

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTRY OF HIGHER EDUCATION

AND SCIENTIFIC RESEARCH

HIGHER SCHOOL IN APPLIED SCIENCES



المدرسة العليا في العلوم التطبيقية  
École Supérieure en  
Sciences Appliquées

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

المدرسة العليا في العلوم التطبيقية

-تلمسان-

Mémoire fin d'étude

**Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur**

Filière : Génie industrielle

Spécialité : Management industriel et logistique

Présenté par :

**Ismahen SOUAG & Safaa Maroua MEGNAFI**

Thème:

**Conception d'un réseau de véhicule de  
don du sang (bloodmobile) dans la ville  
de Tlemcen**

Soutenu publiquement le 29/09/2020 devant le jury composant de :

M. Mahdi SOUIER	MCA	ESM Tlemcen	Président
M. Fouad MALIKI	MCB	ESSAT Tlemcen	Directeur de mémoire
M. Mohammed BENEKFROUF	MCB	ESSAT Tlemcen	Examineur 1
M. Mohammed Adel HAMZAOUI	Docteur	Univ Tlemcen	Examineur 2

Année universitaire : 2019/2020

## ***Dédicace :***

Je dédie ce travail accompagné d'un profond amour,

À l'homme, mon précieux, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect : mon chère père  
**Djelloul SOUAG.**

À la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui a jamais dit non à mes âmes exigences et  
qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse : mon adorable mère **houria  
ELMANTRA.**

À mes chères frères : **Fethi , Kadaet Zin Elabidin** à qui je souhaite plus de succès.

À mes chères sœurs : **Nawal ; Laila ; Chahrazed**, qui n'ont pas cessé de me conseiller,  
encourager et soutenir tout au long de mes études, que dieu les protège et leur offre la chance  
et le bonheur.

Sans oublier mes chères nièces et neveux : **Allaa, Linda, Tassnim, Mohamed et Ilyess.**

À ma chère tante, **Ma khaira** et ses filles, pour ses prières et ses soutiens.

À ma famille, mes proches et à ceux qui me donnent de l'amour et de la vivacité.

À tous mes amies, spécialement : **Sara, Hanene, Amina, khadidja**, qui m'ont toujours  
encouragé, et à qui je souhaite plus de succès.

Sans oublier mon binôme **Safaa Maroua**, pour son soutien tout au long de ce projet.

À tous ceux que j'aime.

## *Dédicace :*

Je dédie ce travail accompagné d'un profond amour,

À l'homme, mon précieux, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect : mon chère père **Benamer MEGNAFI**.

À la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui a jamais dit non à mes âmes exigence et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse : mon adorable mère **Nouria BOUBRIS**.

À ma deuxième mère qui ne m'a jamais oublié dans ses prières **Halima BOUBRIS**.

À mes chères sœurs : **Dounia ; Azhar ; Noura ; Wissal ; Joud**, qui n'ont pas cessée de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études, que dieu les protège et leur offre la chance et le bonheur.

Sans oublier mon beau frère **Zoheir MESSAR** mon chère neveu **Sidahmed**.

À mes grands parents, **Dada Mohamed** et **Nana Yamina**, **Dada Mohamed** et **Mima Zahra**.

À mon cher oncle et frère **Abderrahmane BOUBRIS** et son épouse **Soumia**, à la petite ange **Chahd**.

À ma famille, mes proches et à ceux qui me donnent de l'amour et de la vivacité.

À tous mes amis, spécialement : **Jinane**, **Halima**, qui m'ont toujours encouragé, et à qui je souhaite plus de succès.

À mon Ace Partenaire.

Sans oublier mon binôme **Ismahen**, pour son soutien tout au long de ce projet.

À tous ceux que j'aime.

**Safaa Maroua MEGNAFI**

## ***Remerciement :***

Tout d'abord, nous tenons à remercier dieu de nous avoir donné la force et la capacité d'accomplir ce projet modeste qui fait notre fierté.

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à notre cher professeur, responsable de la filière génie industriel et encadrant **Mr Fouad MALIKI**, pour son suivi et son énorme soutien qu'il n'a cessé de nous prodiguer tout au long de la période du projet.

Nous tenons aussi à remercier tous les membres du jury qui nous ont fait l'honneur d'accepter de juger notre travail, **M. Mahdi SOUIER, M. Mohammed BENEKROUF, M. Mohammed Adel HAMZAOU.**

Nous tenons à remercier monsieur le directeur **ROUISSET Bouchrit** et tout le personnel de l'école.

Nous remercions vivement nos, famille, nos parents pour nous avoir facilité la vie et donner tous ce que nous en avons besoin pour réussir dans nos études.

Finalement, nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

## **Résumé :**

Ce travail de recherche porte sur la conception d'un réseau de véhicules de don du sang (bloodmobile) dans la ville de Tlemcen. Pour résoudre la problématique soulevée, nous avons développé un modèle mathématique de localisation, nous avons ensuite programmé ce modèle sous le logiciel d'optimisation LINGO.

Pour renforcer le programme donné, nous avons fait une simulation multi-période avec différentes valeurs. Finalement nous avons analysé et évalué les résultats obtenus.

**Mots-clés :** chaîne logistique, bloodmobile, localisation.

## **Abstract :**

This research work concerns the design of a network of blood donation vehicles (Bloodmobile) in the city of Tlemcen. To solve the problem raised, we developed a mathematical model of localization, we then programmed this model under the LINGO optimization software.

To strengthen the given program, we did a multi-period simulation with different values. Finally we analyzed and evaluated the results obtained.

**Keywords :** supply chain, bloodmobile, localization.

## **ملخص:**

يتعلق هذا العمل البحثي بتصميم شبكة من عربات نقل الدم في مدينة تلمسان. لحل المشكلة المطروحة، قمنا بتطوير نموذج رياضي من أجل تحديد المواقع المناسبة لوضع عربات نقل الدم، ثم قمنا ببرمجته بمساعدة البرنامج LINGO. لتعزيز البرنامج المحدد، قمنا بعمل محاكاة متعددة الفترات بقيم مختلفة. أخيراً قمنا بتحليل و تقييم النتائج التي تم الحصول عليها.

**الكلمات المفتاحية:** سلسلة الإمداد، عربة نقل الدم، تحديد المواقع.

# Sommaire :

Introduction generale .....	11
<b>Chapitre I : Généralités sur la logistique</b>	
1. Conception sur les chaines logistiques.....	14
1.1. Notion sur la logistique .....	14
1.1.1. Définition de la logistique .....	14
1.1.2. Le rôle de la logistique .....	14
1.1.3. Les objectifs de la logistique .....	15
1.2. Notion sur la chaîne logistique.....	15
1.2.1. Définition de la chaîne logistique.....	15
1.2.2. Les flux dans la chaîne logistique .....	16
1.2.2.1. Flux d'information .....	16
1.2.2.2. Flux financier .....	17
1.2.2.3. Flux physique.....	17
1.2.3. La conception des chaines logistiqe .....	18
2. Problème de localisation-allocation .....	18
2.1. Problème de localisation .....	18
2.2. Problème d'allocation .....	19
2.3. Problème de localisation-allocation.....	19
2.4. Problème de base de localisation-allocation .....	19
2.4.1. P-médian .....	19
2.4.2. Maximum coverage .....	21
2.4.3. Problème de localisation a deux niveaux .....	21
2.4.3.1. Uncapacitated facility location problem.....	21
2.4.3.2. SS-Capacitated Facility Location problem.....	22
2.5. Exemple d'application .....	23
2.5.1. Localisation des entrepôts des autobus de transport urbain .....	23
2.5.2. Localisation des plateformes logistiques pour le transport de marchandises en ville.....	24
2.5.3. Localisation des cliniques mobiles .....	24
3. Les sites mobiles .....	25
4. Localisation des véhicules de don de sang.....	25

4.1. Les définitions.....	25
4.1.1. Sang .....	25
4.1.2. Le don de sang .....	26
4.1.3. Les types de don de sang .....	26
4.1.3.1. Le don de sang total .....	27
4.1.3.2. Le don de sang apherese.....	27
4.1.4. le déroulement de la séance de don de sang .....	27
4.1.4.1. L'accueil du donneur .....	27
4.1.4.2. L'entretien médical .....	28
4.1.4.3. Le prélèvement .....	28
4.1.4.4. La collation et le repos .....	28
4.1.5. les conditions pour donner le sang .....	28
4.1.6. Les véhicules de don de sang (bloodmobiles).....	29
4.2. Problème de localisation des bloodmobile .....	29
5. Etat de l'art .....	29
Conclusion .....	33

## **Chapitre II : Généralités et statistiques sur le don de sang**

1. Importance de don de sang dans le monde.....	35
2. Les enjeux de don de sang.....	37
3. Exemple de système de don de sangs (HEMA-QUEBEC).....	37
4. Historique de don de sang en Algérie .....	39
5. Lancement de collecte mobile en Algérie.....	41
6. Statistiques de don du sang en Algérie.....	41
7. Statistiques de don du sang dans la ville de Tlemcen.....	43
8. Problèmes de don de sang rencontrés en Algérie.....	44
8.1. Problèmes de collecte.....	44
8.2. Don du sang et Covid-19.....	44
Conclusion.....	46

## **Chapitre III : Problématique et modèle proposé**

1. Stockage dans les bloodmobile .....	48
1.1. Stockage de sang .....	48
1.2. Durée de vie de sang.....	48

2. Banque du sang CHU Tlemcen .....	49
3. Description du problème.....	50
4. Exemple représentatif .....	51
5. Modèle mathématique.....	54
6. Description de modèle mathématique .....	56
Conclusion .....	58

## **Chapitre IV: Approche de résolution**

1. Le solveur LINGO.....	60
1.1. Qu'est-ce que LINGO ?.....	60
1.2. Pourquoi choisir LINGO ?.....	60
1.2.1. Formulez facilement vos problèmes.....	60
1.2.2. Gestion optimale des données .....	60
1.2.3. Des solveurs ultra-performants.....	60
1.2.4. Modélisation interactive et création d'application clés en main.....	61
1.2.5. Documentation et aide exhaustive .....	61
1.3. Les éléments d'un modèle LINGO.....	61
1.3.1. Les variables .....	61
1.3.2. Les contraintes .....	61
1.3.3. La fonction objectif .....	61
2. Les métaheuristiques.....	62
2.1. Domaine d'application des métaheuristiques.....	62
2.2. Pourquoi les métaheuristique.....	62
2.3. Applications des métaheuristiques.....	63
2.3.1. Méthode de recherche Tabou.....	63
2.3.2. Les métaheuristiques colonies de fourmis.....	63
2.3.3. Les algorithmes génétiques.....	64
3. Présentation des données.....	67
4. Le programme sous LINGO .....	70
4.1. Les résultats obtenus dans la première période.....	71
4.2. Représentation des résultats obtenus sur Google Maps.....	72
4.3. Résultats obtenus sous LINGO .....	72
4.3.1. Les résultats obtenus dans chaque période pour $p=4$ .....	74
4.3.2. Les résultats obtenus dans chaque période pour $p=6$ .....	75



4.4. Calcule de la valeur final de la fonction objectif.....	76
4.4.1. Valeure de la fonction objectif globale pour p=4.....	76
4.4.2. Valeure de la fonction objectif globale pour p=6.....	78
5. Résolution par métaheuristique.....	81
5.1. Visuel Basic de Arena VBA.....	81
5.2. Résultats obtenus sous VBA.....	81
5.2.1. Les résultats obtenus dans la première période pour p=3.....	82
5.2.2. Les résultats obtenus dans la deuxième période pour p=3.....	83
5.2.3. les résultats obtenus dans chaque période pour p=3.....	83
5.2.4. La valeur de la fonction objectif finale pour p=3.....	84
5.2.5. Les résultats obtenus dans chaque période pour p=5.....	84
5.2.6. La valeur de la fonction objectif finale pour p=5.....	85
6. Comparaison des résultats obtenus sous LINGO et les résultats sous VBA.....	85
Conclusion .....	87
Conclusion générale .....	88

