supply Chain Management) a donné lieu à plusieurs définitions. En raison des disciplines et des courants qui les constituent, il n'existe pas de définition unique, universellement reconnue de la gestion de la chaîne logistique [15]. On peut citer les définitions suivantes qui ont pour atout de recouvrir plusieurs interprétations : La gestion de la chaîne logistique est la gestion des flux de matière et des flux d'information à la fois à l'intérieur et entre les entités de la chaîne logistique (fournisseurs, centres de fabrication, d'assemblage et sites de distribution) [16]. La gestion de la chaîne logistique est un ensemble d'approches utilisées pour intégrer efficacement les fournisseurs, les producteurs, les distributeurs et les détaillants de façon à garantir la production et la distribution des produits finis au bon moment, au bon endroit, en bonne quantité, en respectant les exigences des clients finaux et ce à coût optimal. [17]. La gestion de la chaîne logistique a plusieurs objectifs primordiaux, dont on cite :

- La satisfaction du client final (c'est-à-dire la livraison des bons produits, de bonne qualité, au bon moment et à moindres coûts).
- L'intégration de tous les niveaux de prises de décision.
- La maîtrise des flux physiques, informationnels et financiers.
- La maîtrise globale de toute la chaîne logistique.
- L'amélioration des performances de la chaîne logistique.

Une gestion globale de la chaîne logistique entraîne un ensemble de décisions à prendre et des choix à faire.

### 1.2.4 Niveaux de décision de la chaîne

Une décision peut être définie comme étant le problème de donner une valeur à une variable inconnue dont la connaissance permet au décideur de sortir d'une situation de jugement ou d'incertitude [18]. La conception d'une chaîne logistique nécessite de prendre un ensemble de décisions. Cet ensemble de décisions peut s'envisager sur trois niveaux hiérarchiques : décisions stratégiques, décisions tactiques, et décisions opérationnelles. La figure suivante montre un tel schéma. Une telle hiérarchie est basée sur la portée temporelle des activités et sur la pertinence des décisions.

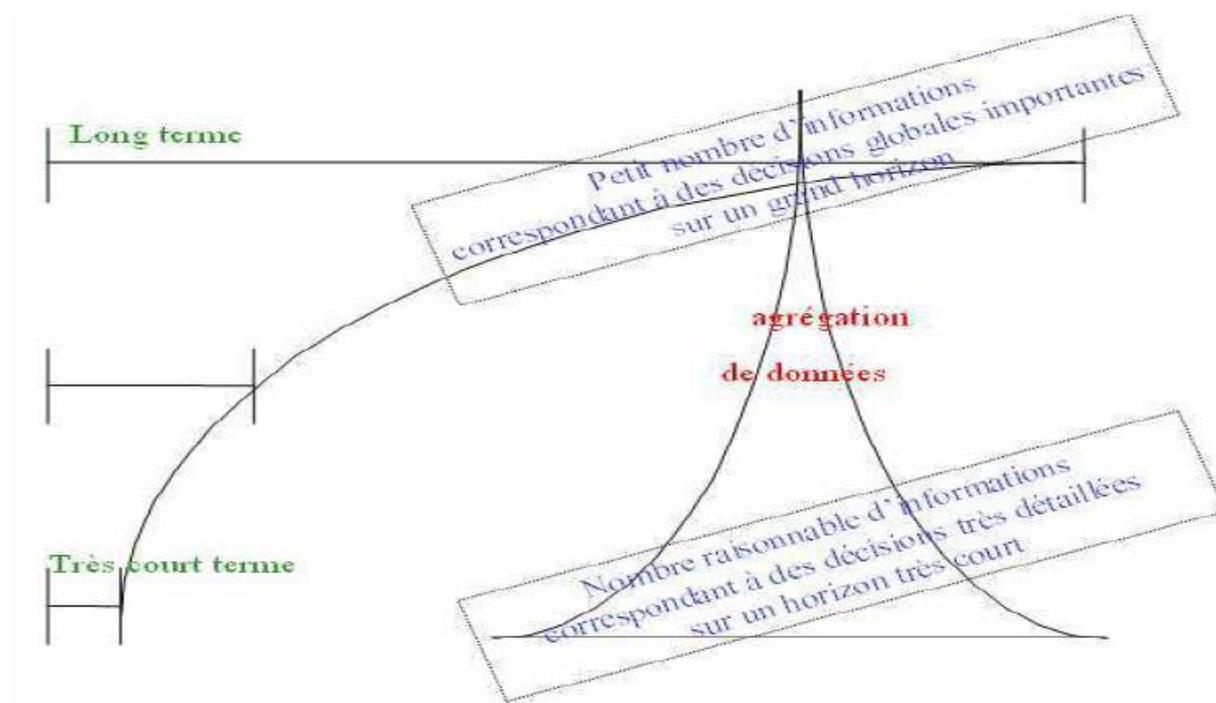


**Figure 1.2 :** Pyramide des niveaux de décisions [14]

Il n'existe pas de méthode générique valable pour toutes les chaînes logistiques et toutes les industries pour classer les décisions qui doivent être prises. La première différence entre ces trois niveaux de décision concerne la portée temporelle de l'application de la décision. Les décisions stratégiques sont à long terme, les décisions tactiques sont à moyen terme, et enfin les décisions opérationnelles sont à court terme. La deuxième différence entre ces niveaux de décisions est le niveau d'agrégation : les décisions stratégiques sont au niveau de l'ensemble de l'entreprise, les décisions tactiques sont prises au niveau de l'usine, et les décisions opérationnelles sont prises au niveau de l'atelier. La troisième différence est le niveau de responsabilité des décideurs. Les décisions stratégiques sont prises par la direction générale de l'entreprise, les décisions tactiques sont prises par les cadres, et les décisions opérationnelles sont prises par les responsables d'ateliers.

A cause de la complexité des problèmes d'optimisation des performances des chaînes logistiques, les trois types de décisions sont traités de manières séquentielle et hiérarchique. Néanmoins, il est important de prendre en compte l'impact des décisions stratégiques sur les

niveaux tactique et opérationnel. En effet, elles déterminent les solutions admissibles des niveaux tactique et opérationnel. Autrement dit, la solution optimale d'une décision tactique ou opérationnelle dépend de la solution prise au niveau stratégique. De la même manière, les décisions opérationnelles et tactiques peuvent influencer la prise de décisions au niveau stratégique lors de la conception même de la chaîne. Cette coordination est souhaitée mais elle est difficile à mettre en œuvre. La figure 1.3 illustre les différences entre les trois niveaux de décisions.



**Figure 1.3 :** Différence entre les niveaux de décisions [14]

#### 1.2.4.1 Les décisions stratégiques

Les décisions stratégiques définissent la politique de l'entreprise sur le long terme, une durée s'étalant souvent sur plusieurs années (la durée de l'horizon dépend du cycle de vie des produits). Elles comprennent toutes les décisions de conception de la chaîne logistique et de ce fait, elles ont une influence importante sur la stratégie concurrentielle et donc sur la viabilité à long terme de l'entreprise. Elles sont prises normalement par la direction de l'entreprise.

Les décisions stratégiques configurent la chaîne logistique. Nous donnons dans ce qui suit quelques décisions stratégiques :

- ✓ Choisir les partenaires de la chaîne logistique (cas d'entreprises étendues ou virtuelles). Recherche de la complémentarité des compétences (toutes les fonctions doivent pouvoir être assumées en interne ou en externe (sous-traitance à l'extérieur de la chaîne logistique constituée)).

- ✓ Choix et nombre de fournisseurs : l'entreprise peut avoir un seul fournisseur ou un nombre réduit de fournisseurs pour augmenter le niveau de coopération, ou bien avoir un grand nombre de fournisseurs pour jouer sur la concurrence. Les fournisseurs sont choisis en fonction des prix, qualités de service, délais de livraison...etc. Barbarosoglu et Yazgac regroupent les critères de choix des fournisseurs en trois catégories [19] :
  - La capacité technique et l'état financier du fournisseur.
  - L'historique des performances du fournisseur.
  - La qualité du système du fournisseur.
- ✓ Choisir les implantations des sites de production et des entrepôts. Cela inclut aussi la décision d'affecter les activités aux sites. Les décisions concernant la localisation des sites de production sont très importantes et très stratégiques car elles conditionnent les décisions de transport et de distribution. Plusieurs facteurs doivent être pris en compte lors de la prise de telles décisions comme la proximité par rapports aux clients et aux fournisseurs, les taxes et tarifs, et la disponibilité de la main d'œuvre.
- ✓ Choisir les moyens de transport (éventuellement multiples) entre les différentes localisations. Cela dépend aussi du nombre et de la localisation des sites. Plus le nombre de sites est grand, plus on est proche des clients, et plus on utilise des modes de transport économiques.

#### 1.2.4.2 Les décisions tactiques

Les décisions tactiques sont prises sur un horizon de moins de 18 mois en général. Il s'agit de produire au moindre coût pour les demandes prévisibles, donc avec connaissance des ressources matérielles et humaines. Il s'agit en effet de faire la planification en fonction de la structure conçue au niveau stratégique.

Nous donnons dans ce qui suit une liste non exhaustive des décisions tactiques :

- ✓ Obtenir les prévisions les plus fiables possibles. Les quantités à produire pour chaque produit et les quantités des matières premières nécessaires.
- ✓ Choisir les modes d'utilisation des ressources (par exemple : faire ou non appel à la sous-traitance ou à des heures supplémentaires).
- ✓ Trouver une allocation optimale des fournisseurs aux sites de production.
- ✓ Allocation des produits aux sites de production et détermination de quantités à produire sur chaque site en tenant compte de la capacité de production de chaque site et des moyens de transports qui le desservent.

#### 1.2.4.3 Les décisions opérationnelles

Les décisions opérationnelles sont prises sur un horizon de très court terme pour assurer la gestion des moyens et le fonctionnement au jour le jour de la chaîne logistique. Dans le cadre des chaînes logistiques, les entreprises ont besoin à tout moment de prendre des décisions avec un

temps de réponse très court. La réactivité de la prise des décisions opérationnelles est un élément de mesure de la performance de la chaîne logistique. Au niveau opérationnel, la configuration de la chaîne logistique est déjà fixée et les politiques de planifications déjà définies. Il y a moins d'incertitudes sur les informations sur la demande car on doit prendre les décisions opérationnelles en un laps de temps très court (minutes, heures, jours). Avec moins d'incertitudes, l'objectif à ce niveau est de répondre aux requêtes des clients d'une façon optimale en respectant les contraintes établies par les configurations et les politiques de planification choisies aux niveaux stratégiques et tactiques. Une liste non exhaustive des décisions opérationnelles peut être résumée en ce qui suit :

- ✓ Ordonnancement et pilotage en temps réel des systèmes de production.
- ✓ Tournée de véhicules ou programme des livraisons qui donne les produits, la destination et les quantités à livrer.
- ✓ Allocation des moyens de transports : ces moyens étant limités, cette allocation est basée sur le programme des livraisons.

### 1.3 Les problèmes de localisation-allocation

Un problème de localisation allocation consiste à déterminer l'emplacement d'un ou plusieurs sites dont l'objectif est d'optimiser une fonction mathématique qui dépend des distances entre ces sites et un ensemble d'utilisateurs potentiels.

Le terme localisation fait référence à la détermination des emplacements des sites qui peuvent être des sites de production ou des sites de distribution de l'entreprise. Le terme allocation fait référence à l'affectation des activités aux sites de production ou des clients aux centres de distribution.

Les principales questions à poser afin de minimiser les coûts résultants sont :

- Combien de sites faut-il ouvrir ?
- Où doit-on les placer ?
- Comment y affecter les clients ?

Les principaux objectifs des modèles de localisation-allocation sont :

Déterminer le nombre de sites à localiser toute en optimisant la distance entre ces sites (points d'offre) et un ensemble de clients.

Optimiser l'allocation des clients vers ces sites afin de déterminer la capacité d'offre des sites.

Les modèles de localisation-allocation regroupent d'une manière générale cinq composants de base :

- La fonction objectif : c'est une fonction mathématique qui peut intégrer la distance séparant les clients aux emplacements potentiels des sites, les coûts de transport, les délais de transport, les coûts de stockage, ...
- Les points de demande : ils correspondent en général à des zones de forte densité de population c'est-à-dire une forte demande ou bien un pouvoir d'achat intéressant. Les points de demande représentent le niveau de la demande concernant un ensemble de biens sur une zone géographique (région, ville, ...).
- Les emplacements potentiels : ce sont les espacements possibles pour localiser les sites en termes de disponibilité foncière, coût, accessibilité, ...
- La matrice d'éloignement ou de temps : cette matrice rend compte de la distance géographique ou temporelle séparant les emplacements potentiels des points de demande.
- Règle d'allocation : cette règle montre la manière utilisée pour allouer les emplacements potentiels aux points de demande (par exemple la règle d'allocation peut se baser sur la proximité géographique dont le cas où chaque client fréquentera le point d'offre le plus proche de son domicile).

Nous présentons en ce qui suit les problèmes déterministes. Nous expliquerons par la suite les particularités des modèles stochastiques et intégrant l'aspect stockage.

### 1.3.1 Les problèmes de localisation déterministes

Le problème de localisation-allocation résulte de deux problèmes de prise de décision à différents niveaux : niveau stratégique (décision de localisation) et niveau tactique (décision d'allocation).

Dans [20], l'auteur présente un problème de localisation pure. L'auteur propose la problématique suivante : soit  $\mathbf{J}$  sites (centres de distribution / de production, entrepôts, ...etc.) à localiser dans un ensemble  $\mathbf{S}$  de sites potentiels (emplacements), où  $\mathbf{J} \subseteq \mathbf{S}$ . On se place dans le cas où les flux des produits qui circulent à travers chacun des sites sont connus. Toutefois, les coûts d'implantation et d'opération d'un site dépendent de l'endroit où il se situe. Le problème consiste à trouver la meilleure localisation des  $\mathbf{J}$  sites de façon à minimiser une fonction orientée coûts linéaire. A présent, nous considérons les problèmes de localisation-allocation. Le plus souvent, les décisions de localisation et les décisions d'allocation doivent être prises simultanément. Nous présentons ci-dessous les modèles déterministes qui constituent la base de ces problèmes :

- ✓ le problème P-median « P-median problem »
- ✓ le problème de recouvrement « set covering problem » et le problème de couverture maximale « maximal covering problem »
- ✓ le problème du centre « center problem ».

### 1.3.2 Le problème P- médian

Le problème P- median est l'un des tous premiers modèles déterministes des problèmes de localisation. Ce problème a été introduit par [21]. Ce problème consiste à localiser  $\mathbf{P}$  usines sur  $\mathbf{P}$  sites afin de minimiser la somme des distances entre les usines et les clients (zones de demande). Garey et ont montré que le problème est NP-difficile Johnson [22]. Plusieurs méthodes de résolutions ont été proposées pour résoudre ce problème. [21] propose une méthode par simple énumération.

Certaines méthodes permettent d'obtenir de bonnes solutions ou bien de calculer des solutions intermédiaires comme l'utilisation des méthodes de séparation et évaluation ; les travaux de Maranzana et Teitz [23] et [24] en sont des exemples. Par ailleurs Efromson et Jarvinen proposent une méthode par séparation et évaluation (Branch & Bound) [25] et [26].

### 1.3.3 Le problème de recouvrement

Le problème de recouvrement « set covering problem » a été formulé pour la première fois par Toregas et al [27]. Différentes versions du problème peuvent être rencontrées dans la littérature.

Un coût positif étant associé à chaque  $j \in J$ , l'objectif est de déterminer un recouvrement de coût minimum. Un exemple d'application est celui de l'ouverture d'un nombre d'entrepôts pour satisfaire les demandes d'un certain nombre de zones de demande. Chaque entrepôt a son coût d'ouverture et ses coûts de connexions aux différentes zones dont il est apte à satisfaire la demande. De plus, chaque entrepôt dispose d'une capacité infinie.

Pour résoudre le problème de « set covering problem », Garfinkel et al [28] propose un algorithme de Branch&Bound. Celui-ci reprend l'architecture générale d'une méthode de Branch&Bound mais en utilisant des règles d'évaluation et de parcours de l'arbre de recherche bien adaptées. Dans Feo et al. [29], les auteurs utilisent une métaheuristique GRASP (Greedy Randomized Adaptive Search Procedures) pour résoudre le problème.

Le principe général de GRASP consiste à utiliser plusieurs fois un algorithme glouton choisissant les variables fixées de manière partiellement aléatoire puis à améliorer les différentes solutions ainsi trouvées grâce à une recherche locale.

