

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abou Bekr Belkaid – Tlemcen
Faculté de Technologie
Département de Génie Electrique et Electronique
Filière du Génie Industriel



Projet de fin d'études

Master en Génie Industriel
Intitulé :

Optimisation de la stratégie de collecte du sang pour une chaîne logistique hospitalière.

- Chadli Faïda
- Hireche Dina

Devant le jury :

| | | |
|--|------------------------------|---------------------|
| M. BELKAID Fayçal | MCA-Université de Tlemcen | Président |
| Mme. TRIQUI-SARI Lamia | MCB-Université de Tlemcen | Encadrant |
| M.BENNEKROUF Mohammed | MCB-ESSA- Tlemcen | Co-Encadrant |
| Mme. BENSMAINE- MENADJILIYA Nardjes | MCB-Université de Tlemcen | Examinatrice |

REMERCIEMENT

Tout d'abord nous remercions ALLAH le plus puissant de nous avoir donné la force et le courage pour finir ce modeste travail.

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui nous voudrions témoigner toute notre reconnaissance. Et particulièrement

Madame **TRIQUI-SARI Lamia** pour son encadrement, ses conseils, sa gentillesse, et pour les précieuses informations qu'il nous a prodiguées avec intérêt et compréhension.

Monsieur **BENNEKROUF Mohammed** pour le temps qu'il a consacré et leurs suivis et pour son énorme soutien qu'il n'a cessé de nous prodiguer durant tout notre travail, nous le remercions aussi pour avoir eu la patience de répondre à nos innombrables questions.

Monsieur **BELKAID Fayçal** pour nous avoir fait l'honneur de présider ce jury.

Madame **BENSMACHINE-MENADJILIYA Nardjes** pour avoir accepté d'examiner et juger ce travail.

Nous désirons aussi remercier tous les professeurs de notre université, qui nous ont fourni les outils nécessaires à la réussite de nos études.

Nos remerciements également vont à toute personne que nous avons contactée durant notre projet

Nous voudrions exprimer notre reconnaissance envers les amis et les collègues qui nous ont apporté leur soutien moral et intellectuel tout au long de notre démarche.

DEDICACE

À l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que dieu te garde dans son vaste paradis, à toi mon père.

À la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; maman que j'adore.

Aux personnes dont j'ai bien aimé la présence dans ce jour, à tous mes frères Farouk, Oussama et Morad, mes puces Karima et Malika, et mes neveux Mohamed, Youcef et Chahrou, je dédie ce travail dont le grand plaisir leurs revient en premier lieu pour leurs conseils, aides, et encouragements.

À celui que j'aime beaucoup et qui m'a soutenue tout au long de ce projet : mon fiancé Bachir et bien sûr à ma deuxième mère Fatima, À la femme la plus chère au visage souriant Fatna, à mes chères sœurs, Yamina et Inès, à mon deuxième père Lakhdar.

À mon binôme Dina et toute la famille Hireche.

Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés, et qui m'ont accompagné durant mon chemin d'études supérieures, mes aimables amis Djamila, Soumia, Rayane, Amoula et Fatima.

Faïda Chadli

DEDICACE

Je dédie ce Modest travail :

À mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

À ma chère sœur Randa pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,

À mes chers frères Sidaali et Abd Elkhalek pour leur appui et leur encouragement,

À l'âme pure de ma grande mère (رحمها الله),

À toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,

À ma meilleure et ma proche amie Nassima,

À toutes celles qui m'ont soutenu tout au long de mon parcours, ma merveilleuse amie et binôme Faïda avec qui j'ai partagé cette belle expérience et sa famille,

À mes belles et adorables amies Djamilia, Soumia, Rayane, Fatima, Amel et leurs familles,

À tous mes amis(e) et mes collègues.

Merci

Dina

Table des matières

| | |
|---|----|
| INTRODUCTION GENERALE : | 1 |
| 1. Chapitre 1 : Chaîne logistique sanguine | 3 |
| 1.1 Introduction | 4 |
| 1.2 Aperçu sur l’historique de la logistique | 4 |
| 1.2.1 Définition de la chaîne logistique | 4 |
| 1.2.2 La conception de la chaîne logistique | 5 |
| 1.2.2.1 Décisions stratégique | 6 |
| 1.2.2.2 Décisions tactiques | 6 |
| 1.2.2.3 Décisions opérationnelles | 6 |
| 1.3 Chaîne logistique hospitalière | 6 |
| 1.3.1 Historique | 6 |
| 1.3.2 Définition | 7 |
| 1.3.3 Les flux de la chaîne logistique | 7 |
| 1.3.4 Les activités de la chaîne logistique | 7 |
| 1.4 Le sang et son approvisionnement | 8 |
| 1.4.1 Le sang | 8 |
| 1.4.1.1 Définition | 8 |
| 1.4.1.2 Composition | 9 |
| 1.5 La transfusion sanguine | 9 |
| 1.5.1 Définition : | 9 |
| 1.5.2 Les groupes sanguins | 10 |
| 1.5.3 Les produits sanguins labiles | 10 |
| 1.6 La chaîne logistique sanguine | 11 |
| 1.6.1 Définition | 11 |
| 1.6.2 Les fonctions de la chaîne logistique sanguine : | 11 |
| 1.6.2.1 Le don du sang | 11 |
| 1.6.2.2 Le processus de collecte | 13 |
| 1.6.2.3 Analyse et stockage | 13 |
| 1.6.2.4 Distribution | 14 |
| 1.6.2.5 Le triage | 14 |
| 1.6.2.6 L’étiquetage | 14 |
| 1.6.3 Les contraintes d’une chaîne logistique sanguine | 14 |
| 1.7 La banque du sang | 15 |

| | | |
|---------|---|----|
| 1.7.1 | Définitions | 15 |
| 1.7.2 | Les activités de la banque du sang | 15 |
| 1.7.2.1 | Le transport de sang | 15 |
| 1.7.2.2 | La traçabilité du sang | 15 |
| 1.8 | La Destruction | 17 |
| 1.8.1 | Définition | 17 |
| 1.8.2 | La destruction des produits sanguins | 17 |
| 1.8.3 | La réduction la destruction des produits sanguins | 18 |
| 1.9 | L'incinération | 18 |
| 1.10 | Conclusion | 19 |
| 2 | Chapitre 2 : Etude logistique de la gestion de la collecte du sang | 20 |
| 2.1 | Introduction | 21 |
| 2.2 | Les modèles de la gestion de la collecte mobile du sang dans la littérature | 22 |
| 2.3 | Structure de Présentation de problématique | 24 |
| 2.4 | Sous problème 1 | 26 |
| 2.4.1 | Problème de Localisation/allocation | 26 |
| 2.4.1.1 | Définition | 26 |
| 2.4.1.2 | Formulation du problème | 26 |
| 2.4.1.3 | Modélisation mathématique du problème | 27 |
| 2.5 | Sous problème 2 | 28 |
| 2.5.1 | Problème de voyageur de commerce avec fenêtre de temps | 28 |
| 2.5.1.1 | Formulation mathématique | 28 |
| 2.5.1.2 | Modélisation mathématique du problème | 29 |
| 2.6 | Conclusion | 31 |
| 3 | Chapitre 3 : Analyse des données et résultats expérimentaux | 32 |
| 3.1 | Introduction | 33 |
| 3.2 | Description SIG | 34 |
| 3.3 | Définition de maillage | 35 |
| 3.4 | Etude de la mesure d'importance des points par rapport aux critères | 35 |
| 3.4.1 | Les points de collecte les plus importants | 37 |
| 3.5 | Présentation des données de Sous-problème 1 | 38 |
| 3.6 | Résultats de sous problème 1 | 46 |
| 3.7 | Présentation des données de sous problème 2 | 48 |
| 3.8 | Résultats numériques de sous problème 2 obtenu par le solveur Cplex | 50 |

| | |
|---|----|
| 3.9 Conclusion | 58 |
| CONCLUSION ET PERSPECTIVES | 59 |

Liste des figures

| | |
|---|----|
| Figure 1-1 : Pyramide des niveaux de décisions.. | 6 |
| Figure 1-2 : les composants du sang..... | 9 |
| Figure 1-3 : les étapes du don de sang..... | 12 |
| Figure 1-4: Le matériel de prélèvement sanguin..... | 12 |
| Figure 1-5 : représentation d'une poche du sang avec code à barre | 16 |
| Figure 1-6: la technologie RFID..... | 17 |
| Figure 2-1 : Territoire de commune de Tlemcen..... | 24 |
| Figure 3-1 : Carte représenté la ville de Tlemcen avec maillage. | 35 |
| Figure 3-2 : présentation graphique de l'échelle des critères. | 36 |
| Figure 3-3 : carte représente les points de collecte choisis..... | 36 |
| Figure 3-4 : présentation d'un exemple d'un point de collecte. | 37 |
| Figure 3-5 : carte représente les points de collecte les plus importants..... | 37 |
| Figure 3-6 : présentation des Temps de service en fonction de valeur multicritère. | 44 |
| Figure 3-7 : présentation des cycles. | 45 |
| Figure 3-8 : Nombre de points visité par chaque véhicule..... | 47 |
| Figure 3-9 : l'ensemble des points choisis pour visités sur le SIG..... | 48 |
| Figure 3-10 : Temps de trajet entre deux points sur Google Maps. | 49 |
| Figure 3-11 : les données d'entrés et résultats de sortie de sous problème 2 sur Cplex..... | 50 |
| Figure 3-12 : représentation de l'ordre des cycles. | 51 |

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau 1-1 : Représentation des Critères de détermination des produits sanguins conformes ou non conformes..... | 18 |
| Tableau 3-1 : évaluation des points de collectes. | 44 |
| Tableau 3-2 : temps d'indisponibilité des points pendant chaque cycle. | 45 |
| Tableau 3-3 : choix de nombre des sites mobiles (véhicule)..... | 46 |
| Tableau 3-4 : résultats de sous problème 1 pour N=6..... | 46 |
| Tableau 3-5 : les véhicules affectés aux points de collecte localisés | 47 |
| Tableau 3-6 : les fenêtres temporelles | 49 |
| Tableau 3-7 : dates de fermeture des points | 49 |
| Tableau 3-8 : résultats de sous- problème 2. | 51 |
| Tableau 3-9 : les dates d'arrivé aux points visité par véhicule 1..... | 52 |
| Tableau 3-10 : les dates d'arrivé aux points visité par véhicule 2..... | 53 |
| Tableau 3-11 : les dates d'arrivé aux points visité par véhicule 3..... | 54 |
| Tableau 3-12 : les dates d'arrivé aux points visité par véhicule 4..... | 55 |
| Tableau 3-13 : les dates d'arrivé aux points visité par véhicule 5..... | 56 |
| Tableau 3-14 : les dates d'arrivé aux points visité par véhicule 6..... | 57 |

INTRODUCTION GENERALE

Au cours des dernières décennies, le monde a connu une forte augmentation de la population démographique, qui a en revanche conduit à l'émergence de plusieurs maladies, épidémies, catastrophes et accidents humains dans le monde. Dans ce fait l'article le plus nécessaire est le sang pour sauver la vie humaine. Le sang est un produit précieux et mystérieux à la fois difficile à obtenir et une ressource très limitée et facilement péri.

Le sang ne pouvant être produit par synthèse, donc constitue la seule source, c'est pourquoi il est nécessaire d'assurer un bon approvisionnement en sang, qui est obtenu par une stratégie de collecte de sang bien optimisé.

Pour notre étude, la pièce maitresse qui est la collecte de sang est faite par deux configurations la collecte fixe et la collecte mobile et sur cette dernière notre étude est basée. Les collectes mobiles sont réalisées par les tournées de camions de prélèvements comportant tout le matériel nécessaire au don du sang, dans des lieux peuplés, sécurisés et bien localisés.

Dans notre projet nous avons focalisé nos études sur la proposition d'une chaîne logistique dédiée aux services médicaux en vue d'assurer le bon approvisionnement en sang. Cette chaîne logistique consiste à la localisation et allocation d'un réseau des sites mobiles dans une zone urbaine. Elle sera suivie par un modèle de tournée de véhicules pour la collecte qui consiste essentiellement à trouver des solutions optimales en minimisant la durée d'une tournée de collecte sur un horizon temporel de 120 jours.

Le présent mémoire est structuré en 3 chapitres organisés comme suit :

- I. Le premier chapitre : comprend une étude générale sur la chaîne logistique, la chaîne logistique sanguine et une généralité sur le sang
- II. Dans le second chapitre : nous présentons les différents modèles de la gestion de la collecte de sang, la problématique. Ces deux modèles sont dédiés respectivement au choix de site de collecte du sang pour l'affectation des véhicules et les TSPTW.
- III. Le troisième chapitre présente notre contribution, dont nous décrivons comment nous avons choisi les points de collecte de la ville de Tlemcen. Pour cela, nous avons utilisé un logiciel de système d'information géographique (SIG). Ensuite nous

avons traité un problème d'affectation pour attribuer les véhicules (sites mobile) aux bons emplacements (point de collecte) et au bon moment. En fin nous avons développé un modèle de tourner de véhicules pour la collecte qui consiste essentiellement à trouver des solutions optimales en minimisant la durée totale d'une tournée de collecte dans un planning de 120 jours.

Enfin, une conclusion générale et des perspectives de travail viennent clôturer ce mémoire.

1. Chapitre 1 :

Chaîne logistique

sanguine

1.1 Introduction

L'évolution et la survie humaines nécessitent plusieurs paramètres tels que l'air, l'eau, le sang dans un environnement adéquat et sain. De ce fait un des plus rares et précieux produits qui assure leur vie est le sang, sachant qu'il n'existe aucun produits ni produits chimiques qui peuvent le remplacer son seule source d'approvisionnement est l'être humain lui-même. C'est pour cela que l'obtention de ce produit est devenue une priorité collective suite à l'évolution démographique actuelle qui cesse d'augmenter en contrepartie la mauvaise nutrition et le progrès technologique donne naissances à plusieurs types de maladie en plus des accidents et des catastrophes qui s'aggravent de jours en jours, l'approvisionnement en sang humain reste un challenge. Le but de ce travail est de proposer un planning de récupération ce cette substances qui est le sang humain compte tenue des différentes contrainte relative la périssabilité de se produit à savoir que le sang non consommé dans les délais ne sera pas utilisé et nécessite une procédure de destruction respecté. Dans ce contexte nous allons dans un premier temps étudier la chaîne logistique hospitalière, particulièrement la chaîne logistique sanguine en précisant ses différents maillons et ses différents acteurs.

1.2 Aperçu sur l'historique de la logistique

La notion de chaîne logistique inclut le terme « logistique » qui vient d'un mot grec qui signifie l'art du raisonnement et du calcul (Pons, 1996). La logistique est apparue en premier lieu dans un contexte militaire qui concernait tout ce qui est nécessaire (physiquement) à l'application sur le terrain des décisions stratégiques et tactiques. Certains remontent même jusqu'au temps d'Alexandre le grand (Engles, 1978) et ils mettent en évidence le sens qu'il avait pour gérer la chaîne logistique de son armée. On peut dire qu'Alexandre le grand était un 4 précurseur. Après la logistique militaire vint la logistique industrielle, celle-ci repose plus particulièrement sur les activités de soutien à la production. Elle est apparue à la fin de la seconde guerre mondiale, notamment avec la reconversion dans les entreprises des spécialistes militaires de la logistique. Le concept de logistique a évolué depuis, avec l'évolution du marché et des systèmes industriels. Aujourd'hui, le terme « logistique » recouvre des interprétations diverses, et certains pensent que le concept de la logistique est une problématique en soi (Moller, 1995). (1)

1.2.1 Définition de la chaîne logistique

La chaîne logistique peut être considérée comme un ensemble d'activités en réseaux dont l'exécution est corrélée par les flux qu'elles échangent, visant à satisfaire au mieux les besoins exprimés par un ensemble de clients (2)

Une chaîne logistique peut être vue comme 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 des produits finis vers le client (3).

Chapitre 1 : chaîne logistique sanguine

Les activités menées au sein d'une chaîne logistique sont très diverses. Elles peuvent être structurées en fonction de la nature du flux sur lequel elles portent. Ainsi, nous distinguons :

a) Les activités de transformation du flux physique qui regroupent aussi bien le processus de production que d'approvisionnement des composants et de livraison des produits. La production qualifie l'ensemble des activités de transformation physique des composants en sous-ensembles puis en produits finis ; la rationalisation de ce processus représente un enjeu fort pour l'entreprise dans l'optique de maîtriser ses performances.

b) Les fonctions d'approvisionnement et de livraison ont trait à l'organisation des transits de matières entre sites de production, l'approvisionnement s'intéressant à la partie amont de la chaîne et les livraisons considérant le problème au périmètre aval de la chaîne.

c) Les activités de traitement et de transmission du flux d'information. Ce dernier est souvent considéré comme inverse au flux physique, allant de l'aval vers l'amont. L'information transmise peut être une simple commande, un carnet de commandes, voir des plans d'approvisionnement. De manière générale, la nature de l'information transmise est dépendante des modalités du partenariat qui lie les partenaires de la chaîne logistique. (2)

1.2.2 La conception de la chaîne logistique

La conception d'une chaîne logistique concerne généralement plusieurs phases allant de l'approvisionnement à la distribution. Pour l'activité d'approvisionnement, le décideur a besoin d'identifier les fournisseurs potentiels à choisir pour alimenter les différentes usines en matières premières, en composants et en produits semi-finis. Pour l'activité de production, il doit déterminer les meilleures localisations de ses usines pour assurer les performances et la rentabilité des activités de production. Pour obtenir une chaîne de la distribution efficace, le décideur doit déterminer le nombre et la localisation de ses différents centres de distribution. Une fois le choix des différents fournisseurs, usines et centres de distribution établie, il est indispensable de trouver la meilleure structure de connexion reliant ces sites. Ainsi, le décideur détermine les différentes connexions et moyens de transport (camion, train, avion et bateau) à utiliser pour assurer la connectivité des différents sites. Cette conception sera faite dans le respect des contraintes économiques, sociales et environnementales tout en minimisant les coûts, maximisant la satisfaction des clients, avec un minimum d'impact sur l'environnement (consommation du fuel lors du transport par exemple), etc. L'objectif principal lors de la conception des chaînes logistiques est d'optimiser les investissements engagés pour les différents sites, de minimiser les coûts opérationnels de l'ensemble des activités de la chaîne et de maximiser la satisfaction des clients finaux sous des contraintes économiques, sociales et environnementales. La conception d'une chaîne logistique nécessite la prise en compte d'un ensemble de décisions à travers les différents horizons de temps (court, moyen et long terme). Ces décisions peuvent être regroupées en trois niveaux : les décisions stratégiques, les décisions tactiques et les décisions opérationnelles (4).

1.2.2.1 Décisions stratégique

Les décisions stratégiques définissent la politique de l'entreprise sur le long terme, elles sont prises par la direction générale de l'entreprise et peuvent s'étaler sur des années, elles comprennent toute la structure de la chaîne logistique : le choix des fournisseurs, la localisation et aussi le mode de transport.

1.2.2.2 Décisions tactiques

Les décisions tactiques sont prises au niveau de l'usine par des cadres, elles couvrent les décisions d'allocations et la gestion des stocks, elles se réalisent en un temps moyens et elles dépendent des décisions stratégiques.

1.2.2.3 Décisions opérationnelles

Les décisions opérationnelles assurent la gestion des moyens et le fonctionnement quotidien de la chaîne logistique, elles sont prises au niveau de l'atelier par des responsables. Ses décisions prennent à court terme, assurent l'ordonnancement de la production et le transport.

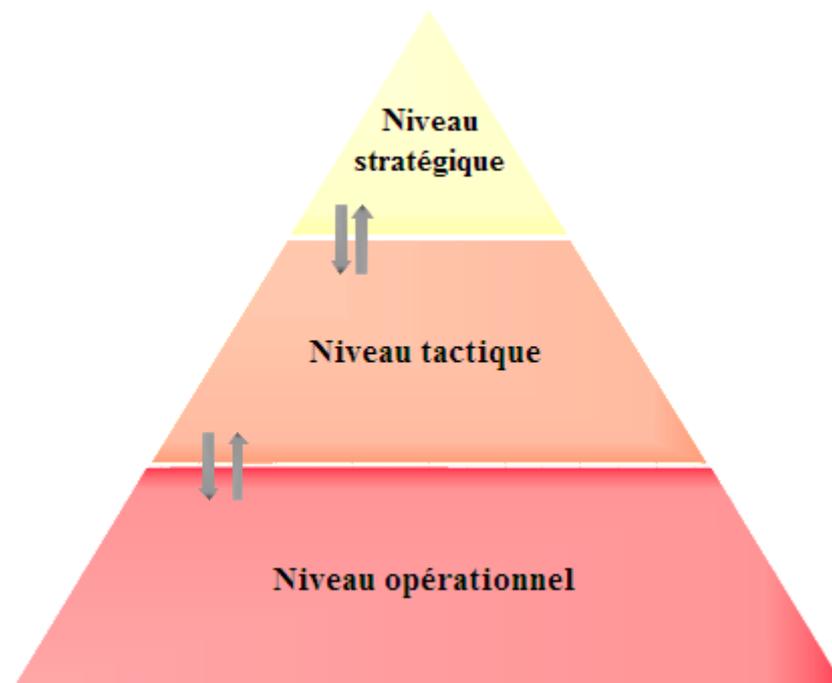


Figure 1-1 : Pyramide des niveaux de décisions.