## Liste des figures :

Figure I.1 : les flux de la chaine logistique .....	17
Figure I.2 :Le kilométrage à vide dans un réseau fictif de transport urbain.....	23
Figure I.3 :composants de sang .....	26
Figure I.4 :Publications dans l'inventaire de la gestion du sang.....	31
Figure I.5 :Publications sur la collecte de sang .....	31
Figure II.1 :Produits sanguins livrés aux hôpitaux.....	39
Figure II.2: Nombre de dons récoltés au niveau national de 1996 à 2000.....	40
Figure III.1: représentation des sites potentiels sur Google Maps.....	52
Figure III.2: représentation des sites ouverts et fermé pendant la période t sur Google Maps.....	53
Figure IV.1 : Fonctionnement de l'Algorithme Génétique .....	64
Figure IV.2: Les données générées sous EXCEL.....	70
Figure IV.3: le programme sous LINGO.....	71
Figure IV.4: fonction objectif obtenus durantla période 1.....	71
Figure IV.5: les sites choisis dans la période 1.....	71
Figure IV.6: représentation des sites choisis dans la période 1 dans Google Maps.....	72
Figure IV.7: le programme du deuxième période sous LINGO.....	73
Figure IV.8: le coût de déplacement minimal obtenu par EXCEL en passant de la période 1 à la période 2 .....	77
Figure IV.9: Coût de déplacement entre t et t+1.....	77
Figure IV.10: Fonction objectif globale.....	78
Figure IV.11: Le coût de déplacement minimal obtenu par EXCEL en passant de la période 1 à la période 2 (p=6).....	79
Figure IV.12: paramètres du SOLVER sous EXCEL.....	79
Figure IV.13: coût de déplacement entre t et t+1.....	80
Figure IV.14 : Fonction objectif globale.....	80

Figure IV.15 : les variables en entrée dans le programme sous VBA.....	82
Figure IV.16 : les variables de décision dans le programme sous VBA.....	82
Figure IV.17 : le fichier EXCEL données utilisées pour $p = 3$ .....	82
Figure IV.18 : le fichier EXCEL Résultats pour $p = 3$ dont $t=1$ .....	82
Figure IV.20 : le fichier EXCEL Résultats pour $p = 3$ dont $t=2$ .....	83
Figure IV.21 : fonction objectif globale sous VBA pour $p = 3$ .....	84
Figure IV.22 : fonction objectif globale sous VBA pour $p = 5$ .....	85

## Liste des tableaux:

Tableau I.1 : Résumé des travaux de recherche sur les bloodmobiles. ....	31
Tableau II.1 :Dons annuels de sang au niveau mondial, analysés selon les critères de l'IDH 1998-1999.....	39
Tableaux IV.1 :les résultats obtenus dans chaque période pour $p=4$ .....	74
Tableaux IV.2 :les résultats obtenus dans chaque période pour $p=6$ .....	76
Tableau IV.3 : les résultats obtenus sous VBA dans chaque période pour $p=3$ .....	84
Tableau IV.4 : les résultats obtenus sous VBA dans chaque période pour $p=5$ .....	85

## Liste des abréviations :

**MFLP** : Mobile Facility Location.

**CMFLP** : Capacitated Mobile Facility Location.

**MBC** : Mobile Blood Center.

**IP**: Integer Programming.

**SVRP** : Selective Vehicle Routing Problem.

**SIG** : Système d'Information Géographique.

**MBC** : Main Blood Centers.

**DCC** : Dementable Collecte Centres.

**MBF** : Mobile Blood Facilities.

**SCIR** : Selective Covering Inventory Routing.

**FADS** : Fédération Algérienne des Donneurs de Sang.

**OMS** : Organisation Mondiale de Santé.

**IDH** : Indice de Développement Humain.

**ANS** : Agence Nationale du Sang

**2-3 DPG** : 2-3 DiPhosphoGlycérate.

**ATP**: Adénosine Triphosphate.

**CHU** : Centre Hospitalo Universitaire.

**DLL** : Dynamic Link Library.

**OLE** : Object Linking and Embedding.

**VBA**: Visual Basic for Application.

## **Introduction générale :**

Les systèmes de don de sang est l'un des plus difficiles problèmes dans le système de santé puisque le sang est un produit périssable et bien vital, et le don de sang est un travail bénévole.

La chaîne logistique de sang comprend le processus de collecte, production, stockage et distribution du sang et de ses produits du donneur jusqu'au demandeur.

Notre projet de fin d'étude consiste à réorganiser le réseau des véhicules de don du sang pour la ville de Tlemcen par la proposition de plusieurs endroits comme emplacements de localisation potentiels des bloodmobiles.

Afin de répondre à la problématique soulevée, notre projet de fin d'étude a pour objectifs de localiser les bloodmobile dans des endroits prédéfinis, autrement dit, réaliser un bon réseau de véhicules pour augmenter le don de sang dans la ville de Tlemcen et faciliter les tâches aux donateurs.

Notre mémoire est divisé en quatre chapitres :

le premier chapitre (Généralités sur la logistique) consiste à présenter les notions de base sur les chaînes logistiques et le don de sang, les problèmes de localisation-allocation et un état de l'art sur les bloodmobiles existants.

Le second chapitre (Généralités et statistiques sur le don de sang) concerne les statistiques de don de sang en Algérie et spécialement dans la ville de Tlemcen où nous avons effectué un des lieux du don de sang dans notre pays.

Le troisième chapitre (problématique et modèle proposé), présente le stockage de sang et sa durée de vie, suivi d'une présentation de la banque du sang de CHU Tlemcen. Enfin, nous décrirons de manière détaillée notre problème à travers un modèle mathématique proposé avec une description de ce dernier ;

Le dernier chapitre (approche de résolution) se focalise sur l'approche de résolution, nous donnons une description du langage informatique LINGO que nous avons utilisé pour résoudre notre problème tout en indiquant ses éléments et leurs utilités. Nous présentons les résultats obtenus ainsi que leur analyse. Les différentes localisations obtenues sont présentées sous Google maps.

Le mémoire sera clôturé par une conclusion générale ainsi qu'une bibliographie qui regroupe l'ensemble des documents consultés au cours du travail réalisé.

# Chapitre I

## Généralités sur la logistique

Une chaîne logistique 'Supply Chain' inclut la transformation et le transport des produits, de la forme de composants et matières premières, passant par différents stades de production, d'assemblage, de stockage et de distribution, jusqu'à l'obtention des produits finis. Dans ce chapitre nous présentons les concepts de base sur la logistique et la chaîne logistique, nous définissons les problèmes de localisation allocation ainsi que les notions de sites mobiles et de blood-mobiles. Ce chapitre est clôturé par un état de l'art sur les problèmes de localisation des blood-mobiles.



## **1. Les concepts de base sur la logistique et la chaîne logistique :**

Pour toute démarche de la logistique il est indispensable de connaître les différents concepts relatifs à son sujet.

### **1.1. Notion sur la logistique :**

La logistique provient, à l'origine, du domaine militaire, c'est tout ce qui est nécessaire (physiquement) pour réussir la stratégie et la tactique dans l'armée : transports, stocks, production, achat. Puis, les entreprises ont adapté ces concepts au milieu industriel. Ainsi on a élargi la définition à l'étude globale des problèmes posés par l'écoulement des flux des matières et des produits des fournisseurs jusqu'aux clients.[1]

#### **1.1.1. Définition de la logistique :**

« Logistique : fonction dont la finalité est la satisfaction des besoins exprimés ou latents, aux meilleures conditions économiques pour l'entreprise et pour un niveau de service déterminé. Les besoins sont de nature interne (approvisionnement de biens et de services pour assurer le fonctionnement de l'entreprise) ou externe (satisfaction des clients). La logistique fait appel à plusieurs métiers et savoir-faire qui concourent à la gestion et à la maîtrise des flux physiques et d'informations ainsi que des moyens ».[2]

#### **1.1.2. Le rôle de la logistique :**

La fonction de la logistique dans l'entreprise est d'assurer au moindre coût la coordination de l'offre et de la demande, aux plans stratégiques et tactiques, ainsi que l'entretien à long terme de la qualité des rapports fournisseur- client qui la concerne. Elle a pour but :

- La gestion économique de la production, en supprimant les ruptures de stocks coûteuses et ce grâce à une information constante sur l'état du marché ;
- La réduction des stocks grâce à une rotation accélérée des marchandises entreposées; La réponse adaptée à une demande très volatile ;
- La mise à disposition du produit chez le client final dans les délais les plus courts et au meilleur coût de distribution possible ;
- La surveillance et l'amélioration de la qualité de la chaîne qui relie le producteur au consommateur pour parvenir au « zéro défaut » du service rendu...[1]

### **1.1.3. Les objectifs de la logistique :**

- Satisfaire la demande de flux physique (matière, transport, emballage, stock...), en accord avec le responsable de l'urbanisation de système d'information, des flux d'informations associés (notion de traçabilité).
- Elle est co-responsable de la gestion de la chaîne logistique, des moyens qui permettent d'atteindre cet objectif (matériels, machines...).
- Elle est co-responsable auprès de tous les services de la qualité des flux physiques.
- Mobiliser avec l'aide des autres services des ressources (humaines et financières) pour y parvenir.
- Au sens large, réaliser la production initiée par le service marketing /vente et est par conséquent au centre des négociations du processus métier.
- Gère directement les flux matières et indirectement les flux associés immatériels : flux d'information et flux financiers.[1]

## **1.2. Notion sur la chaîne logistique :**

La chaîne logistique est un champ d'étude important qui a donné lieu à une littérature très abondante. Il n'y a pas une définition universelle de ce terme.

### **1.2.1. Définition de la chaîne logistique :**

Plusieurs définitions similaires ont été données pour définir la chaîne logistique (supply chain).

- **Définition 1: Supply Chain Council (SCC, 1997)** la définit ainsi :

La chaîne logistique englobe tous les acteurs impliqués dans la production et la livraison d'un produit fini ou d'un service depuis le fournisseur du fournisseur jusqu'au client du client, elle est constituée de fournisseurs, de fabricants, de distributeurs, et de clients.

- **Définition 2 :** Swaminathan et al. (1996) définissent la chaîne logistique comme étant un réseau d'entités autonomes ou semi autonomes collectivement responsables pour l'acquisition, la production, et la distribution de produits appartenant à une ou plusieurs familles.
- **Définition 3 :** Tayur et al. (1999) définissent une chaîne logistique pour un produit donné comme un système de sous-traitants, de producteurs, de distributeurs, de détaillants et de clients entre lesquels s'échangent les flux matériels dans le sens des fournisseurs vers les clients et des flux d'information dans les deux sens.  
Pour d'autres [Mentzertal, (2001), Génin, (2003), Stadtler et Kilger, (2000)], la chaîne logistique est centrée sur l'entreprise. Elle est définie comme un réseau d'organisations ou de fonctions dispersées géographiquement sur plusieurs sites qui coopèrent, pour réduire les coûts et augmenter la vitesse des processus et activités entre les fournisseurs et les clients. Si l'objectif de satisfaction du client est le même, la complexité varie d'une chaîne logistique à l'autre.
- **Définition 4 :** Lee et Billington, (1995) ont une définition similaire :  
Une chaîne logistique est un réseau de ressources qui se procurent des matières premières, les transforment en produits intermédiaires puis en produits finaux, et livrent ces produits aux clients à travers un système de distribution.[1]

### **1.2.2. Les flux dans la chaîne logistique :**

Nous distinguons trois types de flux échangés entre les membres d'une même chaîne logistique : flux d'information, flux financier et flux physique.