Pour une analyse plus complète du problème de recouvrement, les articles White et al. Et Schilling et al. sont de bonnes références [30] [31].

Dans certains cas, les décideurs cherchent à maximiser le nombre de zones de demande qui peuvent être desservies par au maximum  $\mathbf{P}$  entrepôts. A l'opposé du problème de recouvrement classique, ce problème est connu sous le nom du problème de recouvrement maximal « maximal covering problem ».

Pour plus de détails sur les méthodes de résolution du problème « maximal covering problem » et les différents modèles dérivés, les articles Church et al. [32] [33] [34] sont de bonnes références.

### 1.3.4 Le problème du centre

Le problème du centre est une extension du problème du P-median. L'objectif est de minimiser le maximum des distances entre les entrepôts et les clients par exemple.

Plusieurs versions du problème ont été proposées par Hakimi, [35], Mineaka [36], et Tansel et al [37]. Les auteurs Kariv et al [38] ont montré que le problème est NP difficile.

Les problèmes de recouvrement, de P -median et du centre, présentés ci-dessus, constituent une base solide des modèles déterministes rencontrés dans la théorie des problèmes de localisation. Dans la suite, nous présentons d'autres formulations classiques rencontrées dans la littérature dédiée au problème de localisation. En effet, le premier problème classique de localisation est celui de « Fixed Charge Facility Location Problem ».

### 1.3.5 Le problème de localisation des sites à deux niveaux

Le problème de localisation des sites à deux niveaux généralement rencontré est le « Fixed Charge Facility Location Problem ». Pour ce problème, toutes les données sont connues de manière déterministe. L'objectif consiste à trouver les meilleures localisations des sites (usines/centres de distribution) et les modes de transport à utiliser pour servir les différentes zones de demande tout en minimisant les coûts fixes de localisation et de transport sous la contrainte que toutes les demandes soient satisfaites. Il existe deux versions du problème :

- le problème où la capacité des sites est illimitée « uncapacitated fixed charge facility location problem (UCFLP) » [39].
- le problème où les sites ont une capacité finie « capacitated plant location problem (CPLP) ».

Ce problème est à la base de plusieurs études liées à la conception des chaînes logistiques. Plusieurs approches et algorithmes de résolution ont été proposés. Geoffrion et al [40] montrent qu'en utilisant la méthode par séparation et évaluation, la méthode par relaxation lagrangienne est très efficace dans la recherche d'une solution optimale. Dans le même article, les auteurs tiennent compte de l'activité de transport entre les fournisseurs et les centres de distribution. Dans Daskin [39] et Galvao et al [41], les auteurs utilisent des méthodes basées sur la relaxation lagrangienne pour résoudre le problème.

Une méthode efficace basée sur la recherche du voisinage utilisée aussi dans la résolution du problème P-median est proposée dans Hansen et al [42]. Par ailleurs, Al-Sultan et al [43] proposent une méthode de recherche Tabou pour résoudre le problème. La méthode a été testée avec succès mais sur des problèmes de tailles faibles.

Pour les classes de problèmes (CPLP), une hypothèse restrictive impose que les usines et les centres de distribution ont des capacités limitées. La formulation du problème est identique au problème (UCFPL) sauf qu'il faudrait ajouter la contrainte liée à la capacité des sites.

Beaucoup de méthodes ont été proposées pour résoudre le problème (CPLP). Les auteurs Balinski [44] et Manne [45] modélisent le problème en considérant des coûts de transport fixes. Ils cherchent à minimiser le coût total de gestion tout en respectant la contrainte de satisfaction des demandes clients. Le choix des sites à localiser est tiré dans un ensemble de choix possibles. Après la formulation du problème par ces deux auteurs, Efraysom et Ray [46] et Spielberg [47] proposent des méthodes heuristiques et des algorithmes exacts basés sur la méthode de Branch & Bound. D'autres méthodes ont été proposées par Sridharan [48].

Dans Sridharan, [48], un état de l'art complet des différentes méthodes utilisées et des algorithmes développés pour résoudre le (CPLP) est présenté.

Dans la plupart des travaux, les chercheurs supposent que chaque client est servi par un et un seul centre de production (usine) ou de distribution. Klinecicz et al [49], Pirkul, [50] et Sridharan [48] donnent plus de détails sur les modèles et algorithmes utilisés.

#### **1.4 Reconfiguration de la chaîne logistique**

La reconfiguration du réseau logistique est l'un des problèmes majeurs de la chaîne logistique, des études ont été faites et de nombreuses revues ont été réalisées pour montrer son importance.

Les recherches sont limitées sur un ou plusieurs sous-problème et d'autres sur le problème général. Cette partie est consacrée aux modèles élaborés pour répondre aux attentes de reconfigurations de ces réseaux et à leurs résolutions.

Dans Aikens [51] 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. D'après Geoffrion et al [52] les modèles de grandes tailles compliqués à résoudre sans l'utilisation de la méthode de décomposition Benders.

Un rapport sur des modèles de localisation existants tenant explicitement compte de l'incertitude sous différentes formes est présenté dans Snyder [53]. 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 maximisation du profit soit la minimisation du coût total.

Guinet [54] 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.

#### **1.4.1 Modèles analytiques**

La plupart des modèles analytiques sont des modèles de programmation linéaire mixtes : les décisions de type "faire ou ne pas faire" telles que l'algorithme, la procédure de séparation et d'évaluation, la décomposition de Benders, les approches heuristiques par exemple, sur la relaxation lagrangienne ou la métaheuristiques.

Le problème de la reconfiguration des réseaux est un problème de décision complexe avec de nombreux éléments. Un premier examen de la littérature est un permis d'identification d'un certain nombre de faits pris en compte et qui influence l'ampleur de problèmes à résoudre. Ces différents facteurs contribuent également à caractériser les modèles.

#### **1.4.2 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.

#### **1.4.3 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

#### **1.4.4 Pilotage**

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, Mirdamadi [55]. 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.

#### **1.4.5 Pilotage des systèmes industriels**

Piloter c'est définir les règles de comportement cohérentes avec l'objectif global de l'entreprise au centre du processus pour aboutir un ensemble d'activités liées d'après Lorino [56] qui vient juste après J. Méléze [57] et J.L. Moigne [58] qui voient que le module de pilotage comprend un décideur ainsi que des sous-systèmes décisionnels et d'évolution et que 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, respectivement. Par la suite, P. Lorino [59] 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.

#### **1.4.6 Position du problème**

Cette thèse examine le cas d'étude de distribution de médicaments dont l'objectif est de reconfigurer un réseau logistique multi-échelons et multi produits, dans le but de réorganiser la distribution de façon à réduire les coûts, à éviter de lancer les commandes tous les jours, d'assurer la disponibilité des médicaments au cours de toute l'année, et les rendre à l'apport de tous les citoyens dans la ville de Tlemcen.

L'étude est faite sur les trois principales Daïra : Tlemcen, Mansourah, Chetouane (voir la figure 1.2).

Les fournisseurs, les grossistes et les officines constituent notre réseau de distribution pharmaceutique. Les quantités des médicaments (Commandes) sont effectuées par les officines aux grossistes pour des dates précises. Les grossistes à leurs tours effectuent les demandes aux laboratoires afin de satisfaire les demandes en quantité et en temps.

Nous avons utilisé Google Map pour positionner les pharmacies de la ville de Tlemcen en premier lieu pour regrouper les officines les plus proches en distance en centre d'amas (ensemble des officines) en utilisant le modèle CCCP (capacitated centered clustering problem).

La deuxième étape nous a permis de localiser les grossistes ainsi que l'affectation des grossistes aux fournisseurs et l'affectation des différents amas de clients (ensemble des pharmacies) aux grossistes localisés. Le traitement du problème de localisation/allocation des grossistes par le modèle déterministe à trois niveaux avec une capacité déterminée a aussi minimisé le trajet des lots de médicaments en affectant chaque lot à des fournisseurs spécifiques en respectant le temps et le coût.

Pour la dernière étape (problème 3), nous nous intéressons au problème de livraison de médicaments en intégrant le Cloud et le Fog Computing pour informatiser toute la chaîne et pour la traçabilité du produit et pour une meilleure satisfaction de client. 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 autre.

## 1.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les principaux travaux de recherche liés aux problèmes de conception et la reconfiguration des chaînes logistiques. Plus précisément, nous nous sommes intéressés aux problèmes de localisation-allocation ; P-median, problème de recouvrement, problème du centre. Plusieurs heuristiques et méthodes sont proposées dans la littérature pour la résolution de ces problèmes. Nous avons présenté quelques approches et méthodes utilisées pour sa résolution. La problématique étudiée dans ce travail est divisée en plusieurs sous-problèmes. Le chapitre suivant présente la première partie de la problématique étudiée dans ce travail ainsi que l'approche de résolution proposée.

# Chapitre 2 :

## Capacitated Centred Clustering Problem (CCCP)

*« Ne demandez jamais quelle est l'origine d'un homme ;  
interrogez plutôt sa vie et vous saurez ce qu'il est. »*

---

**L'Émir Abd El-Kader**

## 2.1 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. Dans ce chapitre nous allons voir le problème des installations des centres de distribution des pharmacies dans un secteur étudié. L'installation et la minimisation de ces sites nous aideront beaucoup dans le deuxième problème abordé dans le chapitre qui suit. Nous allons voir dans ce chapitre le problème de Capacitated Centred Clustering (CCCP), la modélisation du modèle mathématique, la présentation des données et la résolution du système et nous finissons par les résultats et la conclusion du chapitre.

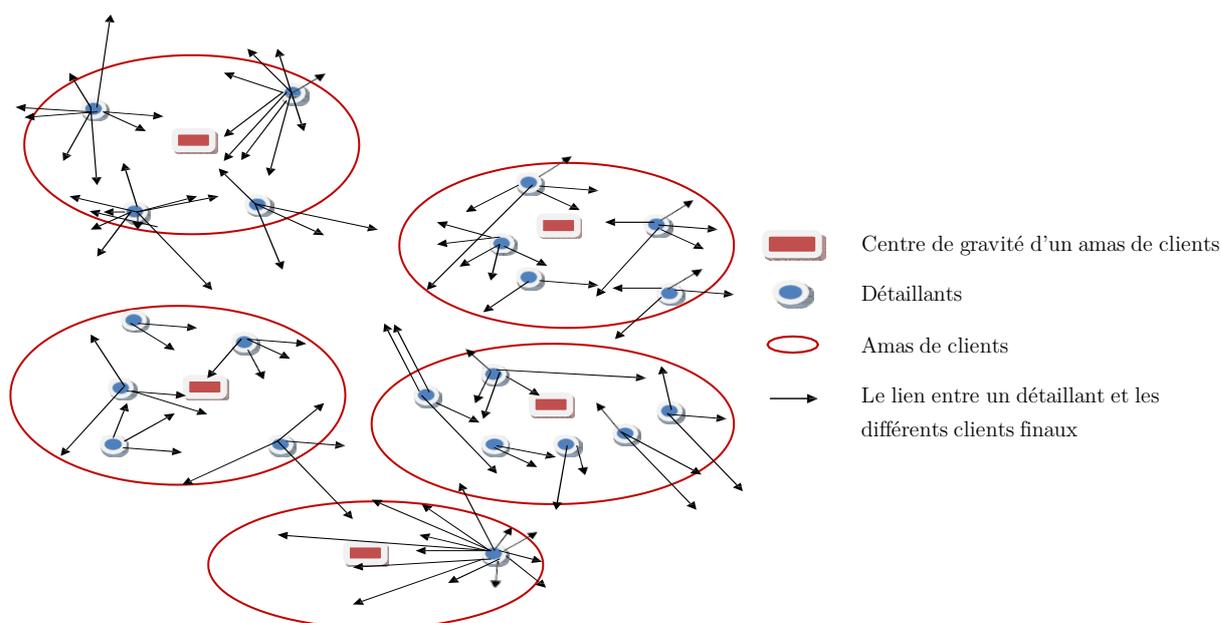
## 2.2 Capacitated Centred Clustering Problem (CCCP)

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 [60].

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 2.1).[61]

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 2.1 :** Exemple d'un amas de clients [61]

Dans notre étude, toutes les pharmacies les plus proches en distance sont regroupées dans un amas de clients avec une condition que la somme des commandes de différentes officines est inférieure à la capacité du centre d'amas. Pour l'ordonnancement le plus optimisé, nous avons fait une étude sur un grand nombre important de scénarios à choisir la quantité de médicaments qui correspond au mieux à notre problème.

### 2.2.1 Modèle mathématique du problème 1

Ce problème permet de former l'ensemble des zones de commandes dans la ville de Tlemcen (voir la Figure 2.2) 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 pharmaceutiques (voir les Tableaux 2.1 et 2.2).

On applique le problème 1, qui permet de former l'ensemble des zones de commandes appelées amas de clients en utilisant les paramètres suivants :

$m$  : Ensemble des clients indexés  $m$  ;  $m \in M$ .

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

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

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

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

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

$x_m$  et  $y_m$  : Position géométrique du client  $m$ .

$x_l$  et  $y_l$  : Position géométrique de l'amas de clients  $j$ .

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

$Q_j$  : Capacité de l'amas de clients  $j$ .

$Dc_{ml}$  : Demande du client  $m$  du produit  $l$ .

La formulation mathématique de ce problème 1 est définie comme suit :

$$\sum_{m \in M} \sum_{j \in J} [(x_m - x_l)^2 + (y_m - y_l)^2] \cdot Y_{ml} \quad (2.1)$$

Tel que :

$$\sum_{l \in L} Y_{ml} = 1 \quad \forall m \in M \quad (2.2)$$

$$\sum_{m \in M} Y_{ml} = N_l \quad \forall l \in L \quad (2.3)$$

$$\sum_{m \in M} x_m Y_{ml} = N_l x_l \quad \forall l \in L \quad (2.4)$$

$$\sum_{m \in M} y_m Y_{ml} \leq N_l y_l \quad \forall l \in L \quad (2.5)$$

$$\sum_{m \in M} Dc_{ml} Y_{ml} \leq Q_{lm} \quad \forall l \in L \quad \forall m \in M \quad (2.6)$$

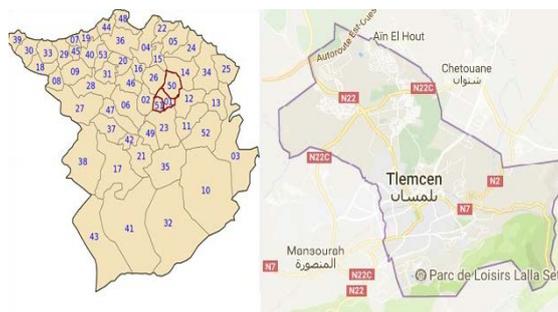
$$(x_m y_m) \in \mathbb{R}, \quad (x_l y_l) \in \mathbb{R} \quad \forall m \in M \quad \forall l \in L \quad (2.7)$$

$$\forall n_l \in \mathbb{N} \quad \forall l \in L \quad (2.8)$$

$$Y_{lm} \in \{0,1\} \quad \forall l \in L \quad \forall m \in M \quad (2.9)$$

L'équation (2.1) présente la fonction-objectif du problème 1, la contrainte (2.2) impose que chaque client soit affecté à un seul amas de clients. La Contrainte (2.3) donne le nombre de clients dans un amas de clients. Les Contraintes (2.4) et (2.5) donnent la localisation des centres de gravité des amas de clients. La Contrainte (2.6) impose que la demande des clients ne dépasse

pas la capacité du centre d'amas qui lui a attribuée et les contraintes (2.7), (2.8) et (2.9) définissent les bornes des variables de décisions.



**Figure 2.2 :** Carte de Tlemcen (La zone étudiée)

Nous avons collecté les données de la direction de la santé et de la population Tlemcen. Nous avons positionné les pharmacies sur la carte géographique pour permettre par la suite de calculer les centres d'amas des officines le tableau ci-dessous présente les différentes demandes journalières de médicaments de chaque spécialité médicale.