1.3 Chaîne logistique hospitalière

La logistique hospitalière s'en démarque cependant sur deux aspects : la sécurité, avec l'importance de l'hygiène et de la traçabilité, et le fonctionnement en mode dégradé et avec des moyens finis.

1.3.1 Historique

Avant les années 1950 Chaque département gérait lui-même ses achats et ses stocks. Et pas de variété des produits et fournitures. La logistique n'est pas un mot utilisé. Dans les années 60, une responsabilité accrues de la fonction Approvisionnement et mise en place de système de gestion des approvisionnements. Donc plus de temps de la part du personnel des hôpitaux

pour la gestion quotidienne des achats et des stocks. Une augmentation substantielle des achats de biens et services.

Dans les années 70 les systèmes logistiques des hôpitaux ont été conçus sans aucune marge d'extension. Après les Années 90 une approche centralisée des approvisionnements et mise en place de plate-forme et de fonction logistique. Après quelques années une vision intégrée du flux d'information, du flux des matières, et du flux des patients. La logistique s'est particulièrement développée dans ces dernières années, comme fonction transversale, un levier de performance pouvant contribuer à l'amélioration de la qualité des soins. (5).

1.3.2 Définition

La logistique hospitalière est un ensemble d'activités de conception, de planification et d'exécution qui permettent l'achat, la gestion des stocks et le réapprovisionnement des biens et services entourant la fourniture de services médicaux aux patients. La logistique hospitalière couvre au moins trois significations :

Les activités traditionnelles dans les hôpitaux qui visent à la gestion (achat, production, approvisionnement, stockage, distribution, etc.) des flux matériels nécessaires à la production des soins (médicaments, fournitures d'hôtel, repas, linge, déchets, etc.)

Une ingénierie qui vise à utiliser des techniques de modélisation de flux pour mettre en lumière l'organisation hospitalière choisie ou pour mettre en œuvre des technologies de distribution physique dans le contexte hospitalier.

Une approche managériale visant, à partir des processus et des flux (flux de patients, flux physiques, informations flux), pour repenser les produits médicaux et l'organisation hospitalière en tenant compte des attentes de l'environnement. (6)

1.3.3 Les flux de la chaîne logistique

La logistique hospitalière est la gestion de deux types de flux physiques hospitaliers
Les flux entrants : dossier patient, produits sanguins labiles, médicaments et dispositifs médicaux stériles et non stériles, repas, linge propre, consommables généraux, courrier et colis.

Les flux sortants : prélèvements, dispositifs à stériliser, vaisselle et linge sale, déchets et courrier et colis.

1.3.4 Les activités de la chaîne logistique

La fonction logistique dans les établissements de santé a évolué d'un rôle purement hôtelier à l'élargissement de son périmètre de responsabilité par des activités nombreuses et variées (Rivard-Royer et Beaulieu, 2004). Selon les auteurs et les études, la logistique dans les établissements de santé prend diverses formes et ses activités ne sont pas clairement limitées. Costin (2010) affirme que le domaine de la logistique hospitalière est différent d'un établissement de santé à un autre, cela dépend de sa taille, ses capacités, ses activités et sa culture interne. Pour Pokharel (2005), les activités logistiques impliquent la planification, la conception, la mise en œuvre et la gestion du matériel flux dans une chaîne d'approvisionnement pour soutenir des fonctions telles que l'approvisionnement, la

Chapitre 1 : chaîne logistique sanguine

distribution, la gestion des stocks et emballage. Aptel et Pourjalali (2001) suggèrent que les activités logistiques dans les hôpitaux comprennent l'achat, la réception, gestion des stocks, gestion du système d'information, restauration, transport et services à domicile. Autres auteurs ont tenté de classer les activités logistiques en catégories, en les regroupant en blocs d'activités. Dans ce sens, Chow et Heaver (1994) ont distingué trois activités principales :

- Achats : comprend les achats et la gestion des stocks de divers produits.
- Gestion de la demande : comprend les activités associées à la reconnaissance, la gestion et la planification de l'utilisation des ressources nécessaires pour répondre aux besoins.
- Production : gère les différentes activités, telles que la blanchisserie, cuisine, stérilisation, etc.
- Distribution : assure la livraison de divers produits des zones de stockage au différent point d'utilisation, ou le transport des déchets vers les zones d'expédition. La livraison de produits pharmaceutiques et produits médicaux etc.
- Transport : Au sein des établissements de santé, les activités support sont englobées dans la fonction logistique. Avec des particularités propres aux organisations hospitalières. L'une de ces activités logistiques, le transport hospitalier (7)

Ce dernier c'est l'action de faire en sorte que la bonne personne ou le bon produit arrive au bon endroit, au bon moment, dans de bonnes conditions, en bon état, afin que les soins puissent être réalisés. Le transport regroupe l'ensemble des moyens d'un établissement hospitalier qui concourent directement à assurer l'ensemble des prestations, interne ou externe, visant un tel acheminement. Le transport prend en charge le transport de personne (patients, personnels, autre catégories d'utilisateurs) et le transport de biens (repas, médicaments, prélèvements). (8)

- Traçabilité : la traçabilité est une technique qui permet de connaître toutes les informations nécessaires pour connaître la composition d'un produit industriel ou alimentaire ou bien pharmaceutique à partir de la chaîne de production jusqu'à la chaîne de distribution et de consommation. Elle est assurée par des différentes techniques quel que soit le secteur d'activité tel que le code à barre, radio fréquence, les fiches de traçabilité. Dans le secteur sanitaire existe la traçabilité pharmaceutique et la traçabilité des soins. La traçabilité pharmaceutique consiste à codifier chaque médicament afin d'assurer son suivi du laboratoire jusqu'au patient. La traçabilité des soins est une obligation qui vise à assurer la bonne prise en charge du patient et à assurer la continuité des soins. (9)

1.4 Le sang et son approvisionnement

Un approvisionnement suffisant en sang est un élément essentiel d'un système de soins de santé efficace.

1.4.1 Le sang

1.4.1.1 Définition

Selon LAROUSE le sang est un liquide rouge qui circule dans les artères, Les veines et les capillaires sous l'impulsion du cœur, et qui irrigue tous les tissus de l'organisme, auxquels il

Chapitre 1 : chaîne logistique sanguine

apporte les éléments nutritifs (glucose, par exemple) et l'oxygène, et dont il recueille les déchets. (10)

Un individu en contient de 5 à 7 L de sang dans son corps, ce qui représente environ 8% de son poids total. Le sang est constitué de plasma, de globules rouges, de globules blancs et de plaquettes

1.4.1.2 Composition

Les globules rouges : contiennent l'hémoglobine, qui donne sa couleur rouge au sang et qui permet le transport de l'oxygène vers les organes et les tissus. Le fer est nécessaire pour le bon fonctionnement des globules rouges. C'est pourquoi du fer est parfois donné aux donneurs après leur don de sang.

Les globules blancs : sont les cellules qui sont destinées à défendre l'organisme contre les infections et les cellules étrangères. Il existe plusieurs sortes de globules blancs : les granulocytes, les lymphocytes et les monocytes. Les lymphocytes produisent les anticorps.

Les plaquettes : interviennent dans le processus de la coagulation. En cas de blessure, elles forment un caillot qui permet d'interrompre le saignement.

Le plasma : est la partie liquide du sang dans laquelle baignent les globules rouges, les globules blancs et les plaquettes. (11)



Figure 1-2 : les composants du sang.

1.5 La transfusion sanguine

L'approvisionnement suffisant en sang en temps opportun, nécessitant des transfusions, afin de satisfaire les besoins des patients. (12)

1.5.1 Définition :

La transfusion sanguine est une thérapeutique substitutive indispensable car il n'existe pas de produit capable de se substituer complètement au sang humain. Elle consiste à administrer un des composants du sang : globules rouges,

plaquettes, plasma. Ce sont les Produits Sanguins Labiles (PSL). Ils proviennent de dons de sang prélevés lors de collectes organisées. Ils sont prélevés, préparés, qualifiés et sécurisés selon des principes de bonnes pratiques définis Par la décision du 6 novembre 2006. Ils existent toujours des risques de la transfusion sanguine malgré les contrôles sérologiques de sang et l'examen clinique des donneurs ainsi que la connaissance des groupes de sang et des sous-groupes.

1.5.2 Les groupes sanguins

Même si la composition du tissu sanguin est la même pour tous, les différents éléments du sang portent à leur surface des marques d'identité individuelle. Il s'agit de molécules, les antigènes, qui varient d'une personne à l'autre.

Le système ABO permet de déterminer quatre groupes sanguins selon la présence ou non de deux antigènes, A et B, à la surface des globules rouges. Les humains, selon qu'ils possèdent l'antigène A, l'antigène B, les deux ou aucun des deux, sont ainsi classés dans le groupe sanguin A, B, AB ou O.

- Un sujet de groupe A a ainsi l'antigène A et des anticorps anti-B.
- Un sujet de groupe B a l'antigène B et des anticorps anti-A.
- Un sujet de groupe AB a les antigènes A et B et n'a pas d'anticorps anti-A ou anti-B.
- Un sujet de groupe O n'a pas d'antigène A ou B et a des anticorps anti-A et anti-B.

Ces groupes sont déterminants pour les transfusions. Car si les anticorps anti-A (ou anti-B) du receveur se fixent sur les antigènes A (ou B) des globules rouges du donneur, ils provoquent l'agglutination de ces cellules, voire leur destruction (hémolyse). Et entraînent donc l'échec de la transfusion, et dans certains cas, des réactions cliniques graves, voire dramatiques. C'est pourquoi, lors d'une transfusion, la compatibilité entre groupes sanguins doit absolument être respectée.

1.5.3 Les produits sanguins labiles

Un produit sanguin labile, PSL, est un produit à usage thérapeutique issu d'un don de sang et destiné à être transfusé à un patient. Il peut s'agir d'un don de sang total, ou d'un don de sang par aphérèse.

Trois grands types de produits entrent sous cette dénomination :

- Les concentrés érythrocytaires ou concentrés de globules rouges (CGR).
- Les concentrés de plaquettes.
- Les plasmas frais congelés.

Un autre produit, le concentré de granulocytes, existe, mais n'a qu'une indication exceptionnelle. Le sang total, hors le sang (presque) total reconstitué pour exsanguino-transfusion, n'a en fait plus d'indication. (13)

1.6 La chaîne logistique sanguine

1.6.1 Définition

La logistique sanguine est un processus de conception et de gestion de la chaîne d'approvisionnement du sang et des produits sanguins dans le sens le plus large. Cette chaîne peut comprendre la fourniture de matières premières nécessaires, en passant par la gestion des matériaux, la livraison aux entrepôts et aux centres de distribution, le tri, l'analyse, la manutention et la distribution finale au lieu de consommation. (14)

1.6.2 Les fonctions de la chaîne logistique sanguine :

1.6.2.1 Le don du sang

1.6.2.1.1 Définition

C'est Avant Tout, Une expérience humaine et solidaire unique. Un acte simple et à la fois un véritable don de soi qui permet de sauver de nombreuses vies. (15)

Le don du sang, geste généreux et désintéressé, est à ce jour la seule chance de soins pour les patients souffrant d'un déficit en composants sanguins.

1.6.2.1.2 Le parcours du don de sang

Le déroulement pour donner le sang est le même quel que soit le lieu de la collecte (collecte mobile ou site fixe) : il y a 4 étapes au parcours du donneur pendant une collecte de sang.

- **Avant le don :** Il faut d'abord manger de préférence un repas léger. Ensuite la Présence dans l'un des sites de prélèvement ou dans l'une des collectes mobiles, muni d'une pièce d'identité. En arrivant, buvez 2-3 verres d'eau pour être bien hydraté lors de don.

Et le rempli et la signature d'un questionnaire médical et un consentement éclairé.

- **L'examen médical :** Chaque don de sang est précédé d'un examen médical, qui permet d'évaluer l'état de santé actuel et les antécédents médicaux et chirurgicaux, et aussi d'évaluer si n'y a pas eu de comportement à risque. Cette étape est importante pour garantir la sécurité du receveur et du donneur.

- **Le prélèvement :** Si la personne est apte à donner du sang une quantité de sang à 450 ml lui sera prélevée. Ce fait avec un matériel stérile et à usage unique. Il n'y a donc aucun risque d'être infecté lors d'un don de sang. Le don n'est pas plus douloureux qu'une simple prise de sang. Des échantillons sont recueillis afin d'effectuer des analyses de laboratoire réglementées par la loi. Le prélèvement lui-même ne dure pas plus de 12 minutes.

- **Après le don (repos et collation) :** Après le prélèvement, le donneur doit se reposer pendant au moins 10 à 15 minutes durant lesquelles il aura droit à une collation. (16)



Figure 1-3 : les étapes du don de sang.

1.6.2.1.3 Le matériel de prélèvement

Le matériel nécessaire aux prélèvements sanguins et aux injections médicamenteuses : des aiguilles hypodermiques, des seringues médicales, Antiseptique, garrote des micro perfuseurs, des unités de prélèvements, des Tubes de prélèvement sanguin Compresse et ouate, Gants stériles, des garrots à clip et des cathéters de marques. (17)

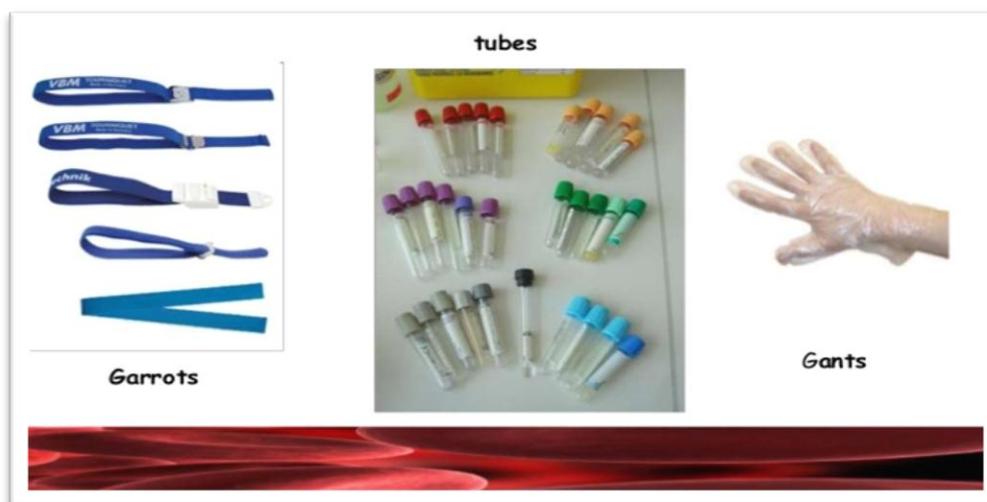


Figure 1-4: Le matériel de prélèvement sanguin.

1.6.2.2 Le processus de collecte

La collecte de sang est primordiale afin de subvenir aux besoins médicaux des patients sur tout le territoire.

1.6.2.2.1 Collecte fixe

Les centres fixes comme les hôpitaux, la poste de transfusion sanguine ou encore les secteurs sanitaires accueillent les donateurs volontaires avec des cadences humaines complètement aléatoires, ça peut aller de zéro donneur pour un jour et une dizaine de donateurs pour le jour suivant. (18)

1.6.2.2.2 Collecte mobile

Une équipe se déplace par l'utilisation de camion spécifique aménagé ou Des véhicules spéciaux équipés de lits pour les donateurs et d'appareils spécialement pour la collecte dans des lieux à forte fréquence de populations à des endroits précis déterminer tel-que: les mairies, les écoles, les universités, les centres commerciaux, en respectant un certain routage et un calendrier précis afin de prélever massivement, des quantités de sang. (18)

La collecte mobile est un bon moyen car: facilite l'accès au don par leur proximité des lieux de vie des donateurs. Fidélise le donneur pour permettre la régularité et la qualité de l'approvisionnement en PSL.

1.6.2.3 Analyse et stockage

Une fois prélevé, le sang n'est jamais transfusé directement à un patient. Quelle que soit le lieu où elle est collectée et sa destination de transfusion, Une poche de sang suit une procédure standard qui permet d'assurer sa sécurité depuis son prélèvement jusqu'à sa prescription au patient. Chaque candidat au don remplit un questionnaire concernant notamment son état de santé, son mode de vie et ses antécédents. Il est ensuite reçu par un médecin ou un(e) infirmier(e) qui détermine son aptitude au don. Le prélèvement est ensuite effectué par un(e) infirmier(e) habilité(e). (19)

Les poches prélevées sont dirigées vers un plateau de préparation où on lui est filtrée (on enlève les globules blancs) puis centrifugée pour en séparer les composants (globules rouges, plasma_et plaquettes_issus d'un don de sang total). En effet, on ne transfuse jamais au malade du sang total mais uniquement le composant dont il a besoin. Après la préparation Les tubes-échantillons recueillis subissent une série de tests biologiques (tests de virologie, sérologie et immunologie), en vue de dépister notamment des virus et des bactéries qui circulent dans le sang. Si les résultats présentent une anomalie, la poche de sang correspondante est écartée et le donneur averti. Les poches et les tubes prélevés suivies d'un étiquetage du produit pour indiquer la conformité avant d'être expédié et stocké dans des endroits appropriés dans la banque du sang pour une utilisation ultérieure. (19)

1.6.2.4 Distribution

Après la préparation et la qualification biologique, les poches du sang sont distribuées aux différents départements des hôpitaux et cliniques qui en font la demande pour être transfusées au receveur.

Si le sang n'est pas transfusé, il pourrait être retourné à l'une unité de régulation pour être utilisé à d'autres fins.

1.6.2.5 Le triage

Les poches prélevées sont dirigées vers le triage qui se divise en deux parties. La première partie est pour les tests, la poche du sang est analysée par des biologistes avec au moins 60 test (analyse d'ABO Rh les maladies sanguines). Et la deuxième partie c'est concernée le tri, après les analyses on fait le tri grâce à des machines spéciales pour constituer plusieurs sorte de produit, ces produit sont les trois propriétés du sang qu'elles sont retenues et séparées.

- Les globules rouges qui sont conservés pendant 42 jours pour traiter les cancers ou les anémies.
- Les plaquettes qui ont conservées durant 7 jours qui peuvent aider à favoriser la coagulation et servent, elles aussi, pour soigner les malades atteints de cancers
- Le plasma qui est conservé pendant un an. La partie liquide du sang, qui peut par exemple servir à créer des anticorps, efficace contre le tétanos ou le virus zona (varicelle). Le plasma est aussi utilisé pour soigner les grands brûlés. (20)

1.6.2.6 L'étiquetage

C'est une méthode rapide, fiable et économique qui assure l'identification d'une poche de sang. Les étiquettes de poches de sang sont faciles à imprimer par une imprimante thermique directe, et attachée à la poche de sang avec une attache protégée, auto-adhésive. Les étiquettes de poches de sang sont résistantes à l'eau, aux savons, à l'alcool et les produits chimiques communs, utilisés dans des banques de sang, des salles de l'hôpital, et des laboratoires, en réduisant la probabilité d'unités de sang administré à tort. L'étiquette de poches de sang contient une sélection des zones imprimables, pour enregistrer les données des patients ainsi que de la transfusion, et permettra aussi à une signature écrite à la main d'être ajouté. De plus, il y a un certain nombre de zones perforées, qui contiennent aussi des étiquettes, et peuvent être détachées et utilisées sur les notes de patients, pour un enregistrement précis du processus de transfusion.

1.6.3 Les contraintes d'une chaîne logistique sanguine

Ils existent plusieurs conditions pour le fonctionnement de la chaîne logistique sanguine.

Le personnel : la disponibilité des médecins, des infirmiers, des pharmaciens, des techniciens en laboratoire, l'identification des donneurs. Le donneur doit être âgé entre 18 et 70 ans, et peser plus de 50 kg et si est reconnue apte suite à l'entretien pré-don, peut donner son sang. Les hommes peuvent donner jusqu'à 6 fois par an et les femmes jusqu'à 4 fois. Entre deux dons de sang, il faut respecter un délai de 8 semaines minimum.