#### **1.2.2.1. Flux d'information :**

Ce flux est composé d'un flux de données et d'un flux de décisions, qui sont essentiels au bon fonctionnement d'une chaîne logistique. En effet, c'est par la connaissance du fonctionnement des autres maillons de la chaîne logistique qu'un gestionnaire peut prendre les meilleures décisions pour le fonctionnement de sa propre entreprise ou service.

Aujourd'hui, avec l'évolution des nouvelles technologies d'information, le flux d'information ne suit plus nécessairement la forme séquentielle, il ressemble plutôt à un échange simultané grâce à des échanges électroniques entre l'ensemble des partenaires.

#### 1.2.2.2. Flux financier :

Les flux financiers constituent les échanges des valeurs monétaires. Ces flux sont créés avec les différentes activités que subissent les flux physiques, tel que la production, le transport, le stockage et recyclage, etc.

#### 1.2.2.3. Flux physique :

Les flux physiques, appelés également flux de produits, sont les matières qui circulent entre les différents maillons de la chaîne logistique. Ces matières peuvent être des composants, des produits semi-finis, des produits finis ou des pièces de rechange. La gestion de ces flux et la coordination entre les différents maillons de la chaîne logistique sont regroupées sous l'appellation : gestion de la chaîne logistique (Supply Chain).[3]

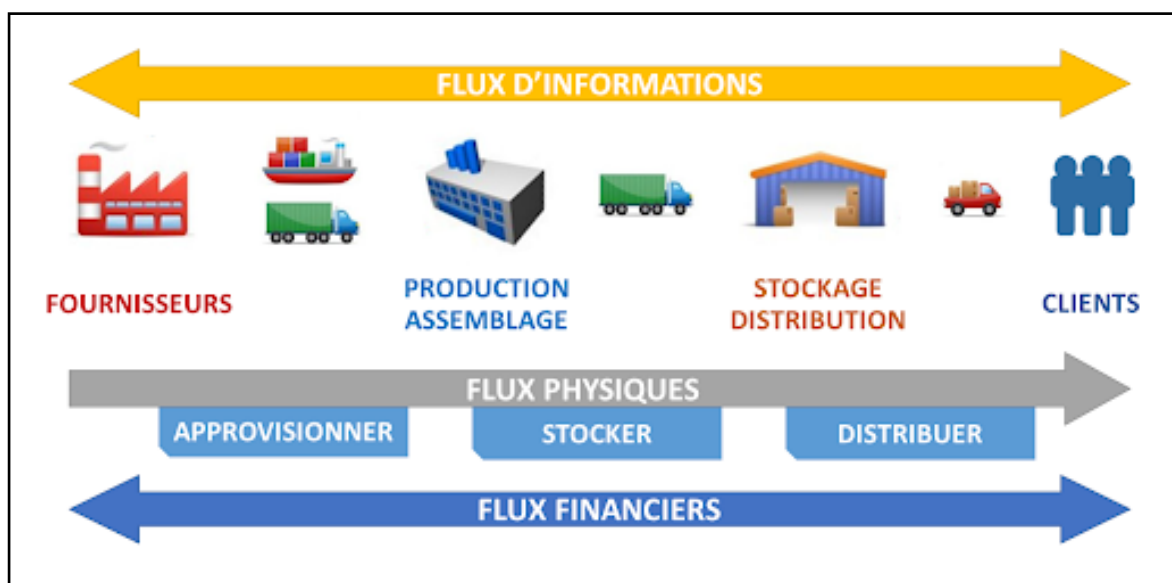


Figure I.1 : les flux de la chaîne logistique

### **1.2.3. La conception des chaînes logistiques:**

La conception d'une chaîne logistique exige, non seulement des outils performants, mais aussi des compétences et des expériences humaines afin de déterminer:

- le nombre, la localisation, la capacité, les types d'usines, d'entrepôts, de centres de distribution à utiliser.
- l'ensemble des fournisseurs potentiels à sélectionner.
- les différents modes de transport à choisir.

les quantités de matières premières et produits finis à acheter, produire, stocker et transporter des fournisseurs aux clients finaux passant par les différents usines, entrepôts et centres de distribution en utilisant les différents modes de transport. Ce ne sont pas des décisions faciles, surtout à l'échelle internationale où une étude délicate est exigée. Différents problèmes liés à la gestion des chaînes logistiques ont été étudiés et rapportés dans la littérature ainsi que les approches utilisées.[4]

## **2. Problèmes de localisation-allocation:**

### **2.1. Problèmes de localisation :**

De nos jours, les techniques de localisation sont multiples. Une bonne maîtrise et connaissance de ces diverses méthodes est nécessaire afin de judicieusement dimensionner sa propre solution de localisation. Cette solution ne doit pas être surdimensionnée, sinon elle entraîne un surcoût soit au niveau de l'infrastructure ou au niveau du terminal de localisation. Le problème de localisation de l'installation (location problem), également connu comme l'analyse de l'emplacement ou d'un problème k-centre, est une branche de la recherche opérationnelle et la géométrie algorithmique concernée avec le placement optimal des installations pour réduire au minimum les coûts de transport tout en tenant compte de facteurs comme éviter de placer des matières dangereuses près du logement.[3]

## **2.2. Problèmes d'allocation :**

Le problème d'allocation est un problème classique de recherche opérationnelle et d'optimisation combinatoire. Informellement ce problème consiste à attribuer au mieux des clients à des installations. Chaque client peut être servi par une unique installation pour un coût donné. Les affectations (c'est à dire les couples client-installation) ont toutes un coût défini. Le but étant de minimiser le coût total des affectations.[3]

## **2.3. Problèmes de localisation-allocation :**

Dans ce problème, les décisions de localisation et d'allocation doivent être prises simultanément. On suppose que les produits proviennent de plusieurs sources (usines) et doivent être acheminés vers des points de consommation en passant par des entrepôts. Un certain nombre d'usines et/ou d'entrepôts existe déjà, mais d'autres sites potentiels sont identifiés pour l'implantation de nouvelles installations (usines et/ou entrepôts). Nous devons choisir une chaîne pour le cheminement de chaque produit vers chaque point de consommation et déterminer quels usines/entrepôts devraient être ouverts ou fermés, compte tenu de la capacité des installations déjà disponibles et des possibilités d'expansion des sites potentiels

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

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

Les possibilités de localisation peuvent être considérées comme continues (partout dans le plan) ou discrètes (nombre fini de sites possibles).[4]

## **2.4. Problèmes de base de localisation-allocation :**

### **2.4.1. P- médian :**

**En 1909, Weber** se questionne sur la meilleure localisation à donner à une industrie donnée (un produit donné). Ce problème donne naissance au problème du p-médian qui se définit par la localisation de p sites pour minimiser la somme des distances séparant les installations retenues aux clients. On distingue deux grands types de résolution à ces problèmes ; Les résolutions exactes qui sont réservées à un nombre limité d'installations et de clients et les résolutions approchées (heuristiques) qui permettent de

trouver des solutions en un temps raisonnable même pour un grand nombre d'installations et de clients.[5]

• **Modèle mathématique :**

- P : entrepôts (usines) à localiser sur un ensemble de m sites potentiels pour livrer n clients.
- Chaque client est livré par un seul entrepôt.
- Pas de coût fixe.
- Pas de contraintes de capacités.
- $C_{ij}$  : le coût de transport de l'entrepôt j au client i.
- $X_j = \begin{cases} 1 & \text{si la localisation } j \text{ est choisie} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$
- $Y_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si le client } i \text{ est affecté à la localisation } j \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$
- Fonction objectif :

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_{ij} * Y_{ij}$$

- Contraintes :

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^m X_j = p \\ \sum_{j=1}^m Y_{ij} = 1 \quad \forall i = 1, \dots, n \\ Y_{ij} \leq X_j \quad \forall i = 1, \dots, n, \forall j = 1, \dots, m \\ Y_{ij} \in \{0, 1\} \forall i = 1, \dots, n, \forall j = 1, \dots, m \\ X_j \in \{0, 1\} \forall j = 1, \dots, m \end{array} \right.$$

**2.4.2. Maximum Coverage :**

Maximum Coverage Problem (problème de couverture maximale) est une question classique en recherche opérationnelle. Son objectif est de maximiser les demandes couvertes avec la localisation d'un nombre fixe d'usines.[5]

• **Modèle mathématique :**

- $i$  : indice des clients
- $j$  : indices des entrepôts
- $P$  : entrepôts (usines) à localiser sur un ensemble de  $m$  sites potentiels pour livrer  $n$  clients.
- $D_i$  : demande du client  $i$
- $X_j = \begin{cases} 1 & \text{si la localisation } j \text{ est choisie} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$
- $Y_i = \begin{cases} 1 & \text{si le client } i \text{ est couvert} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$
- Fonction objectif :

$$\text{Max } Z = \sum_{i=1}^n D_i * Y_i$$

- Contraintes :

$$\left\{ \begin{array}{l} Y_i \leq \sum_{j=1}^m X_j \quad \forall i = 1, \dots, n \\ \sum_{j=1}^m X_j \leq P \\ Y_i \in \{0, 1\} \forall i = 1, \dots, n \\ X_j \in \{0, 1\} \forall j = 1, \dots, m \end{array} \right.$$

**2.4.3. Problème de localisation à deux niveaux :**

**2.4.3.1. Uncapacitated facility location problem (Problème de localisation avec capacité infini) :**

Le problème de localisation avec capacité infini est l'un des problèmes de localisation discrète les plus étudiés, dont les applications se posent dans divers contextes. Son objectif est de sélectionner un ensemble d'entrepôts à localiser sur  $m$  sites potentiels pour desservir  $n$  clients. Il existe un coût fixe  $F_j$  pour la localisation de l'entrepôt  $j$  et celui-ci a une capacité infinie.[5]

• **Modèle mathématique :**

- $i$  : indice des clients
- $j$  : indices des entrepôts
- $d_i$  : demande du client  $i$
- $C_{ij}$  : le coût de transport de l'entrepôt  $j$  au client  $i$



- $F_j$  : le coût fixe de localisation
- $X_j = \begin{cases} 1 & \text{si la localisation } j \text{ est choisie} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$
- $Y_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si le client } i \text{ est affecté à la localisation } j \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$
- Fonction objectif :

$$\text{Min } Z = \sum_{j=1}^m F_j * X_j + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_{ij} * Y_{ij}$$

- Contraintes :

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^m Y_{ij} = 1 \quad \forall i = 1, \dots, n \\ Y_{ij} \leq X_j \quad \forall i = 1, \dots, n, \forall j = 1, \dots, m \\ Y_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i = 1, \dots, n, \forall j = 1, \dots, m \\ X_j \in \{0, 1\} \quad \forall j = 1, \dots, m \end{array} \right.$$

#### 2.4.3.2. SS-Capacitated Facility Location problem (SSCFLP, problème de localisation avec capacité fini) :

Ce problème consiste à sélectionner un ensemble d'entrepôts à localiser sur  $m$  sites potentiel pour desservir  $n$  clients. Il existe un coût fixe  $F_j$  pour la localisation de l'entrepôt  $j$  et celui-ci a une capacité maximale  $K_j$ .