**Tableau 2.1:** Demande de médicaments par pharmacie

N°	PP1	PP2	PP3	PP4	PP5	PP6	PP7	Demande Totale
1	100000	40000	200000	50000	25000	200000	175000	790000
2	190000	50000	100000	100000	10000	150000	210000	810000
3	180000	70000	150000	50000	50000	180000	220000	900000
4	170000	60000	130000	80000	80000	130000	235000	885000
5	170000	80000	120000	30000	30000	200000	235000	865000
6	180000	20000	130000	50000	20000	300000	190000	890000
7	160000	60000	140000	40000	30000	200000	215000	845000
8	180000	60000	140000	20000	20000	450000	190000	1060000
9	170000	50000	150000	60000	50000	400000	220000	1100000
10	140000	70000	140000	50000	40000	350000	205000	995000
11	170000	65000	135000	50000	35000	300000	265000	1020000
12	100000	90000	130000	30000	30000	250000	195000	825000
13	190000	50000	150000	70000	50000	250000	210000	970000
14	180000	60000	160000	60000	60000	350000	245000	1115000
15	170000	35000	135000	35000	35000	200000	230000	840000
16	190000	50000	140000	40000	40000	240000	200000	900000
17	100000	60000	130000	30000	30000	230000	230000	810000
18	180000	60000	150000	50000	50000	150000	220000	860000
19	100000	40000	120000	40000	24000	240000	225000	789000
20	100000	50000	150000	50000	50000	250000	245000	895000
21	300000	150000	400000	70000	200000	400000	233000	1753000

22	20000	10000	30000	6000	30000	40000	22000	158000
23	18000	8000	12000	8000	8500	18000	23500	96000
24	13000	5000	12000	5000	4000	15300	24500	78800
25	12000	6000	15000	5000	5000	15000	26000	84000
26	14000	4000	14000	4000	4000	24000	21000	85000
27	15000	4000	13000	3000	3000	23000	18500	79500
28	50000	20000	40000	10000	45000	45000	23000	233000
29	14000	7000	13000	7000	8000	27000	17500	93500
30	13000	3000	13000	3000	3500	30000	16500	82000
31	12000	6000	20000	2000	2000	20000	22000	84000
32	18000	5000	20000	3000	2300	12000	17500	77800
33	13000	4000	14000	4000	2400	12000	21000	70400
34	16000	6000	16000	6000	6600	16000	25500	92100
35	12500	5000	14000	4000	4000	24000	22000	85500
36	25000	8000	13000	3000	3000	13000	21000	86000
37	12500	6000	16000	6000	6000	16000	27000	89500
38	18000	4000	14500	4500	4500	14500	24000	84000
39	12000	3000	13000	3000	3000	13000	25000	72000
40	15000	5000	15000	5000	5000	25000	25500	95500
41	22000	3000	13000	6000	3600	36000	25000	108600
42	22000	9000	13000	9000	2900	29000	18500	103400
43	12000	6000	12500	6000	4500	26000	24500	91500
44	12000	8000	13000	8000	4000	13000	17800	75800
45	10000	5000	15000	5000	1500	11500	22000	70000
46	13000	6000	22000	4000	2200	22000	20200	89400
47	12500	6000	33000	3000	3300	13000	23300	94100
48	18000	9000	35000	3500	3500	13500	21500	104000
49	14000	4000	34000	4000	3400	13000	22000	94400
50	12000	5000	25000	5000	2500	22500	24000	96000
51	30000	4000	12000	4000	4200	14000	22000	90200
52	14000	3000	13000	3000	3000	13000	18000	67000
53	14000	4000	14000	4000	4000	14000	21000	75000
54	16000	4000	14000	4000	4300	14000	23500	79800
55	14000	3000	13000	3000	3000	13000	20000	69000
56	18000	6500	16500	6500	6500	16500	27500	98000
57	14000	9000	13000	9000	2900	29000	21000	97900
58	14000	7000	12000	7000	2700	13000	22000	77700
59	13000	5000	15000	5000	5000	15000	25000	83000
60	20000	4000	14000	4000	4000	14000	25000	85000
61	13000	5000	15000	5000	5000	25000	21000	89000
62	13000	8000	12000	2000	2000	12000	23000	72000
63	13000	4000	14000	4000	4000	14000	18000	71000
64	15000	6000	16000	6000	6200	16000	20500	85700
65	25000	5000	11000	5000	1000	31000	17500	95500

66	20000	8000	170000	8000	18000	180000	195000	923000
67	125000	120000	120000	20000	30000	150000	190000	755000
68	140000	70000	170000	70000	70000	170000	255000	945000
69	130000	80000	180000	60000	60000	260000	230000	1000000
70	230000	80000	180000	80000	82000	180000	272000	1104000
71	125000	40000	140000	40000	42000	140000	240000	767000
72	125000	60000	160000	60000	60000	160000	240000	865000
73	130000	70000	170000	30000	73000	173000	223000	869000
74	130000	40000	140000	40000	40000	140000	245000	775000
75	160000	40000	140000	45000	45000	145000	210000	785000
76	140000	80000	130000	43000	43000	240000	220000	896000
77	125000	40000	140000	40000	40000	240000	200000	825000
78	150000	40000	120000	40000	42000	140000	227000	759000
79	300000	200000	300000	80000	350000	400000	205000	1835000
80	120000	40000	140000	40000	40000	240000	200000	820000
81	120000	40000	120000	40000	40000	240000	235000	835000
82	130000	50000	150000	50000	50000	150000	240000	820000
83	100000	50000	155000	52000	52000	150000	225000	784000
84	300000	60000	160000	60000	60000	160000	230000	1030000
85	225000	80000	180000	80000	80000	180000	270000	1095000
86	230000	50000	150000	50000	50000	150000	270000	950000
87	230000	40000	140000	40000	40000	140000	240000	870000
88	150000	70000	270000	70000	70000	170000	300000	1100000
89	125000	50000	152000	52000	52000	150000	212000	793000
90	140000	70000	137000	40000	37000	130000	170000	724000
91	130000	90000	210000	30000	30000	130000	165000	785000
92	130000	80000	140000	40000	40000	140000	210000	780000
93	130000	40000	142000	40000	42000	242000	244000	880000
94	140000	70000	127000	27000	27000	270000	160000	821000
95	160000	50000	130000	55000	53000	135000	225000	808000
96	130000	50000	150000	45000	51000	250000	230000	906000
97	130000	30000	132000	35000	32000	130000	165000	654000
98	130000	60000	162000	65000	62000	165000	210000	854000
99	125000	50000	152000	50000	52000	150000	185000	764000
100	170000	30000	133000	35000	33000	130000	220000	751000
101	120000	40000	140000	40000	40000	140000	220000	740000
102	160000	30000	230000	30000	30000	130000	175000	785000
103	120000	40000	142000	20000	42000	140000	180000	684000
104	230000	30000	230000	30000	31000	130000	195000	876000
105	220000	50000	150000	50000	50000	150000	280000	950000
106	130000	40000	230000	45000	23000	230000	185000	883000
107	120000	60000	240000	40000	24000	240000	215000	939000
108	120000	30000	300000	30000	30000	230000	180000	920000
109	120000	40000	140000	40000	40000	140000	230000	750000

110	125000	30000	180000	35000	23000	120000	170000	683000
111	140000	25000	125000	45000	45000	145000	240000	765000
112	160000	90000	190000	90000	90000	190000	270000	1080000
113	130000	70000	173000	30000	30000	130000	210000	773000
114	275000	65000	162000	75000	75000	275000	210000	1137000
115	250000	45000	143000	50000	50000	150000	200000	888000
116	230000	55000	155000	30000	30000	130000	185000	815000
117	220000	80000	128000	20000	20000	120000	165000	753000
118	265000	35000	130000	65000	65000	165000	285000	1010000
119	140000	80000	180000	40000	40000	140000	210000	830000
120	350000	45000	145000	30000	30000	130000	155000	885000
121	110000	80000	140000	60000	10000	170000	190000	760000
122	180000	90000	190000	80000	80000	180000	250000	1050000
123	165000	65000	160000	65000	65000	165000	250000	935000
124	145000	55000	150000	45000	45000	145000	220000	805000
125	150000	55000	155000	55000	55000	155000	260000	885000
126	120000	90000	180000	20000	20000	120000	170000	720000
127	145000	80000	178000	45000	45000	145000	215000	853000
128	125000	55000	154000	25000	25000	125000	205000	714000
129	130000	60000	136000	30000	30000	130000	210000	726000
130	210000	50000	210000	10000	10000	150000	230000	870000
131	100000	75000	174000	100000	100000	100000	170000	819000
132	275000	80000	158000	75000	75000	175000	280000	1118000
133	290000	90000	169000	90000	90000	190000	270000	1189000
134	240000	70000	147000	40000	40000	140000	225000	902000
135	250000	25000	125000	20000	20000	120000	150000	710000
136	170000	50000	154000	40000	70000	270000	210000	964000
137	130000	40000	147000	30000	30000	130000	190000	697000
138	125000	50000	115000	55000	25000	145000	190000	705000
139	185000	65000	165000	50000	85000	150000	235000	935000

PP1 : Gynécologie

PP2 : Dermatologie

PP3 : Endocrinologie

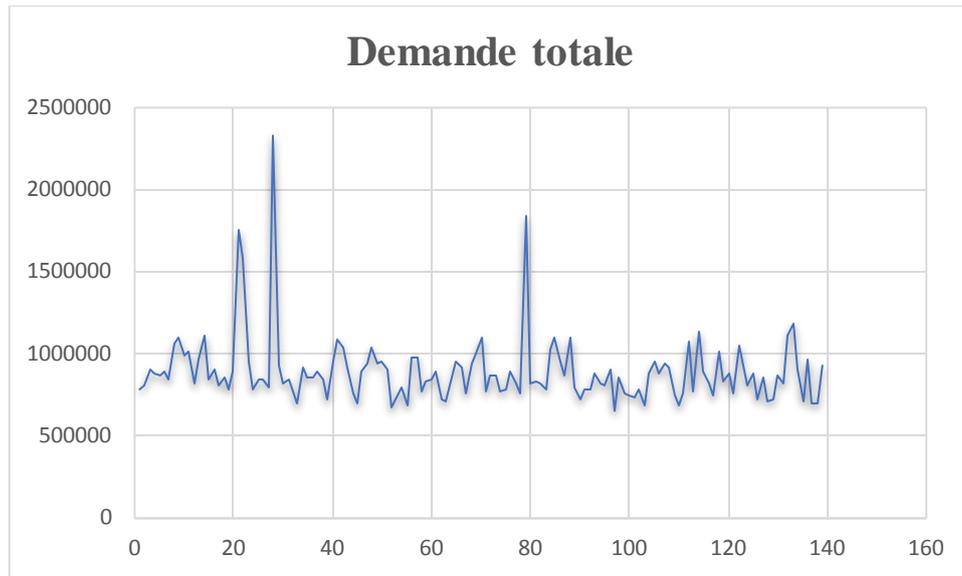
PP4 : Cardiologie

PP5 : Ophtalmologie

PP6 : Pédiatrie

PP7 : Autres

La courbe en dessous (Figure 2.3) montre la variation de la demande totale de médicaments par pharmacie.



**Figure 2.3 :** Variation de demande par pharmacie

### 2.2.2 Résultats des calculs

Les résultats des calculs de la première étape sont résumés ci-dessous dans le (tableau 2.2). Le problème était de regrouper 139 clients (pharmacies) en amas. Pour chaque centre d'amas trouvé, le nombre de clients affectés. Les coordonnées du centre d'amas apparaissent également dans le tableau. Sur les 23 centres proposés, douze se sont vu attribuer des clients. Les résultats du premier problème sont les données utilisées pour le deuxième problème.

**Problème 1 :** porte sur la façon de regrouper les détaillants des produits pharmaceutiques de la ville de Tlemcen suivant les caractéristiques de la distance la plus proche entre les clients de chaque groupe appelé amas de clients et de la somme des demandes des clients est inférieure au centre d'amas.

Les entrées de premier problème sont les coordonnées (positions géographiques) des différents clients  $m(x_m, y_m)$  sont positionnées sur la carte d'aménagement de la ville de Tlemcen et la demande des pharmacies pour chaque produit. Pour ce point, Nous avons remarqué que la demande diffère d'une officine à une autre à cause de : nombre d'habitants par zone où se trouve cette pharmacie, la qualification de l'officine elle-même (Disponibilité de produits d'importation, espace de magasin, décoration et entretien de la pharmacie).

La minimisation du problème 1 nous a offert la sélection de 12 amas de clients parmi 23 amas de clients candidats d'une capacité de 14.000.000 da. Nous remarquons que les centres A8, A9, A10, A11, A13, A15, A16, A17, A18, A19, A20 sont fermés. Cette solution a permis de positionner les centres de gravité de chaque amas de clients sélectionné, de calculer les nombres de clients dans chaque amas de clients (ensemble de détaillants), la demande totale de chaque amas de clients pour les différents produits et l'adresse de chaque centre sélectionné.

Tous ces résultats sont représentés dans le tableau 2.2.

**Tableau 2.2** : Les résultats du problème1

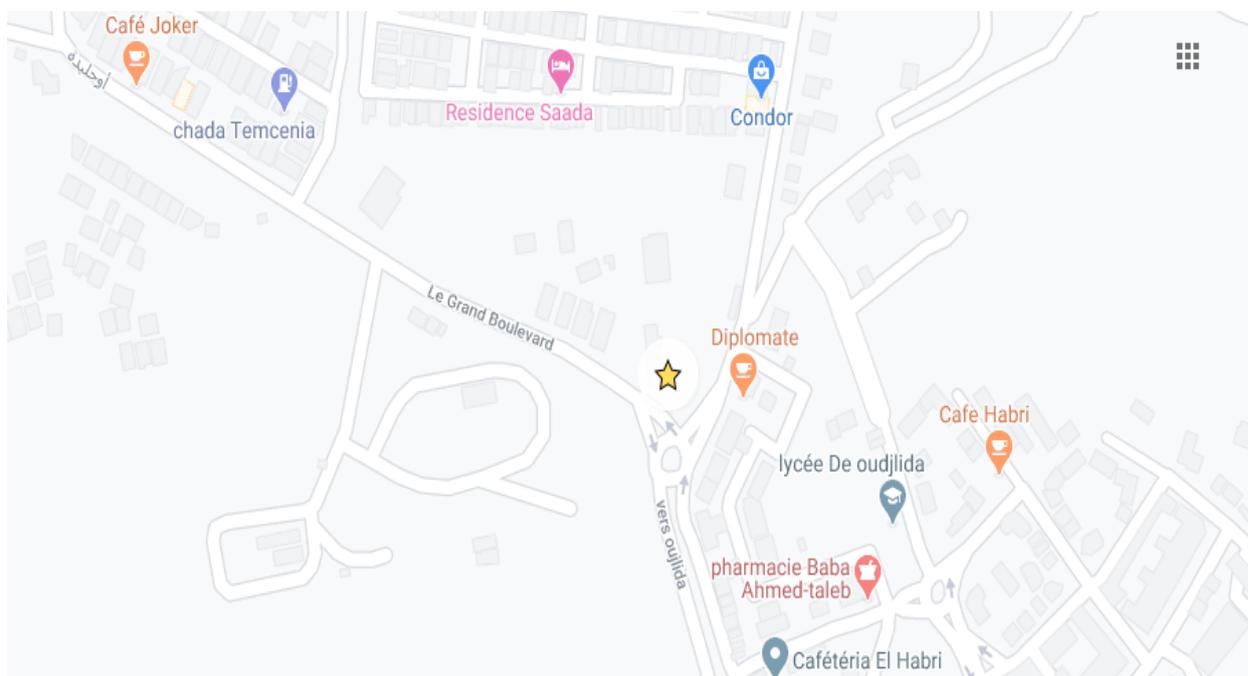
N	A	Affectation des pharmacies vers le centre d'amas	Nombre	X(A) Y(A)	Quantité demandée	Adresses
1	A1	51, 52, 66, 75, 82, 86, 91, 95, 110, 122, 128, 130.	12	8266.501 5418.353	9960000	L'allée des pins
2	A2	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 18.	13	7707.119 9599.026	12130000	Oudjlida
3	A3	19, 20, 21, 25, 32, 35, 38, 39, 40, 41, 42, 44.	12	3665.246 5174.464	11303000	Bouhannak
4	A4	23, 24, 26, 31, 34, 37, 43, 49, 53, 69, 97, 112, 125, 132.	14	6998.288 5043.383	12600000	Makhokh
5	A5	7, 12, 13, 16, 17, 60, 76, 84, 89, 102, 107, 119, 131, 138.	14	8156.378 6464.487	11997000	Fedden sbaa
6	A6	48, 54, 55, 61, 63, 67, 68, 72, 78, 85, 92, 101, 115, 120, 135.	15	10915.75 10071.38	12550000	Ouzidane
7	A7	22, 28, 30, 33, 45.	5	5257.482 5559.980	6134000	Imama
8	A12	73, 74, 87, 88, 90, 98, 103, 124, 129.	9	7567.026 5519.598	7407000	Pasteur
9	A14	46, 47, 50, 56, 59, 64, 70, 71, 77, 80, 100, 111, 113, 127, 137.	15	8980.829 6317.433	12817000	Sidi Othmane
10	A21	57, 81, 93, 104, 105, 106, 114, 117, 118, 126, 133, 139.	12	7359.619 5212.774	11147000	Bel horizon
11	A22	27, 29, 36, 58, 65, 79, 94, 108, 116, 121, 123, 134, 136.	13	8452.675 5680.352	12274000	Bab wahran

12		62, 83, 96, 99, 109.	5	10266.70 8908.583	3924000	Chetouane
	A23					

Les figures ci-dessous montrent des positions des centres d'amas trouvés pour une meilleure visualisation du résultat :



**Figure 2.4 :** Position du centre d'amas 1 (l'allée des pins)



**Figure 2.5 :** Position du centre d'amas 2 (Oudjlida)

### 2.3 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons étudié les différentes positions de pharmacies, nous nous sommes intéressés au problème CCCP (Capacitated Centred Clustering Problem, nous l'avons appliqué afin d'obtenir des centre d'amas qui regroupent les pharmacies les plus proche pour une meilleure reconfiguration de la chaîne logistique pharmaceutique actuelle. Nous présentons par la suite la deuxième partie du problème et qui consiste sur la localisation-allocation. Nous allons proposer un modèle mathématique qui assemble les problèmes de recouvrement, de P-Centres P-médianes et localisation d'entrepôts afin de minimiser les coûts de distribution des médicaments.