Le matériel : le matériel nécessaire pour le prélèvement et pour la collation, matériel nécessaire pour le traitement du sang, les véhicules pour la collecte et la distribution du sang.

Les locaux : les zones de réception et de gestion des échantillons, zone de prélèvement, zone de collation, des zones d'analyse, zones de stockage et de conservation, zone d'étiquetage. (21)

1.7 La banque du sang

1.7.1 Définitions

Une banque du sang est un établissement qui effectue ou est responsable de la collecte, la préparation, la qualification biologique, la gestion et la distribution du sang humain et/ou des produits sanguins destinés à la transfusion. (22)

Une banque du sang est un lieu où du sang peut être collecté, analysé et stocké, avant d'être distribué à des fins médicales. La banque du sang est l'Établissement du sang. Elle a pour mission de collecter du sang, en organisant des campagnes de don du sang, dans des sites fixes ou des structures mobiles. La banque du sang s'occupe d'organiser les transfusions sanguines, en fournissant les produits sanguins nécessaires aux différents établissements médicaux. (23)

1.7.2 Les activités de la banque du sang

1.7.2.1 Le transport de sang

Une étape sous haute surveillance, Les établissements de transfusion sanguine ou les établissements de santé peuvent transporter les produits dans des véhicules sous leur responsabilité, conduits par des chauffeurs employés par leurs soins. Ces transports font l'objet: de modes opératoires détaillant le conditionnement des produits à transporter, les circuits, les délais, les responsabilités de chacun, le contrôle à réception. Le personnel reçoit des instructions en rapport avec le transport des produits et, le cas échéant, une formation spécifique ou une sensibilisation au transport de ces produits. Ce Transport assuré par un seul agent, jusqu'au service destinataire. Il ne doit en aucun cas changer de main en cours de route, sauf incident et doit se faire par le chemin le plus direct, sans étape, dans un délai inférieur à vingt minutes. (14)

1.7.2.2 La traçabilité du sang

La traçabilité des produits sanguins est la possibilité, à partir d'une identification enregistrée, de retrouver rapidement l'historique, l'utilisation ou la localisation d'un produit sanguin labile à toutes les étapes de sa préparation ou de sa distribution, et le receveur auquel il a été administré. Les besoins en termes de traçabilité sont primordiaux afin d'être en mesure d'identifier, d'Authentifier, de Localiser, et d'assurer la sécurité des produits sanguins du matériel et des personnes. (14)

1.7.2.2.1 Le code barre

La traçabilité est assurée par l'application de code barre sur les poches de sang et les tubes prélevés. Ces codes barre suivent le sang prélevé tout au long de la chaîne. C'est un service plutôt fiable mais qui possède de nombreuses lacunes. Les Code barre sont imprimés sur des

étiquettes en papier. L'impression est très précise, en revanche le support papier est très fragile. Les conditions d'humidité, de froid, de saleté ou les chocs physiques peuvent facilement abîmer les étiquettes qui en deviennent donc illisibles. En outre, c'est un opérateur humain qui place les étiquettes ; il reste toujours un facteur d'erreur dû à la manipulation. Sans compter qu'une personne malveillante peut intervertir les étiquettes, les détériorer ou les rendre illisibles. (14)

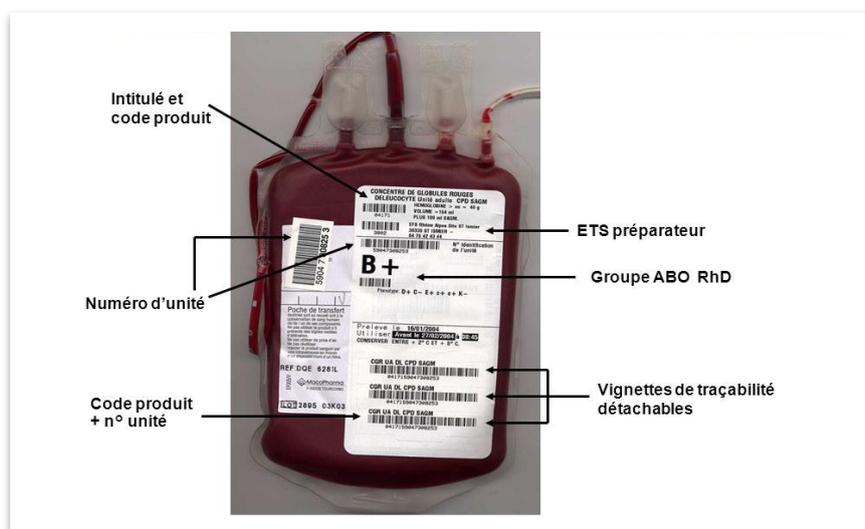


Figure 1-5 : représentation d'une poche du sang avec code à barre

1.7.2.2.2 La technologie RFID

La traçabilité pourrait être assurée plus efficacement par la technologie RFID. La technologie RFID est une technologie dite « Sans contact » Qui permet le transfert de données entre objets mobiles et lecteurs. Une Solution RFID Complète contient des étiquettes qui se composent d'une puce, d'une antenne, parfois d'une batterie, et aussi d'un ou plusieurs lecteurs. Elle Nécessite par ailleurs la mise en place d'un système de communication appelé middleware (ou intergiciel), qui constitue la partie intelligente du système, capable de gérer toutes ces données. (24)

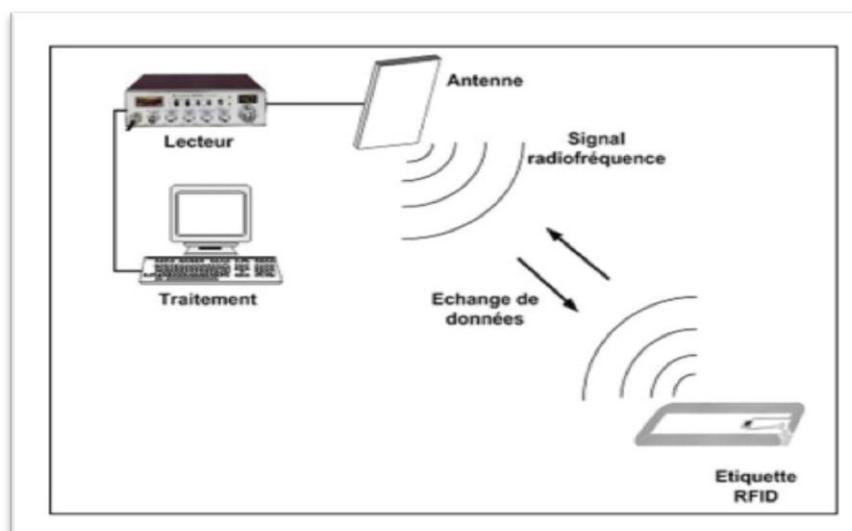


Figure 1-6: la technologie RFID.

Il existe des arguments opposables à l'application de la RFID dans la chaîne logistique du don du sang. Ce procédé permet: la saisie et la lecture de données tout au long de la chaîne transfusionnelle ainsi qu'une gestion, en temps réel, des produits sanguins stockés en enceintes réfrigérées. Il permet en outre, de tracer et de contrôler les températures de la poche, enregistrées au cours des différents flux, notamment durant les phases de transport et de stockage en enceinte. (14)

Chaque établissement transfusionnel peut ainsi connaître en temps réel l'état du stock et le statut de chaque poche de sang conservée dans les établissements de soins. Et remettre en stock des poches de sang distribuées, non utilisées. Répondre à des enjeux à la fois sanitaire et économique, en fournissant aux différents acteurs un outil capable, de réviser significativement voire de supprimer « complètement », le nombre de poches détruites par manque de traçabilité. Le prix d'une puce RFID est de quelques dizaines de centimes d'Euros, ce prix est négligeable par rapport au prix du produit. (14)

1.8 La Destruction

1.8.1 Définition

Selon le Dictionnaire de français Larousse est l'action de détruire quelque chose ou quelqu'un, de jeter à bas : Force de destruction d'une arme atomique. Action d'anéantir, de faire disparaître quelque chose : la destruction d'état. Action d'ôter la vie, d'anéantir quelqu'un, un groupe ; extermination : la destruction de tout un peuple. (25)

1.8.2 La destruction des produits sanguins

La destruction des produits sanguins est une situation inacceptable dans le contexte actuel d'épargne transfusionnelle. Donc il est nécessaire de déterminer les causes de cette dernière et le nombre de produits sanguins détruits. Pour cela une analyse a été menée durant chaque année au sein de la banque du sang. Pour chaque produits sanguin ont été relevés les éléments suivants : le type de produit sanguin, le service transfuseur, la date début ou bien de prélèvement, l'ordre de produit sanguin, le numéro de la poche, la cause de destruction analysée selon un arbre décisionnel, puis classée en conforme ou non conforme, évitable ou

Chapitre 1 : chaîne logistique sanguine

non évitable. Le tableau suivant représente les critères pour déterminer la conformité des produits sanguins et le nombre de produits sanguins détruits.

| N° d'ordre | Date | N° de poche | CG | | | | CPS | | PFC | | | Périmé | | |
|------------|------|-------------|--------------------|--------------------|-------------------|----------------|-----------|-------------------|-----------|-------|-------------------|--------|-----|-----|
| | | | Sérologie positive | Volume insuffisant | Défaut de soudure | Aspect coagulé | Hématique | Défaut de soudure | Hématique | fuite | Défaut de soudure | CG | CPS | PFC |
| | | | | | | | | | | | | | | |

Tableau 1-1 : Représentation des Critères de détermination des produits sanguins conformes ou non conformes.

1.8.3 La réduction la destruction des produits sanguins

Les produits sanguins constituant une ressource rare et fragile, il est impératif de limiter au maximum leur destruction. Il est possible de réduire significativement la part des produits sanguins détruits grâce à des mesures adéquates au niveau de l'information, de la formation, de l'organisation et du matériel.

1.9 L'incinération

Est une technique de transformation par le feu à haute température c'est faire brûler complètement les matières. Elle capables de traiter correctement tous les types de déchets tel que les déchets de soin et les déchets médicaux. Il existe des types simples d'incinérateurs pour traiter de petites quantités de déchets médicaux. Plusieurs sont sur le marché, d'autres doivent être construits sur place avec les matériaux locaux d'après un plan relativement facile. Ces incinérateurs se composent essentiellement d'une chambre unique ou de deux chambres de combustion (chambre primaire et chambre secondaire) et d'un tuyau d'évacuation. Le système de contrôle de la combustion et des émissions aériennes est simple, voire absent. Les déchets médicaux à caractère infectieux comme les produits sanguins labiles sont traités dans de petits incinérateurs à chambre unique ou double. Il faudra en outre prendre en compte les bonnes pratiques suivantes, dans le but de réduire au maximum les émissions de polluants.

- Tri et réduction de la production de déchets à la source.
- Bonne conception de l'incinérateur pour que les conditions de combustion soient optimales.
- Rallongement de la cheminée (si l'on double la longueur de la cheminée de 3 à 6 mètres, les concentrations de polluants dans l'air sont de 5 à 13 fois plus faibles¹⁷).
- Installation des incinérateurs loin des zones habitées ou cultivées.

- Bonnes pratiques d'exploitation : mise en marche et refroidissement adéquats, obtention d'une température suffisante avant l'introduction des déchets, utilisation de la bonne quantité de déchets.

1.10 Conclusion

Malgré que la disponibilité du sang est primordiale puisque des vies humaines sont en jeu, mais la consommation du sang par les patients reste toujours incertaine et imprévisible et c'est dans ce cadre-là qu'il faut être motivé par le contexte d'une chaîne logistique sanguine. Sa mission principale est la collecte et le traitement du sang afin de se subvenir les besoins des patients.

Dans ce chapitre nous avons donné une idée générale comment fonctionne la chaîne logistique sanguine. Le chapitre suivant sera consacré à la présentation des modèles de la gestion de collecte du sang et le système étudié.

2 Chapitre 2 :

Etude logistique de la

gestion de la collecte du

sang

2.1 Introduction

Le temps est un facteur important dans la chaîne d'approvisionnement des produits périssables en général et des produits sanguins en particulier. L'optimisation des processus de collecte pour une chaîne d'approvisionnement en sang est extrêmement importante. Parmi les problèmes majeurs de ces processus, il y a l'emplacement et l'acheminement des sites de dons mobiles. Dans notre mémoire et dans cette section, nous nous sommes concentrés sur le choix du meilleur emplacement et d'une durée de tournée optimale pour améliorer le système mobile du sang. Ce système nécessite une logistique pré-planifiée minutieuse afin d'éviter tout problème. Par conséquent, nous proposons une configuration à long terme pour la collecte mobile du sang.

Dans ce chapitre, nous présentons d'abord des modèles de gestion de la collecte de sang trouvés dans la littérature. Plus précisément, collecte mobile du sang. Nous présentons donc un aperçu détaillé de notre étude de cas du service mobile de collecte de sang dans la ville de Tlemcen, ainsi nous présentons la carte de la ville de Tlemcen. Ensuite, nous présentons la modélisation mathématique de notre problème (problème de localisation, problème de voyageur de commerce avec fenêtre de temps). Et nous terminons ce chapitre par une conclusion.

2.2 Les modèles de la gestion de la collecte mobile du sang dans la littérature

La recherche liée à la gestion de la chaîne d'approvisionnement en produits sanguins a été lancée dans les années 1960 par Van Zyl. (26)

Certains auteurs ont réalisé des revues de la littérature sur la chaîne d'approvisionnement en sang. Beliën et coll. présentent une revue d'articles publiés jusqu'en 2010. (27)

La localisation des sites de dons mobiles est étudiée dans la littérature par Chaiwuttisak et al. Alfonso et al. Zahiri et al. Ramezani et al. Et Arvan et al. (27)

Alfonso et al. Abordent le problème de la collecte de sang en France en considérant à la fois le site fixe et la collecte de sang mobile. Ils utilisent des modèles de réseaux de Petri pour décrire différents processus de collecte de sang, les comportements des donateurs, les besoins en ressources humaines et appliquer une approche de simulation pour identifier les stratégies appropriées de planification des ressources humaines et de nomination des donateurs. (26)

Fahiminia et coll. enquêtent sur l'approvisionnement d'urgence en sang lors de catastrophes. Ils ont considéré qu'un réseau d'approvisionnement comprend un centre de transfusion sanguine fixe et mobile, des sites de dons et des hôpitaux avec des demandes stochastiques. (28)

Le problème du routage des sites de dons mobiles, compte tenu des paramètres déterministes, a été étudié par des auteurs tels que Mobasher et al. Sahinyazan et al. Ganesh et al. Ghandforoush et al. Gunpinar et al. Et Hemmelmayr et al. (27)

Gunpinar et Centeno ont proposé une approche de programmation par nombres entiers pour résoudre le problème du routage des mobiles sanguins. (28)

Gunpinar et al. Et Hemmelmayr et al. Sahinyazan formule le problème comme un VRPP et développe des heuristiques pour trouver des solutions proches. Gunpinar utilise la programmation linéaire en nombres entiers mixtes pour modéliser le problème exposé (branch & bound, Algorithme de génération de colonnes) et les autres auteurs développent des heuristiques ou des métaheuristiques en plus comme méthodes d'approximation. (27)

Sahinyazan et coll. Ont présenté un problème d'acheminement sélectif des véhicules suggéré par Chao et al. Avec visites intégrées. Ils optimisent l'itinéraire des mobiles sanguins qui collectent le sang et des navettes qui transfèrent le sang collecté par les mobiles sanguins vers le centre de transfusion sanguine. (28)

Rabbani et coll. et Zahiri et al. Etudient le problème de la localisation et de l'acheminement des sites de dons mobiles. Zahiri considère la quantité de dons et la demande comme des paramètres stochastiques et a formulé le problème sous la forme d'un programme linéaire en nombres entiers mixtes. Rabbani considère le nombre de donneurs comme un paramètre flou et développe un modèle de programmation mathématique floue pour obtenir des solutions

Chapitre 2 : Etude logistique de la gestion de la collecte du sang

pour les petites instances, et pour les plus grandes instances, les auteurs proposent un recuit simulé. (27)

Sahin, Sural et Meral (2007) sont les premiers à suggérer une utilisation systématique des mobiles de sang en Turquie. Ils ont fourni un modèle mathématique de régionalisation des services de transfusion sanguine de la part de la population du Croissant-Rouge turc utilisant des modèles de programmation entiers, ils déterminent les emplacements des composants du système proposés à l'aide du modèle de localisation apq-median, qui est une extension du problème classique p-median. (29)

Hemmelmayr et coll. développent des modèles de programmation en nombres entiers pour décider quels hôpitaux un vendeur (par le biais des véhicules des centres de transfusion sanguine) devrait visiter chaque jour étant donné que les itinéraires sont fixés pour chaque région. (26)

Nous avons constaté à partir de la littérature qu'en dépit d'une abondance de littérature sur les chaînes d'approvisionnement en sang, la littérature sur les systèmes de collecte de sang est rare. La plupart des articles traitant le problème de l'optimisation de la chaîne d'approvisionnement des produits sanguins se sont focalisés sur la gestion du stock et très peu sur la collecte. Il y a donc très peu d'études sur les opérations de la collecte mobile du sang dans la littérature. Ces études négligent la planification détaillée et l'optimisation de la collecte de sang. Il n'y a pas d'approche formelle proposée pour développer la planification des groupes mobiles.

- En termes d'objectifs, plus que la moitié des articles indiqués dans la revue de littérature relative à la gestion de collecte mobile du sang ont présenté des solutions pour maximiser la quantité de sang collecté mais les conceptions de ces études toujours prennent en compte les coûts des opérations de collecte. Ces coûts peuvent être le coût de transport, le coût d'installation et le coût de service.
- Bien que tout le monde sache que le sang est une matière précieuse et qu'il ne peut être remplacé à aucun prix, au contraire, les coûts de la collecte peuvent être négligés et non pris en considération. Mais ce qui nous préoccupe concernant le système mobile de ce précieux produit, C'est la garantie de conditions appropriées et du bon moment pour améliorer ce système.
- En Algérie. Il y a encore une pénurie de sang. La quantité de sang collectée dans les centres de transfusion n'est toujours pas suffisante. Cela dépend de la mauvaise gestion de la chaîne d'approvisionnement des produits sanguins. Et la dépendance continue à la collecte fixe (collecte aux niveaux des centres de transfusion). Il y a aussi une rareté et une mauvaise planification des séances mobiles pour la collecte de sang. Cela peut être dû au long temps nécessaire aux opérations de collecte, la mauvaise sélection des sites de collecte, les problèmes de transport, etc. Pour ces raisons nous avons décidé de faire une étude logistique de la gestion de la collecte mobile du sang afin d'optimiser le processus de collecte. Et cela en maximisant la collecte et en réduisons la durée du tour (temps d'achèvement du tour) dans des conditions favorables bien sûr. Donc nous avons pris en particulier la wilaya de Tlemcen pour y appliquer notre travail en raison de ce qu'elle

Chapitre 2 : Etude logistique de la gestion de la collecte du sang

souffre de la mauvaise gestion de l'organisation dans ce secteur même si c'est une grande ville et a une densité de population importante.

2.3 Structure de Présentation de problématique

Notre travail s'inspire d'une situation réelle, nous concevons un réseau logistique multi-niveaux, ces niveaux peuvent être des sites donneurs, banque de sang, sites mobiles. Pour organiser et gérer la collecte de sang. Au cours d'un horizon de planification spécifique, celui-ci nécessite la détermination du lieu, des dates et des heures correspondant au potentiel du site donneur et de donneur.