Lorsqu'une restriction supplémentaire qui oblige chaque client à être servi uniquement à partir d'une seule installation est ajoutée, nous obtenons le problème de localisation des installations avec capacité fini à source unique (SSCFLP).[5]

- **Modèle mathématique :**

- $i$  : indice des clients
- $j$  : indices des entrepôts
- $d_i$  : demande du client  $i$
- $C_{ij}$  : le coût de transport de l'entrepôt  $j$  au client  $i$
- $F_j$  : le coût fixe de localisation de l'entrepôt  $j$
- $K_j$  : capacité maximale de l'entrepôt  $j$
- $X_j = \begin{cases} 1 & \text{si la localisation } j \text{ est choisie} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$
- $Y_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si le client } i \text{ est affecté à la localisation } j \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$
- Fonction objectif :

$$\text{Min } Z = \sum_{j=1}^m F_j * X_j + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_{ij} * Y_{ij}$$

- Contraintes :

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^m di * Y_{ij} \leq K_j * X_j \quad \forall j = 1, \dots, m \\ \sum_{j=1}^m Y_{ij} = 1 \quad \forall i = 1, \dots, n \\ Y_{ij} \in \{0, 1\} \forall i = 1, \dots, n, \forall j = 1, \dots, m \\ X_j \in \{0, 1\} \forall j = 1, \dots, m \end{array} \right.$$

## 2.5. Exemples d'application :

### 2.5.1. Localisation des entrepôts des autobus de transport urbain :

L'entrepôt est un bâtiment disposant d'une accessibilité poids lourds, dont la fonction principale est d'abriter une activité de distribution, de stockage et ou d'expédition de marchandises. **Fayez F. Boctor et al. (2014)** étudient le problème de localisation d'entrepôts pour les autobus en transport urbain. L'objectif est de minimiser le kilométrage à vide parcouru par les autobus du réseau de transport. Les résultats qui seront obtenus donneront la possibilité de démontrer que des économies appréciables peuvent être réalisées si on implante un nouvel entrepôt.

Le problème consiste à déterminer l'horaire des autobus pour se rendre aux terminus de chaque route. Deux hypothèses implicites sont prises en compte : un seul terminus (point de départ) est possible sur chaque route (il y a plusieurs routes) et le retour vers l'entrepôt doit être du même terminus d'où l'autobus est partie.[6]

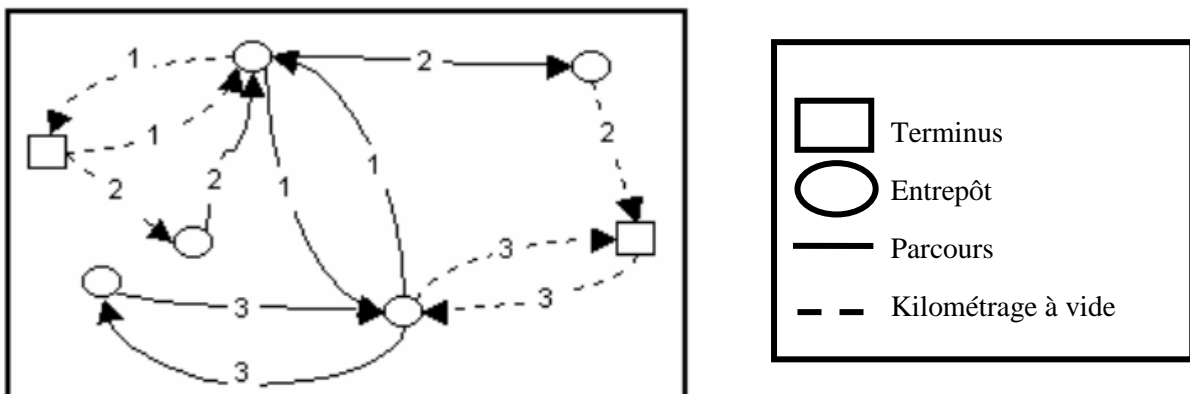


Figure I.2 : Le kilométrage à vide dans un réseau fictif de transport urbain

### **2.5.2. Localisation des plateformes logistiques pour le transport de marchandises en ville:**

C'est un lieu où est réalisé le Cross-docking, désigne l'endroit où la marchandise est réceptionnée pour la réexpédier dans un délai très court. Le Cross-docking est un système de distribution dans lequel les marchandises réceptionnées par le centre de distribution ou la plate-forme ne sont pas stockées mais préparées pour une réexpédition immédiate à destination des magasins. Pour les entreprises, l'intérêt de faire appel aux plateformes logistiques est de pouvoir se concentrer sur la partie commerciale et de réduire ainsi les coûts logistiques.

**Olivier Guyon et al. (2011)**, s'intéressent à un problème stratégique de la logistique urbaine qui est la localisation et le dimensionnement de plateformes logistiques dans des zones urbaines denses. Alors, en connaissant un ensemble de sites dans et en dehors de la ville, et une distribution de l'activité dans les différentes zones de demande constituant la ville, combien de plateformes logistiques doivent être créées, où doivent-elles être localisées et quelle doit être leur taille ?[7]

### **2.5.3. Localisation des cliniques mobiles :**

Les cliniques mobiles sont des autobus spécialement conçus pour être des cliniques de soins primaires entièrement fonctionnelles. Elles sont équipées de deux salles d'examen, d'un élévateur pour fauteuils roulants, et des mêmes technologies et équipements médicaux que vous trouveriez dans toute autre clinique.

**Verter et Lapierre 2002**, modélisent le problème de localisation des cliniques mobiles comme un problème de localisation de couverture maximale. D'autre part, **Doerner et al. 2007**, étudient un problème de planification de tournée pour une unique clinique mobile avec des critères relatifs au nombre d'arrêts et la durée de tour, ainsi la distance jusqu'à l'arrêt du tour le plus proche. **Bostel et al. 2013**, discutent l'application du problème des circuits à plusieurs véhicules et la distribution d'articles de secours après une catastrophe. Le problème consiste à choisir des arrêts parmi un ensemble de sites potentiels afin que chaque personne puisse atteindre l'un de ces arrêts dans un délai acceptable.

### **3. Les sites mobiles :**

Le problème de localisation des sites mobiles (MFLP) est l'un des problèmes de la planification logistique. Il est défini comme étant un réseau où les clients et les sites sont initialement situés. Chaque client a une demande spécifiée et les sites ont une capacité infinie. Chaque client doit être affecté à l'un des sites avec objectif de minimisation des distances parcourues par les sites et les clients. Si on considère des restrictions sur la capacité des sites mobiles, on aura un problème de localisation des sites mobiles avec capacités finies (CMFLP). Dans ce problème, on cherche à déplacer l'ensemble des sites existants et affecter les clients à ces sites tout en respectant les capacités afin que la somme pondérée des coûts de déplacements des sites et des frais de déplacements des clients aux sites soit minimisé.

Le MFLP a été introduit en **2009** par **Demaine et al.**, comme une classe des problèmes de mouvements. La majorité des travaux antérieurs sur le MFLP traite de l'approximation du problème et consiste principalement à dériver des limites théoriques, par exemple, **Anari Fazli et al. (2016)** ; **Armon et al. (2012)** ; **Friggstad et Salavatipour (2011)**. **Halper et al. (2015)** ont introduit une formulation IP pour le MFLP et ont développé divers heuristiques de recherches locales basées sur une décomposition du problème. Selon **S. Raghavan et al. En 2019**, le CMFLP n'a pas été considéré auparavant dans la littérature. Ils proposent deux formulations de programmes entiers pour le CMFLP. Le premier sur un graphe en couche, tandis que le second est un ensemble de formulation de partitionnement.

### **4. Localisation des véhicules de don de sang (Blood-mobile):**

Le sang et ses composants sont des produits périssables qui ont des limites en termes de stockage et transfert. Fournir du sang lorsque les patients ont des besoins est une tâche très difficile. Il est seulement possible de surmonter ce défi en construisant et en gérant correctement le réseau entre les donneurs de sang, centres de don de sang, laboratoires, banques de sang et centres de transfusion.

#### **4.1. Les définitions :**

##### **4.1.1. sang :**

Le sang est un liquide organique mis en mouvement (aspiré et refoulé) par le cœur et qui circule dans toutes les artères, les veines et les capillaires. Il est composé de plasma, de globules blancs (leucocytes), de globules rouges (érythrocytes) et de plaquettes (thrombocytes).[8]

#### 4.1.2. Le don de sang :

- Le prélèvement ne dure pas plus de 12 minutes, mais prévoyez 45 minutes entre votre arrivée et votre départ de collecte.
- On peut donner le sang 4 fois maximum en 365 jours en respectant un délai de 2 mois minimum entre 2 dons.
- Nous prélevons entre 430 et 470 ml de sang.
- La poche de sang sera ensuite séparée en 3 produits différents : un concentré de globules rouges, un concentré de plaquettes et du plasma.

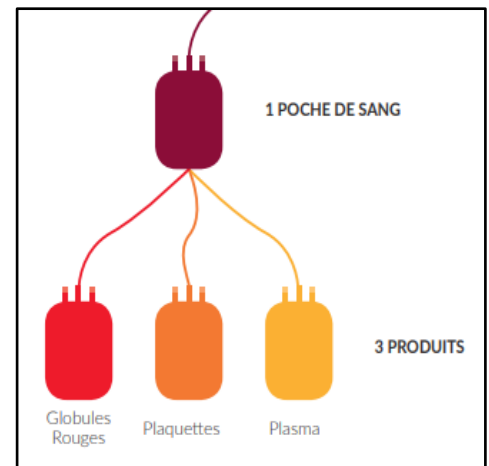


Figure I.3 : composants de sang

- Les globules rouges sont nécessaires pour soigner les hémorragies et les anémies graves. Ils se conservent pendant 42 jours à une température comprise entre 2 et 6°C.
- Le plasma contient des protéines essentielles qui font défaut à de nombreux malades. Certains médicaments ne peuvent être préparés qu'à partir de plasma humain :
  - Par exemple, les immunoglobulines qui sont indispensables aux malades qui souffrent de déficit immunitaire.
  - Mais aussi les solutions d'albumine, les facteurs de coagulation...
- Les plaquettes obtenues à partir d'une poche de sang étant en faible quantité, elles sont mélangées aux plaquettes prélevées chez 5 autres donneurs, pour obtenir ce que nous appelons un « pool » de plaquettes.
- Les plaquettes sont nécessaires pour traiter les hémorragies, mais aussi en cas de greffe de cellules souches, de certains cancers ou de certaines maladies du sang.
- Leur conservation est limitée à 5 jours, à une température comprise entre 20 et 24°C sous agitation constante. Les plaquettes sont particulièrement fragiles.[9]

#### 4.1.3. Les types de don de sang :

Il existe deux différents types du don de sang qui sont : le don de sang total et le don de sang aphérèse.

#### **4.1.3.1. Le don de sang total :**

Le prélèvement de sang total constitue la matière première majoritaire, à partir de laquelle, après plusieurs étapes de préparation, il est possible d'obtenir deux ou trois produits en fonction du dispositif de prélèvement utilisé : un concentré de globules rouges, un plasma et un concentré plaquettaire, Le don du sang doit respecter les conditions suivantes :

- Le prélèvement de sang total est effectué chez les sujets âgés de dix-huit ans à soixante-cinq ans.
- La durée de prélèvement est de 08 à 10 minutes.
- L'intervalle entre 02 dons : 03 mois pour l'homme et 04 mois pour la femme.

#### **4.1.3.2. Le don de sang aphérèse :**

Le prélèvement par aphérèse permet d'obtenir un produit sanguin à l'aide d'un séparateur de cellules sanguines par centrifugation. Il est souhaitable que le donneur ne se présente pas à jeun pour le don par aphérèse.[10]

#### **4.1.4. le déroulement de la séance de don de sang :**

Le déroulement pour donner son sang passe par quatre différentes étapes qui sont :

##### **4.1.4.1. L'accueil du donneur :** Cette étape a trois différentes fonctions :

- La création ou la mise à jour du dossier du donneur. Celui-ci doit présenter une pièce d'identité pour que le secrétariat puisse s'occuper de son inscription administrative. Les données enregistrées permettront de le contacter ultérieurement pour toute information relative à son don.
- L'attribution d'un numéro unique pour chaque don sur le plan national. Il sera le seul identifiant permettant de suivre la chaîne entière du don et garantissant de façon anonyme le lien entre le donneur et tous les receveurs transfusés. On l'appelle la traçabilité.
- La remise au donneur d'un questionnaire de santé à remplir. Il s'agit d'un document de préparation à l'entretien médical. Le donneur s'engage à répondre avec sincérité aux questions.