# Chapitre 3 :

## Problème de localisation-allocation

*« Les détails font la perfection,  
et la perfection n'est pas un détail. »*

---

**Léonard De Vinci**

### 3.1 Introduction

La localisation est souvent considérée comme le maillon le plus important pour une organisation du secteur étudié. Les organisations privées peuvent tirer profit d'un bon emplacement (localisation).

La localisation peut aider à réduire les coûts fixes 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 produits 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 points de ventes (voir la figure 3.1).



**Figure 3.1 :** 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 [62] :

- 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).

### 3.2 Modèles de localisation-allocation

Le problème considéré précise le choix du modèle de localisation-allocation

#### 3.2.1 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 ci-dessous [62] :

$$\min \sum_{j \in J} Fc_j x_j \quad (3.1)$$

Sous les contraintes suivantes :

$$\sum_{k \in K} y_{ij} x_j \geq 1, \quad \forall j \in J \quad (3.2)$$

$$x_j \in \{0,1\} \quad \forall i \in I \quad (3.3)$$

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 :

$x_j=1$  si on localise l'usine  $j$

0 sinon

$y_{ij} = 1$  si le site  $j$  peut couvrir le client  $i$

0 sinon

L'équation (3.1) représente la fonction-objectif, la contrainte (3.2) assure que tous les clients sont servis au moins une fois et la contrainte (3.3) détermine la nature binaire des variables de décision.

### 3.2.2 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 [63]. 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 [64] :

$$\min \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} d_i c_{ij} y_{ij} \quad (3.4)$$

Sous les contraintes :

$$\sum_{j=1} y_{ij} = 1, \quad \forall i \in I \quad (3.5)$$

$$\sum_{j \in J} x_j = P \quad (3.6)$$

$$y_{ij} \leq x_j \quad \forall i \in I \quad \forall j \in J \quad (3.7)$$

$$y_{ij}, x_j \in \{0,1\} \quad \forall i \in I \quad \forall j \in J \quad (3.8)$$

Où :

$i$  : indice des points de demande.

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

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

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

$P$  : nombre de sites à localiser.

Variable de décisions :

$x_j = 1$  si on localise l'usine  $j$

0 sinon

$y_{ij} = 1$  si le client  $i$  est servi par l'usine  $j$

0 sinon

L'équation (3.4) représente la fonction-objectif, la contrainte (3.5) impose que chaque client soit affecté à un seul site, la contrainte (3.6) détermine le nombre de sites à ouvrir, la contrainte (3.7) indique que, toutes les demandes de client  $i$  doivent être satisfaites par une et une seule usine et la contrainte (3.8) 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 [62] et [64] :

$$\text{Min } Z \quad (3.9)$$

Sous les contraintes :

$$\sum_{j=1} y_{ij} = 1, \quad \forall i \in I \quad (3.10)$$

$$\sum_{j=1} x_j = P \quad (3.11)$$

$$Z \geq \sum_{j=1} c_{ij} y_{ij} \quad (3.12)$$

$$y_{ij} \leq x_j \quad \forall i \in I \quad \forall j \in J \quad (3.13)$$

$$y_{ij}, x_j \in \{0,1\} \quad \forall i \in I \quad \forall j \in J \quad (3.14)$$

$$Z \geq 0 \quad (3.15)$$

L'équation (3.9) désigne la fonction-objectif, la contrainte (3.10) impose que chaque client soit affecté à un seul site, la contrainte (3.11) détermine le nombre de sites à ouvrir, la contrainte (3.12) définit la distance maximale entre le client  $i$  et le centre  $j$ , la contrainte (3.13) indique qu'aucun client ne peut être affecté à un site fermé, et les contraintes (3.14) et (3.15) sont les contraintes sur les variables.

Le problème de p-médianes et le problème p-centre sont NP-difficiles [62].

### 3.2.3 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 [65].

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  $F_{c_j}$ . 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  $d_{ij}$  représentant la quantité livrée par le site  $j$  au client  $i$ .

Ce problème est formulé comme suit [62] :

$$\min \sum_{j \in J} F_{c_j} x_j + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{ij} d_{ij} y_{ij} \quad (3.16)$$

Sous les contraintes :

$$\sum_{i \in I} d_i y_{ij} \leq w_j x_j \quad \forall j \in J \quad (3.17)$$

$$\sum_{i \in I} y_{ij} = 1 \quad \forall j \in J \quad (3.18)$$

$$x_j \in \{0,1\} \quad \forall i \in I \quad (3.19)$$

$$y_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I \quad \forall j \in J \quad (3.20)$$

L'équation (3.16) est la fonction-objectif, contrainte (3.17) impose que les capacités des dépôts soient respectées, contrainte (3.18) correspond au respect des demandes et assure que les clients ne soient affectés qu'à un seul dépôt, contraintes (3.19) et (3.20) déterminent la nature binaire des variables de décision.

### 3.3 Description du problème 2

Le problème étudié cherche à déterminer les meilleures localisations pour des installations et l'allocation des clients à ces installations.

Il existe désormais de nombreux problèmes de localisation-allocation et de nombreuses variantes à ces problèmes. Ce sont des problèmes fondamentaux de la logistique et dans une moindre mesure de l'aménagement et du transport. Ces problèmes d'optimisation mathématique sont difficiles à résoudre. Notre problème s'inscrit dans ce cadre classique de décomposition, le

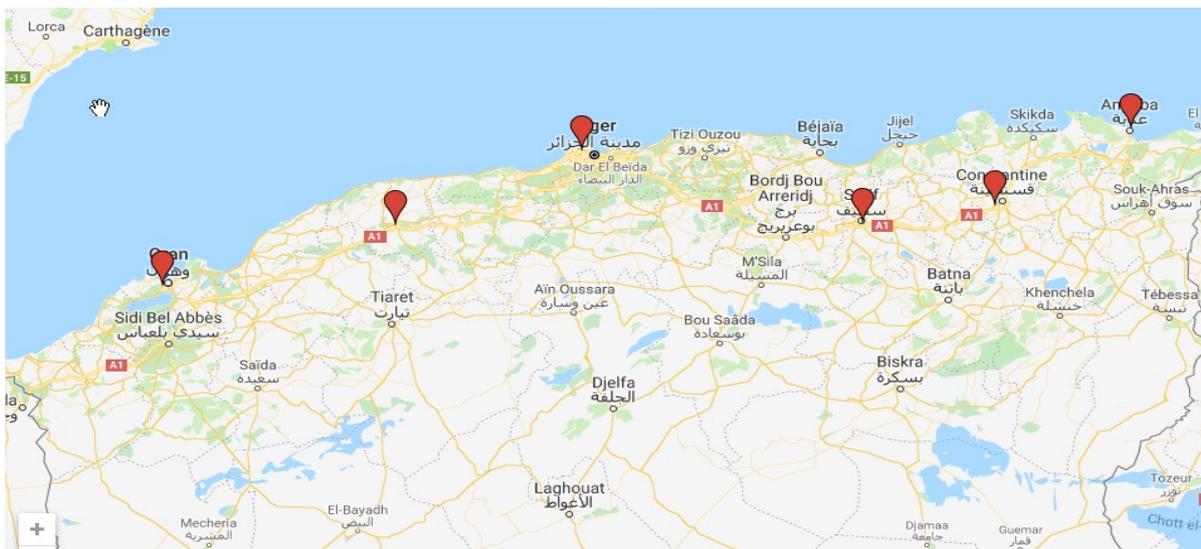
processus de décision permet de changer ou de modifier les décisions de localisation-allocation lors du sous-processus de prise de décision de routage si ces modifications permettent d'obtenir de meilleurs itinéraires.

Le problème de transport des produits pharmaceutiques dans la wilaya de Tlemcen des fournisseurs (Laboratoires) jusqu'aux clients finaux (Patients) est résolu par l'approche proposée. Ci-dessous la figure 3.2 du positionnement des pharmacies de la ville de Tlemcen.



**Figure 3.2 :** les Position des pharmacies sur la carte de Tlemcen

Les fournisseurs (les laboratoires) sélectionnés figurent ci-dessous.



**Figure 3.3 :** les Positions des laboratoires sur la carte d'Algérie

Les grossistes répartiteurs figurent ci-dessous (figure 3.4).



**Figure 3.4 :** les Position des grossistes sur la carte de Tlemcen

### 3.3.1 Modélisation mathématique

Le modèle déterministe à trois niveaux nous aide à optimiser la localisation des grossistes parmi plusieurs grossistes candidats ainsi que l'affectation des grossistes aux laboratoires) et l'affectation des différents amas de clients (ensemble des détaillants) aux grossistes localisés et surtout la distribution des lots de médicaments en respectant coût et temps.

### 3.3.2 Les paramètres du modèle

- **Indice :**

Les indices utilisés pour la formulation du modèle :

$i$  : Produit  $i \in I$

$j$  : Index des fournisseurs de produits pharmaceutiques ;  $j \in J$

$k$  : indice de la pharmacie de grossiste ;  $k \in K$

$l$  : indice de l'amas de clients (régions des pharmacies);  $l \in L$

$m$  : Indice des clients (qui représente les pharmacies) ;  $m \in M$

$x_m, y_m$  : position géométrique du client  $m$

$x_l, y_l$ : position géométrique du centre d'amas de clients  $l$ ;

- **Données :**

Dans la formulation du modèle, nous utilisons les données suivantes :

- $Dc_{mi}$ : demande de produits de classe  $i$  chez le client  $m$  ;
- $Dac_{li}$ : demande de produits de classe  $i$  auprès d'un groupe de clients  $l$  ;
- $C1_{jki}$ : distance euclidienne (en km) du site  $j$  au site  $k$  des produits de classe  $i$  ;
- $C2_{kli}$ : distance euclidienne (en km) du site  $k$  au site  $l$  des produits de classe  $i$  ;
- $n_l$ : nombre de clients dans le cluster  $l$  ;
- $Q_l$ : Capacité du véhicule de transport allouée au cluster clients  $l$ .
- $Q_{ij}$ : Capacité du fournisseur  $j$  pour les produits de classe  $i$  ;
- $Q_{ik}$ : Capacité de la pharmacie du grossiste  $k$  des produits de classe  $i$  ;

Pour la formulation mathématique, nous considérons les coûts suivants :

- $FCk$ : coût fixe d'installation et d'exploitation d'une pharmacie de grossiste  $k$  ;
- $FFCj$ : coût fixe d'installation et d'exploitation fournisseur ;
- $opsp1_{cost-ik}$ : Coût opérationnel des produits de classe  $i$  chez le grossiste  $k$  ;
- $opsp2_{cost-ik}$ : coût d'expiration des produits de la classe  $i$  chez le grossiste  $k$  ;
- $op1_{cost-ij}$ : Coût opérationnel des produits de classe  $i$  chez le fournisseur  $j$  ;
- $op2_{cost-ij}$ : Coût d'expiration des produits de classe  $i$  chez le fournisseur  $j$  ;
- $\alpha$ : Coût de transport par unité de kilomètre interurbain ;
- $\beta$ : Coût de transport par unité de kilomètre dans les zones habitables;

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

- $X_{ijk}$ : Quantité des produits de classe  $i$  expédiés du fournisseur  $j$  au grossiste pharmacie  $k$ ;
- $Y_{ml} = 1$ , si le client  $m$  est affecté au cluster  $l$ ,  $= 0$ , sinon ;
- $Z_k = 1$ , si le cluster de clients  $l$  est alloué au grossiste  $k$ ,  $= 0$ , sinon ;
- $X_k = 1$ , si le grossiste  $k$  est localisé,  $= 0$  sinon.

La formulation du problème de localisation-allocation à trois niveaux et multi produits est la suivante :

$$\begin{aligned} \min Z2 = & \sum_{k \in K} FC_k * X_k + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} (\alpha * C1_{ikj} + op1_{cost-ij} + op2_{cost-ij}) * X_{ijk} + \\ & \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} \sum_{l \in L} ((\beta * C2_{ikl} * D_{li}) + opsp1_{cost-ik} + opsp2_{cost-ik}) * Z_{lk} + \sum_{j \in J} FFC_j \end{aligned} \quad (3.21)$$

Le modèle ci-dessus représente la minimisation des coûts d'installation des grossistes, des coûts opérationnels et coût de gâchis chez les fournisseurs, des coûts opérationnels et coût de gâchis chez les grossistes et les coûts d'installation des fournisseurs.

Tel que:

$$\sum_{k \in K} Z_{lk} = 1, \quad \forall l \in L \quad (3.22)$$

$$\sum_{k \in K} X_{ijk} \leq Q_{ij}, \quad \forall i \in I \quad \forall j \in J \quad (3.23)$$

$$\sum_{j \in J} X_{ijk} \leq Q_{ik} \quad \forall i \in I \quad \forall k \in K \quad (3.24)$$

$$\sum_{j \in J} X_{ijk} = \sum_{l \in L} Dac_{li} * Z_{lk} \quad \forall i \in I \quad \forall k \in K \quad (3.25)$$

$$Z_{lk} \leq x_k \quad \forall l \in L, \forall k \in K \quad (3.26)$$

$$Z_{lk} \in \{0,1\} \quad (3.27)$$

$$X_k \in \{0,1\} \quad (3.28)$$

- L'équation (3.21) désigne la fonction-objectif.
- Les contraintes (3.22) et (3.26) indiquent qu'un seul grossiste doit satisfaire toutes les demandes d'un amas de clients  $l$ .
- La contrainte (3.23) suppose que le lot de produit  $i$  expédié du laboratoire  $j$  ne dépasse pas la capacité du grossiste  $k$ .
- La contrainte (3.24) suppose que le lot de produit  $i$  expédié du laboratoire  $j$  vers le grossiste  $k$  ne dépasse pas la capacité du fournisseur  $j$ .

- La contrainte (3.25) indique que la commande des clients est égale au volume expédié du grossiste  $k$  aux amas de clients  $l$ .
- Les contraintes (3.27) et (3.28) déterminent la nature binaire des variables de décision.

- **Entrées :**

- Les demandes de chaque amas de clients (résultats du Z1) pour les différents produits commandés.
- Les distances entre les différents grossistes candidats et les centres d'amas de clients (résultats du Z). Voir tableau (3.1) et Figure (3.5), et entre les différents grossistes candidats et les fournisseurs (laboratoires) (tableau3.2).
- La capacité de chaque grossiste et fournisseur, pour éviter le manque dans les quantités désirées (commandes des détaillants).
- Le coût fixe pour la fondation des grossistes candidats, de transport des fournisseurs vers les grossistes candidats, des grossistes ouverts vers les amas de client, le coût total de produit chez le fournisseur, le coût opérationnel des grossistes et le coût du transport en utilisant des véhicules de livraison.