Alors que notre travail consiste dans un premier temps de choisir l'ensemble des points de collecte du sang dans la ville de Tlemcen appelés site donneur. Pour cela nous avons créé une carte géographique de la ville de Tlemcen à l'aide d'un logiciel de système d'information géographique SIG. Ce qui nous permet d'avoir une vue détaillée et plus globale de la ville de Tlemcen, et de simplifier la lecture des éléments relatifs à une collecte tels que les lieux et leurs densité, les caractéristiques de leur environnement immédiat comme le potentiel de donneurs, nous avons choisi cette représentation afin d'identifier rapidement les points de collecte de la ville de Tlemcen. La ville de Tlemcen est située au Nord-Ouest de l'Algérie. Le territoire de la commune de Tlemcen est situé au centre de sa wilaya il est bornée par 4 communes (Mansourah, Chetouane, Hnnaya, Ain fezza et Terny) À 140 km au sud-ouest d'Oran, au pied du djebel Terni, apparaît Tlemcen, enserrée entre les villages d'El Eubbad à l'est et de Mansourah à l'ouest. La ville, située sur un replat calcaire à 800 m d'altitude, est adossée au sud du plateau rocheux de Lalla Seti. Elle domine les plaines de la Tafna et de Safsaf. la ville de Tlemcen s'étend sur une superficie de 40 Km^2 et une population de 145626 habitants. (30)

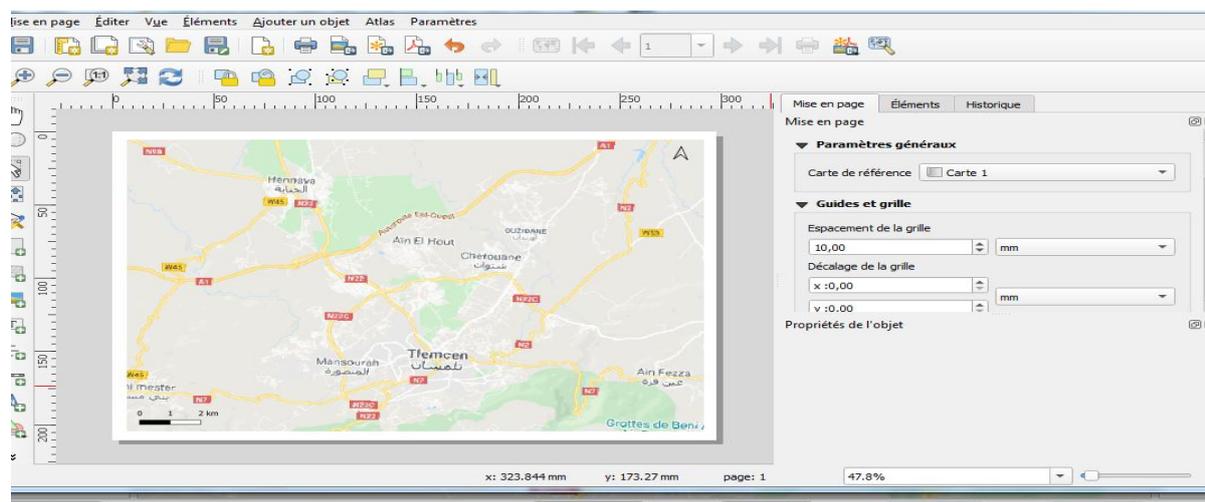


Figure 2-1 : Territoire de commune de Tlemcen.

Nous avons évalué ces points en fonction d'un ensemble des critères prédéfini, Ces critères peuvent être une visibilité de site, accessibilité au site, sécurité... etc. et se sont les principales conditions qui doivent être présentes à chaque point de collecte.

Chapitre 2 : Etude logistique de la gestion de la collecte du sang

Nous avons donné une importance (un poids) à chaque critère sur une échelle prédéfinie pour la sélection finale des points de collecte.

Dans une deuxième étape nous avons traité un problème d'affectation (localisation-allocation) pour attribuer les véhicules (sites mobile) aux bons emplacements (point de collecte) et au bon moment. Chaque point de collecte doit être visité une et une seule fois par un seul véhicule (site mobile). Et chaque véhicule (site mobile) doit visiter un ou plusieurs points de collecte.

Pour obtenir un appariement (point de collecte-site mobile) prenant en compte une durée maximale de visite et une importance prédéfinie. Le but étant de maximiser cette importance.

Et une dernière étape, à cette étape nous avons proposé un modèle de tournée pour la collecte consiste essentiellement à trouver des solutions optimales en minimisant de la durée de tournée de la visite pendant une collecte du sang sur un horizon temporel de 120 jours maximum. Pour cela nous considérons le modèle TSPTW (problème de voyageur de commerce avec fenêtre de temps) pour modéliser l'acheminement des véhicules (site mobile).

Nous avons défini les fenêtres de temps de visite de chaque points de collecte et le temps nécessaire pour l'opération de collecte au niveau de chaque point de collecte. Donc les véhicules commencent leurs tournées au début de l'horizon temporel prédéfini à partir de la banque du sang de Tlemcen de manière à passer par toutes les villes. Dans cette étude, nous considérons une seule banque du sang. Et nous avons supposé que le sang collecté par chaque véhicule (site mobile) est transféré à la banque du sang par un autre véhicule (véhicule supplémentaire) à la fin de chaque journée. Ainsi, les véhicules (site mobile) peuvent continuer leurs tournées et ils n'ont pas besoin de retourner à la banque du sang qu'à la fin de l'horizon prédéfini. Tout en respectant les fenêtres de temps et le temps de voyage.

Plus formellement, ce problème traité est également appelé problème Makespan avec les fenêtres de temps TSPTW-C. Car c'est le cas où nous avons cherché à minimiser la durée totale d'une tournée. Cette variante est aussi connue sous le nom de MPTW (*Makespan Problem with Time Windows*).

C'est compliqué de résoudre notre problème en une seule étape. Pour cela nous avons fait la résolution en plusieurs étapes donc nous avons divisé le problème en deux sous problèmes majeurs. Ces derniers peuvent être résolus séquentiellement. Tout en maintenant la coordination entre eux. Nous avons utilisé le solveur de programmation mathématique IBM Cplex pour la résolution de ces sous problèmes.

2.4 Sous problème 1

2.4.1 Problème de Localisation/allocation

2.4.1.1 Définition

Le problème de localisation-allocation se présente fréquemment en recherche opérationnelle. Il consiste à localiser un ensemble optimal d'installations (problème localisation). Et à attribuer des clients à des installations (problème d'allocation). Pour un coût donné et chaque client doit être servi par une unique installation. Afin de déterminer un couplage (client-installation). De telle manière qu'une certaine fonction de coût, dépendant du choix des couples (client-installation) soit minimale. (31)

2.4.1.2 Formulation du problème

Cette formulation est pour l'affectation des véhicules aux points de collecte nous traitons ce problème à l'aide de problème localisation-allocation pour avoir une solution optimale.

Hypothèses

Nous avons supposé que :

- Un seul type de produit est collecté (le sang)
- Les véhicules utilisés pour la collecte sont identiques.
- Un seul entrepôt (banque du sang dans l'hôpital de Tlemcen).
- Les véhicules et les médecins sont disponibles.
- La période de collecte est la même pour tous les véhicules.

Les paramètres

n : Nombre de point de collecte.

k : nombre de véhicule (site mobile).

N : nombre de véhicule disponible.

V_i : Valeur multicritère de point collecte i (importance).

t_i : temps de service nécessaire à l'opération d'une collecte a un point i (nombre de jours de collecte de point collecte).

tic_i : temps d'indisponibilité de points collecte i .

T : Temps maximale d'un véhicule (temps maximale de visite).

obl_i : la variable qui prend la valeur 1 si le site de collecte est jugé très indispensable.

Les indices

i : indice du point de collecte du sang où $i \in \{1, \dots, n\}$.

j : indice de véhicule (site mobile) où $j \in \{1, \dots, k\}$.

2.4.1.3 Modélisation mathématique du problème

- **Variables de décision**

$$x_i = \begin{cases} 1 & \text{si le site } i \text{ est visité} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

$$z_j = \begin{cases} 1 & \text{si le véhicule } j \text{ est choisi pour visiter } i \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

$$y_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si le site } i \text{ est visité par le véhicule } j \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

- **La fonction objective**
Maximiser

$$\sum_{i=1}^n V_i * x_i \tag{1.1}$$

- **Les contraintes de problème**

$$\sum_{j=1}^k y_{ij} = x_i \quad , \forall i \in \{1, \dots, n\} \tag{1.2}$$

$$\sum_i t_i * y_{ij} \leq T * z_j \quad , \forall j \in \{1, \dots, k\} \tag{1.3}$$

$$\sum_{i=1}^n tic_i * y_{ij} \leq T * z_j \quad , \forall j \in \{1, \dots, k\} \tag{1.4}$$

$$\sum_j y_{ij} \geq obl_i * x_i \quad , \forall i \in \{1, \dots, n\} \tag{1.5}$$

$$\sum_{j=1}^k z_j = N \tag{1.6}$$

$$x_i, y_{ij}, z_j \in \{0,1\} \quad , \forall i \in \{1, \dots, n\} \quad , j \in \{1, \dots, k\} \tag{1.7}$$

Le modèle mathématique est constitué d'une fonction objective donné par l'équation (1.1), cette dernière permet de maximiser l'importance d'un site donneur (points de collecte).

Chapitre 2 : Etude logistique de la gestion de la collecte du sang

- **Explication des contraintes :**

Contrainte (1.2) impose que chaque point est visité une seule fois. Chaque site mobile peut visiter plusieurs points. Cette contrainte permet donc de déterminer le couplage (point-véhicule)

Contrainte (1.3) permet de ne pas dépasser le temps maximale du visite de point i avec la satisfaction de temps de service nécessaire d'un point.

Contrainte (1.4) permet de prendre en compte un certain temps d'indisponibilité des points et de ne pas dépasser le temps maximale pour la visite de ces points.

Contrainte (1.5) consiste à forcer la visite des points qui peuvent ne pas être disponibles à un certain temps mais qui sont très indispensables.

Contrainte (1.6) indique que seul les véhicules disponibles ont été sélectionnés pour l'affectation.

Contrainte (1.7) pose la non négativité et les restrictions binaires. Contrainte d'inégalité

Simulation du modèle mathématique

La simulation de modèle est faite à l'aide du logiciel Cplex.

2.5 Sous problème 2

2.5.1 Problème de voyageur de commerce avec fenêtre de temps

Problème de voyageur de commerce avec fenêtre de temps (TSPTW) est l'une des variantes les plus importantes du problème de voyageur de commerce (TSP) qui est NP-difficile au sens fort. Dans ce problème le voyageur doit visiter chaque client dans un intervalle de temps, nommé comme les fenêtres temporelles indiquant le plus tôt et le plus tard ce client autorisera le début du service. (32)

2.5.1.1 Formulation mathématique

Problème de voyageur de commerce avec fenêtre de temps consiste à optimiser une durée totale de la tournée. En ne visitant chaque point qu'une seule fois et de revenir au point de départ dans un intervalle de temps. Cette formulation est faite à l'aide de la formulation proposée par Kara et al, Une formulation de programmation linéaire entière pour TSPTW asymétrique. Kara et al. (2015) traitent le TSPTW-C. Nous rappelons que la fonction objective de cette variante est le temps d'arrivée au dépôt destination (*Completion time*). Et que le temps de départ du dépôt est une variable de décision. Le modèle proposé contient $O(n^2)$ variables binaires et $O(n^2)$ contraintes, où n est le nombre de clients du problème. (33)

Hypothèses

- Le temps de voyage entre les points dépend de la distance parcourue entre eux.
- Le temps de service inclus dans le temps de trajet.
- La durée maximale d'une route est de 120 jours.

Chapitre 2 : Etude logistique de la gestion de la collecte du sang

Les paramètres

i : indice de point où $i \in \{0, \dots, N+1\}$

j : indice de point où $j \in \{0, \dots, N+1\}$

N : nombre de point

t_0 : le temps des services de point i

a_i : Borne inférieure de la fenêtre de temps de point i .

b_i : Borne supérieure de la fenêtre de temps de point i .

$[a_i, b_i]$: Fenêtre de temps de point i .

tv_i : Temps d'indisponibilités des points.

tr_{ij} : Temps de trajet entre le point i et j .

Le temps de service en point i , sera inclus dans le temps de trajet tr_{ij} .

2.5.1.2 Modélisation mathématique du problème

Mathématiquement, le problème se décrit par un graphe $G = (N, A)$ où $N = \{v_0, v_1, \dots, v_n\}$ représente l'ensemble des villes et $A = \{(vi, vj) : vi, vj \in N, i \neq j\}$ représente l'ensemble des arcs possibles. tr_{ij} Représente le temps de trajet entre la ville i et la ville j . Nous considérons le cas où ($tr_{ij} \neq tr_{ji}$) c'est-à-dire le TSPTW asymétrique.

Le point v_0 et v_{n+1} représente le dépôt qui est le départ et l'arrivée pour toutes les routes. Les points v_1, \dots, v_n représentent les n points de collecte. Avec t_i le temps de visite de chaque point.

Les variables de décision

t_i : La durée de visite de point i .

x_{ij} : la variable binaire qui égale à 1 si le véhicule passe du nœud i au nœud j , 0 sinon.

La fonction objective

Minimiser

$$t_{N+1} \tag{2.1}$$

Les contraintes

$$t_i - tr_{0i} * x_{0i} \geq 0 \quad , i \neq 0; \forall i \in \{1, \dots, N\} \quad (2.2)$$

$$t_i - t_j + (b_i - a_j + tr_{ij}) * x_{ij} \leq b_i - a_j \quad , i < j; \forall i, j \in \{1, \dots, N\} \quad (2.3)$$

$$\sum_{j=1}^{N+1} x_{ij} = 1 \quad , i < j \quad ; \quad \forall i \in \{1, \dots, N\} \quad (2.4)$$

$$\sum_{i=0}^N x_{ij} = 1 \quad , \forall j \in \{1, \dots, N + 1\} \quad (2.5)$$

$$t_i + tr_{i0} \leq t_{N+1} \quad , \quad \forall i \in \{0, \dots, N + 1\} \quad (2.6)$$

$$t_i \geq a_i \quad , \forall i \in \{1, \dots, N\} \quad (2.7)$$

$$t_i \leq b_i \quad , \forall i \in \{1, \dots, N + 1\} \quad (2.8)$$

$$t_i = 0 \quad , i = 0; \forall i \in \{0, \dots, N + 1\} \quad (2.9)$$

$$t_i \geq 0 \quad , \forall i \in \{1, \dots, N + 1\} \quad (2.10)$$

$$|t_i - tv_i| \geq 1 \quad , \quad \forall i \in \{1, \dots, N\} \quad (2.11)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad , i, j \in \{0, \dots, N + 1\} \quad (2.12)$$

Le modèle mathématique est constitué d'une fonction objective donné par l'équation (2.1), cette dernière permet de minimiser la durée de tour.

Explication des contraintes

Chapitre 2 : Etude logistique de la gestion de la collecte du sang

Contrainte (2.2) initialise les t_i et constitue les t_i temps de visite, Garantir que les valeurs de t_i correspondent au point de départ.

Contrainte (2.3) initialise les t_i , et garantit que les dates d'arrivée au point en tournée constituent une fonction d'étape croissante, ce qui signifie que ces inégalités interdisent de former tout sous-traite illégal, c'est-à-dire qu'elles sont les contraintes d'élimination de sous-traitance.

Les contraintes (2.4) et (2.5) sont les contraintes d'affectation.

Contrainte (2.6) Garantit que les valeurs de t_i les plus petites et les plus grandes correspondent au départ et au retour au dépôt pour tous les points.

Contrainte (2.7) expose la contrainte de de fenêtre de temps de visite de point i . et qui permet d'initialiser les t_i et constituent une fonction d'étape croissante non négative de t_i , de sorte qu'aucune tournée illégale ne sera formée.

Contrainte (2.8) c'est la contrainte de la fenêtre temporelle. Cette contrainte permet de ne pas dépasser la borne supérieure de la fenêtre de temps pendant une visite d'un point i .

Contrainte (2.9) permet d'initialiser le temps de départ de point 0 (la banque du sang). C'est le temps où le véhicule quitte la banque du sang la première fois.

Contrainte (2.10) exprime la non-négativité.

Contrainte (2.11) permet de déterminer les points de collecte qui sont indisponibles pour ne pas visiter ces points pendant leur date d'indisponibilité comme les administrations, les directions, ne sont pas disponibles pendant tous les jours de vendredi.

Contrainte (2.12) indique la non-négativité et les restrictions binaires.

2.6 Conclusion

Notre travail est principalement axé sur la recherche de solutions optimales, d'une part, en maximisant la collecte en fonction de la sélection rapide des points répondant aux conditions les plus nécessaire pour la collecte de sang. D'autre part, en réduisant le temps total passé à visiter ces points.

Dans ce chapitre nous avons proposé la modélisation mathématique séparée de chacun de ces deux sous problèmes étudiés. Cette modélisation nous a permis de localiser les sites mobiles et les affecter aux différents points de collecte (sous-problème 1). Ensuite nous avons résolu le problème de tournée (sous-problème 2) des différents points identifiés dans le premier sous-problème. Dans le chapitre suivant nous aurons analysé les données et présenté les résultats finals de chaque sous problèmes.

3 . Chapitre 3 :

Analyse des données et résultats expérimentaux

3.1 Introduction

Les problèmes de localisation et de routage sont initialement liés à la disposition géographique des points d'approvisionnement en ressources.

Ce chapitre sera divisé en deux parties, la première partie est consacrée à une description générale du logiciel SIG que nous allons utiliser pour identifier les points de collecte du sang.

La deuxième partie consiste à analyser les données nécessaires à la mise en œuvre de notre problème. Ensuite, nous présenterons les résultats de différentes simulations que nous avons réalisées par modélisation sous le solveur Cplex. Les résultats obtenus seront interprétés et évalués.

3.2 Description SIG

Le SIG est un domaine relativement nouveau, qui est apparu dans les années 1970. Le SIG, utilisant l'informatique, n'était disponible et utilisé que par des entreprises et des universités. (34)

Depuis les années 2000, quelques champs d'études commencent à s'intéresser aux SIG comme le monde des affaires. (35)

A l'origine Quantum GIS était destiné à n'être qu'un outil de visualisation des données de GRASS (Geographic Resources Analysis Support System). (36)

Aujourd'hui, Ce SIG est devenu un système informatique permettant à partir de diverses sources, de collecter et organiser, de gérer, manipuler, traiter, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement contribuant notamment à la gestion de l'espace. Un système d'information géographique est aussi un système de gestion de base de données pour la saisie, le stockage, l'extraction, l'interrogation, l'analyse et l'affichage de données localisées. (37)

Le SIG peut contenir une très grande quantité de données cartographiques et rendre rapide et facile la recherche. Un SIG est un système comprenant un ordinateur, un logiciel et des données géographiques. (34)

Il existe de nombreux systèmes de coordonnées. Ils sont recensés par l'EPSG (European Petroleum Survey Group) qui a attribué un code à chacun. Comme **WGS84** (World Geodetic System 1984), code **EPSG 4326**.

Système global initialement mis au point par le département de la défense des Etats Unis en 1984, mis à jour en 2004.

Le système de coordonnées et sa projection associée s'il y en a une seront nommés **SCR** (Système de Coordonnées de Reference) suivant la terminologie utilisée par QGIS. (38)

Pour notre travail nous avons déterminé le SCR de la zone de Tlemcen sur lequel nous avons travaillé. et qui est **WGS84/UTM zone 31 code EPSG 32631**. Nous avons utilisé le QGIS avec option maillage afin de réaliser une analyse de cartographie par maille pour pouvoir diviser la zone d'étude. En fait, le maillage est l'un des paramètres de l'analyse.

3.3 Définition de maillage

Un maillage est un découpage d'un espace géographique en plusieurs unités simples contiguës. Ces unités sont toutes accolées les unes aux autres et ne présentent aucun chevauchement. Pour visualiser un maillage simple, on peut imaginer une grille. Le maillage peut être régulier, avec des mailles de formes et de dimensions identiques, ou bien irrégulier avec des mailles de formes et de dimensions hétérogènes. (39)

Dans notre travail nous avons utilisé la maille régulière. Il s'agit certainement du maillage le plus simple, constitué de carrés contigus de 400 mètres de côté formant une grille de la ville de Tlemcen comme montre la figure (3-1).

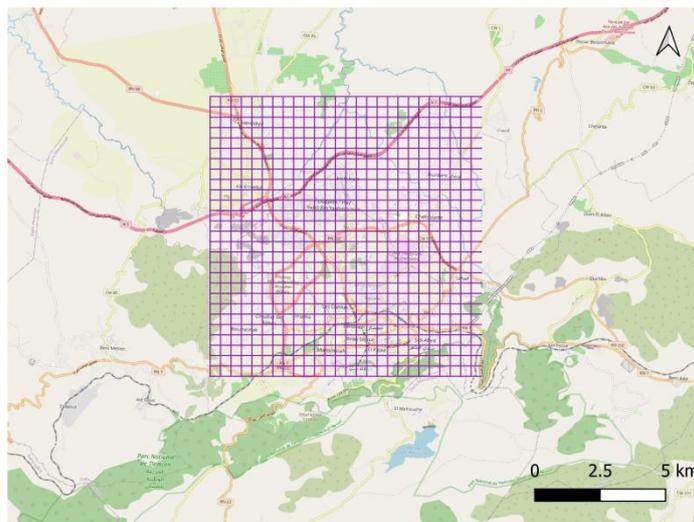


Figure 3-1 : Carte représenté la ville de Tlemcen avec maillage.