**4.1.4.2. L'entretien médical :**

Confidentiel et couvert par le secret médical, l'entretien entre le donneur et le médecin est essentiel pour garantir la plus grande sécurité possible. C'est au cours de cet entretien que le médecin s'assure que le donneur ne prend aucun risque, ni pour lui-même, ni pour le receveur. Il prend en considération les antécédents médicaux du donneur et recherche les comportements à risques éventuels.

**4.1.4.3. Le prélèvement :**

Après avis favorable du médecin qui reconnaît le donneur médicalement apte au don, le prélèvement est effectué par un infirmier spécialement qualifiée.

**4.1.4.4. La collation et le repos :**

Après le don, une collation est offerte au donneur.

**4.1.5. les conditions pour donner le sang :**

La bonne santé, l'âge et le poids des donneurs sont des paramètres très importants à vérifier avant le don du sang.

- Si le donneur est en bonne santé, le don du sang ne comporte aucun risque. Comme vu précédemment, un examen clinique est fait par le médecin au cours de l'entretien médical préalable au don de sang afin de vérifier l'état de santé générale du patient. Le don de sang est sans danger : il n'existe aucune conséquence à court terme et à moyen terme sur le plan de la sécurité. Il est recommandé de s'alimenter et de boire de l'eau avant un don.
- Il faut peser au minimum 50 kg. Cette condition réglementaire se justifie ainsi :
  - ✓ Le volume de sang prélevé ne doit pas dépasser 13 % du volume sanguin total du donneur pour que l'organisme puisse s'adapter après le don.
  - ✓ Pour garantir l'efficacité d'une transfusion, le volume de sang total prélevé doit être au minimum de 400 ml

- L'âge diffère un peu selon les types de dons pratiqués :
  - ✓ Pour le don de sang total : le donneur doit avoir entre 18 et 70 ans
  - ✓ Pour le don de plasma : le donneur doit avoir entre 18 et 65 ans.
  - ✓ Pour le don de plaquettes : le donneur doit avoir entre 18 et 60 ans.[10]

#### **4.1.6. Les véhicules de don de sang (bloodmobiles) :**

Ce sont des véhicules automobiles équipés de tous les outils nécessaires pour une procédure de don de sang flexible.

#### **4.2. Problème de localisation des bloodmobiles :**

La fourniture du sang et de ses produits est l'un des plus difficiles problèmes, car le sang extrêmement périssable et bien vital, et le don de sang est un travail aléatoire.

- L'installation des Bloodmobiles est importante car l'utilisation efficace des Bloodmobiles pourrait être utile pour augmenter le nombre de dons.

### **5. Etat de l'art sur les bloodmobiles :**

Pour concrétiser le concept de la localisation des bloodmobiles, nous avons établi au préalable une revue de la littérature du domaine lié à ce domaine. En 2015, **Feyza Güliz et al. (2015)** étudient un système de collecte de sang mobile conçu avec comme objectif principal d'augmenter les niveaux de collecte de sang. Cette conception prend également en compte les coûts opérationnels pour viser la collecte de grandes quantités de sang à un coût raisonnable. Les bloodmobiles effectuent des tournées directes vers certaines activités de collecte de sang, mais à la fin de chaque journée, ils amènent le sang collecté dans un dépôt désigné pour éviter sa détérioration. La proposition de système se compose des motoneiges et d'un nouveau véhicule appelé navette qui visite les bloodmobiles chaque jour et transfère le sang collecté au dépôt. Par conséquent, les bloodmobiles peuvent continuer leurs visites sans avoir à faire des retours quotidiens au dépôt. Les auteurs proposent un modèle mathématique et un algorithme heuristique basé sur IP (Integer Programming) en 2 étapes pour déterminer les tours des bloodmobiles et de la navette, et leur durée de séjour à chaque arrêt. Ce nouveau problème est



défini comme une extension du problème de routage sélectif des véhicules et est appelé SVRP (selective vehicle routing problem) avec circuits intégrés. Les performances des méthodologies de solution sont testées d'abord sur un ensemble de données réelles obtenues à partir des activités de don de sang du Croissant-Rouge turc à Ankara, puis sur un ensemble de données construit basé sur des données SIG de la partie européenne d'Istanbul. L'ensemble de solutions optimales Pareto est généré en fonction des quantités de sang, les coûts logistiques et enfin une analyse de sensibilité sur certains paramètres de conception importants. Puis en **2017**, **Hassan Heidari-Fathian** a fait une recherche qui a pour but de présenter un modèle mathématique pour la conception d'un réseau de chaîne d'approvisionnement en sang fiable. Ce réseau est composé de trois échelons principaux y compris les donateurs, les installations de collecte et les points de demande. A la collection Echelon, trois types d'installations sont pris en compte pour la réception de sang de donneurs:

- Principaux centres de transfusion sanguine (MBC),
- Centres de collecte démontables (DCC) et les installations mobiles de transfusion sanguine (MBF).

Les DCC et les MBF sont des installations mobiles qui ne sont pas permanentes et se déplacent toujours d'un endroit à un autre pour recueillir le sang des donneurs. La principale différence entre les MBF et les DCC est que les DCC ne peuvent se rendre sur le site candidat qu'à chaque période, mais les MBF peuvent en visiter plusieurs. Il existe également d'autres différences entre leurs capacités et leurs coûts. Les DCC et les MBF envoient le sang collecté aux MBC qui sont des installations permanentes et sont responsables de recevoir le sang et effectuer le processus de transfusion sanguine et enfin envoient le sang à la demande. Dans la même année, **Masoud Rabbania et al. (2017)** ont présenté deux modèles mathématiques pour couvrir le problème de la planification de la collecte de sang. Le premier modèle est un flou multi-objectif mathématique programme dans lequel les emplacements des bloodmobiles sont considérés dans le but de maximiser la quantité potentielle de collecte de sang et minimiser les coûts opérationnels. Le deuxième modèle est un problème de routage de véhicule avec des fenêtres temporelles qui étudie le routage des navettes ; Pour aborder le premier modèle, il est reformulé comme un problème de programmation multi-objectif linéaire, résolu par une approche de programmation floue multi-objectif. Une année après, **Andrea Pirabán Ramírez et al. (2018)** modélisent le système de collecte de sang mobile comme un problème de routage des véhicules avec des bénéfiques. L'objectif est de minimiser le routage total, le gaspillage et les coûts. Chaque site de collecte a une quantité de sang potentielle aléatoire qui est modélisée

comme un stochastique profit pouvant être collecté par un véhicule lors de sa visite sur ce site. Un modèle stochastique en deux étapes est développé pour représenter le problème en utilisant une approche basée sur des scénarios. La sélection d'avance rapide est mise en œuvre pour réduire l'ensemble des scénarios. Et enfin dans cette année **2018**, **Elaheh Ghasemi & Mehdi Bashiri** ont supposé que le nombre de bloodmobiles est fixé dans la première étape avant de savoir quel scénario va se produire. Pour vérifier la validation du modèle, SCIR (selective covering inventory routing) présenté pour fournir le sang total, l'impact de la variation des paramètres a été examiné sur les résultats du modèle et le coût en utilisant le solveur CPLEX. En outre, les résultats de comparaison entre l'approche stochastique et la valeur attendue ont été discutés.

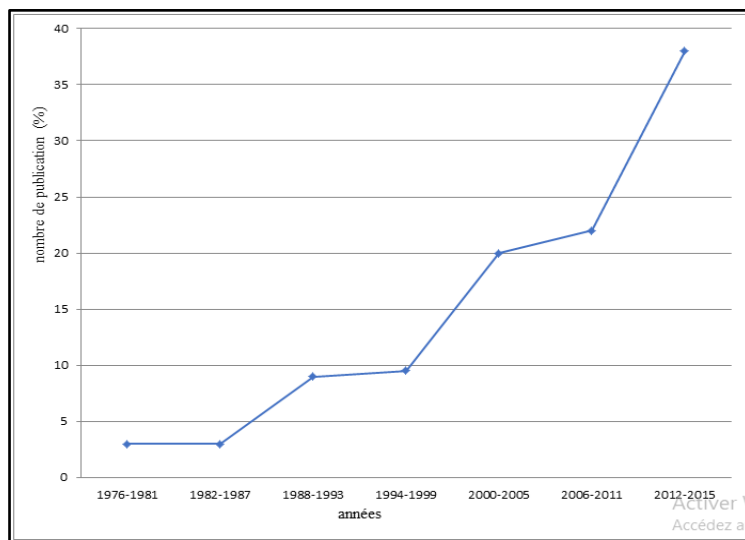


Figure I.4: Publications dans l'inventaire de la gestion du sang

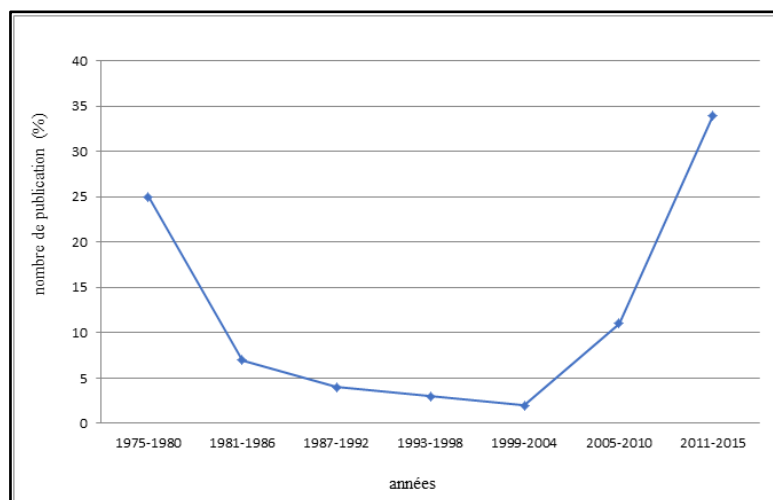


Figure I.5 : Publications sur la collecte de sang

Auteur	Année	Caractéristique de la collection					Caractéristiques de stockage				Caractéristiques générales						
		Site de collection		Structure de model			Court âge		Niveau de stockage		Qualité de l'information			Paramètres stochastiques		Approche de la solution	
		fixe	mobile	localisation	allocation	routage	Oui	non	oui	non	déterministe	Stochastique	autre	demande	don	exacte	heuristique
<b>Feyza Güliz et al.</b>	2015					*	*		*	*						*	
<b>Hassan Heidari-Fathian</b>	2017																
<b>Masoud Rabbania et al.</b>	2017		*			*	*		*			*		*		*	
<b>Andrea Pirabán Ramírez et al.</b>	2018																
<b>Elaheh Ghasemi &amp; Mehdi Bashiri</b>	2018	*	*		*	*	*		*			*		*	*	*	
<b>Notre étude</b>	-		*	*	*	*	*		*			*		*	*	*	

**Tableau I.1 : Résumé des travaux de recherche sur les bloodmobiles**

## **Conclusion :**

Le don de sang doit être perçu comme un ensemble lié; c'est une chaîne composée de plusieurs maillons allant de la collecte jusqu'à l'utilisation du produit. La défaillance de l'un des maillons, qu'elle soit d'origine humaine, technique ou organisationnelle, peut compromettre l'efficacité de la chaîne, car l'activité transfusionnelle constitue l'exemple même d'un système complexe ou interagissent, de façon continue. Des contraintes singulières (liées aux donneurs ou aux malades), des organisations et des pratiques dans un contexte d'exigences fortes, de nature scientifique, technique et sociétale doivent être prise en considér

# Chapitre II

## Généralités et statistiques sur le don de sang

Une multiplication des centres de collecte fixes et mobiles de don du sang et les campagnes de sensibilisation étaient mises en place à longueur d'année, notamment durant l'été et le Ramadhan, afin d'assurer une émergence d'une véritable culture du don du sang au sein de la société algérienne. Entre 1996 et 2014, les efforts des donateurs bénévoles, qui représentent 25% de l'ensemble des dons à l'échelle nationale, ainsi que les multiples campagnes des centres de collecte, ont permis de placer l'Algérie comme leader africain en matière de don du sang.