**Tableau 3.1 :** Distance en Km entre les grossistes et les centre d'amas trouvés

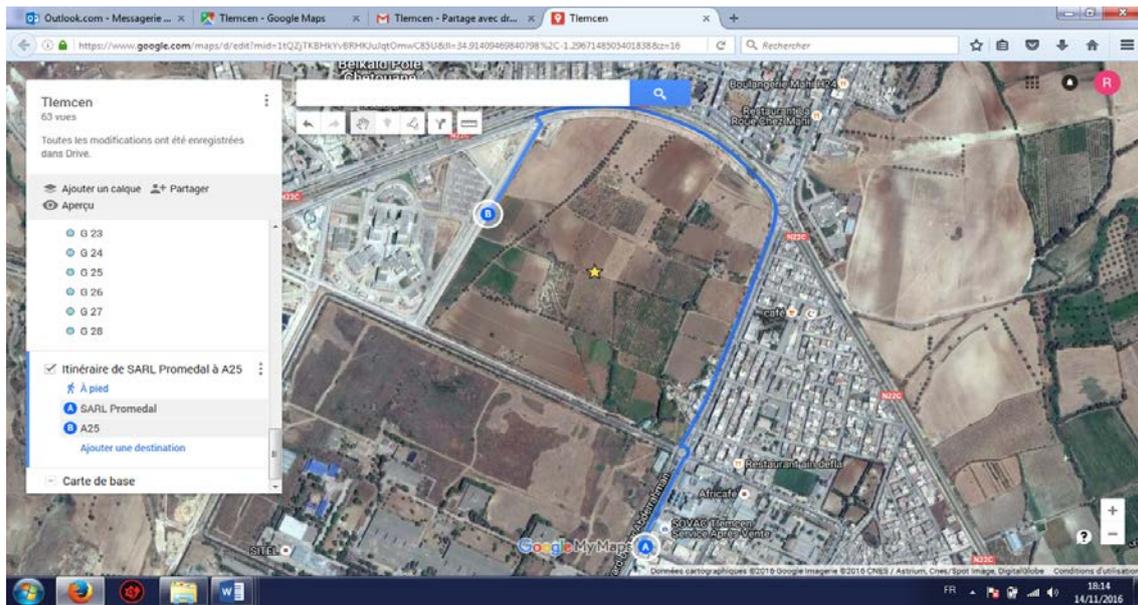
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A12	A14	A21	A22	A23
EURL Med.Santé	0,5	6,2	6,5	2,2	2	7,1	6,7	1,2	2,3	1,3	1	9
BENJECT Industrie	4	5,2	12,1	5,2	3,2	3,4	10,4	4,4	6,2	4,7	4,1	6,1
SARL Niga Pharm	3,7	5,3	12,2	4,9	2,9	3,5	10,5	4,1	2,3	4,4	3,8	6,2
SARL Difapp	2	4,8	5	2,4	2,1	9,1	6,9	2,3	2,9	1,8	2,2	7,6
SARL Général Santé	1,3	6,6	6,6	0,9	2,3	7,5	6	0,75	2,8	0,45	1,5	9,3
SARL Tlemcen Pharm	3	6,1	4,7	2,6	2,9	10,5	3	3,3	3,9	2,5	3,2	8,9
SARL Promedal	4,8	4,5	11,4	6	3,9	2,7	9,8	5,1	3,3	5,4	4,9	5,4
SARL Pasteur Pharm	2	5,2	4,7	2	2	9,5	2,9	1,5	3	1,4	2,2	8
SARL TRANSANTE Pharm	3	6,2	4,7	2,6	2,9	10,5	3	3,3	3,9	2,6	3,2	9
SARL Sidopharm	0,8	6,5	8,2	3,1	1,8	7	8,6	1,5	1,5	1,8	0,5	9,3
SARL TOP MEDICAL	0,8	6,1	5	1,1	1,8	7,1	4,5	0,18	2,3	0,5	1	8,9
SARL PHARMACO	1,5	6,8	6,5	0,75	2,5	7,8	5,9	0,7	3	0,3	1,7	9,6
SARL ZED TLEMEN	3,1	7,2	3,7	2,3	3	11,5	2	2,6	3,8	2,3	3,3	10

SOMEPHARM	0,95	5,2	5,6	2,1	0,7	6,6	7,2	1,3	1,9	1,6	1,2	7,9
Sarl Les roses	2,3	7,7	3,5	1,1	2,8	8,1	2,9	1,6	3,3	1,3	2,5	10,4
Sarl CNR	3,2	6,3	3,2	2,2	3,8	10,6	1,1	2,5	4,3	2,3	3,5	9,1
Sarl Bouhannak	9,4	7,8	1,5	5	9,3	12,1	2,5	5,5	10,4	5,3	9,7	10,6
Sarl Kiffane	7,2	7,7	0,28	4,3	9,2	12	2,4	4,8	6,5	4,6	5,7	10,5
Sarl Centre-ville	1	7	7,7	2,6	2,2	9,1	7,1	2	1,9	2,2	1,1	9,8
Sarl Bel horizon	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

**Tableau 3.2 :** Distance en Km entre les grossistes et les fournisseurs

	Alger	Constantine	Annaba	Sétif	Chlef	Oran
EURL Med.Santé	517	883	1071	769	319	142
BENJECT Industrie	510	877	1065	763	313	145
SARL Niga Pharm	510	877	1065	763	313	145
SARL Difapp	515	881	1070	767	313	141
SARL Général Santé	517	883	1072	769	319	143
SARL Tlemcen Pharm	516	882	1070	768	318	142
SARL Promedal	510	876	1065	762	312	144
SARL Pasteur Pharm	515	882	1070	768	318	141
SARL TRANSANTE Pharm	516	883	1070	768	318	142
SARL Sidopharm	517	883	1072	769	319	143
SARL TOP MEDICAL	516	883	1071	769	319	142
SARL PHARMACO	517	884	1071	769	319	143
SARL ZED TLEMCEM	516	884	1071	769	319	142
SOMEPHARM	516	882	1070	768	318	141
SARL LES ROSES	518	884	1073	770	320	144
SARL CNR	517	884	1072	770	320	143
SARL BOUHANNAK	517	883	1071	769	319	143
SARL KIFFANE	517	883	1071	769	319	143
SARL CENTRE VILLE	517	884	1072	770	320	143
SARL BEL HORIZON	517	884	1073	770	320	143

La figure suivante montre le chemin qu'emprunte une personne du Centre d'amas jusqu'au Grossiste



**Figure 3.5 :** Chemin parcouru entre un centre d'amas et un grossiste

L'optimisation du problème 2 nous a permis de localiser les grossistes dans la grande ville de Tlemcen et de leurs attribuer les centres d'amas.

Les résultats obtenus à partir du problème Z2 sont présentés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 3.3 :** Résultats du problème Z2

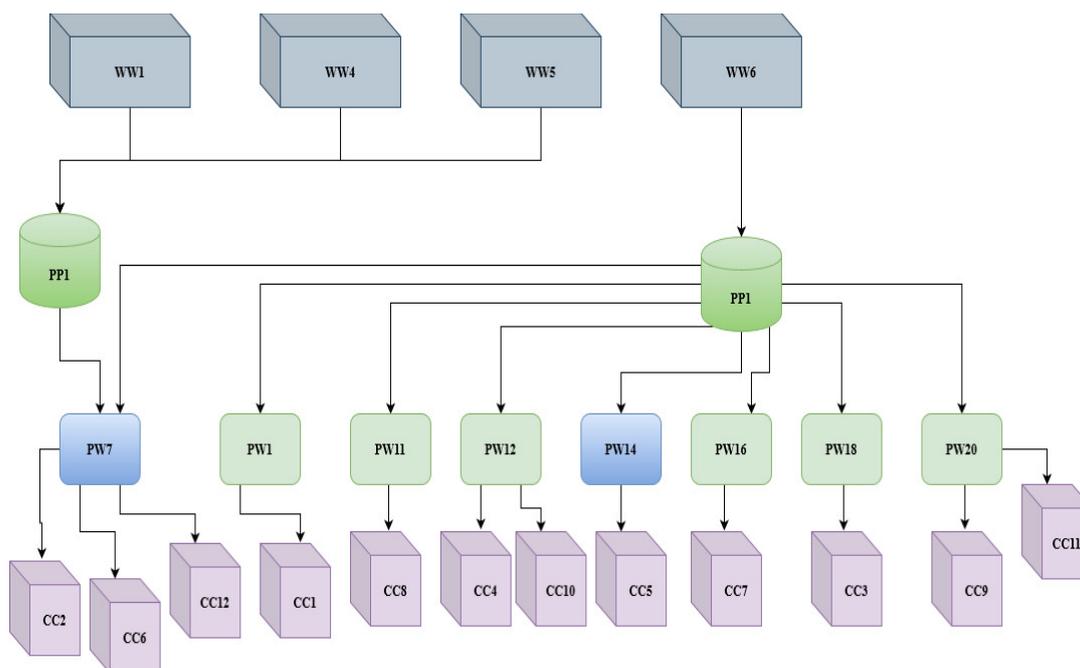
Grossistes candidats	Décision de localisation	Décision de l'affectation	Capacité
1	Opened	A1	9960000
2	Closed	None	0
3	Closed	None	0
4	Closed	None	0
5	Closed	None	0
6	Closed	None	0
7	Opened	A2, A6, A12	28604000
8	Closed	None	0
9	Closed	None	0
10	Closed	None	0
11	Opened	A8	7407000

12	Opened	A4, A10	0
13	Closed	None	0
14	Opened	A5	11997000
15	Closed	None	0
16	Opened	A7	6134000
17	Closed	None	0
18	Opened	A3	11303000
19	Closed	None	0
20	Opened	A9, A11	25091000

Les résultats précédents représentent l'affectation des centres d'amas vers les grossistes-répartiteurs où chaque amas est servi par un seul grossiste.

Nous présentons ci-dessous les schémas explicatifs de la distribution des médicaments, du fournisseur (Laboratoires) jusqu'au centre d'amas :

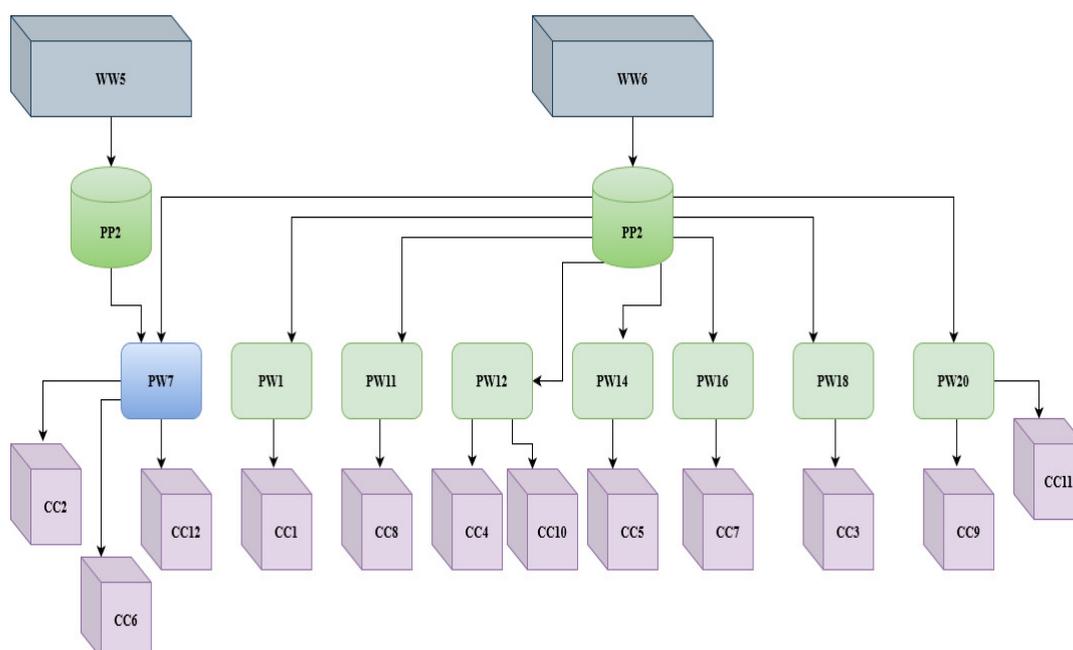
L'optimisation par LINGO12 nous a donné les résultats présentés dans les figures ci-dessous. Dans les figures suivantes, les produits de (PP) sont desservis par les laboratoires (WW) aux Grossistes (PW) qui desservent à leurs tours les Centres Clusters (CC).



**Figure 3.6 :** Distribution du produit pp1

Les fournisseurs WW1, WW4 et WW5 desservent les (PP1) au grossiste (PW7) qui alimente les centres clusters CC2, CC6 et CC12.

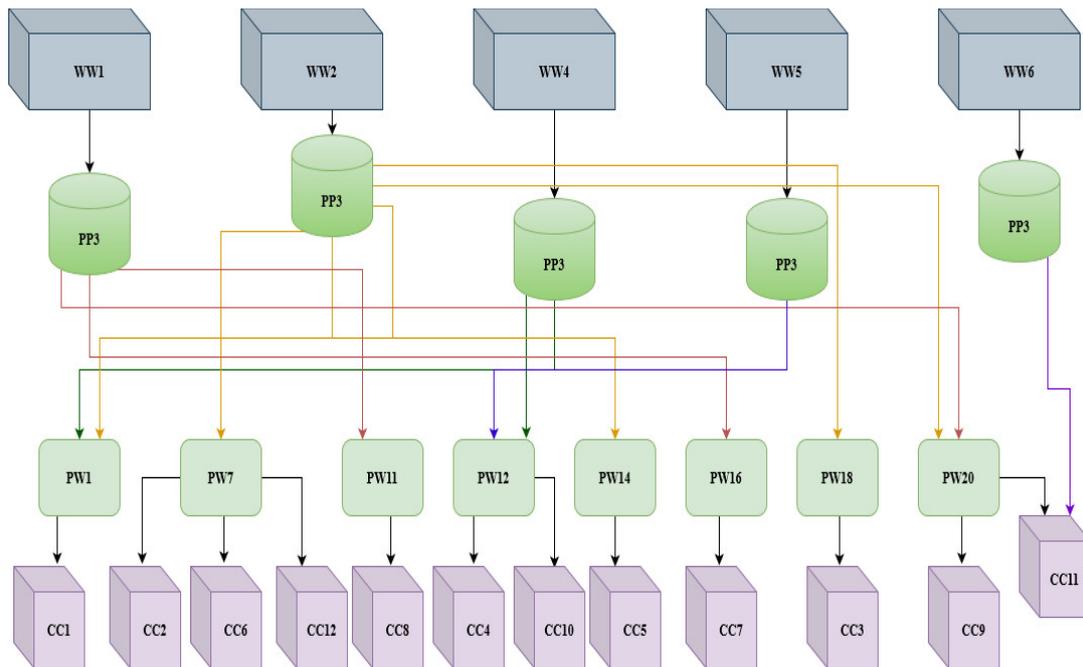
Le fournisseur WW6 dessert les (PP1) aux grossistes PW1 qui alimente le CC1, le PW11 alimente le CC8, le PW12 alimente les centres CC4 et CC10, le PW14 alimente le CC7, le PW16 alimente le CC7, le PW18 alimente le CC3 et le PW20 alimente les centres CC9 et CC11



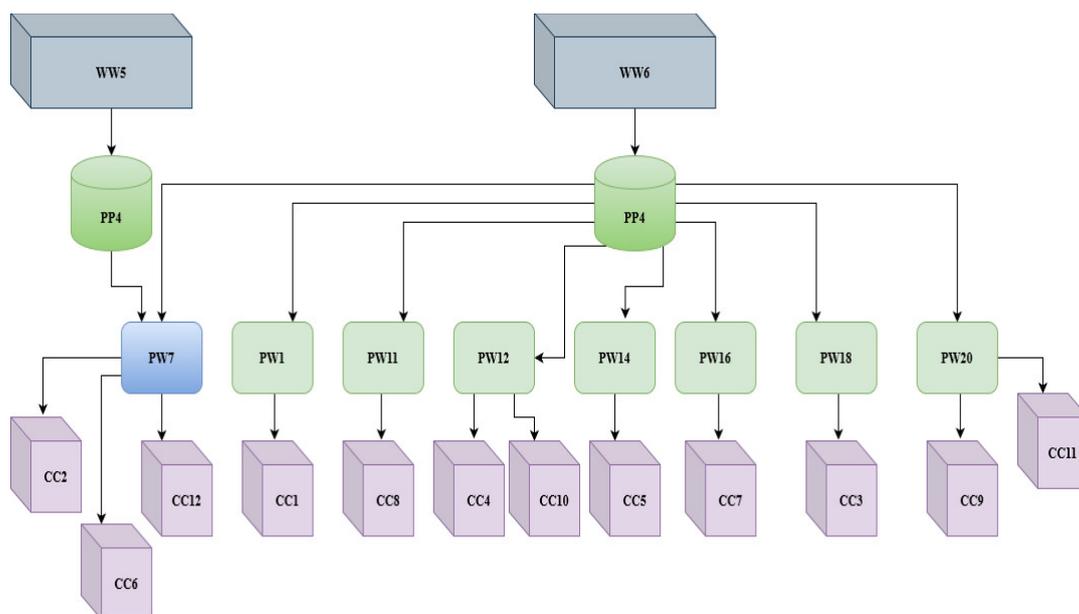
**Figure 3.7** : Distribution du produit pp2

Le grossiste PW2 est alimenté par les fournisseurs WW5 et WW6.