3.4 Etude de la mesure d'importance des points par rapport aux critères

Il existe un certain nombre de choix à réaliser qui doivent être faites pour tout travail analytique comme le choix des données à utiliser pour l'analyse etc.

Nous avons analysé et évalué les points de regroupement en fonction des critères, (critère d'importance, de visibilité, d'accessibilité, et de sécurité) et nous avons donné du poids à chaque critère sur une échelle de (1 à 3). Et en multipliant ces critères, nous obtenons une valeur multicritère, que nous cherchons à maximiser.

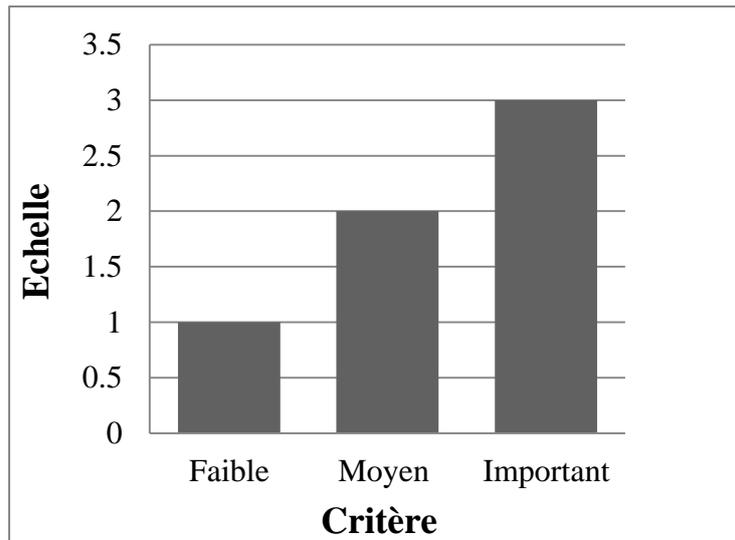


Figure 3-2 : présentation graphique de l'échelle des critères.

Le sang ayant un caractère périssable, sa collecte et son approvisionnement doivent être rapides et précis, et les conditions doivent être favorables pour cela, nous avons choisi ces critères qui sont principalement les conditions liées à la localisation ou l'emplacement des sites mobiles de prélèvement sanguin. Puisque notre étude se déroule selon un calendrier tout au long de l'année, nous avons mené cette analyse pour réaliser quelque chose de réel et de présent et pour éviter les attentes.

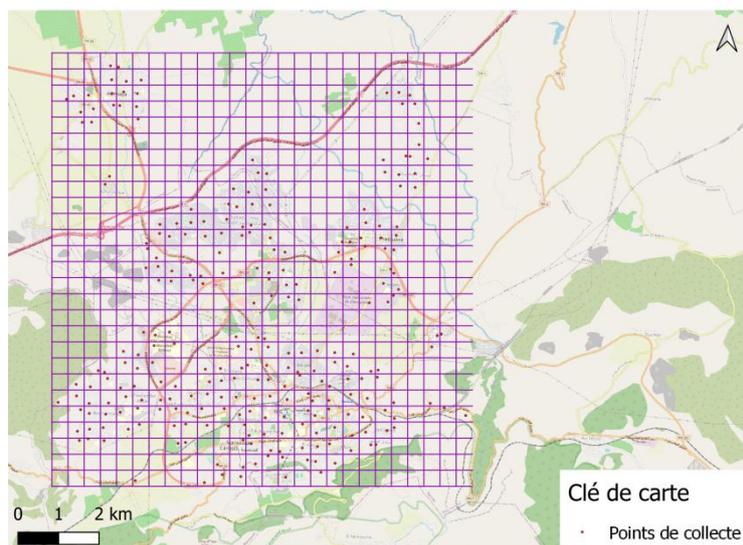


Figure 3-3 : carte représente les points de collecte choisis.

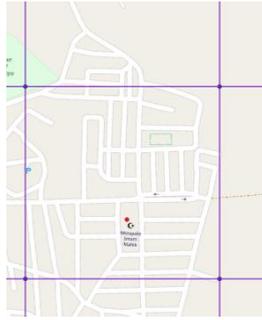


Figure 3-4 : présentation d'un exemple d'un point de collecte.

3.4.1 Les points de collecte les plus importants

Parmi les points de collecte il existe des points plus importantes ces points pour notre étude peuvent être des écoles, des universités, des employeurs des secteurs public et privé, des organisations communautaires, des établissements publics comme les centres sportifs, des mosquées, des lieux de culte et des centres commerciaux.

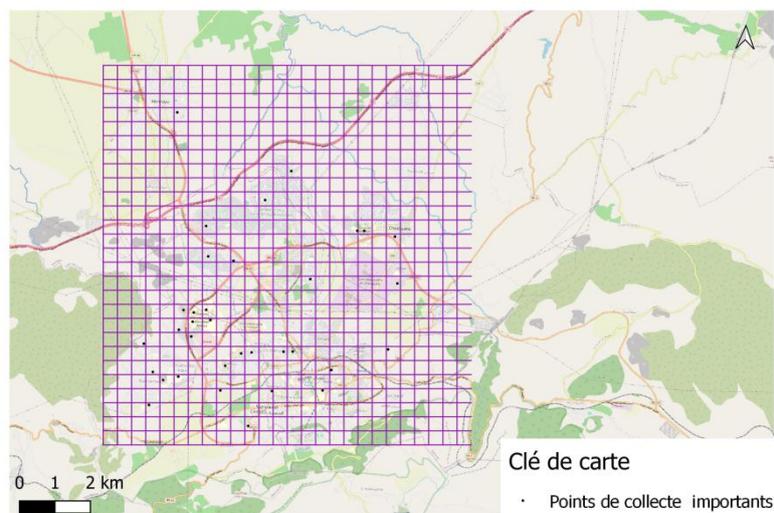


Figure 3-5 : carte représente les points de collecte les plus importants.

Notre étude nous a permis de balayer la grande ville de Tlemcen sur 756 points, car cette ville est l'une des plus grandes villes d'Algérie, en raison de sa grande superficie et de sa forte densité de population, ce qui nous a aidés à choisir un grand nombre de points parmi ces points. Nous avons choisi d'après une Analyse multicritères 265 points candidats pour les collectes du sang. On peut considérer que nous avons plus d'un point de collecte dans le même territoire. Nous retrouvons cette situation dès que la densité est importante.

Ces points sont donc des sites géographiques de la ville de Tlemcen. Pour notre travail ils sont représentés par des points avec les coordonnées X et Y.

Chapitre 3 : Analyse des données et résultats expérimentaux

3.5 Présentation des données de Sous-problème 1

L'approche proposé a été évalué à partir des données réelles de chaque sous problème. Dans cette section, nous présentons les données numériques nécessaires pour valider notre approche.

La valeur multicritère

Comme nous l'avons mentionné précédemment concernant la sélection des points selon les critères. Nous mentionnons ces critères et l'importance des points par rapport aux normes et les coordonnées (positions géographiques) des différents points i (x_i, y_i) dans le tableau suivant.

| Point | X | Y | Importance | Visibilité | Accessibilité | Sécurité | Valeur numérique |
|-------|------------------|------------------|------------|------------|---------------|----------|------------------|
| 1 | 100996.739102695 | 3876988.0999965 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 101190.052550051 | 3876954.70949195 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 3 | 101024.418073566 | 3876640.13579126 | 3 | 2 | 3 | 2 | 36 |
| 4 | 101384.684043639 | 3876601.47310178 | 3 | 2 | 2 | 3 | 36 |
| 5 | 101753.736988593 | 3876633.10621135 | 1 | 1 | 2 | 2 | 4 |
| 6 | 99906.7148688516 | 3876155.09477789 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 7 | 100080.696971473 | 3876237.69234176 | 1 | 2 | 2 | 1 | 4 |
| 8 | 100451.507311402 | 3876257.02368649 | 2 | 2 | 2 | 2 | 16 |
| 9 | 101033.205048446 | 3876299.20116592 | 2 | 2 | 2 | 1 | 8 |
| 10 | 101319.660429529 | 3876337.86385539 | 3 | 3 | 3 | 3 | 81 |
| 11 | 101658.83765989 | 3876299.20116592 | 2 | 2 | 1 | 1 | 4 |
| 12 | 107830.808815485 | 3876316.77511568 | 2 | 2 | 2 | 1 | 8 |
| 13 | 108127.808566423 | 3876323.80469558 | 2 | 2 | 3 | 2 | 24 |
| 14 | 108400.204787698 | 3876255.26629152 | 1 | 2 | 2 | 1 | 4 |
| 15 | 100258.193864045 | 3875833.49149729 | 2 | 1 | 2 | 1 | 4 |
| 16 | 100571.010169767 | 3875916.08906116 | 2 | 2 | 3 | 1 | 12 |
| 17 | 101070.110342942 | 3876009.23099488 | 1 | 2 | 2 | 2 | 8 |
| 18 | 101223.003705851 | 3875998.68662503 | 2 | 2 | 3 | 2 | 24 |
| 19 | 101637.748920179 | 3875972.32570039 | 2 | 2 | 2 | 2 | 16 |
| 20 | 108213.481571501 | 3876042.62149943 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 21 | 108522.783087272 | 3876042.62149943 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 22 | 100296.417204772 | 3875580.42662075 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 23 | 100528.3933416 | 3875583.9414107 | 2 | 2 | 2 | 1 | 8 |
| 24 | 101677.729655882 | 3875661.26678964 | 1 | 2 | 2 | 1 | 4 |
| 25 | 108617.682415974 | 3875552.30830113 | 2 | 2 | 2 | 1 | 8 |
| 26 | 108626.469390854 | 3875023.33241337 | 1 | 1 | 2 | 2 | 4 |
| 27 | 104508.892962164 | 3874643.73509856 | 1 | 2 | 2 | 1 | 4 |
| 28 | 107742.499717942 | 3874643.73509856 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 29 | 108301.3513203 | 3874742.14921721 | 2 | 2 | 2 | 2 | 16 |
| 30 | 108404.361118031 | 3874732.2205437 | 2 | 2 | 2 | 2 | 16 |
| 31 | 108840.921745771 | 3874672.48735737 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 32 | 100970.43898757 | 3874234.65581077 | 1 | 2 | 2 | 1 | 4 |

Chapitre 3 : Analyse des données et résultats expérimentaux

| | | | | | | | |
|----|------------------|------------------|---|---|---|---|----|
| 33 | 104644.029946769 | 3874324.89104969 | 2 | 1 | 2 | 1 | 4 |
| 34 | 104858.179774351 | 3874300.74359138 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 35 | 107783.834985586 | 3874338.87115713 | 2 | 2 | 2 | 1 | 8 |
| 36 | 108127.61853669 | 3874276.59613308 | 3 | 2 | 2 | 2 | 24 |
| 37 | 108526.051598689 | 3874304.55634796 | 2 | 2 | 2 | 2 | 16 |
| 38 | 100861.457695492 | 3874037.66338777 | 1 | 2 | 3 | 1 | 6 |
| 39 | 104037.16619205 | 3873923.28069054 | 2 | 3 | 3 | 2 | 36 |
| 40 | 104406.368120314 | 3873840.67096477 | 2 | 2 | 3 | 2 | 24 |
| 41 | 104835.620964621 | 3873905.48782653 | 2 | 2 | 2 | 1 | 8 |
| 42 | 108164.475183573 | 3873993.18122774 | 2 | 2 | 2 | 2 | 16 |
| 43 | 108529.864355263 | 3873957.59549971 | 2 | 2 | 2 | 1 | 8 |
| 44 | 102987.387215299 | 3873413.64222846 | 1 | 2 | 2 | 1 | 4 |
| 45 | 103915.157981677 | 3873543.27595198 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 46 | 104118.18726925 | 3873475.91725251 | 3 | 2 | 2 | 2 | 24 |
| 47 | 104502.004764382 | 3873540.73411427 | 2 | 2 | 2 | 2 | 16 |
| 48 | 104937.294473265 | 3873521.6703314 | 2 | 2 | 2 | 2 | 16 |
| 49 | 107270.066037219 | 3873411.10039075 | 2 | 2 | 2 | 1 | 8 |
| 50 | 102217.210387319 | 3873036.17932762 | 2 | 2 | 2 | 2 | 16 |
| 51 | 102633.754043046 | 3873060.32678592 | 2 | 3 | 3 | 2 | 36 |
| 52 | 102982.621269581 | 3873081.93240651 | 1 | 3 | 3 | 2 | 18 |
| 53 | 103304.799200097 | 3873109.89262139 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 54 | 103870.040362216 | 3873164.54213228 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 55 | 104264.660667641 | 3872975.17522244 | 2 | 3 | 3 | 3 | 54 |
| 56 | 104471.184982074 | 3873017.11554475 | 2 | 3 | 3 | 3 | 54 |
| 57 | 104808.931668602 | 3873037.45024648 | 1 | 3 | 3 | 3 | 27 |
| 58 | 106845.896868344 | 3872959.92419614 | 2 | 2 | 2 | 2 | 16 |
| 59 | 107309.464521819 | 3873078.11964994 | 3 | 3 | 2 | 2 | 36 |
| 60 | 107648.16439749 | 3872998.05176188 | 2 | 3 | 3 | 2 | 36 |
| 61 | 108078.37043094 | 3872976.44614129 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 62 | 101884.865105939 | 3872564.03297185 | 1 | 2 | 2 | 1 | 4 |
| 63 | 102208.313955313 | 3872810.59123032 | 1 | 3 | 3 | 2 | 18 |
| 64 | 102452.012646344 | 3872739.41977427 | 2 | 3 | 3 | 3 | 54 |
| 65 | 102841.549276337 | 3872791.52744745 | 2 | 3 | 3 | 2 | 36 |
| 66 | 103339.114009265 | 3872740.69069312 | 2 | 2 | 2 | 1 | 8 |
| 67 | 103738.184150604 | 3872820.26075061 | 2 | 3 | 3 | 2 | 36 |
| 68 | 104245.99997385 | 3872761.06432797 | 2 | 3 | 3 | 3 | 54 |
| 69 | 104435.807108059 | 3872840.91066548 | 2 | 3 | 3 | 3 | 54 |
| 70 | 104945.171674924 | 3872700.49124435 | 2 | 3 | 3 | 2 | 36 |
| 71 | 106725.022254341 | 3872600.68332246 | 2 | 3 | 3 | 2 | 36 |
| 72 | 106920.680197761 | 3872599.30666147 | 3 | 3 | 3 | 3 | 81 |
| 73 | 107190.161586852 | 3872697.39375712 | 3 | 3 | 3 | 2 | 54 |
| 74 | 107683.006221818 | 3872702.21207058 | 2 | 3 | 3 | 2 | 36 |
| 75 | 108060.99757804 | 3872762.29974894 | 1 | 3 | 3 | 2 | 18 |
| 76 | 101911.824155437 | 3872432.58779142 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Chapitre 3 : Analyse des données et résultats expérimentaux

| | | | | | | | |
|-----|------------------|------------------|---|---|---|---|----|
| 77 | 102129.815532309 | 3872200.06365609 | 2 | 2 | 2 | 2 | 16 |
| 78 | 103691.428851041 | 3872331.81612911 | 2 | 2 | 2 | 1 | 8 |
| 79 | 105042.231143961 | 3872406.40588535 | 3 | 3 | 3 | 2 | 54 |
| 80 | 105311.027155785 | 3872345.46059671 | 2 | 3 | 3 | 2 | 36 |
| 81 | 106635.677552462 | 3872342.73170319 | 2 | 3 | 3 | 3 | 54 |
| 82 | 106950.864754143 | 3872177.17882958 | 3 | 3 | 3 | 3 | 81 |
| 83 | 107290.611997515 | 3872496.45937154 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 84 | 107787.952841726 | 3872435.51408291 | 1 | 3 | 3 | 2 | 18 |
| 85 | 108001.488759748 | 3872404.586623 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 86 | 101872.166503673 | 3871955.68363879 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 87 | 102170.980344228 | 3871988.43036104 | 3 | 3 | 3 | 2 | 54 |
| 88 | 102511.864626566 | 3871874.72646433 | 3 | 3 | 3 | 2 | 54 |
| 89 | 102966.225397821 | 3871769.20924818 | 2 | 3 | 2 | 2 | 24 |
| 90 | 103226.834729082 | 3871747.37810001 | 1 | 2 | 2 | 2 | 8 |
| 91 | 103774.205287846 | 3871824.69674978 | 1 | 2 | 2 | 1 | 4 |
| 92 | 104621.754133926 | 3871945.67769588 | 1 | 2 | 2 | 1 | 4 |
| 93 | 104912.608701712 | 3871831.97379917 | 2 | 3 | 3 | 1 | 18 |
| 94 | 105266.910043861 | 3871894.73835015 | 2 | 3 | 3 | 1 | 18 |
| 95 | 106542.895172746 | 3871843.79900443 | 1 | 2 | 2 | 2 | 8 |
| 96 | 106944.724743721 | 3872033.91191973 | 1 | 2 | 2 | 2 | 8 |
| 97 | 107927.353819093 | 3871921.11765419 | 2 | 3 | 3 | 2 | 36 |
| 98 | 108000.806536368 | 3871821.05822508 | 1 | 3 | 3 | 2 | 18 |
| 99 | 102188.490744322 | 3871645.95422415 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 100 | 102492.762371919 | 3871624.12307598 | 2 | 2 | 2 | 1 | 8 |
| 101 | 103041.952193031 | 3871651.41201119 | 2 | 2 | 2 | 1 | 8 |
| 102 | 103279.138521569 | 3871562.26815617 | 1 | 2 | 2 | 1 | 4 |
| 103 | 104916.4746342 | 3871670.51426584 | 1 | 3 | 3 | 2 | 18 |
| 104 | 105346.502771559 | 3871528.61180274 | 3 | 3 | 3 | 2 | 54 |
| 105 | 105592.330596247 | 3871540.437008 | 2 | 2 | 2 | 1 | 8 |
| 106 | 107745.882399943 | 3871565.90668086 | 2 | 2 | 2 | 1 | 8 |
| 107 | 108116.784511013 | 3871417.63679955 | 2 | 2 | 2 | 1 | 8 |
| 108 | 104541.479182849 | 3871077.88955618 | 1 | 3 | 3 | 1 | 9 |
| 109 | 104978.784369597 | 3871255.26763505 | 2 | 3 | 3 | 2 | 36 |
| 110 | 105396.987301698 | 3871227.97869984 | 2 | 3 | 3 | 2 | 36 |
| 111 | 105653.958108264 | 3871158.84673064 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 112 | 107395.446990282 | 3871084.2569744 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 113 | 107856.402587546 | 3871102.44959787 | 2 | 2 | 2 | 2 | 16 |
| 114 | 107992.392448012 | 3871264.36394679 | 2 | 2 | 2 | 2 | 16 |
| 115 | 101812.585661797 | 3870349.27498606 | 3 | 3 | 3 | 3 | 81 |
| 116 | 102103.212821789 | 3870280.14301686 | 2 | 3 | 3 | 2 | 36 |
| 117 | 102454.103047037 | 3870354.7327731 | 2 | 3 | 3 | 2 | 36 |
| 118 | 104100.990286992 | 3870234.66145818 | 2 | 1 | 2 | 1 | 4 |
| 119 | 104647.451214582 | 3870216.4688347 | 2 | 2 | 2 | 1 | 8 |
| 120 | 104805.272223217 | 3870185.5413748 | 2 | 2 | 2 | 1 | 8 |