## **1. L'importance du don de sang dans le monde :**

La transfusion sanguine est une composante indispensable des soins de santé. Elle permet de sauver des millions de vies chaque année, dans les situations de routine et d'urgence, autorise de plus en plus des interventions médicales et chirurgicales complexes et améliore de manière spectaculaire l'espérance et la qualité de vie des patients atteints de toutes sortes d'affections aiguës ou chroniques. Les patients qui ont besoin d'une transfusion dans le cadre de leur prise en charge clinique sont en droit d'attendre qu'il y ait suffisamment de sang pour répondre à leurs besoins et de recevoir le sang le plus sûr possible. Toutefois, bon nombre d'entre eux meurent ou souffrent encore inutilement parce qu'ils n'ont pas accès à des transfusions sanguines sûres. La disponibilité en temps utile d'un sang ou de produits sanguins sûrs est essentielle pour tous les établissements de santé dans lesquels des transfusions sont pratiquées mais, dans de nombreux pays en développement et en transition, l'écart est encore considérable entre les besoins en sang et les réserves dont on dispose.[11]

Les produits sanguins sont notamment utilisés :

- En obstétrique (par exemple quand il s'agit d'accouchements difficiles)
- Lors d'interventions chirurgicales, notamment en orthopédie
- Pour certaines maladies du sang, comme la drépanocytose ou les cancers
- Pour fabriquer des médicaments (immunoglobulines, facteurs de coagulation)[12]

Bon nombre des progrès médicaux qui ont amélioré le traitement de maladies et de traumatismes graves ont nécessité un recours accru aux transfusions sanguines pour la survie des patients, pour les aider à se remettre ou pour maintenir leur état de santé. La chirurgie, les traumatismes et les cancers, pour lesquels la probabilité d'avoir besoin de transfusions sanguines est élevée, remplacent désormais les maladies transmissibles en tant que causes principales de décès. Près de 234 millions d'opérations majeures sont pratiquées dans le monde chaque année, 63 millions de personnes étant opérées pour des lésions traumatiques, 31 millions pour traiter des cancers et 10 millions pour des complications liées à la grossesse.

Les besoins nationaux en sang sont en partie déterminés par les moyens dont dispose le système de soins de santé et sa couverture de la population. Dans les pays développés ayant des systèmes de santé modernes, la demande en sang continue d'augmenter pour appuyer des actes médicaux et chirurgicaux de plus en plus sophistiqués, des soins de traumatologie et la prise en charge

détroubles hématologiques. Les populations vieillissantes de plus en plus nombreuses exigent davantage de soins médicaux et entraînent également des besoins accrus en sang.

Dans les pays où les installations diagnostiques et les possibilités de traitement sont plus limitées, la majorité des transfusions sont prescrites pour le traitement de complications de la grossesse ou de l'accouchement, de l'anémie grave chez l'enfant, des traumatismes et pour la prise en charge des troubles hématologiques congénitaux. Les hémorragies, par exemple, sont responsables de plus de 25% des 530000 décès maternels chaque année; 99% de ceux-ci surviennent dans le monde en développement. L'accès à du sang sûr pourrait aider à prévenir jusqu'à un quart des décès maternels chaque année et la transfusion sanguine constitue l'une des huit fonctions permettant d'épargner des vies qui devraient être disponibles dans un établissement de santé de premier recours assurant des soins obstétricaux d'urgence et des soins néonataux complets.

Les enfants sont particulièrement vulnérables aux pénuries de sang dans les zones impaludées du fait de leurs besoins importants en transfusion résultant de l'anémie grave engageant le pronostic vital déclenchée par les accès palustres, souvent exacerbée par la malnutrition. En 2008, il y avait 109 pays d'endémie du paludisme, dont 45 dans la Région africaine de l'OMS. En 2006, chez les 3,3 milliards de personnes à risque, il y a eu selon les estimations 247 millions de cas de paludisme qui ont entraîné près d'un million de décès; 91% de ces décès par paludisme ont été enregistrés en Afrique et 85% touchaient des enfants de moins de cinq ans.

Les accidents de la circulation routière tuent 1,2 million de personnes et blessent ou provoquent des incapacités chez 20 à 50 millions d'autres chaque année, dont une proportion importante ont besoin d'une transfusion au cours des premières 24 heures de traitement; 90% des décès se produisent dans les pays en développement et en transition. Selon les prévisions, les traumatismes dus aux accidents de la route devraient devenir la troisième cause la plus importante de la charge de morbidité mondiale d'ici 2020, avec une augmentation anticipée de 65% des décès dus à ces accidents dans le monde et de 80% dans les pays dont l'IDH est faible et moyen. La disponibilité en temps voulu du sang dans les établissements de soins d'urgence est l'un des facteurs déterminants de la survie des patients.

Près de 300000 nourrissons naissent chaque année avec une thalassémie ou une drépanocytose et ont besoin de transfusions sanguines régulières. Si l'on ignore quelle est la prévalence de ces anomalies de l'hémoglobine, il y a des besoins élevés de transfusions régulières dans les régions touchées, en particulier dans la Région méditerranéenne, en Asie et en Afrique du Nord.[11]

## **2. Les enjeux du don de sang dans le monde :**

Dans les pays occidentaux, le don de sang est un geste libre, volontaire, gratuit et anonyme. Les institutions sanitaires ont promu ce modèle, perçu comme offrant les meilleures garanties pour assurer la sécurité des produits sanguins et concrétisant l'idée selon laquelle le sang est une substance universelle que l'humanité peut partager, indépendamment de toute considération sociale, culturelle, raciale ou religieuse.

Au cours des dernières décennies, la médecine transfusionnelle s'est développée à l'échelle internationale. Une grande diversité des modalités de recrutement des donneurs de sang et de collecte s'est installée, en fonction des caractéristiques organisationnelles et de l'histoire politique et sanitaire de chaque pays. Les dynamiques locales de solidarité sociale, les représentations culturelles et religieuses du sang ont aussi contribué à façonner la complexité des systèmes établis.

À l'heure où les besoins en produits sanguins sont partout en croissance, les auteurs proposent un éclairage inédit sur les principaux enjeux liés au don de sang dans le monde d'aujourd'hui :

- l'histoire et les impacts des affaires de sang contaminé aux États-Unis, en France et en Afrique.
- la coexistence d'une pluralité de motivations au don de sang dans les pays occidentaux, au Canada, en Italie et en Australie.
- la mise à l'épreuve du modèle universel du don altruiste dans des pays comme la Chine, l'Inde, le Sri Lanka, Trinité-et-Tobago.
- la gestion des risques et les définitions des contre-indications au don de sang en France, en Allemagne et au Canada.[13]

## **3. Exemple de système de don de sangs (HEMA-QUEBEC) :**

Héma-Québec fournit aux hôpitaux québécois des composants et substituts sanguins, des tissus humains et du sang de cordon. Héma-Québec a été constituée comme société à but non lucratif le 26 mars 1998 ayant pour but de répondre avec efficacité aux besoins de la population québécoise en sang et autres produits biologiques d'origine humaine de qualité. La société visait à devenir un partenaire stratégique au service du système de santé québécois.[14]



Chaque jour, Héma-Québec reçoit environ 200 commandes des centres hospitaliers, qui ont recours à des composants sanguins, dérivés des dons de sang, pour traiter les malades. Elle doit recueillir en moyenne 1 000 dons de sang chaque jour pour répondre aux besoins des malades.

Héma-Québec a un processus spécial de don ; une fois La personne qui répond à tous les critères de qualification des donneurs sur un site de collecte peut faire un don de sang et passer par les étapes suivant :

- Une infirmière d'Héma-Québec installe le donneur confortablement sur une chaise longue et l'invite à se détendre.
- Quelques instants plus tard, le bras du donneur est minutieusement désinfecté à l'endroit de la ponction, à l'aide de deux solutions antibactériennes, de façon à éliminer tout risque d'infection.
- L'aiguille neuve et stérile est installée dans le bras et est rattachée au dispositif de prélèvement stérile.
- Lors d'un don, le dispositif de prélèvement est remué par un agitateur afin d'éviter la formation de caillots; cet appareil met automatiquement fin au prélèvement dès que la poche de sang atteint 450 millilitres.
- Lorsque la poche est remplie et que l'aiguille est retirée, on applique une compresse de gaze stérile sur le bras du donneur.
- L'aiguille utilisée est jetée et sera détruite par incinération.
- Le donneur effectue une pression à l'endroit du prélèvement, pendant 5 minutes, afin de faire cesser le saignement, et, on y appose un petit pansement.
- Par la suite, un(e) bénévole indique au donneur l'aire de repos et, plus tard, on lui servira une collation.

En tant que fournisseur de produits sanguins, Héma-Québec planifie l'approvisionnement, qualifie les dons, transforme les produits sanguins et les distribue aux hôpitaux. En 2012-2013, Héma-Québec a fourni aux hôpitaux plus de 500 000 produits sanguins labiles pour répondre aux besoins des malades et plus de 340 000 produits sanguins stables.[15]

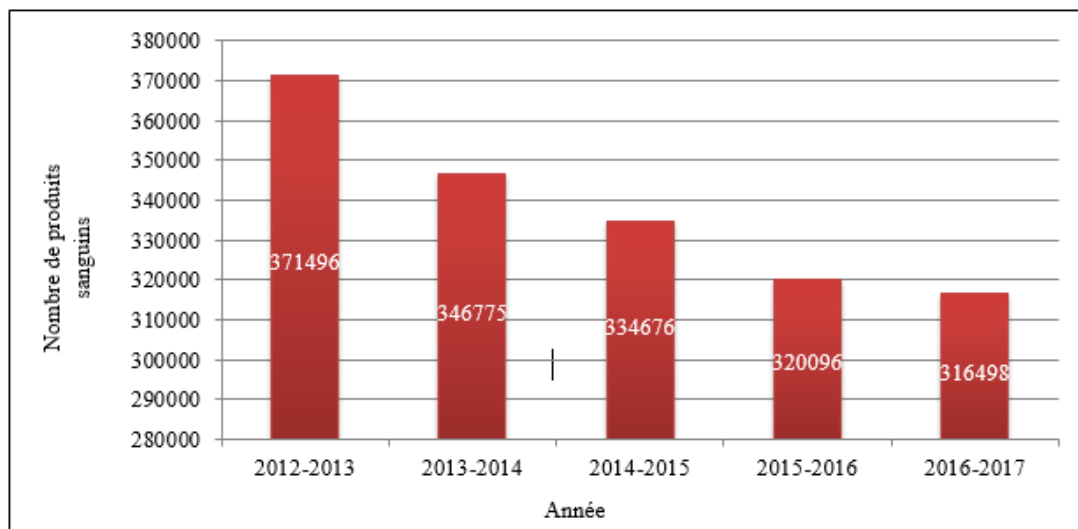


Figure II.1. : Produits sanguins livrés aux hôpitaux

#### 4. Historique de don du sang en Algérie :

L'histoire de la transfusion sanguine a été révolutionnée en 1900 lorsque l'autrichien Karl LANDSTEINER, découvrit la notion de différents groupes sanguins ABO, en comparant le sang de différents sujets. C'est en hommage à sa contribution à la transfusion sanguine que la date du 14 juin, jour de sa naissance, fut retenue par l'Organisation Mondiale de la Santé pour célébrer la Journée Mondiale des Donneurs de Sang et la première transfusion sanguine réussie fut réalisée par Albert HUSTIN en 1914 en France et c'est durant la première guerre mondiale que de nombreux progrès ont été faits.