Le fournisseur WW6 dessert les grossistes : PW1, PW11, PW12, PW14, PW16, PW18 et PW20

**Figure 3.8** : Distribution du produit pp3

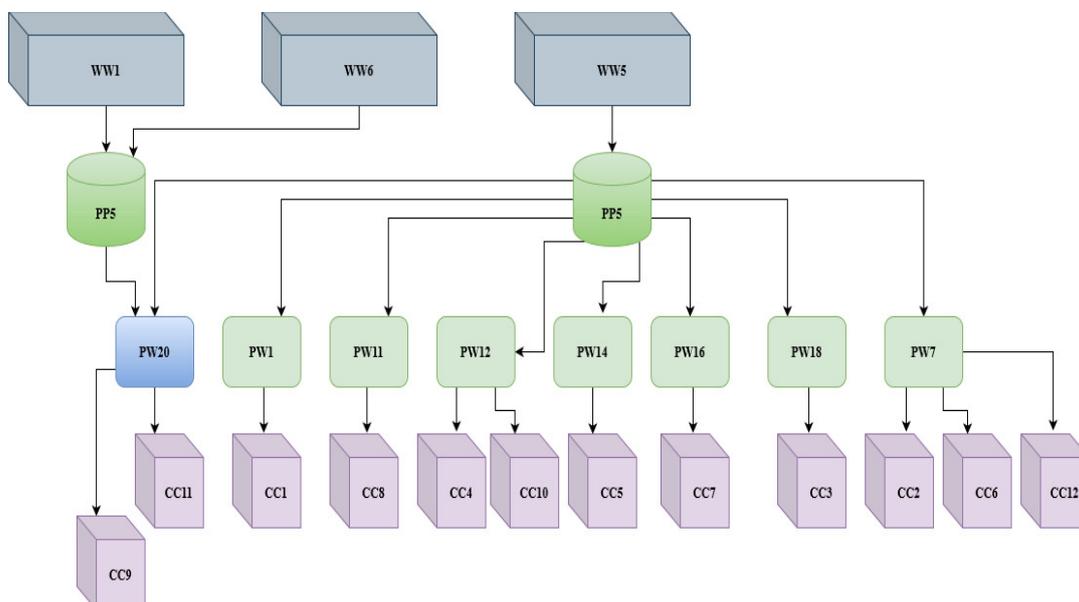
Le produit PP3 est desservi par les fournisseurs ; WW1 qui alimente PP11, PP16 et PP20, le WW2 qui dessert PW1, PW7, PW14, PW18 et PW20, le WW4 alimente le PW12, le WW5 alimente PW1 et PW12, le WW6 dessert le PW20.



**Figure 3.9** : Distribution du produit pp4

Le produit PP4 est desservi par le WW5 au grossiste PW7.

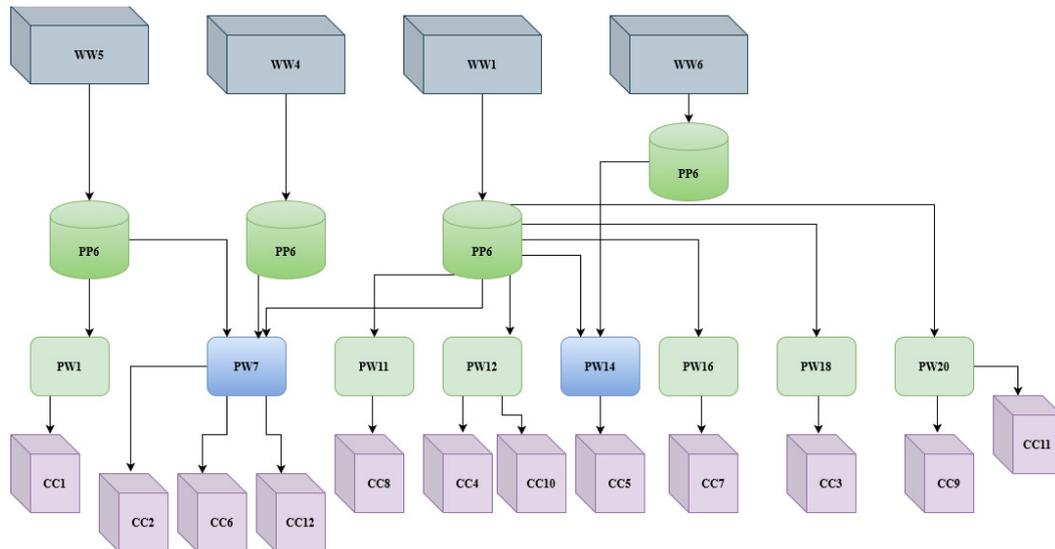
Le Fournisseur WW6 dessert les produits PP4 aux grossistes PW1, PW7, PW11, PW12, PW14, PW18 et PW20.



**Figure 3.10 :** Distribution du produit pp5

Les WW1 et WW6 desservent (PP1) au grossiste PW20.

Les grossistes PW1, PW7, PW11, PW12, PW14, PW16 et PW18 sont desservis par le grossiste WW5.



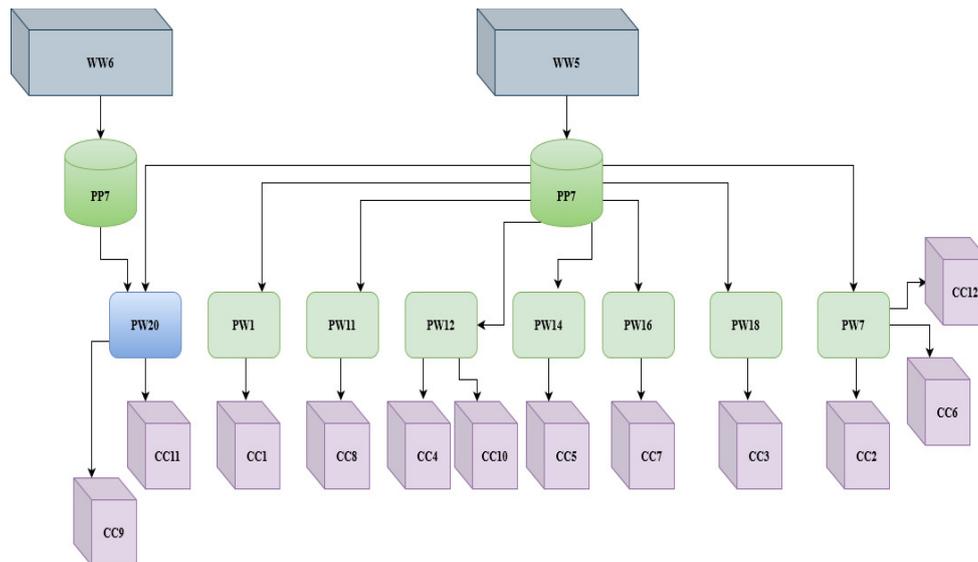
**Figure 3.11 :** Distribution du produit pp6

WW5 alimente le PW1 et PW7.

WW4 alimente PW7.

WW1 alimente les PW7, PW11, PW12, PW14, PW16, PW18 et PW20.

WW6 alimente le PW14.



**Figure 3.12 :** Distribution du produit pp7

Le WW6 alimente PW20.

Le WW5 dessert PW1, PW7, PW11, PW12, PW14, PW16 ET PW18.

Les résultats trouvés représentent la distribution optimale des médicaments dans le secteur étudié (La grande ville de Tlemcen)

### 3.4 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté les problèmes traités ainsi que les méthodes de résolution proposées qui nous ont permis de minimiser les coûts globaux des médicaments. Nous présentons les chaînes que suivent les sept produits proposés initialement du laboratoire jusqu'à l'arrivée au patient. Les résultats obtenus nous offrent une meilleure distribution en fonction des coûts et de distance. Dans le prochain chapitre nous allons proposer d'exploiter les résultats trouvés précédemment dans des réseaux connectés afin de faciliter la vente et l'achat pour le patient et le pharmacien.

# Chapitre 4 :

## Intégration du Cloud Computing et Fog Computing

*« Pour atteindre la vérité, il faut une fois  
dans la vie se défaire de toutes les opinions  
qu'on a reçues, et reconstruire de nouveau  
tout le système de ses connaissances. »*

---

**René Descartes**

## 4.1 Introduction

L'objectif d'un système de santé est la mise en œuvre concrète de la politique de santé, en vue d'améliorer la santé des citoyens. Selon le Rapport sur la Santé de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé), l'Algérie occupe le 45ème rang en termes de niveau de santé, parmi les 191 Etats Membres du classement. Elle est classée au 81ème rang en matière de performance globale du système de santé<sup>1</sup>. Le système de santé est dirigé par le ministre de la Santé, de la population et de la réforme hospitalière (MSPRH). Ce dernier a pour mission de mettre en application le programme d'action du gouvernement. Ce plan d'action adopté en mai 2009 comporte, pour le secteur de la santé ce qui suit :

- ✓ Améliorer la couverture sanitaire ;
- ✓ Améliorer la qualité des prestations ;
- ✓ Prendre en charge les transitions démographique et épidémiologique ;
- ✓ Rationaliser la gestion et promouvoir la coordination avec les autres secteurs.
- ✓ Organismes d'appui logistique : l'Institut Pasteur d'Algérie, la Pharmacie centrale des hôpitaux (PCH) chargé d'assurer l'approvisionnement des structures sanitaire publiques en produits pharmaceutiques (1994);
- ✓ Organismes de formation, de documentation, de recherche et d'information : l'Ecole nationale de santé publique, l'Institut national de pédagogie et de formation paramédicale, les écoles de formation paramédicale et l'Agence nationale de documentation en santé<sup>1</sup>.

La concurrence actuelle entre les entreprises est féroce et chacune essaye d'intégrer les nouvelles technologies dans ses services afin de mieux servir le client. L'entreprise cherche à ce que le client soit connecté et reste au courant de toute son actualité, ce qui a donné naissance à la quatrième révolution industrielle qui a permis de connecter des milliards d'appareils.

Dans le cas des produits pharmaceutiques, nous avons décidé d'utiliser le Cloud Computing et le Fog Computing afin d'assurer une meilleure interconnexion entre les différents maillons de la chaîne logistique pharmaceutiques pour l'obtention d'une satisfaction totale du patient.

## 4.2 Cloud Computing

L'expression « cloud computing » est associée au symbole en forme de nuage représentant parfois l'Internet dans les schémas des réseaux informatiques, elle vient de professionnels anglophones de l'informatique qui cherchaient à nommer les nouveaux systèmes informatiques fonctionnant par l'action conjointe d'éléments disparates réunis indépendamment de leur localisation géographique et de l'infrastructure sous-jacente.

En cloud computing, les entreprises ne se servent plus de leurs serveurs informatiques, mais accèdent à des services en ligne d'une infrastructure gérée par le fournisseur. Les applications et

les données ne se trouvent plus sur l'ordinateur local, mais dans un nuage composé de serveurs distants interconnectés. Compte tenu de la complexité des liaisons réseau et de la multiplicité des intervenants (fournisseur d'accès à Internet, hébergeur, éditeur, distributeur, revendeur). [66]

#### 4.2.1 Domaine d'applications du Cloud

Un serveur est essentiel pour sauvegarder des fichiers et partager des données au sein d'une entreprise. Mais cela peut s'avérer très coûteux en raison de l'installation et de l'entretien régulier. Les grandes entreprises du secteur informatique se sont massivement impliquées dans les activités liées au **cloud computing**, et proposent un éventail de services attendants, espace de stockage alloué, service de messagerie, outils collaboratifs, agilité, disponibilité, productions, RS, CRM, relation client.

Il existe en principe deux sortes de Cloud différents. En utilisant des services de stockage en ligne ou de streaming tels Dropbox ou Amazon Prime, le client acquiert uniquement de l'espace d'enregistrement et un accès aux contenus du Cloud. Il en va autrement quand des utilisateurs veulent se servir de la technologie Cloud directement pour héberger leurs données. Dans ce cas, un fournisseur mettra à disposition un serveur Cloud que le client pourra adapter à son projet informatique. Qu'il s'agisse d'un site Internet ou d'une boutique en ligne, cela n'a pas d'importance. Les ressources du serveur peuvent aussi servir à la gestion et à l'utilisation commune d'applications.

La particularité de l'hébergement Cloud est qu'il fonctionne sans équipement. Contrairement aux formes d'hébergement traditionnelles liées à des serveurs physiques, les processus sont filtrés via un logiciel central et redirigés sur des matériels appropriés. Un composant défectueux peut être remplacé sans problème sans que cela n'entraîne de défaillance du site Internet et du serveur. [67]

#### 4.2.2 Avantage du Cloud

L'abonnement à des services de cloud computing peut permettre à l'entreprise de ne plus avoir à acquérir des actifs informatiques comptabilisés dans le bilan sous forme de dépenses d'investissement et nécessitant une durée d'amortissement. Les dépenses informatiques peuvent être comptabilisées en tant que dépenses de fonctionnement. [68]

La maintenance, la sécurisation et les évolutions des services étant à la charge exclusive du prestataire, dont c'est généralement le cœur de métier, celles-ci ont tendance à être mieux réalisées et plus rapidement que lorsque sous la responsabilité du client (principalement lorsque celui-ci n'est pas une organisation à vocation informatique).

Du point de vue économique, le **cloud computing** est essentiellement une offre commerciale d'abonnement économique à des services externes qui permet plusieurs avantages entre autres :

- L'accessibilité facile aux informations, rentabilité.
- Déploiement rapide, sauvegarde et récupération.
- Intégration automatique du software. [66]

#### 4.2.3 Inconvénient du Cloud

Comme tout autre dispositif le Cloud possède aussi des inconvénients dans plusieurs catégories :

- Les problèmes liés à la connexion internet, le client devient très dépendant de la qualité du réseau qui diminue à force de trop utiliser internet.
- Contrôle et flexibilité limités, dépendance et verrouillage des fournisseurs.
- Augmentation de la vulnérabilité, problème de sécurité à cause de l'utilisation des réseaux public ce qui peut entraîner des violations de confidentialité. [66]

#### 4.3 Fog computing

On désigne par « fog computing » une technologie cloud dans laquelle les données générées par les terminaux ne sont pas directement téléchargées dans le cloud, mais sont au préalable prétraitées dans des mini-centres de calcul décentralisés. Le concept inclut une structure réseau qui s'étend des points les plus périphériques du réseau, où les données sont générées par des dispositifs et objets connectés, jusqu'au terminal de données central dans le cloud public ou dans un centre de données privé (cloud privé).

Le Fog computing offre des services hébergés similaires au Cloud computing, comme des ressources de traitement, des espaces de stockage ou des applications, géographiquement à proximité des réseaux locaux. Alors que le Cloud traite un très grand nombre de données, le Fog computing est composé de très nombreux Cloud de proximité, afin d'éviter une gestion et un traitement d'un tel nombre de données par une seule entité.

Le Fog ne va pas avoir besoin de recourir au Cloud ou à un Data center, ce qui va permettre une réduction du temps de gestion des données et une amélioration de la qualité du service rendu. De plus ces données ne remontent pas sur le Cloud, le réseau de ce dernier s'en trouvera fortement soulagé. On peut considérer que le Fog est la strate inférieure du Cloud Computing et ce dernier est d'ailleurs considéré comme le Cloud des objets connectés. [66]

##### 4.3.1 Domaine d'applications du Fog

Nouveau, croître en même temps que les objets connectés donc il implique une facilité dans l'utilisation des applications dans le domaine des véhicules connectés ou du suivi médical par

exemple. Différentes infrastructures qui composent notre environnement sont envisagées pour les faire connectées.

Le Fog computing offre donc des services déjà existants avec plus de fluidité, stabilité et rapidité, tout en bénéficiant d'une meilleure sécurité.