Chapitre 3 : Analyse des données et résultats expérimentaux

| | | | | | | | |
|-----|------------------|------------------|---|---|---|---|----|
| 121 | 109076.445399249 | 3870264.67928691 | 2 | 2 | 2 | 2 | 16 |
| 122 | 109176.959643941 | 3870303.79342738 | 2 | 2 | 2 | 1 | 8 |
| 123 | 101314.335186411 | 3869873.08306664 | 2 | 3 | 3 | 3 | 54 |
| 124 | 101680.689141612 | 3869785.75847396 | 3 | 3 | 3 | 3 | 81 |
| 125 | 102071.37573071 | 3870015.89516091 | 3 | 3 | 3 | 3 | 81 |
| 126 | 102571.445468443 | 3870062.28635076 | 2 | 3 | 3 | 2 | 36 |
| 127 | 104158.297050934 | 3869999.52179978 | 3 | 2 | 3 | 2 | 36 |
| 128 | 104471.664990268 | 3869924.93204354 | 2 | 3 | 3 | 2 | 36 |
| 129 | 104894.416078238 | 3869981.32917631 | 1 | 2 | 2 | 2 | 8 |
| 130 | 105399.716195219 | 3869827.60150795 | 2 | 3 | 3 | 2 | 36 |
| 131 | 105719.678960562 | 3869837.60745086 | 2 | 3 | 3 | 2 | 36 |
| 132 | 106110.592957453 | 3869887.63716542 | 2 | 2 | 3 | 2 | 24 |
| 133 | 106541.530725986 | 3869841.24597556 | 1 | 2 | 3 | 1 | 6 |
| 134 | 106999.530021936 | 3869806.67999096 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 135 | 108940.000723197 | 3869984.05806983 | 1 | 3 | 3 | 2 | 18 |
| 136 | 100691.920055818 | 3869390.97854458 | 1 | 3 | 3 | 2 | 18 |
| 137 | 100847.921802105 | 3869350.95477294 | 2 | 3 | 3 | 2 | 36 |
| 138 | 101357.087851574 | 3869592.91666514 | 2 | 3 | 3 | 2 | 36 |
| 139 | 101660.449847998 | 3869448.28530853 | 2 | 3 | 3 | 2 | 36 |
| 140 | 102032.261590241 | 3869594.73592749 | 3 | 3 | 3 | 3 | 81 |
| 141 | 103340.538625792 | 3869428.27342271 | 2 | 3 | 3 | 2 | 36 |
| 142 | 103714.851853763 | 3869444.64678383 | 2 | 3 | 3 | 2 | 36 |
| 143 | 104238.572002011 | 3869457.38162026 | 3 | 2 | 3 | 2 | 36 |
| 144 | 104385.932252148 | 3869531.06174533 | 3 | 3 | 3 | 3 | 81 |
| 145 | 104857.803423497 | 3869522.87506477 | 2 | 3 | 3 | 2 | 36 |
| 146 | 105394.258408177 | 3869465.56830083 | 2 | 3 | 3 | 3 | 54 |
| 147 | 105623.030648358 | 3869355.50292881 | 3 | 3 | 3 | 3 | 81 |
| 148 | 106030.318006375 | 3869385.52075754 | 2 | 3 | 3 | 1 | 18 |
| 149 | 106544.032211713 | 3869603.83223923 | 2 | 3 | 3 | 1 | 18 |
| 150 | 106850.168583216 | 3869500.04332231 | 1 | 2 | 2 | 1 | 4 |
| 151 | 107436.016540628 | 3869374.96903593 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 152 | 107614.872770153 | 3869405.98745895 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 153 | 100144.685941725 | 3869050.27618848 | 2 | 3 | 3 | 2 | 36 |
| 154 | 100497.645577894 | 3868989.23993673 | 2 | 3 | 3 | 1 | 18 |
| 155 | 100921.397260155 | 3869197.36354927 | 2 | 3 | 3 | 2 | 36 |
| 156 | 101244.08891902 | 3868960.22270229 | 3 | 3 | 3 | 2 | 54 |
| 157 | 101582.790086541 | 3869003.2482568 | 2 | 3 | 3 | 2 | 36 |
| 158 | 102242.932170063 | 3869111.31244024 | 2 | 3 | 3 | 2 | 36 |
| 159 | 102599.644034824 | 3869000.24647393 | 1 | 3 | 3 | 1 | 9 |
| 160 | 103441.644130745 | 3869112.31303453 | 2 | 3 | 3 | 2 | 36 |
| 161 | 103737.319743751 | 3869142.33086326 | 3 | 3 | 3 | 2 | 54 |
| 162 | 104055.258579733 | 3869204.36770931 | 3 | 3 | 3 | 2 | 54 |
| 163 | 104640.356091426 | 3869162.34274908 | 3 | 3 | 3 | 3 | 81 |
| 164 | 104898.009121372 | 3869168.34631483 | 3 | 3 | 3 | 3 | 81 |

Chapitre 3 : Analyse des données et résultats expérimentaux

| | | | | | | | |
|-----|------------------|------------------|---|---|---|---|----|
| 165 | 105303.750106394 | 3869002.24766251 | 3 | 3 | 3 | 2 | 54 |
| 166 | 105675.47088552 | 3869278.41168684 | 3 | 3 | 3 | 3 | 81 |
| 167 | 106222.545814153 | 3869129.32313748 | 2 | 3 | 3 | 3 | 54 |
| 168 | 106411.157838017 | 3868999.24587964 | 2 | 3 | 2 | 2 | 24 |
| 169 | 106866.928537592 | 3869187.35760636 | 3 | 3 | 3 | 3 | 81 |
| 170 | 107207.630893695 | 3869194.36176639 | 2 | 2 | 2 | 2 | 16 |
| 171 | 107594.61073576 | 3869228.38197229 | 2 | 2 | 2 | 1 | 8 |
| 172 | 99698.4208879154 | 3868602.00994609 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 173 | 100155.192181781 | 3868764.10622124 | 2 | 3 | 3 | 1 | 18 |
| 174 | 100464.876114862 | 3868575.99449453 | 1 | 3 | 3 | 2 | 18 |
| 175 | 100944.911225995 | 3868586.00043744 | 2 | 3 | 3 | 2 | 36 |
| 176 | 101374.666474002 | 3868745.09492971 | 2 | 3 | 3 | 2 | 36 |
| 177 | 101767.649881813 | 3868658.04322639 | 3 | 3 | 3 | 3 | 81 |
| 178 | 102235.42771288 | 3868659.04382068 | 3 | 3 | 3 | 2 | 54 |
| 179 | 102464.063508386 | 3868691.062838 | 3 | 3 | 3 | 2 | 54 |
| 180 | 102991.126551198 | 3868761.10443837 | 3 | 3 | 3 | 2 | 54 |
| 181 | 103390.863970473 | 3868810.13355863 | 3 | 3 | 3 | 2 | 54 |
| 182 | 103736.569298032 | 3868732.08720393 | 3 | 3 | 3 | 2 | 54 |
| 183 | 104100.28532283 | 3868734.08839251 | 3 | 3 | 3 | 2 | 54 |
| 184 | 104552.303793813 | 3868699.06759232 | 3 | 3 | 3 | 2 | 54 |
| 185 | 104940.034081596 | 3868756.10146692 | 3 | 3 | 3 | 3 | 81 |
| 186 | 105363.035318139 | 3868672.05154647 | 3 | 3 | 3 | 2 | 54 |
| 187 | 105886.846429505 | 3868819.13890725 | 3 | 3 | 3 | 2 | 54 |
| 188 | 105990.407938629 | 3868642.03371773 | 3 | 3 | 3 | 3 | 81 |
| 189 | 106395.14832936 | 3868650.03847206 | 3 | 2 | 2 | 2 | 24 |
| 190 | 106937.220286538 | 3868801.12821001 | 2 | 2 | 2 | 1 | 8 |
| 191 | 107345.963054433 | 3868701.06878091 | 1 | 2 | 2 | 1 | 4 |
| 192 | 107999.100977918 | 3868593.00459747 | 1 | 2 | 2 | 1 | 4 |
| 193 | 108901.88717702 | 3868575.99449452 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 194 | 100254.751313741 | 3868419.90178512 | 1 | 2 | 2 | 1 | 4 |
| 195 | 100469.378789172 | 3868325.84592176 | 2 | 2 | 2 | 1 | 8 |
| 196 | 100877.120962776 | 3868307.83522452 | 2 | 2 | 2 | 1 | 8 |
| 197 | 101235.834016118 | 3868358.86553336 | 3 | 3 | 3 | 3 | 81 |
| 198 | 101666.840006989 | 3868453.92199102 | 3 | 3 | 3 | 2 | 54 |
| 199 | 102218.667758505 | 3868428.90713374 | 2 | 3 | 3 | 2 | 36 |
| 200 | 102614.652949189 | 3868442.91545381 | 3 | 3 | 3 | 1 | 27 |
| 201 | 102900.322619285 | 3868341.85543042 | 3 | 3 | 3 | 1 | 27 |
| 202 | 103249.279878289 | 3868446.91783098 | 3 | 3 | 3 | 2 | 54 |
| 203 | 103809.112384133 | 3868445.91723669 | 2 | 3 | 3 | 3 | 54 |
| 204 | 104186.836729006 | 3868293.82690445 | 2 | 3 | 3 | 3 | 54 |
| 205 | 104442.48857037 | 3868379.87801348 | 3 | 3 | 3 | 2 | 54 |
| 206 | 104821.213509533 | 3868219.78292691 | 3 | 3 | 3 | 2 | 54 |
| 207 | 105291.492826328 | 3868247.79956706 | 2 | 3 | 3 | 2 | 36 |
| 208 | 105881.343160904 | 3868396.88811643 | 3 | 3 | 3 | 3 | 81 |

Chapitre 3 : Analyse des données et résultats expérimentaux

| | | | | | | | |
|-----|------------------|------------------|---|---|---|---|----|
| 209 | 106054.696121829 | 3868271.81383004 | 2 | 3 | 3 | 3 | 54 |
| 210 | 106394.648032214 | 3868435.91129378 | 2 | 3 | 3 | 2 | 36 |
| 211 | 106874.432994774 | 3868303.83284736 | 2 | 3 | 3 | 2 | 36 |
| 212 | 107233.146048116 | 3868235.79243557 | 1 | 2 | 3 | 2 | 12 |
| 213 | 107787.975582505 | 3868408.89524792 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 214 | 108015.860932293 | 3868200.77163538 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 215 | 109248.843247443 | 3868464.92852822 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 216 | 109779.658518846 | 3868273.81501863 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 217 | 100176.955107611 | 3867881.58205653 | 2 | 2 | 2 | 1 | 8 |
| 218 | 100477.633692072 | 3867933.61295967 | 3 | 3 | 3 | 2 | 54 |
| 219 | 100812.582631002 | 3867973.63673131 | 2 | 3 | 3 | 3 | 54 |
| 220 | 101435.452577183 | 3867932.61236538 | 2 | 2 | 2 | 2 | 16 |
| 221 | 101708.114521495 | 3868051.68308601 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 222 | 102571.377246101 | 3868019.6640687 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 223 | 102855.045727614 | 3868060.68843463 | 2 | 3 | 3 | 3 | 54 |
| 224 | 103381.108176135 | 3868029.67001161 | 1 | 2 | 3 | 1 | 6 |
| 225 | 103904.919287501 | 3868015.66169153 | 1 | 1 | 3 | 1 | 3 |
| 226 | 104311.660866814 | 3868043.67833168 | 3 | 3 | 3 | 3 | 81 |
| 227 | 104421.476090257 | 3867777.52025027 | 3 | 3 | 3 | 3 | 81 |
| 228 | 104795.198057966 | 3867808.53867329 | 3 | 3 | 3 | 3 | 81 |
| 229 | 105237.961031757 | 3867829.5511534 | 2 | 3 | 3 | 2 | 36 |
| 230 | 105743.761445884 | 3868059.68784034 | 3 | 3 | 3 | 3 | 81 |
| 231 | 106088.716327724 | 3867837.55590773 | 2 | 3 | 3 | 3 | 54 |
| 232 | 106539.734204417 | 3867976.63851418 | 3 | 3 | 3 | 2 | 54 |
| 233 | 106968.488858133 | 3867773.5178731 | 2 | 2 | 3 | 1 | 12 |
| 234 | 107306.189431363 | 3867858.56838784 | 2 | 2 | 3 | 2 | 24 |
| 235 | 107833.002325602 | 3867896.5909709 | 2 | 2 | 3 | 3 | 36 |
| 236 | 108011.608406555 | 3867973.63673131 | 1 | 2 | 2 | 1 | 4 |
| 237 | 100224.733485009 | 3867652.44596388 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 238 | 100440.36155473 | 3867693.47032982 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| 239 | 100836.346745415 | 3867649.44418101 | 3 | 2 | 2 | 3 | 36 |
| 240 | 102664.682663741 | 3867579.40258064 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 |
| 241 | 102849.29231044 | 3867601.41565504 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 242 | 104273.638283754 | 3867661.4513125 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 243 | 104476.508776265 | 3867572.3984206 | 2 | 2 | 2 | 1 | 8 |
| 244 | 104959.295521698 | 3867401.29679683 | 2 | 2 | 2 | 3 | 24 |
| 245 | 105181.927751458 | 3867373.28015668 | 3 | 3 | 3 | 1 | 27 |
| 246 | 105738.00802871 | 3867465.33483146 | 2 | 3 | 3 | 3 | 54 |
| 247 | 106113.731185001 | 3867499.35503735 | 2 | 2 | 3 | 2 | 24 |
| 248 | 106412.40858088 | 3867565.39426056 | 2 | 2 | 3 | 1 | 12 |
| 249 | 106941.472812274 | 3867400.29620254 | 2 | 2 | 3 | 3 | 36 |
| 250 | 107434.265500618 | 3867543.38118616 | 2 | 2 | 2 | 3 | 24 |
| 251 | 107558.839489854 | 3867546.38296903 | 1 | 1 | 2 | 2 | 4 |
| 252 | 103639.761800372 | 3867051.58909211 | 2 | 2 | 3 | 2 | 24 |

Chapitre 3 : Analyse des données et résultats expérimentaux

| | | | | | | | |
|-----|------------------|------------------|---|---|---|---|----|
| 253 | 104277.890809491 | 3866983.54868031 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 254 | 104579.569988244 | 3867069.59978934 | 3 | 2 | 1 | 1 | 6 |
| 255 | 104892.505852771 | 3867267.71745897 | 2 | 2 | 1 | 2 | 8 |
| 256 | 105248.717420385 | 3867234.69784737 | 2 | 2 | 1 | 2 | 8 |
| 257 | 105865.58380082 | 3867166.65743558 | 2 | 2 | 1 | 2 | 8 |
| 258 | 106067.203550467 | 3867128.63485252 | 3 | 2 | 3 | 1 | 18 |
| 259 | 106549.239850181 | 3867084.60870371 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 260 | 101605.303458089 | 3866652.35196998 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 261 | 103316.31969579 | 3866603.32284971 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 262 | 103757.331629571 | 3866799.43933076 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 263 | 104217.10470631 | 3866753.41199337 | 2 | 2 | 2 | 1 | 8 |
| 264 | 105325.763180797 | 3866737.40248471 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 265 | 106199.281996886 | 3866858.47439393 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |

Tableau 3-1 : évaluation des points de collectes.

Le temps de service

Le temps de service est déterminé sur une échelle (1-3-7) et cela a à voir avec une valeur multicritère, calculée dans le tableau (3.1) Nous donnons 1 pour la valeur basse, 3 pour la valeur moyenne et 7 pour une valeur importante.

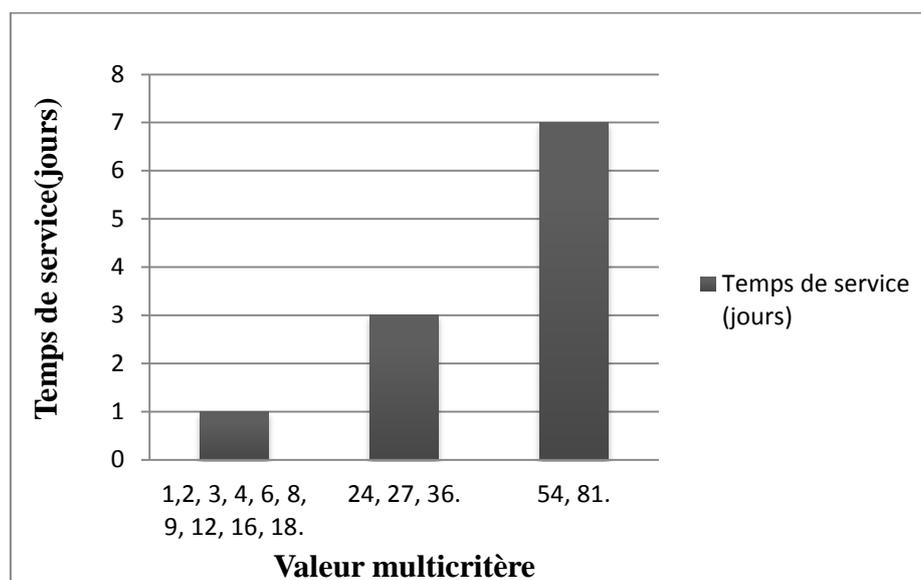


Figure 3-6 : présentation des Temps de service en fonction de valeur multicritère.

Le temps de visite

La durée maximale de la visite est de 120 jours. Autrement dit, quatre mois, chaque véhicule doit visiter les points pendant une période ne dépassant pas 120 jours, et il ne peut visiter ces points qu'une seule fois et revenir après seulement 120 jours, ce qui est une condition préalable au don du sang. Puisque notre étude se déroule sur une période d'un an, nous avons donc prévu 3 cycles tout au long de l'année chacun de 120 jours. Dans l'ordre suivant, le

Chapitre 3 : Analyse des données et résultats expérimentaux

premier cycle correspondant aux mois (janvier, février, mars, avril), le deuxième cycle (mai, juin, juillet et août) et le troisième cycle (septembre, octobre, Novembre, Décembre).

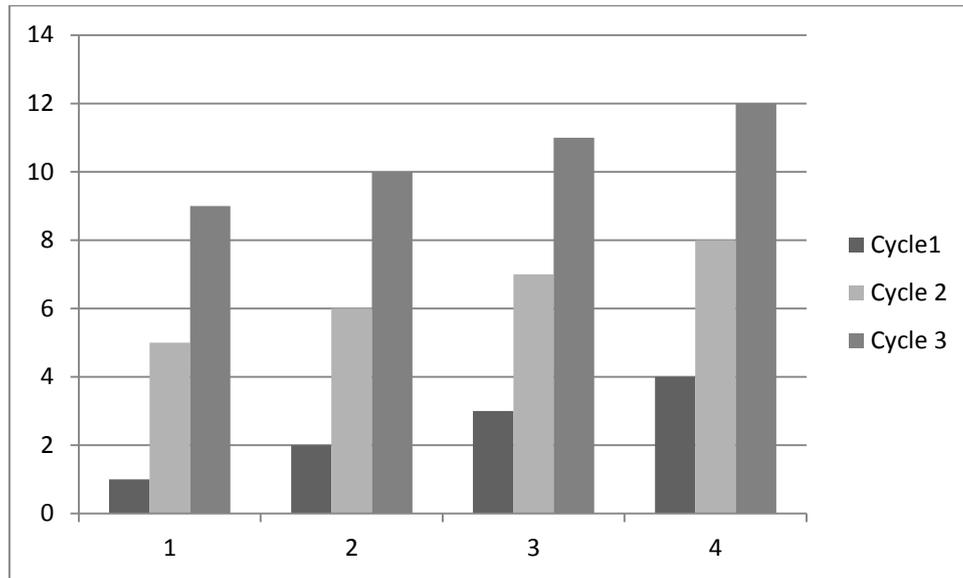


Figure 3-7 : présentation des cycles.

Nous avons sélectionné des points pour attribuer les véhicules en fonction du temps d'allocation afin que chaque véhicule ait le maximum de temps pour effectuer ses visites et ses processus de collecte tout en respectant le temps de service à chaque point.

Temps d'indisponibilité

Le temps d'indisponibilité représente le temps pendant lequel les points ne sont pas disponibles pour les collectes pendant une certaine période de temps. Cette période peut être des jours de vacances pour certains points tels que les écoles, les universités, les résidences universitaires, etc. Cette durée varie tous les quatre mois car elle dépend du cycle. Les autres points sont toujours ouverts, nous leur accordons donc un temps d'indisponibilité de 0.

| Points | Temps d'indisponibilité | | |
|---|-------------------------|---------|---------|
| | Cycle 1 | Cycle 2 | Cycle 3 |
| 71,72, 115,116, 117, 124, 125,126, 140, 163, 164, 180,197, 198, 223, 226, 230, 239. | 15 | 90 | 15 |

Tableau 3-2 temps d'indisponibilité des points pendant chaque cycle.