En Algérie, la première organisation de la Transfusion Sanguine fut effectuée en 1968 par ordonnance, puis une succession de décisions ont abouti en 1995 à la création de l'Agence Nationale du Sang. L'Algérie célèbre chaque année trois journées dédiées au don du sang :

- L'instauration en 2006, du 25 octobre comme « Journée Nationale du Don et des Donneurs de Sang » et cela en hommage à la date de création en 1976 de la Fédération Algérienne des Donneurs de Sang (FADS)
- Le 14 juin, « Journée Mondiale des Donneurs de Sang »
- Le 30 mars pour la « Journée Maghrébine du Don de Sang »[16]

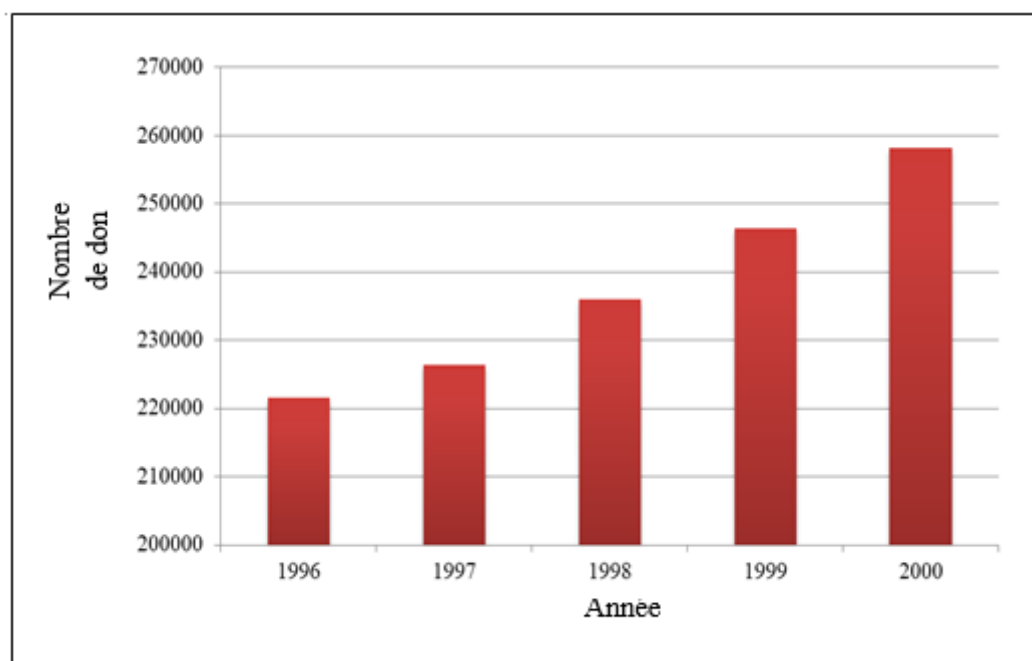
L'Organisation Mondiale de la Santé OMS estime le nombre de dons nécessaires selon le niveau de développement du pays. L'Index de Développement Humain IDH, conçu par le programme de développement des Nations Unies, classe les pays à IDH bas, moyen ou haut sur la base des critères suivants :

- Espérance de vie
- Accès à l'enseignement
- Revenus corrigés.

	Pays ayant un IDH bas	Pays ayant un IDH moyen	Pays ayant un IDH élevé
Nombre de dons estimés pour 1000 habitants	2	10	40

**Tableau II.1 : Dons annuels de sang au niveau mondial, analysés selon les critères de l'IDH 1998-1999**

L'Algérie est classé à revenu moyen, le nombre de don nécessaire devrait être au moins de 10 dons pour 1000 habitants et d'une façon uniforme sur tout le territoire national. L'évolution nationale des dons de sang a constaté une augmentation constante quant à la quantité des dons récoltés. De près de 226 426 dons en 1997, notre pays a passé à 258 202 pour l'année 2000. Cette augmentation régulière, analysée de façon brute montre une progression annuelle en moyenne de 10 000 dons depuis 1997. Le nombre de dons annuel était évolué de 2.2% entre 1996 et 1997 et était passé à plus de 4% de 1997 à 2000.[17]



**Figure II.2 : Nombre de dons récoltés au niveau national de**

## **5. Lancement de la collecte mobile en Algérie :**

L'agence Nationale du Sang ANS a initié la réalisation de véhicules dotés de cabines correspondants au circuit du donneur et spécialement aménagés pour la collecte de sang, les Bloodmobiles. Le prototype a été inauguré le 16 Octobre 2000 par Monsieur le ministre de la Santé et de la Population.

Depuis Janvier 2001, le parc national a été renforcé par 4 nouvelles acquisitions qui sont opérationnelles, l'un dans la région Ouest, l'autre dans la région Est et les deux dans la région du centre. Concernant la région Centre, les deux Bloodmobiles étaient répartis sur les wilayas Alger, Boumerdas, Blida, Tipaza et Tizi-Ouzou. Pour la région Est, la remise officielle du bloodmobile a Monsieur le Wali de Constantine a eu lieu le 21 Mai 2001. Pour la région Ouest, la réception officielle du Bloodmobile a eu lieu le 30 Octobre 2001 à Oran. En 2008, 29 véhicules de collecte de sang, sont répartis à travers 19 wilayas du pays. L'objectif est d'arriver à avoir au moins un véhicule de collecte pour chaque wilaya.

## **6. Statistiques de don du sang en Algérie :**

La demande en produits sanguins augmente d'année en année, vu les besoins sans cesse croissants dans les différents services hospitaliers. Les défis demeurent importants en termes de disponibilité de cette matière vitale, selon les normes de qualité et de sécurité requises.

En 2007, le nombre de dons de sang à l'échelle nationale a atteint 367 887 soit une moyenne de 10.81 dons pour 1 000 habitants avec un taux d'évolution de 10% par rapport à l'année 2006. Au fil des années, le don n'a jamais cessé d'augmenter. Même si tous les besoins des malades n'étaient pas satisfaits en permanence, il y avait encore une augmentation de 5% en 2013, notamment grâce à plus de 460 000 donateurs de sang. Cette évolution permet à l'Algérie de dépasser les 1% de la population donnant leur sang. La collecte de poches de sang a enregistré en 2015 une hausse de 6% par rapport à l'année 2014, dont 2/3 ont été recueillis au niveau des structures de transfusion sanguine fixes et 1/3 en collecte mobile. Depuis le début de l'année 2017, les campagnes de collecte de don du sang se sont multipliées, et ont permis d'enregistrer une hausse de 6,6% au premier semestre, soit 302 189 dons prélevés avec 68% de donateurs bénévoles, dont 23% réguliers et 46% de la collecte effectuée en collecte mobile, soit une hausse de 35% par rapport à la même période de l'année 2016.

Le taux de sang collecté était augmenté de 9.4% durant le premier semestre de 2019, en même temps que la multiplication des centres de transfusion sanguine à travers le territoire national. Le

ministre s'est félicité de ce succès à l'ouverture de la Journée nationale des donneurs de sang et a fait savoir que la collecte demeure un service public gratuit basé sur la solidarité citoyenne, insistant sur l'interdiction formelle du caractère commercial de cette activité. [18]

L'Agence nationale du sang a lancé mercredi 24 Juillet 2019 un appel à l'ensemble de la population à faire don de leur sang en cette saison estivale marquée par une baisse de fréquentation des transfusions sanguines. Elle a invité l'ensemble de la population âgée de 18 à 65 ans et en bonne santé à offrir un peu de leur sang au niveau des structures de transfusion sanguine ou des véhicules de collecte de sang.

En 15 Septembre 2019, Linda Ould Kablia, la directrice de l'Agence nationale de sang (ANS), a déclaré que, malgré toutes les campagnes de sensibilisation, les grandes villes connaissent des perturbations en matière de don de sang surtout les mois d'août et de septembre à cause de forte demande enregistrée cet été avec l'augmentation des accidents de la circulation et les accouchements. Dr Sofiane Kerri responsable de la communication à ANS a fait savoir que plus de 60% de la population est de O+, A+ et B+. Le grand problème se pose pour les rhésus rares qui représentent 10% de la population à l'exemple d'AB- qui ne représente même pas 1%. Selon lui, le sang a une durée de vie, les plaquettes se conservent cinq jours et le reste est acheminé vers d'autres structures. Il a plaidé pour une véritable coordination entre les structures au niveau local pour faire face au manque observé dans certaines structures. L'ANS a lancé un défi afin de trouver cet équilibre qui permettra d'avoir du sang en quantité, qualité et instantanéité. L'objectif était d'augmenter le nombre de dons bénévoles et de bannir les dons familiaux.

Kaddour Gherbi a lancé un appel à la population de se rapprocher des centres de transfusion sanguine et des bloodmobiles. Il a insisté que tout le monde était concerné par le don de sang. D'ailleurs, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) encourage les dons volontaires réguliers et bénévoles. A cause de ses efforts fournis chaque année, des quantités importantes ont été collectées. A l'occasion de la Journée nationale des donneurs de sang (25 octobre 2018), 11 150 poches de sang ont été recueillies, 10 946 poches de sang lors de la Journée maghrébine des donneurs de sang (30 mars 2019), 7 642 poches de sang lors de la Journée mondiale du don de sang (le 14 juin 2019) et 44 182 poches de sang par des collectes mobiles à proximité des mosquées, en coordination avec le ministère des Affaires religieuses et du Wakf. Les donateurs bénévoles représentent 64% des donateurs dont 23% réguliers et 32% de la collecte est effectuée en collecte mobile. [19]

## **7. Statistiques de don du sang dans la ville de Tlemcen :**

La transfusion sanguine est une thérapeutique substitutive essentielle de laquelle bénéficient de nombreux malades.

En 2019, quelque 15 730 poches de sang ont été collectées dans la wilaya de Tlemcen depuis le début de l'année jusqu'à octobre dernier. La responsable de la banque de sang du CHU Dr Tidjani Damerdji, Mme Adda Fatima a précisé que 10 000 poches de sang ont été collectées par le biais de dons effectués au niveau du siège de cette banque.

Les 5.730 autres poches proviennent des opérations mobiles effectuées au niveau des entreprises publiques, lors des sorties dans les différentes communes et avec la collaboration de 54 associations activant dans ce domaine et des facultés de l'université Abou Bakr Belkaid. La banque de sang a accueilli quelque 19.796 personnes dont 2.602 donneurs permanents détenteurs d'une carte. Par ailleurs, la même responsable a relevé une évolution sensible des quantités de sang prélevées ces dernières années au niveau de sa structure. Elle a expliqué que ce résultat est le fruit des campagnes de sensibilisation menées par des cadres de la banque de sang et du service d'hémodiagnostic de l'hôpital pour inculquer la culture du don de sang chez les citoyens.

Plusieurs campagnes de don de sang ont été organisées. En collaboration avec le CHU Dr Tidjani Damerdji de Tlemcen et l'université Abou Bakr Belkaid, le groupe caritatif «Tlemcéniens et Tlemcéniennes » a organisé des journées de don de sang sous le slogan «Celui qui sauve une vie, c'est comme s'il a sauvé toute l'humanité», suivant un calendrier tracé par les organisateurs. Six sites ont été retenus à cet effet, la faculté des sciences économiques (28 janvier 2019) à Imama, la faculté de biologie (4 février) à Bel Horizon, la faculté de technologie (11 février) à Chetouane, le Centre de transfusion sanguine (16 février) à Tlemcen, le département des langues étrangères (19 février) à la Rocade, la faculté des sciences (25 février) à la Rocade. Ces journées étaient également un moment de rencontre et d'échange pour expliquer l'acte de don du sang et renflouer la banque de sang de l'hôpital de Tlemcen. Il faut souligner, qu'à travers cette campagne humanitaire, ledit groupe ambitionne de collecter 1 000 poches de sang.

Le 13 Octobre dans la même année, le club scientifique « Tachfiniya » a organisé l'évènement de son ouverture des activités en collaboration avec le CHU Dr Tidjani Damerdji comme une journée de don du sang.