L'usine intelligente est loin d'être le seul domaine où le fog computing peut aider à alléger cette charge. D'autres projets futurs, tels que les voitures connectées (voitures semi-autonomes ou autonomes) ou la ville en réseau dotée de réseaux de distribution intelligents, nécessitent une analyse des données en temps réel. Cela ne peut pas être mis en œuvre avec le cloud computing classique. Par exemple, un véhicule intelligent collecte des données sur l'environnement, les conditions de conduite et les conditions de circulation, qui doivent être évaluées sans latence afin que les réactions à des incidents imprévisibles puissent également être prises en temps voulu. Dans un tel scénario, le fog computing permet le traitement des données du véhicule aussi bien à bord du véhicule que chez le fournisseur de service. [69]

#### 4.3.2 Avantage du Fog

Le fog computing offre des solutions à divers problèmes des infrastructures informatiques de type cloud. L'accent est mis sur les approches qui promettent des voies de communication courtes et minimisent le téléchargement vers le cloud.

- Moins de trafic réseau : le fog computing réduit le trafic entre les dispositifs IdO et le cloud.
- Réduction des coûts liés à l'utilisation de réseaux tiers : les opérateurs de réseau font payer cher le téléchargement rapide vers le cloud ; une partie de ces coûts peut être économisée grâce au fog computing.
- Disponibilité hors ligne : les appareils IdO sont également disponibles hors ligne quand ils sont intégrés dans une architecture de fog computing.
- Latence réduite : le fog computing raccourcit les voies de communication et accélère ainsi les processus automatisés d'analyse et de décision.
- Sécurité des données : quand on a recours au fog computing, le prétraitement des données de l'appareil a lieu sur le réseau local. Cela permet une implémentation dans laquelle les données sensibles restent dans l'entreprise ou peuvent être cryptées ou rendues anonymes avant d'être téléchargées sur le cloud. [67]

#### 4.3.3 Inconvénient du Fog

Le traitement décentralisé en périphérie du réseau présente également des inconvénients. Ceux-ci sont avant tout le fait des coûts de maintenance et d'administration d'un système distribué.

- Coûts de matériel plus élevés : les terminaux et capteurs IdO de l'architecture fog computing doivent être équipés d'une unité de traitement supplémentaire pour permettre le traitement de données local et la communication entre appareils.
- Faible protection contre les pannes ou les abus : les entreprises qui ont recours au fog computing doivent équiper les appareils et les capteurs IdO de contrôleurs situés à la périphérie du réseau, p.ex. Dans des installations de production qui sont difficiles à protéger contre les défaillances ou une mauvaise utilisation.
- Augmentation des besoins de maintenance : le traitement décentralisé des données implique des besoins accrus de maintenance. La raison en est que les contrôleurs et les éléments de stockage sont répartis sur l'ensemble du réseau et que, contrairement aux solutions cloud, ils ne peuvent être ni maintenus ni administrés de manière centralisée.
- Défis supplémentaires en sécurité réseau : le fog computing est sensible aux attaques de type « homme du milieu » (ou intercepteur) [67]

#### 4.4 Comparaison entre le Cloud computing et le Fog computing

Le Fog computing et le Cloud computing sont presque similaires, une petite différence en quelques paramètres est mentionnée sur le tableau ci-dessous :

**Tableau 4.1** : Tableau présentant la différence entre le Cloud et le Fog [69]

Propriétés	Cloud	Fog
Emplacement des nœuds de serveur	Sur internet	Au bord du réseau local
Distance entre le client et le serveur	Plusieurs étapes	Une seule étape
Latence	Elevée	Basse
Retard de la gigue	Elevée	Très basse
Sécurité	Pas très sûre	Plus sûre, définie
Sensibilisation à l'emplacement	Non	Oui
Vulnérabilité	Haute probabilité	Basse probabilité
Distribution géographique	Centralisée	Distribué
Nombre de nœuds de serveur	Petit nombre	Très grand
Interactions en temps réel	Pris en charge confirmé	Prise en charge
Type de connectivité dernier km	Ligne louée	Sans fil
Mobilité	Support limité	Prise en charge

Le Fog computing est l'extension de Cloud avec quelques fonctionnalités supplémentaires pour le fournisseur de service et l'utilisateur final.

Le Fog ne remplace pas le Cloud. Les limites du Cloud sont la cause de la naissance du Fog. Il offre de meilleures solutions aux opérateurs et une meilleure qualité de service aux applications.

#### **4.5 La carte Chifa**

Carte Chifa est la carte d'assurance maladie de la sécurité sociale en Algérie, est une carte à puce au format ID1 souvent utilisé pour les cartes bancaires (cartes de crédit, cartes de débit, cartes de retrait, etc.). Ce format est également plébiscité pour les cartes de fidélité et plus généralement les cartes de visite. La carte permet de justifier les droits du titulaire de la carte (ou de ses ayants droit, mineurs ou conjoint) à la couverture par un organisme de sécurité sociale des dépenses de santé en Algérie. Cette carte, identique pour tous les régimes obligatoires et utilisable seulement en Algérie

Elle contient les informations suivantes :

1. les données visibles mentionnées ci-dessus ainsi que la période de validité de la carte, le nom de famille du titulaire s'il diffère du nom d'usage, ses autres prénoms le cas échéant, sa date de naissance, son adresse et la photographie numérisée identique à celle figurant sur la carte,
2. les données relatives aux droits aux prestations en nature au regard d'un régime de base d'assurance maladie,
3. les données relatives au choix du médecin traitant du titulaire de la carte,

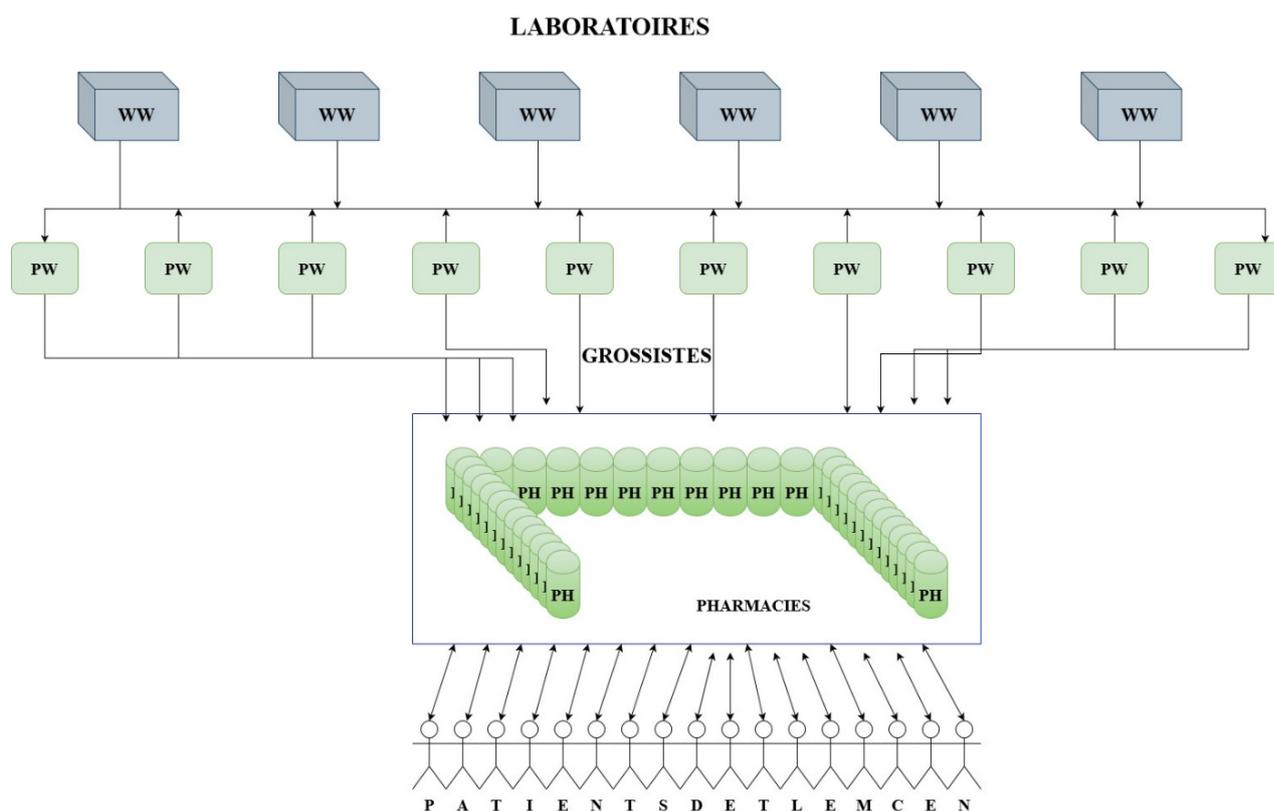
#### **4.6 Proposition d'amélioration :**

Notre problématique concerne la requête d'un médicament par un patient en utilisant des méthodes technologiques modernes. Le travail que nous allons faire consiste à communiquer les informations nécessaires au patient afin de l'apaiser et de le satisfaire d'une façon générale. Pour ce faire, il faudrait relier le médecin et le patient au pharmacien sur la base informatique afin de diminuer les risques d'erreur et d'améliorer la capacité des officines à orienter les patients d'une meilleure façon. Tout ce travail sera accompli sur un réseau et pourrait même être exploité par une application tierce sur smartphone ou autre dispositif de communication.

Pour l'amélioration de notre système nous nous basons sur la possession des informations sur les disponibilités des médicaments et sur les positions des pharmacies, des centres d'amas, des grossistes et des laboratoires pour une meilleure optimisation. Pour ce faire, nous allons proposer une structure qui permet de chercher les médicaments prescrits par le médecin et de les trouver instantanément avec leurs adresses et c'est au patient de choisir la pharmacie la plus intéressante en fonction de ses besoins. Nous allons appliquer cette proposition dans les futurs travaux de recherche afin de mieux exploiter les résultats trouvés précédemment pour tester son efficacité afin de pouvoir le proposer aux services concernés.

## 4.7 Intégration du Cloud computing et du Fog computing dans notre problème

La distribution actuelle des médicaments se fait d'une manière aléatoire. Chaque pharmacie contacte le grossiste pour passer une commande de médicaments sans étudier la distance et la capacité. Il arrive qu'un pharmacien appelle tous les grossistes-répartiteurs pour trouver celui qui possède le médicament voulu, ceci est appliqué pour tous les médicaments en rupture dans toutes les officines (Voir figure 4.1).



**Figure 4.1** : Schéma explicatif sur la chaîne de distribution actuelle

L'objectif principal dans l'intégration du Cloud Computing est que toutes les informations que nous avons obtenues précédemment seront intégrées dans le cloud computing, où ces

informations seront utilisées par le patient pour l'orienter vers le pharmacien le plus proche, pour obtenir ses médicaments complets et dans les plus brefs délais (voir figure 4.2).

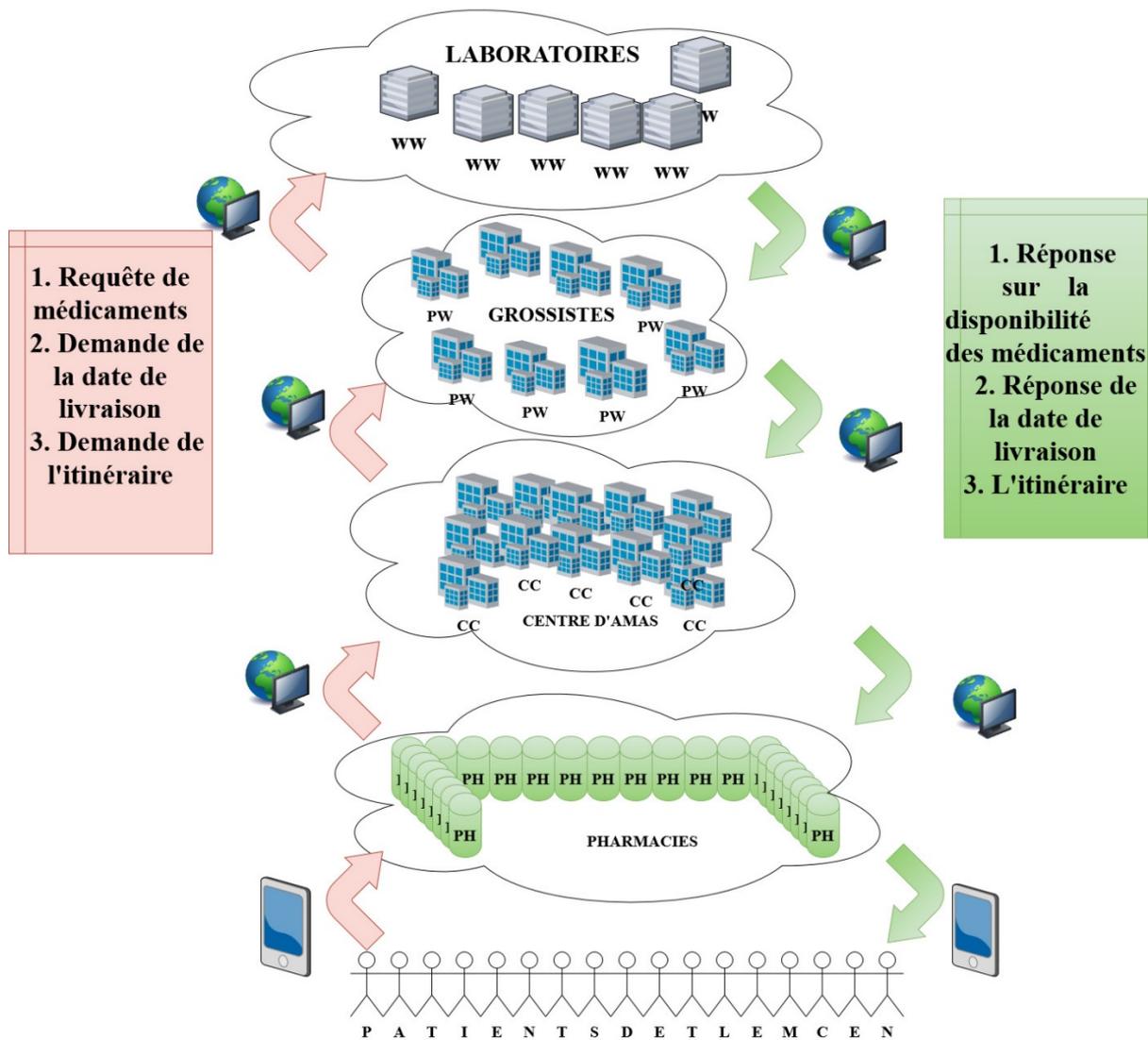


Figure 4.2 : Modèle de l'intégration du Cloud et Fog Computing

Nous avons l'intention d'offrir de meilleures solutions en intégrant de nouvelles technologies telles que le cloud et le Fog computing. Sur notre cloud computing, nous enregistrerons de grandes informations ; la disponibilité des médicaments dans n'importe quel grossiste distributeur du pays afin que nous puissions commencer à fabriquer des médicaments presque consommés pour éviter les gaspillages et les pénuries. Concernant le lien entre patients, pharmacies et grossistes, cela se fait par le Fog Computing afin de ne pas encombrer le Cloud. Le brouillard est donc un réseau local reliant le patient, le médecin et le pharmacien afin de vérifier la disponibilité des médicaments en pharmacie et vice versa. [70]

**Intégration du Cloud computing (Centralisation) :**

- La capacité des fournisseurs
- Les commandes des grossistes
- Stocks
- Produits en rupture...

**Intégration du FOG computing (Données locales) :**

- Capacité des grossistes
- Commande des officines.
- Demandes des patients...

**4.8 Conclusion :**

Cette proposition permet au patient de trouver le bon médicament au bon moment en empruntant le plus court chemin et à moindre coût, et aux fournisseurs de savoir les médicaments les plus consommés et dans quelle région. Ça nous permettra d'optimiser le temps de recherche de médicament, de réduire les coûts de transport des patients, les coûts de stockage des médicaments et les coûts du gâchis. Cette solution permettra par la suite d'éviter les pénuries grâce à la mise à jour des informations de disponibilité instantanée.



# Conclusion générale et perspective

Le secteur de la santé, plus précisément le secteur pharmaceutique est lié directement à la santé qui représente la vie de l'individu et touche beaucoup de domaine en parallèle ; l'économie est le deuxième secteur visé. Pour cette raison que ce domaine prend une ampleur dans l'industrie mondiale et plusieurs recherches sont faites pour résoudre la plupart des problèmes rencontrés.