Chapitre 3 : Analyse des données et résultats expérimentaux

3.6 Résultats de sous problème 1

Nous avons faire la simulation en plusieurs scénarios indique le nombre de site mobile (véhicule).

| N (nombre de véhicule) | maximale valeur | objective | Objective / valeur maximale | Pourcentage % de valeur maximale |
|-------------------------------|------------------------|------------------|------------------------------------|---|
| 1 | 7008 | 1600 | 0.2283105 | 22.8310502 |
| 2 | 7008 | 3004 | 0.42865297 | 42.8652968 |
| 3 | 7008 | 4076 | 0.581621 | 58.1621005 |
| 4 | 7008 | 5029 | 0.71760845 | 71.7608447 |
| 5 | 7008 | 5980 | 0.8533105 | 85.3310502 |
| 6 | 7008 | 6383 | 0.91081621 | 91.081621 |
| 7 | 7008 | 6464 | 0.92237443 | 92.2374429 |
| 8 | 7008 | 6545 | 0.93393265 | 93.3932648 |
| 9 | 7008 | 6626 | 0.94549087 | 94.5490868 |
| 10 | 7008 | 6680 | 0.95319635 | 95.3196347 |
| 11 | 7008 | 6734 | 0.96090183 | 96.0901826 |
| 12 | 7008 | 6788 | 0.96860731 | 96.8607306 |
| 13 | 7008 | 6842 | 0.97631279 | 97.6312785 |
| 14 | 7008 | 6878 | 0.98144977 | 98.1449772 |
| 15 | 7008 | 6914 | 0.98658676 | 98.6586758 |
| 16 | 7008 | 6950 | 0.99172374 | 99.1723744 |

Tableau 3.3 : choix de nombre des sites mobiles (véhicule)

Cette simulation nous montre que la solution optimale dépend de nombre optimal des véhicules. Nous avons choisi un nombre de véhicule de 6 qui est raisonnable et réel. Donc pour N=6 nous obtenit les résultats suivants.

| nombre de véhicule (site mobile) | nombre de points visités | fonction objective (valeur multicritère) |
|----------------------------------|--------------------------|--|
| 6 | 249 | 6383 |

Tableau 3-4 : résultats de sous problème 1 pour N=6.

Chapitre 3 : Analyse des données et résultats expérimentaux

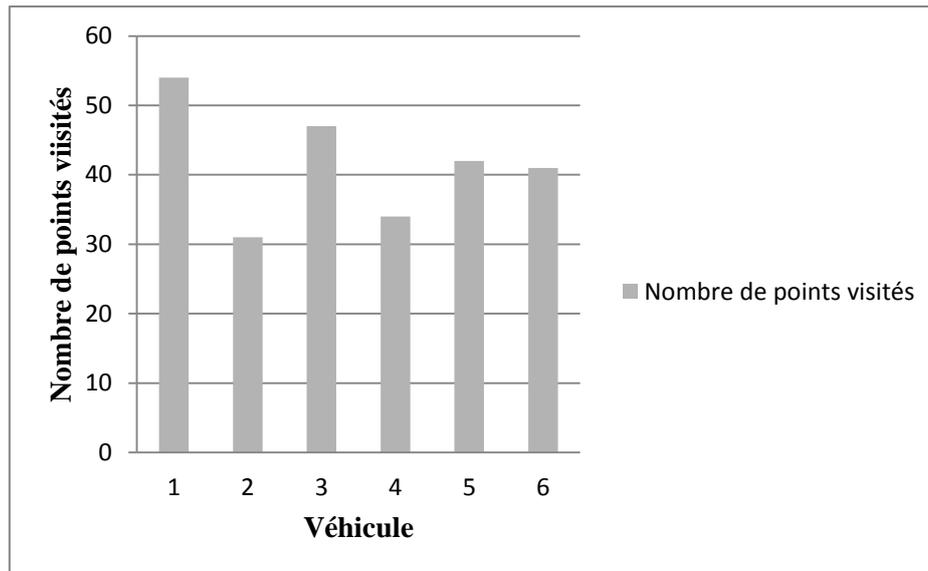


Figure 3-8 : Nombre de points visité par chaque véhicule.

Chaque point est choisi pour être visité une seule fois par un seul véhicule tous les quatre mois, et le véhicule peut visiter un ou plusieurs points afin que chaque véhicule soit affecté à un ensemble de points qui diffèrent d'un véhicule à l'autre.

Les résultats de choix des points pour affecter les véhicules le couplage (véhicule-points) obtenu par le solveur Cplex sont résumés dans le tableau suivant.

| Véhicule j | Points visités par véhicule j |
|------------|---|
| 1 | 1,2,3,4,5,7,8,9,11,12,13,14,16,17,19,20,22,23,24,25,26,27,28,86,109,145,150, 153, 157,159, 163,169,173, 177, 181, 189, 189, 193, 201, 205, 209,214, 217, 221, 222, 225, 229, 230, 237, 238, 241, 245, 261, 262. |
| 2 | 110,124, 134, 135, 137, 143, 151, 154,158,162,165,166, 170, 174,178,182,190,194,202, 206, 210,218,224, 226, 228, 232,234, 242, 249, 251, 252 |
| 3 | 15,21,70,82,88,89,91,93,94,95,96,97,98,99,100,101,102,103,105,106,107,108,118,119, 120, 130, 131, 133, 138, 140, 141, 142, 146, 149, 155, 161, 171, 175, 203, 219, 235, 243, 247, 256, 258, 259 |
| 4 | 18,67,68,73,74,75,78,80,81,83,84,85,90,127,128,147,167,179,183,187,191,195,197,199, 207, 211, 215, 239, 248, 250, 253, 257, 263. |
| 5 | 10,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,57,59,61,63,64, 65, 69, 77, 79, 104, 115, 123, 160, 176, 192, 208, 216, 255. |
| 6 | 40,41 ,42,43,56,58,60,62,66,72,76,87,92,111,112,113,114,122,129,132,136,144,148,152,156, 168,172,184,185,188,196,200,204,213,220,236,244,246,254,260. |

Tableau 3-5 : les véhicules affectés aux points de collecte localisés.

Nous présentons ces résultats à l'aide de logiciel SIG

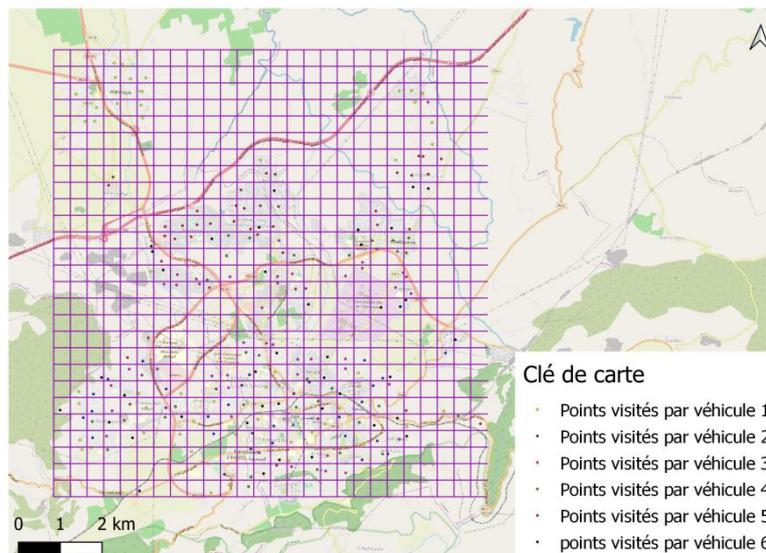


Figure 3-9 : l'ensemble des points choisis pour visités sur le SIG.

Par conséquent, ces points sont sélectionnés à visités tout au long de l'année tous les quatre mois. Autrement dit, trois fois par an. En respectant le temps entre les visites répétées à un point. Nous verrons comment et quand exactement ces points sont visités dans les résultats du sous-problème 2.

3.7 Présentation des données de sous problème 2

Une fois les points sont sélectionnés et le couplage (véhicule-points) déterminé, nous cherchons comment déterminer quel point doit être visité en premier et quelle est la durée de visite et le routage optimales qui devraient visiter tous ces points pendant les périodes appropriées, nous fournissons d'abord les données.

Les fenêtres de temps

Tous les points ont les mêmes fenêtres temporelles, c'est-à-dire les intervalles de temps pour atteindre ces points $[a_i, b_i]$, $a_i = \max(0, tr_{0_i})$ et $b_i = 120$ jours.

Le véhicule doit donc visiter les points dans un laps de temps commençant à 0 avec un temps de trajet à chaque point tr_{0_i} et se terminant à $t = 120$ jours.

Les points ayant un temps d'indisponibilité, leurs fenêtres seront variées. Ceux-ci sont considérés parmi les points les plus importants qui pourraient être les universités, les écoles et les résidences universitaires. Ils ont un certain intervalle de temps d'indisponibilité. Ce dernier varie selon le cycle.

Chapitre 3 : Analyse des données et résultats expérimentaux

| Fenêtre de temps \ Cycle | Cycle 1 | Cycle 2 | Cycle 3 |
|--------------------------|---------|---------|----------|
| [ai, bi] | [0, 75] | [0, 30] | [0, 105] |

Tableaux 3-6 les fenêtres temporelles.

Temps de fermeture

| points | jours de fermeture |
|---|---|
| 53, 64, 74,77, 84,151, 160,161, 175, 179. | 7, 14,21, 28, 35, 42, 49,56, 63,70, 77,84, 91,98, 105, 112. |

Tableau 3-7 dates de fermeture des points.

Certains points de collecte peuvent ne pas être disponibles le vendredi. Ces points font partie des points les plus importants tels que les employés des secteurs public et privé.

Ces jours de fermeture sont tous les vendredis pour un cycle. Nous suggérons que ces jours de fermeture soient les mêmes pour tous les cycles.

Le temps de trajet

Nous avons extrait le temps de trajet à l'aide de Google Maps.

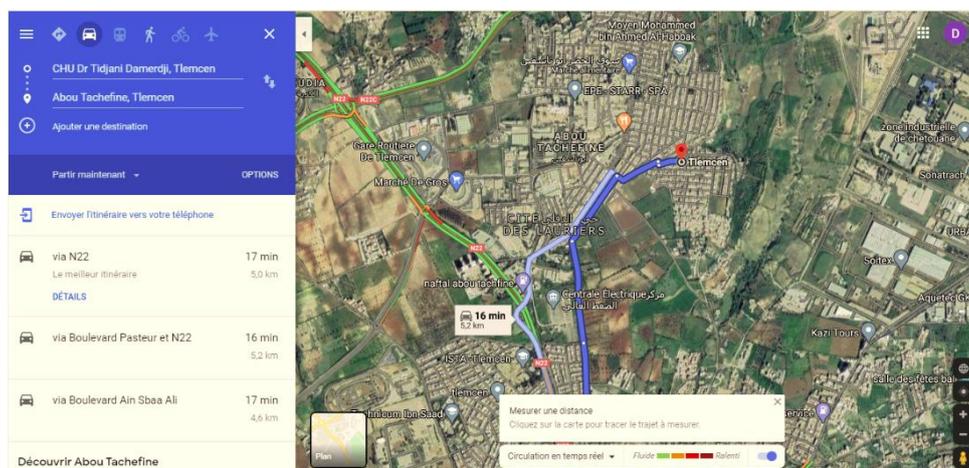


Figure 3-10 : Temps de trajet entre deux points sur Google Maps

Chapitre 3 : Analyse des données et résultats expérimentaux

Étant donné que ce temps dépend de la distance entre ces points, et ces derniers sont des sites géographiques représentés par des points avec les coordonnées X et Y. Nous l'avons donc calculé à partir du calcul de la distance euclidienne dans Excel. Et nous avons extrait la relation entre le temps et la distance à l'aide de Google Maps. La distance euclidienne est donnée par la relation suivante :

$$d = \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2}$$

- Comme la distance fournie par Google Maps est en kilomètres et le temps en minutes, en revanche, la distance euclidienne que nous avons calculée est en mètres, nous devons donc diviser par un mille pour obtenir une distance euclidienne en kilomètres. Elle est divisée par la vitesse qui a une valeur de deux minutes par un kilomètre.

Donc le temps de trajet est donné par la relation suivante :

$$\text{temps de trajet} = \frac{2 * \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2}}{1440 * 1000}$$

Ce temps est divisé par 1440 pour obtenir un temps de trajet en jour à combiner avec le temps de service (voir figure 3.5).

3.8 Résultats numériques de sous problème 2 obtenu par le solveur Cplex.

| Statistique | Valeur |
|------------------------|--|
| ▲ Cplex | solution (optimal) with objective 119.1205 |
| Contraintes | 718 |
| ▲ Variables | 1122 |
| Binaire : | 1056 |
| Autre | 66 |
| Coefficients non nuls | 3215 |
| ▲ PMNE | |
| Fonction objectif | 119,1205 |
| Titulaire | 119,1205 |
| Noeuds | 0 |
| Noeuds restants | 0 |
| Itérations | 0 |
| ▲ Réserve de solutions | |
| Nombre | 1 |
| Objectif moyen | 119,1205 |

Figure 3-11 : les données d'entrées et résultats de sortie de sous problème 2 sur Cplex.

D'après l'exécution de sous problème 2 de véhicule 2 nous obtenons 1056 variables binaires et 718 contraintes, alors que cette programmation atteint une fonction optimale de 119.1205

Chapitre 3 : Analyse des données et résultats expérimentaux

jours. Nous résumons les différents résultats obtenus par Cplex pour chaque véhicule dans la section suivante.

Fonction objective

Nous présentons la durée de la visite de chaque véhicule au cours de chaque cycle, c'est-à-dire la date de retour à l'entrepôt (banque de sang) après la fin des visites et des processus de collecte.

| Véhicule | Valeur t_{N+1} | | |
|----------|------------------|-----------|-----------|
| | Cycle 1 | Cycle 2 | Cycle 3 |
| 1 | 118.24478 | 118.24659 | 118.19616 |
| 2 | 119.1205 | 119.1209 | 119.1237 |
| 3 | 115.15005 | 115.1562 | 115.14593 |
| 4 | 118.04464 | 118.0982 | 118.09048 |
| 5 | 116.04001 | 116.04001 | 116.04009 |
| 6 | 113.16695 | 113.16695 | 113.16695 |

Tableau 3-8 résultats de sous-problème 2.

Discussions Puisque chaque véhicule a la même durée de tournée pendant tous les cycles. Ainsi, chaque point a une date d'arrivée presque la même pendant tous les cycles. Pour cela nous avons pris en considération les résultats d'un seul cycle et qui valent pour tous les cycles. Pour proposer un parcours optimal qui doit être répété tous les trois cycles afin de remplir les conditions de don de sang et éviter une visite répétée à un point pendant une période inférieure à quatre mois. Tout en respectant les fenêtres horaires et les temps d'ouverture et de fermeture de certains points pendant chaque cycle.

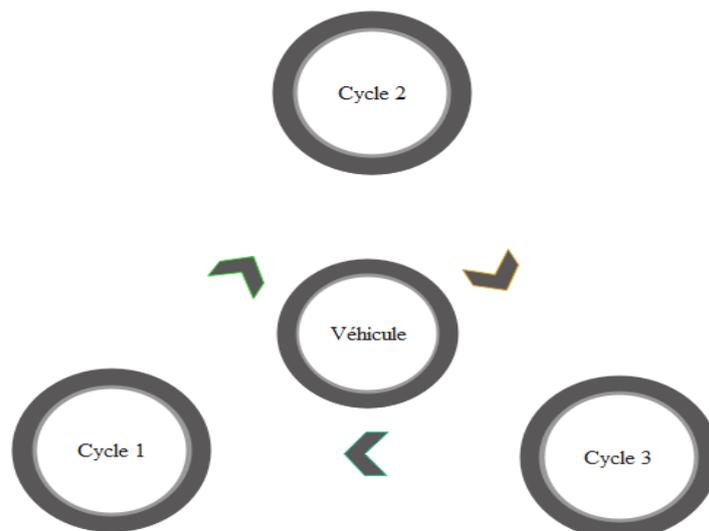


Figure 3-12 : représentation de l'ordre des cycles.

Chapitre 3 : Analyse des données et résultats expérimentaux

Ce schéma circulaire représente la façon dont les véhicules traversent trois cycles. Dans chaque cycle, le véhicule effectue une tournée, qui doit être répétée de la même manière dans chaque cycle, c'est-à-dire tous les 120 jours.

Les dates d'arrivée

Nous avons essayé de rendre une tournée adaptée pour toute l'année avec des dates d'arrivée appropriées, tout en respectant les dates d'ouverture et de fermeture de certains points. Nous présentons la fonction croissante des t_i (temps d'arrivée à chaque point) pour chaque véhicule pendant le cycle1 et qui favorable pour tous les cycles. Dans les tableaux suivants.

| Véhicule 1 | | | |
|-------------------|-------------------------|--------------|-------------------------|
| Point | t_i | Point | t_i |
| 0 | 0 | 145 | 47.1442 |
| 1 | 0.00694 | 150 | 50.14697 |
| 2 | 1.00721 | 153 | 51.1563 |
| 3 | 2.0077 | 157 | 54.1583 |
| 4 | 5.0082 | 159 | 57.15971 |
| 163 | 8.01948 | 169 | 58.16564 |
| 5 | 15.0306 | 173 | 65.17498 |
| 7 | 16.03299 | 177 | 66.17722 |
| 230 | 17.04681 | 181 | 73.17948 |
| 8 | 24.06036 | 189 | 80.18366 |
| 9 | 25.06117 | 193 | 83.18714 |
| 11 | 26.06204 | 201 | 84.19548 |
| 12 | 27.07061 | 205 | 87.19762 |
| 13 | 28.07102 | 209 | 94.19986 |
| 14 | 31.07141 | 214 | 101.20259 |
| 16 | 32.08229 | 217 | 102.21349 |
| 17 | 33.083 | 221 | 103.21563 |
| 19 | 34.08379 | 222 | 104.21683 |
| 20 | 35.09292 | 225 | 105.21868 |
| 22 | 36.10393 | 229 | 106.22055 |
| 23 | 37.10425 | 233 | 109.22295 |
| 24 | 38.10585 | 237 | 110.23232 |
| 25 | 39.11549 | 238 | 111.23262 |
| 26 | 40.11622 | 241 | 112.23597 |
| 27 | 41.12196 | 245 | 113.23923 |
| 28 | 42.12645 | 261 | 116.24203 |
| 86 | 43.13542 | 262 | 117.2427 |
| 109 | 44.14179 | 0 | 118.24478 |

Tableau 3-9 : les dates d'arrivé aux points visité par véhicule 1

D'après ces résultats nous remarquons que les durées de visite des points 163 et 230 respectent les fenêtres de temps de tous les cycles. Comme nous avons indiqué dans la partie des données ces points sont parmi les points les plus importants et qui ont des délais d'indisponibilité.

Chapitre 3 : Analyse des données et résultats expérimentaux

| Véhicule 2 | | | |
|-------------------|----------------------|--------------|----------------------|
| Point | t_i | Point | t_i |
| 0 | 0 | 182 | 60.0759 |
| 110 | 0.0058 | 190 | 67.0801 |
| 124 | 3.0208 | 194 | 68.0874 |
| 134 | 10.0253 | 202 | 69.0905 |
| 226 | 11.0253 | 206 | 76.0926 |
| 135 | 18.0305 | 210 | 83.095 |
| 137 | 19.0368 | 218 | 86.1009 |
| 143 | 22.0403 | 224 | 93.1044 |
| 151 | 25.0455 | 228 | 94.1065 |
| 154 | 26.0542 | 232 | 101.1089 |
| 158 | 27.0566 | 234 | 108.1099 |
| 162 | 30.059 | 242 | 111.1123 |
| 165 | 37.0607 | 249 | 112.1147 |
| 166 | 44.0617 | 251 | 115.1154 |
| 170 | 51.0641 | 252 | 116.1185 |
| 174 | 52.0714 | 0 | 119.1205 |
| 178 | 53.0735 | / | / |

Tableau 3-10 : les dates d'arrivé aux points visité par véhicule 2.

À partir de ce tableau, nous avons remarqué que la date d'arrivée au point 226 est incluse dans les périodes de disponibilité pour ce point. Nous avons également constaté que la date d'arrivée au point 151 fait partie des dates d'ouverture de ce point car ce point a des dates de fermeture.

Chapitre 3 : Analyse des données et résultats expérimentaux

| Véhicule 3 | | | |
|-------------------|-----------|--------------|-----------|
| Point | ti | Point | ti |
| 0 | 0 | 119 | 48.07535 |
| 15 | 0.01259 | 120 | 49.07557 |
| 21 | 1.02407 | 130 | 50.07653 |
| 70 | 2.03087 | 131 | 53.07697 |
| 82 | 5.03375 | 133 | 56.07811 |
| 140 | 12.04147 | 138 | 57.08532 |
| 88 | 19.04147 | 139 | 60.08579 |
| 89 | 26.04476 | 141 | 63.08812 |
| 91 | 29.04588 | 142 | 66.08864 |
| 93 | 30.04746 | 146 | 69.09097 |
| 94 | 31.04796 | 149 | 76.09258 |
| 95 | 32.04973 | 155 | 77.10041 |
| 96 | 33.05035 | 161 | 80.10432 |
| 97 | 34.05172 | 171 | 87.10968 |
| 98 | 37.05189 | 175 | 88.11896 |
| 99 | 38.05997 | 203 | 91.12294 |
| 100 | 39.06039 | 219 | 98.12715 |
| 101 | 40.06115 | 235 | 105.1369 |
| 102 | 41.0615 | 243 | 108.14158 |
| 103 | 42.06378 | 247 | 109.14386 |
| 105 | 43.06474 | 256 | 112.14512 |
| 106 | 44.06773 | 258 | 113.14627 |
| 107 | 45.06828 | 259 | 114.14694 |
| 108 | 46.07327 | 0 | 115.15005 |
| 118 | 47.07459 | / | / |

Tableau 3-11 : les dates d'arrivé aux points visité par véhicule 3.