Dans cette thèse, nous avons considéré les problèmes de localisation optimale ; pour ce faire nous avons pris connaissance du secteur étudié. Les quantités demandées sont connues avec leurs emplacements géographiques. Les modèles proposés dans cette thèse donnent des solutions précises au problème de la disponibilité des médicaments dans la ville de Tlemcen ce qui est le principal objectif de la première partie.

Le choix de la localisation géographique des sites est très important car on doit prendre en considération les coûts d'implantation tout en gardant une meilleure rentabilité future. Les modèles proposés dans cette étape offre une amélioration par rapport à la chaîne de distribution actuelle malgré les problèmes rencontrés lors de son application.

L'objectif principal dans cette recherche est de reconfigurer le réseau de production et de distribution des produits pharmaceutiques dans la ville de Tlemcen.

Dans cette thèse, nous avons proposé une nouvelle organisation de la chaîne logistique pharmaceutique dans la grande ville de Tlemcen. Un réseau pharmaceutique qui semble mieux fonctionner que le réseau existant. Nous avons utilisé un modèle mathématique d'optimisations qui se compose de deux niveaux. Le premier, consiste à regrouper les détaillants en amas de clients. Nous avons proposé d'ouvrir des centres d'amas à capacité connue égale à 14000000 DA par jour, les résultats que nous avons trouvés ont respecté toutes les contraintes du problème. Le modèle du problème 1, donne une décision importante, c'est d'ouvrir 12 amas de clients parmi 23 amas candidats. Les amas qui ne sont pas chargés nous aident à orienter les nouvelles pharmacies vers le centre d'amas le plus proche et le moins chargé afin de garder une bonne répartition et un bon réseau de distribution.

Le deuxième est de localiser les grossistes et les affecter aux amas de clients ainsi qu'affecter les grossistes aux laboratoires sélectionnés pour l'approvisionnement. L'optimisation du problème 2, nous a permis d'ouvrir 08 grossistes parmi 20 grossistes candidats ainsi que l'affectation des grossistes aux laboratoires sélectionnés et l'affectation des différents amas de clients aux grossistes localisés.

Le modèle proposé du Fog et du Cloud Computing est très intéressant et facilite la recherche des médicaments par le patient et évite les erreurs médicales de lecture des ordonnances vu que tout est prescrit sur la carte du patient.

Les bons résultats obtenus, seront soumis aux intérêts particuliers dans les directions de la santé afin d'être activés 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 centre du gâchis afin de mieux gérer les produits à date de péremption proche.
- Proposer un modèle avec des sous-traitants dans le cas où l'offre est supérieure à la demande.
- Appliquer d'autres méthodes de résolutions telles que les heuristiques et métaheuristiques pour des cas où la taille est importante.
- Proposer un modèle d'application sur smartphone pour pouvoir se connecter directement au Cloud pour avoir les résultats demandés rapidement et à moindre coûts.
- Proposer un modèle de chaîne logistique pharmaceutique inverse

# Bibliographie

- [1] Boulghorba,S. Ait Ahmed,L, (2011). Les déficiences mettent en péril le système de santé publique (<https://www.djazairss.com/fr/elwatan/306979> ed.). EL WATAN
- [2] SNOUSSI, Zoulikha, and Mohamed ZOUANTI. "L'explosion des dépenses de santé en Algérie, déterminer les raisons pour contenir le problème." *cinquante ans d'expériences de développement Etat-Economie-Société* (2012).
- [3] Sazvar, Zeinab, et al. "A bi-objective stochastic programming model for a centralized green supply chain with deteriorating products." *International Journal of Production Economics* 150 (2014): 140-154.
- [4] Settanni, Ettore, Tomás Seosamh Harrington, and Jagjit Singh Srari. "Pharmaceutical supply chain models: A synthesis from a systems view of operations research." *Operations Research Perspectives* 4 (2017): 74-95.
- [5] Chen, Jen-Ming, Liang-Tu Chen, and Jun-Der Leu. "Developing optimization models for cross-functional decision-making: integrating marketing and production planning." *OR Spectrum* 28.2 (2006): 223-240.
- [6] Mousazadeh, Mohammad, S. Ali Torabi, and Behzad Zahiri. "A robust possibilistic programming approach for pharmaceutical supply chain network design." *Computers & Chemical Engineering* 82 (2015): 115-128.
- [7] Venayre, Florent. "Audition du président de l'Autorité de la concurrence: confirmation du dynamisme de l'action outre-mer et premiers effets de la loi REOM." (2014).
- [8] K. C. Tan, *Framework of supply chain management literature*, *European Journal of Purchasing and Supply Management*, 7, 39-48 (2001).
- [9] Lummus, Rhonda R., and Robert J. Vokurka. "Defining supply chain management: a historical perspective and practical guidelines." *Industrial Management & Data Systems* 99.1 (1999): 11-17.
- [10] Cooper, Martha C., Douglas M. Lambert, and Janus D. Pagh. "Supply chain management: more than a new name for logistics." *The international journal of logistics management* 8.1 (1997): 1-14.

- 
- [11] 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).
- [12] Gavirneni, Srinagesh, Roman Kapuscinski, and Sridhar Tayur. "Value of information in capacitated supply chains." *Management science* 45.1 (1999): 16-24.
- [13] Lee, Hau L., and Corey Billington. "Material management in decentralized supply chains." *Operations research* 41.5 (1993): 835-847.
- [14] New, Stephen J. "The scope of supply chain management research." *Supply Chain Management: An International Journal* 2.1 (1997): 15-22.
- [15] Croom, Simon, Pietro Romano, and Mihalis Giannakis. "Supply chain management: an analytical framework for critical literature review." *European journal of purchasing & supply management* 6.1 (2000): 67-83.
- [16] Thomas, Douglas J., and Paul M. Griffin. "Coordinated supply chain management." *European journal of operational research* 94.1 (1996): 1-15.
- [17] Simchi-Levi, David, and Yao Zhao. "The value of information sharing in a two-stage supply chain with production capacity constraints." *Naval Research Logistics (NRL)* 50.8 (2003): 888-916.
- [18] Ouzizi, L. Planification par négociation dans un système de décision semi-distribué pour une entreprise en réseau. Diss. Thèse de l'Université de Metz, 2005.
- [19] Barbarosoglu, Gulay, and Tulin Yazgac. "An application of the analytic hierarchy process to the supplier selection problem." *Production and inventory management journal* 38.1 (1997): 14.
- [20] Lakhal, Salem, et al. "On the optimization of supply chain networking decisions." *European journal of operational research* 129.2 (2001): 259-270.
- [21] Hakimi, S. Louis. "Optimum locations of switching centers and the absolute centers and medians of a graph." *Operations research* 12.3 (1964): 450-459.
- [22] Johnson, David S., and Michael R. Garey. *Computers and intractability: A guide to the theory of NP-completeness*. WH Freeman, 1979.
- [23] Maranzana, F. E. "On the location of supply points to minimize transport costs." *Journal of the Operational Research Society* 15.3 (1964): 261-270.

- 
- [24] Teitz, Michael B., and Polly Bart. "Heuristic methods for estimating the generalized vertex median of a weighted graph." *Operations research* 16.5 (1968): 955-961.
- [25] Efronymson, M. A., and T. L. Ray. "A branch-bound algorithm for plant location." *Operations Research* 14.3 (1966): 361-368.
- [26] Järvinen, Pertti, Jaakko Rajala, and Heikki Sinervo. "A branch-and-bound algorithm for seeking the p-median." *Operations Research* 20.1 (1972): 173-178.
- [27] Toregas, Constantine, et al. "The location of emergency service facilities." *Operations research* 19.6 (1971): 1363-1373.
- [28] Garfinkel, Robert S. *Integer programming*. No. 04; T57. 7, G3.. 1972.
- [29] Feo, Thomas A., Mauricio GC Resende, and Stuart H. Smith. "A greedy randomized adaptive search procedure for maximum independent set." *Operations Research* 42.5 (1994): 860-878.
- [30] White, John A., and Kenneth E. Case. "On covering problems and the central facilities location problem." *Geographical Analysis* 6.3 (1974): 281-294.
- [31] Schilling, David A. "A review of covering problems in facility location." *Location Science* 1 (1993): 25-55.
- [32] Church, Richard, and Charles R. Velle. "The maximal covering location problem." *Papers in regional science* 32.1 (1974): 101-118.
- [33] Church, Richard L., and Charles S. ReVelle. "Theoretical and computational links between the p-median, location set-covering, and the maximal covering location problem." *Geographical Analysis* 8.4 (1976): 406-415.
- [34] Church, Richard L., and Michael E. Meadows. "Location modeling utilizing maximum service distance criteria." *Geographical Analysis* 11.4 (1979): 358-373.
- [35] Hakimi, S. Louis. "Optimum locations of switching centers and the absolute centers and medians of a graph." *Operations research* 12.3 (1964): 450-459.
- [36] Minieka, Edward. "The m-center problem." *Siam Review* 12.1 (1970): 138-139.
- [37] Tansel, Barbaros C., Richard L. Francis, and Timothy J. Lowe. "A biobjective multifacility minimax location problem on a tree network." *Transportation Science* 16.4 (1982): 407-429.
- [38] Kariv, Oded, and S. Louis Hakimi. "An algorithmic approach to network location problems. I: The p-centers." *SIAM Journal on Applied Mathematics* 37.3 (1979): 513-538.

- 
- [39] DASKIN, MS. "Network and Discrete Location: Models." *Algorithms and Applications*. (1995).
- [40] Geoffrion, Arthur M. "Lagrangean relaxation for integer programming." *Approaches to integer programming*. Springer, Berlin, Heidelberg, 1974. 82-114.
- [41] GALVAO, ROBERTO DIEGUEZ. "The use of Lagrangean relaxation in the solution of uncapacitated facility location problems." *Computers & Operations Research* (1993).
- [42] Hansen, Pierre, and Nenad Mladenović. "Variable neighborhood search for the p-median." *Location Science* 5.4 (1997): 207-226.
- [43] Al-Sultan, Khaled S., and Mohammad Abdulrahman Al-Fawzan. "A tabu search approach to the uncapacitated facility location problem." *Annals of Operations Research* 86 (1999): 91-103.
- [44] Balinski, Michel L. "Fixed-cost transportation problems." *Naval Research Logistics Quarterly* 8.1 (1961): 41-54.
- [45] Manne, Alan S. "Capacity expansion and probabilistic growth." *Econometrica: Journal of the Econometric Society* (1961): 632-649.
- [46] Efroymson, M. A. "TL Ray: A Branch-Bound Algorithm for Plant Location." *Operations Research* 14.1 (1966): 9.
- [47] Spielberg, Kurt. "Algorithms for the simple plant-location problem with some side conditions." *Operations Research* 17.1 (1969): 85-111.
- [48] Sridharan, Ramaswami. "The capacitated plant location problem." *European Journal of Operational Research* 87.2 (1995): 203-213.
- [49] Klinecicz, John G., and Hanan Luss. "A Lagrangian relaxation heuristic for capacitated facility location with single-source constraints." *Journal of the Operational Research Society* 37.5 (1986): 495-500.
- [50] Pirkul, Hasan. "Efficient algorithms for the capacitated concentrator location problem." *Computers & Operations Research* 14.3 (1987): 197-208.
- [51] Aikens, Charles H. "Facility location models for distribution planning." *European journal of operational research* 22.3 (1985): 263-279.
- [52] Geoffrion, Arthur M., and Richard F. Powers. "Twenty years of strategic distribution system design: An evolutionary perspective." *Interfaces* 25.5 (1995): 105-127.

- 
- [53] Snyder, Lawrence V. "Facility location under uncertainty: a review." *IIE transactions* 38.7 (2006): 547-564.
- [54] Guinet, Alain. "Multi-site planning: A transshipment problem." *International Journal of production economics* 74.1-3 (2001): 21-32.
- [55] Mirdamadi, Samieh. Modélisation du processus de pilotage d'un atelier en temps réel à l'aide de la simulation en ligne couplée à l'exécution. Diss. 2009.
- [56] P. Lorino, La gestion par les activités dans évaluer pour évoluer, Séminaire AFGI octobre (1992).
- [57] Méléze, J. "L'analyse modulaire des systèmes de gestion, une méthode efficace pour appliquer la théorie des systèmes au management, Puteaux, Ed." *Hommes et techniques, Paris* (1972).
- [58] Les systèmes de décision dans les organisations. Presses universitaires de France, 1974.
- [59] P. Lorino, Méthodes et pratiques de la performance le guide du pilotage, Editions d'organisation, 512 (1997).
- [60] A.C.Augusto, N.LuizAntonio, *Clustering search algorithm for the capacitated centered clustering problem*, Computers et Operations Research, **37** 552 – 558 (2010).
- [61] 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).
- [62] C. Prodhon, *Le problème de localisation-routage*, Thèse de doctorat, Université de Technologie de Troyes, France (2006).
- [63] 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).
- [64] 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 Vrlaine Metz (2007).
- [65] P. Mirchandani and R. Francis, *Discrete Location Theory*, John Wiley Sons New York (1990).
- [66] Saharan, K. P., and Anuj Kumar. "Fog in comparison to cloud: A survey." *International Journal of Computer Applications* 122.3 (2015).

- [67] More, Pranali. "Review of implementing fog computing." *International Journal of Research in Engineering and Technology* 4.06 (2015): 335-338.
- [68] Tiwari, Animesh, and Megha Jain. "Analysis of supply chain management in cloud computing." *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering* 3.5 (2013): 152-155.
- [69] Firdhous, Mohamed, Osman Ghazali, and Suhaidi Hassan. "Fog computing: Will it be the future of cloud computing?" *The Third International Conference on Informatics & Applications (ICIA2014)*, 2014.
- [70] R. Boukli, F. Boudahri, and H. Betaouaf. "Optimal Design Of Pharmaceuticals Supply Chain" *Journal Of Fundamental and Applied Sciences*, 12.1 (2020): 115-132.

# Résumé

L'étude de la réorganisation d'une chaîne logistique pharmaceutique à deux niveaux appliqués à la distribution des produits pharmaceutiques dans la ville de Tlemcen (Algérie). Ce réseau est constitué de trois partenaires ; les fournisseurs (Laboratoires), les grossistes et les détaillants (Pharmacies). Les détaillants effectuent des commandes près des grossistes avec des quantités précises et pour des dates de livraisons souhaitées. La première étape de ce travail, consiste à regrouper les pharmacies les plus proches en distance en utilisant le modèle CCCP (capacitated centered clustering problem) pour définir l'ensemble des officines de la ville de Tlemcen. Pour ce faire, nous avons utilisé Google Maps pour positionner les pharmacies des trois communes de cette ville. Dans la deuxième étape, nous traitons le problème de localisation/allocation des grossistes par le modèle déterministe à deux niveaux avec une capacité déterminée. Cette optimisation nous a permis de localiser les grossistes ainsi que l'affectation des grossistes aux laboratoires et l'affectation des différents amas de clients aux grossistes localisés. L'objectif est de minimiser le nombre de grossistes ouverts et le coût de transport entre les laboratoires et les grossistes ainsi qu'entre les grossistes et les détaillants en respectant la capacité des grossistes. Pour la troisième étape, nous proposons d'intégrer la technologie du Cloud Computing pour une meilleure traçabilité et un meilleur rendement. 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, produits pharmaceutiques, conception, optimisation, localisation-allocation, Cloud Computing.

# Abstract

The study of the reorganization of a two-tier pharmaceutical supply chain applied to the distribution of pharmaceutical products in the city of Tlemcen (Algeria). This network consists of three partners; suppliers (Laboratories), wholesalers and retailers (Pharmacies). Retailers place orders near wholesalers with specific quantities and for desired delivery dates. The first step in this work is to group the closest pharmacies by distance using the CCCP (capacitated centered clustering problem) model to define all the pharmacies in the city of Tlemcen. To do this, we used Google Maps to position the pharmacies of the three municipalities of this city. In the second step, we deal with the problem of localization / allocation of wholesalers by the two-level deterministic model with a determined capacity. This optimization allowed us to locate wholesalers as well as the assignment of wholesalers to laboratories and the assignment of different clusters of customers to localized wholesalers. The objective is to minimize the number of open wholesalers and the cost of transportation between laboratories and wholesalers as well as between wholesalers and retailers while respecting the capacity of wholesalers. For the third step, we propose to integrate Cloud Computing technology for better traceability and better performance. We are using the LINGO 12 optimization software to solve this problem, which has been broken down into several sub-problems, and the resolution will be sequential to each other.

## **Keywords:**

Supply chain, pharmaceuticals products, design, optimization, location-allocation, Cloud Computing.