Nous distinguons que le véhicule 3 visite les points 140, 161 et 175 à des dates respectant les dates disponibles pour ces points.

Chapitre 3 : Analyse des données et résultats expérimentaux

| Véhicule 4 | | | |
|-------------------|-----------|--------------|-----------|
| Point | ti | Point | ti |
| 0 | 0 | 147 | 56.99385 |
| 18 | 0.01225 | 167 | 63.99474 |
| 197 | 3.02286 | 179 | 71 |
| 239 | 10.02399 | 183 | 78.00227 |
| 67 | 13.03223 | 186 | 85.00403 |
| 68 | 16.03294 | 187 | 92.00479 |
| 73 | 23.03703 | 191 | 99.00682 |
| 74 | 30.03771 | 195 | 100.01639 |
| 75 | 33.03824 | 199 | 101.01882 |
| 78 | 34.04434 | 207 | 104.0231 |
| 80 | 35.04659 | 211 | 107.0253 |
| 81 | 38.04843 | 215 | 110.02861 |
| 83 | 45.04936 | 248 | 111.03274 |
| 84 | 46.05006 | 250 | 112.03416 |
| 85 | 48.98218 | 253 | 115.03861 |
| 90 | 49.98887 | 257 | 116.04083 |
| 127 | 50.99162 | 263 | 117.04319 |
| 128 | 53.99207 | 0 | 118.04464 |

Tableau 3-12 les dates d'arrivé aux points visité par véhicule 4.

Ce tableau montre que les dates de visite pour les points 197 et 239 conviennent à tous les cycles de notre étude. Les dates d'arrivée sont également respectées aux points 74, 84 et 179 qui ont des dates de fermeture.

Chapitre 3 : Analyse des données et résultats expérimentaux

| Véhicule 5 | | | |
|-------------------|-----------|--------------|-----------|
| point | ti | point | ti |
| 0 | 0 | 52 | 41.99955 |
| 10 | 0.01265 | 53 | 43 |
| 29 | 7.0226 | 54 | 44.00079 |
| 30 | 8.9269 | 55 | 45.0014 |
| 31 | 9.92751 | 57 | 52.00216 |
| 32 | 10.93846 | 59 | 55.00563 |
| 33 | 11.94356 | 61 | 58.00671 |
| 34 | 12.94386 | 63 | 59.01487 |
| 35 | 13.94792 | 64 | 60.01522 |
| 115 | 14.95789 | 65 | 67.01577 |
| 36 | 21.96822 | 69 | 70.01799 |
| 37 | 24.96877 | 77 | 78 |
| 38 | 25.97942 | 79 | 79.00406 |
| 39 | 26.98383 | 104 | 86.00535 |
| 44 | 29.98545 | 123 | 93.0114 |
| 45 | 30.98675 | 160 | 100.01454 |
| 46 | 31.98705 | 176 | 103.01746 |
| 47 | 34.98759 | 192 | 106.02666 |
| 48 | 35.9882 | 208 | 107.02961 |
| 49 | 36.99144 | 216 | 114.03212 |
| 50 | 37.99848 | 255 | 115.03905 |
| 51 | 38.99906 | 0 | 116.04001 |

Tableau 3-13 : les dates d'arrivé aux points visité par véhicule 5.

Nous remarquons que le point 115 a des fenêtres de temps qui doivent être respectées. Les points 53, 64, 77 et 160 ont des jours de fermeture. La simulation montre que les dates de visite de ces points respectent les temps d'ouverture de ces points. Nous constatons également que lorsque des contraintes de fermeture sont ajoutées, la durée totale de tournée augmente.

Chapitre 3 : Analyse des données et résultats expérimentaux

| Véhicule 6 | | | |
|-------------------|-----------|--------------|-----------|
| Point | ti | Point | ti |
| 0 | 0 | 144 | 45.07809 |
| 40 | 0.00842 | 148 | 52.08038 |
| 41 | 3.00902 | 152 | 53.08258 |
| 42 | 4.01365 | 156 | 54.09145 |
| 43 | 5.01416 | 168 | 61.09863 |
| 56 | 6.01995 | 172 | 64.10797 |
| 58 | 13.02325 | 184 | 65.11471 |
| 60 | 14.02437 | 185 | 72.11525 |
| 62 | 17.0324 | 188 | 79.11672 |
| 66 | 18.03443 | 196 | 86.12384 |
| 72 | 19.03941 | 200 | 87.12626 |
| 76 | 26.04637 | 204 | 90.12845 |
| 87 | 27.04708 | 212 | 97.13268 |
| 92 | 34.05048 | 213 | 98.13349 |
| 111 | 35.05228 | 220 | 99.14234 |
| 112 | 36.0547 | 236 | 100.15147 |
| 113 | 37.05534 | 244 | 101.15578 |
| 114 | 38.05563 | 246 | 104.15687 |
| 122 | 39.05775 | 254 | 111.15857 |
| 129 | 40.06371 | 260 | 112.16274 |
| 132 | 41.0654 | 0 | 113.16695 |
| 136 | 44.07296 | / | / |

Tableau 3-14 : les dates d'arrivé aux points visité par véhicule 6.

Nous apercevons le respect des fenêtres horaires de point 72. Il n'y a aucune restriction sur la fermeture de certains points pour le véhicule 6, nous remarquons donc une diminution du temps total de la tournée.

3.9 Conclusion

Cet essai nous a permis de mieux comprendre les problèmes des tournées avec les fenêtres de temps et leurs applications dans des cas réels.

Dans ce chapitre, nous avons d'abord présenté un outil du système d'information qui nous a beaucoup aidés à identifier les points de collecte à Tlemcen, puis expliqué comment ces points sont évalués. Après cela, nous avons présenté les données du système étudié et l'avons appliqué sous Cplex, puis nous avons discuté et analysé les résultats obtenus.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Notre travail s'inspire d'une situation réelle, il se présente comme une alternative pour assurer le bon approvisionnement de sang dans la ville de Tlemcen à travers l'importance de l'installation des sites mobiles de collecte de sang dans des lieux bien choisis et dans un horizon de temps précis.

Pour avoir une grande efficacité il faut que les sites mobiles soient bien localisés dans des lieux publics de façon optimale selon des critères bien définies comme la densité, la sécurité l'accessibilité, la visibilité et ainsi de suite. Pour cela on a créé d'une part un réseau logistique multi-niveaux consiste à organiser et gérer la collecte de sang. Par la suite, on a accompagné la localisation optimale des sites donneurs.

Nous avons proposé deux modèles mathématiques pour résoudre le problème de la collecte mobile de sang dans la ville de Tlemcen. Le premier est un modèle d'affectations qui sert à attribuer les véhicules (sites mobile) aux bons emplacements (point de collecte) et au bon moment prenant en compte une durée maximale de visite et l'importance par rapport à la couverture optimale d'un réseau de camions mobile. Par la suite la deuxième contribution, est un modèle de tournée de véhicules qui consiste à minimiser la durée du tour passé de la banque de sang aux sites de collecte sur un horizon temporel de 120 jours maximum avec des fenêtres de temps. Pour cela nous abordons le modèle TSPTW (problème de voyageur de commerce avec fenêtre de temps) pour modéliser l'acheminement des véhicules (site mobile).

Nous avons utilisé le logiciel de système d'information géographique SIG pour trouver l'ensemble des points et le solveur CPLEX 12.6 pour la résolution de ce problème.

Pour achever bien notre travail de façon générique, dans un futur d'agrandir la taille du problème, il sera très judicieux de proposer un modèle qui regroupe tout le territoire national.

Nous développerons ainsi notre projet et y ajouterons le réseau national de distribution de sang. Aussi pour des systèmes de grande taille, il sera préférable d'appliquer d'autres méthodes de résolutions telles que les heuristiques et méta heuristiques.

Références bibliographiques

- 1. Kaddoussi., Aida.** Optimisation des flux logistiques : vers une gestion avancée de la. Ecole Centrale de Lille : s.n., **2012**.
- 2. AMRANI-ZOUGGAR, Aïcha.** Impact des contrats d'approvisionnement sur la. Modélisation et simulation.
- 3. BOUDAHLI., Fethi.** Conception et Pilotage d'une Chaîne Logistique Agro-alimentaire. produits de volaille dans la ville de Tlemcen.
- 4. Mrabent, Dib Zahéra née.** Impact du conditionnement intelligent sur la planification et la traçabilité d'une chaîne logistique agroalimentaire. .
- 5. BODEREAU Mathilde, DELABY Axelle, FAUCQUEUR Justine, PICCHIARINI Hélène.** LOGISTIQUE HOSPITALIERE - ppt télécharger - SlidePlayer. <https://slideplayer.fr> > slide. [En ligne]
- 6. Fouad Jawab, Youness Frici, Said Boutahari.** Hospital Logistics Activities. <http://ieomsociety.org/ieom2018/papers/31.pdf>. [En ligne] 8 mars 2018. [Citation : 15 aout **2020**.]
- 7. Nicolas Petit , Charles Ducrocq.** Calcul des coûts d'un service de transport hospitalier en TDABC. <https://www.cairn.info> > revue-gestion-et-management-public-2017-1-page-59. [En ligne] 2017. [Citation : 18 Octobre **2019**.]
- 8. Sylvie Jacquemot**-mémoire de l'Ecole National de la, Santé Publique- 2002. La gestion des transports inter-sites : réflexion à partir du cas du centre hospitalier de saint-Dié des Vosges. <https://documentation.ehesp.fr> > memoires > edh > jacquemot. [En ligne] **2002**. [Citation : 18 OCTOBRE 2019.]
- 9.** Traçabilité des produits : guide de la traçabilité des produits. <https://rfid.ooreka.fr> > comprendre > tracabilite-des-produits. [En ligne] **2007-2019**. [Citation : 17 Octobre 2019.]
- 10.** <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/sang/70833>. Définition: sang-Dictionnaire de français Larousse . [En ligne]
- 11. EFS**-Guide des dons. www.dondusang.net. [En ligne]
- 12.** organisation mondiale de la santé. aide_mémoire. bloodsafety@who.int www.who.int/bloodsafety Chaîne du froid pour le sang. [En ligne] **2011**.
- 13.** <https://fr.wikipedia.org> > wiki > Produit_sanguin_labile. Produit sanguin labile — Wikipédia. [En ligne]
- 14.** Intervention de : Fabien LASSURGUERE Responsable des prélèvements du département de l'Aisne. Romuald PRUDENCE Directeur Adjoint logistique à l'EFS, Présenté Par:NONDA

Daphné, DIOP Awa Fall, LAPORAL Kévin. La Logistique Des produits sanguins - ppt télécharger-Transcription de la présentation. <https://slideplayer.fr> > slide. [En ligne]

15. Guide des dons national - V2 - agencezebra.com - EFS/Thomas Gogny-EFS/Frédérique Plas - EFS/Stéphane Tatinclaux/Une Terre d'Images. dondesang.efs.sante.fr. [En ligne] octobre 2017.

16. croix rouge de la Belgique . LE GUIDE DU DONNEUR « Le don est une expérience conviviale qui permet de se sentir utile, concrètement ».
<https://www.donneurdesang.be/brochures/brochure-guide-du-donneur-fr.pdf>. [En ligne]

17. Matériel de prélèvement sanguin - Mediprostore. <https://www.mediprostore.com> > Soins - Pansements - Aiguilles. [En ligne]

18. Article logistique:Optimisation de la chaîne logistique des produits sanguins Labiles : collecte et distribution. 2018.

19. Etablissement français du sang. le parcours de la poche de sang.
<https://dondesang.efs.sante.fr> > comprendre-que-devient-la-poche-de-sang. [En ligne]
[Citation : 18 septembre 2019.]

20. Don du sang : que devient votre sang une fois que vous l'avez donné ?
<https://www.europe1.fr/sante/don-du-sang-que-devient-votre-sang-une-fois-que-vous-lavez-donne-2772248>. [En ligne] **2019.** [Citation : 20 octobre 2019.]

21. Agence Nationale du Sang. Les bonnes pratiques transfusionnelles . Algerie : s.n., 2005.

22. Equipe SATS-AABB de rédacteurs, de documents. Référentiel d'accréditation par Etape de la SATS. s.l. : Beryl Armstrong, Directeur de la Communication, Société Africaine de la Transfusion, 2016. OMD-F-001-2.

23. Banque du sang - Définition - Santé-Médecine. <https://sante-medecine.journaldesfemmes.fr> > faq > 47719-banque-du-sang. [En ligne] 30 Octobre 2014.

24. Chékib Gharbi (Directeur Général du CITC-EuraRFID). la gestion d'un projet RFID conseils et temoignages. www.citc-aurarfid.com. [En ligne] 2013.

25. Définitions : destruction - Dictionnaire de français Larousse . <https://www.larousse.fr> > dictionnaires > francais > destruction. [En ligne] [Citation : 18 Octobre 2019.]

26. Serkan Gunpinar. Supply Chain Optimization of Blood Products. s.l. : University of South Florida, serkan.gunpinar@gmail.com, January 2013.

27. Andrea Pirabán Ramírez, Nacima Labadie,William Javier Guerrero Rueda. Vehicle Routing Problem for Blood Mobile Collection System with Stochastic Supply. s.l. : Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Paris, France, July 26-27, 2018.

- 28. Elaheh Ghasemi, Mahdi Bashiri.** A Selective Covering-Inventory- Routing problem to the location of bloodmobile to supply stochastic demand of blood. Faculty of Engineering, Department of Industrial Engineering, Iran : 13th International Conference on Industrial Engineering, **2017**.
- 29. FeyzaGüliz Sahinyazan, BaharY.Kara,Mehmet Rüstü Taner.** Selective vehicle routing for a mobile blood donation system. 2015.
- 30.** Tlemcen — Wikipédia . <https://fr.wikipedia.org/wiki/Tlemcen> . [En ligne]
- 31. Mark S. Daskin, Lawrence V. Snyder, and Rosemary T. Berge.** "Facility Location in SUpply Chain Design,".
- 32.** Etude de modèles de programmation par contraintes pour le probleme du voyageur de commerce avec fenêtres de temps. **Sylvain Ducomman, Hadrien Cambazard,Bernard Penz.** s.l. : Univ. Grenoble Alpes, G-SCOP, F-38000 Grenoble, France / CNRS, G-SCOP, F-38000 Grenoble, France / Geoconcept SA, 92220 Bagneux, France, **2015**.
- 33. Imdat Kara, Tusan Derya.** Formulations for Minimizing Tour Duration of the Traveling Salesman Problem with Time Windows. s.l. : aBaskent University, Faculty of Engineering, Department of Industrial Engineering, Baglica Campus, Ankara 06530, Turkey, **2015**.
- 34. SIG : Présentation - QGIS Documentation.**
https://docs.qgis.org/2.8/fr/docs/gentle_gis_introduction/introducing_gis.html. [En ligne]
- 35. Julyane Cristina Candido.** Le géomarketing et la localisation: pour la faisabilité commerciale d'un produit forestier canadien à l'échelle des régions métropolitaines canado-américaines. s.l. : Université de Montréal -Faculté des études supérieures et postdoctorales, 17 mai **2017**.
- 36.** Quantum GIS (QGIS) | Fiche logiciel PLUME - projet PLUME. <https://www.projet-plume.org/fr/fiche/quantum-gis-qgis>. [En ligne]
- 37. Mme BOUKLI HACENE Chérifa ;Mme RABAH FISSA Amina.** SYSTEMES D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE-COURS ET TRAVAUX PRATIQUES. s.l. : Université Aboubakr Belkaïd– Tlemcen –Faculté de technologie- Département d'Hydraulique.
- 38. Julie Pierson;Vincent Hanquiez;Clément Coutelier.** INITIATION AUX SIG AVEC QGIS 2.12. s.l. : URFIST de Bordeaux, AVRIL **2016**.
- 39.** Mailles pour analyses cartographiques environnementales.
<https://naturagis.fr/cartographie-sig/analyse-cartographique-environnement-types-mailles/>. [En ligne] 14 octobre 2019.
- 40.** Les différents groupes sanguins - Etablissement français du sang.
<https://dondesang.efs.sante.fr> > comprendre-quest-ce-que-le-sang > les-groupes-sanguins. [En ligne]

41. Gentside. https://www.maxisciences.com/don-du-sang/don-du-sang-queelles-sont-les-conditions-pour-etre-donneur_art40733.html. [En ligne]

Résumé

D'après les problèmes rencontrés dans la chaîne logistique sanguine que connaît notre monde dans les dernières années, il est très intéressant d'avoir des sites de collecte de sang mobiles dans un lieu urbain pour assurer le bon approvisionnement de sang dans le bon moment. Pour cela, le but de notre projet est basé sur l'installation d'un réseau logistique qui sert à organiser et gérer la collecte de sang dans certains horizons de temps au niveau des lieux considérés comme des sites mobiles dans la ville de Tlemcen. La première étape de ce travail consiste à déterminer l'ensemble de différents points de collecte de sang dans la ville de Tlemcen à partir d'une analyse multicritères à l'aide d'un logiciel de système d'information géographique SIG. Dans la deuxième étape, nous avons traité un problème d'affectation pour attribuer les véhicules (site mobile) aux bons emplacements (point de collecte) et au bon moment, prenant en compte une durée maximale de visite en utilisant l'optimisation basée sur la programmation mathématique en nombre entier optimisé sur CPLEX 12.6. Enfin, nous allons planifier des tournées des véhicules pour la collecte de sang à l'aide du modèle TSPTW (problème de voyageur de commerce avec fenêtre de temps) et ceci pour visiter l'ensemble de points dans un horizon de temps en minimisant la durée totale de la tournée.

Mots clés : chaîne logistique sanguine, collecte de sang, SIG, CPLEX 12.4, TSPTW

Abstract

Based on the problems encountered in the blood supply chain, our world has been experiencing in recent years. It is very interesting to have mobile blood collection sites in an urban location to ensure the right supply of blood at the right time. For this, the goal of our project is based on the installation of a logistic network that serve to organize and manage the blood collection in certain time horizons at the level of places considered as mobile sites in the city of Tlemcen. The first step of this work is to determine the set of different blood collection points in the city of Tlemcen from a multicriteria analysis using GIS geographic information system software. In the second step, we addressed an assignment issue to assign vehicles (mobile site) to the right locations (collection point) and at the right time, taking into account a maximum visit time using optimization based on the integer mathematical programming optimized on CPLEX 12.6. Finally, we will plan vehicle routes for blood collection using the TSPTW model (traveling salesman problem with time window) and this to visit the set of points in a time horizon while minimizing the duration total of the tour.

Keywords: blood supply chain, blood collection, GIS, CPLEX 12.6, TSPTW

الملخص

استنادًا إلى المشكلات التي واجهتها سلسلة إمداد الدم التي واجهها عالمنا في السنوات الأخيرة، من المثير جدًا وجود مواقع متنقلة لجمع الدم في موقع حضري لضمان الإمداد الصحيح بالدم في الوقت المناسب. ولهذا فإن الهدف من مشروعنا هو إقامة شبكة لوجستية تستخدم لتنظيم وإدارة جمع الدم في آفاق زمنية معينة على مستوى الأماكن التي تعتبر مواقع متنقلة في مدينة تلمسان. تتمثل الخطوة الأولى في هذا العمل في تحديد مجموعة نقاط جمع الدم المختلفة في مدينة تلمسان من تحليل متعدد المعايير باستخدام برنامج نظام المعلومات الجغرافية SIG.

في الخطوة الثانية، تناولنا مشكلة التعيين لتعيين المركبات (موقع الجوال) إلى المواقع الصحيحة (نقطة التجميع) وفي الوقت المناسب، مع مراعاة الحد الأقصى لوقت الزيارة باستخدام التحسين استنادًا إلى عدد صحيح من البرمجة الرياضية الأمثل على CPLEX 12.6.

أخيرًا، سنخطط مسارات المركبات لجمع الدم باستخدام نموذج TSPTW (مشكلة بائع متجول مع نافذة زمنية) وذلك لزيارة مجموعة النقاط في أفق زمني مع تقليل مدة الجولة.

الكلمات المفتاحية: سلسلة إمداد الدم ، جمع الدم ، نظام المعلومات الجغرافية SIG, CPLEX 12.4, TSPTW,