Le 03 Mars de l'année courante 2020, l'organisation de l'UNEA, affilié à la sous-direction des activités culturelles et sportives et en coopération avec le service de la banque de sang du même établissement sanitaire, a mené une campagne de don du sang dans la bibliothèque centrale « Imama ».[20]

## **8. Problèmes de don de sang rencontrés en Algérie :**

### **8.1. Problèmes de collecte**

Le manque de poches de sang dans les hôpitaux algériens est un problème récurrent depuis des années. D'ailleurs, les années 2008 et 2009 avaient été particulièrement marquées par une baisse des stocks des banques de sang, à cause de manque des équipements, des donneurs et des bloodmobiles.

Selon les spécialistes et les observateurs, les opérations de don de sang dans notre pays ont de nombreux problèmes, qui appellent toujours à augmenter les niveaux de soutien, compte tenu de la quantité urgente de sang.

Au milieu de tout cela, la société civile a émergé au travers d'associations caritatives de toutes sortes, exprimant sa pleine volonté de fournir régulièrement des donateurs, sauf que les obstacles, le manque de matériel et le manque de camions sont les principaux freins. Le processus se développe et s'étend pour atteindre son objectif souhaité.

Dans ce contexte, le chef de la prestigieuse association « Jazair El-Khair » dans le domaine caritatif a confirmé dans une déclaration à Al-Shorouk que le processus de don de sang connaît de grandes difficultés et problèmes, notamment en ce qui concerne la fourniture de sacs. Bien que l'association et ses bénévoles soient prêts à couvrir le processus de don et à fournir des donneurs, les problèmes du personnel, équipement des hôpitaux universitaires et incapacité continue enregistrée à leur niveau.[21]

### **8.2. Don du sang et Covid-19 :**

Les centres de transfusion sanguine et les banques de sang enregistrent, en ce temps de crise sanitaire liée à l'épidémie du coronavirus, un manque cruel en matière de sang et une baisse drastique des donneurs. Les centres de collecte et de transfusion de sang multiplient les appels à l'adresse de la société civile notamment les donneurs. Ils encouragent la population à être encore plus présente durant cette période de pandémie.

L'Agence nationale du sang (ANS) n'a cessé d'attirer l'attention de l'opinion publique sur la baisse drastique des donneurs, depuis le mois d'avril 2020. Les donateurs hésitent à se rendre aux centres de don par peur d'être contaminés. Mais aussi en raison mesures de confinement imposées dans le but d'endiguer la propagation de l'épidémie.

Cependant, l'Agence nationale du sang a tenu, à maintes reprises, de rassurer les donateurs du respect des mesures barrières. D'ailleurs, plusieurs recommandations directives ont été transmises l'ensemble des structures pour la protection des donneurs, contre toute éventualité de contamination.[22]

Docteur SAYAH Abdelmalek, le vice-président de la fédération algérienne des donneurs de sang a assuré qu'il faut une cellule de crise pour le don de sang. Il a déclaré aussi que la situation actuelle est le résultat d'une certaine gestion du don de sang en Algérie et qu'il est vrai qu'avec la pandémie de Covid-19, les gens ne savaient pas comment réagir. Au début de la crise sanitaire, avant que le confinement ne soit décidé, les donneurs avaient une réticence de donner leur sang. C'est à ce moment-là que la pénurie a bel et bien commencé et les réserves de sang ont connu une baisse significative.

C'était à ce moment-là que la Fédération algérienne des donneurs de sang a pris ses responsabilités. Dans la wilaya de Bouira, ils étaient les premiers à mener une collecte de sang en pleine pandémie, en solidarité avec les hôpitaux de Blida. Ils ont brisé le mur de la peur, ce qui a permis à ses associations de relancer le don de sang, notamment la collecte mobile dans plusieurs régions du pays et ont pu reprendre leur rythme de travail.

Pour le président de la Fédération nationale des donneurs de sang (FNDS), M. Kaddour Gherbi exclut, toutefois, toute possibilité de contamination. Il a déclaré qu'il n'y a aucun risque puisque le matériel de prélèvement est sécurisé, stérilisé et à usage unique. De surcroît, l'ensemble des agents portent un masque et la distance nécessaire est respectée entre les donneurs pour éviter toute propagation. Face à cette situation, les familles des patients font recours à des appels sur les réseaux sociaux. Selon un professionnel de la santé, « C'était le cas, également, avant la pandémie, mais cela donne l'impression que cela s'accroît de plus en plus ». Par ailleurs, il est à noter que « le donneur de sang, en plus de l'aumône qu'il fait à un malade, a plusieurs avantages », à savoir un bilan sanguin. Cela pourra lui permettre de découvrir une éventuelle maladie pour une prise en charge à temps.[21]



## **Conclusion :**

En Algérie, les centres de transfusions sanguines souffrent du manque et attendent toujours plus de donateurs de sang pour parvenir à la forte demande des malades, surtout les cas les plus urgents qui nécessitent des quantités importantes de sang. La quantité de sang collectée au niveau de ces services le long de l'année demeure toujours insuffisante, notamment les plaquettes, comparativement au nombre important des cas d'urgence. Sachant que la durée de vie de ces plaquettes est uniquement de cinq jours.

# Chapitre III

## Problématique et modèle proposé

Le sang et ses produits sont essentiels pour l'homme, tandis que le sang est un produit spécial dont l'approvisionnement et la demande est complètement aléatoire. La chaîne logistique de collecte du sang comprend le processus de collecte, stockage et distribution depuis donneur au récepteur. Puisqu'il n'y a pas d'alternative au sang humain, il est essentiel d'avoir un processus transparent pour collecter et stocker cette ressource rare.

## **1. Stockage dans les bloodmobile :**

### **1.1. Stockage de sang :**

Le sang, après son prélèvement, doit être conservé dans des conditions spécifiques, du lieu de la collecte de don du sang jusqu'au service de préparation.

La conservation des produits sanguins doit garantir l'efficacité thérapeutique pour le malade et réduire les risques bactériens. Pour cela, les dons de sang sont maintenus entre 18°C et 24°C lorsqu'ils sont acheminés en moins de 24h. Cette température permet de conserver la flexibilité des globules rouges, ce qui évitera leur détérioration lors de la déleucocytation, d'éviter l'altération des plaquettes et permettra de diminuer le risque bactérien, car les phagocytes du donneur de sang seront toujours actifs pour détruire les germes éventuels de la poche.

À cette température, le niveau de 2-3 DPG qui permet le transfert d'oxygène des hématies diminue plus rapidement jusqu'à 4°C, comme l'ATP qui permet de maintenir l'intégrité membranaire des globules rouges.

Lorsque les produits sont traités par le service de préparation dans les 24 heures, l'intérêt de la conservation des produits de 18°C à 24°C prend le pas sur la conservation à 4°C. Par contre, lorsque le transport dépasse 24h, il est préférable de conserver les produits de 2°C à 6°C, afin de ne pas avoir un niveau de 2-3 DPG trop faible et une diminution trop importante de l'intégrité membranaire des globules rouges, ce qui diminuerait l'efficacité thérapeutique [23].

### **1.2. Durée de vie du sang :**

Le sang total (c'est ce qui est prélevé lors d'un don classique) peut être conservé de 21 à 35 jours selon les additifs (citrate ou adénine) ; 42 jours à 2 °C pour le concentré de globules rouges ; 1 an à -25 °C pour le plasma congelé, et enfin, 5 jours pour les plaquettes. Ce sont des limites extrêmes, car les qualités du sang commencent à diminuer quasiment dès le prélèvement. Les globules rouges perdent ainsi progressivement leur forme biconcave pour devenir sphériques, crénelés et couverts de spicules. Ils deviennent alors rigides et perdent leur capacité à se déformer pour se glisser dans les capillaires. Par ailleurs, des débris cellulaires s'accumulent dans les poches et obstruent les plus petits capillaires [24].

## **2. La banque de sang du CHU Tlemcen :**

Le service d'hémodiagnostic et banque de sang du CHU Tlemcen est une structure de transfusion sanguine qui assure l'activité transfusionnelle, du Centre Hospitalo-Universitaire Tidjani Damerdji de Tlemcen.

En Algérie, l'activité transfusionnelle (recrutement des donneurs de sang, collecte du sang, préparation des produits sanguins labiles, qualifications biologiques des dons, stockage et distribution des produits sanguins labiles) est assurée par les structures de transfusion sanguine.

Ces structures sont rattachées aux établissements de soins (Centres Hospitalo-universitaires, Etablissements Hospitaliers Spécialisés, Etablissements Hospitaliers Universitaires et Secteurs Sanitaires).

Leurs missions sont définies par l'arrêté N°198 (promulgué le 15 février 2006) portant création, organisation et définition des attributions des structures de transfusion sanguine, arrêté abrogeant les dispositions de l'arrêté du 09 novembre 1998 portant création, régularisation et attributions des structures de transfusion sanguine .

L'unité banque de sang est chargée de :

- Organiser des collectes de sang et recruter des donneurs de sang ;
- Tenir à jour un fichier des donneurs de sang ;
- Assurer l'information des donneurs de sang et les soumettre aux interrogatoires et examens cliniques appropriés ;
- Assurer le prélèvement du sang total ;
- Assurer les qualifications biologiques des dons de sang ;
- Préparer des produits sanguins labiles et des produits sanguins labiles transformés ;
- Constituer des réserves de sécurité et de groupes sanguins rares ;
- Mettre en place un dispositif assurance qualité ;
- Réaliser le contrôle de qualité des produits sanguins labiles ;
- Transmettre un compte rendu semestriel de l'activité transfusionnelle des structures couvertes par le centre de transfusion sanguine, à l'Agence Nationale du Sang ;

- Assurer le prélèvement par aphérèse ;
- Participer à l'évaluation des besoins en sang ;
- Distribuer des produits sanguins labiles et transformés [25].

### **3. Description du problème :**

La transfusion sanguine est une intervention essentielle dans la prise en charge clinique des patients, dont elle peut sauver la vie. Tous les patients qui ont besoin d'une transfusion doivent avoir accès de façon fiable à des produits sanguins sûrs, y compris du sang total, des constituants sanguins labiles et des produits dérivés du plasma. La pénurie du sang est un phénomène récurrent et de nombreuses actions sont mises en place pour l'éviter. La pénurie du sang est un phénomène récurrent qui menace d'une façon régulière les centres de transfusion sanguine.

Prenons l'exemple de la ville de Tlemcen qui dispose d'une banque de sang situé au Centre Hospitalo Universitaire (CHU) Dr Tidjani Damardji de Tlemcen et de deux véhicules de don du sang où l'un est déposé à côté du CHU Tlemcen et l'autre circule dans la ville. Ce travail vise à réorganiser ce réseau par trouver le nombre optimal des véhicules de don de sang (bloodmobiles) à utiliser ainsi que leur emplacement afin de récolter un maximum de quantité permettant de satisfaire la demande de la banque de sang du CHU Tlemcen.

Notre objectif consiste à réorganiser le réseau de véhicule de don du sang pour la ville de Tlemcen par la proposition de plusieurs endroits comme emplacements de localisation potentiels des bloodmobiles afin de faciliter la tâche aux donateurs et maximiser la quantité de don collectée.

Ce problème est représenté par un modèle de localisation des véhicules de don du sang où les donateurs sont les fournisseurs et les patients sont les clients. L'objectif est de trouver la meilleure localisation des bloodmobiles afin de satisfaire la demande stochastique des patients tout en respectant les contraintes de capacités de stockage et de distribution du sang.

Un modèle mathématique représentant le problème considéré est présenté dans les sections suivantes. Ce problème est résolu par le solveur Lingo pour les problèmes de petites tailles. Ainsi, une métaheuristique basée sur les algorithmes génétiques est proposée pour la résolution du problème en ce qui concerne les grandes instances.

#### **4. Exemple représentatif :**

Nous présentons en ce qui suit un exemple introductif représentant notre réseau de collecte du sang considéré dans la wilaya de Tlemcen. Onze sites potentiels sont proposés afin de trouver les meilleures localisations des bloodmobiles. Nous avons choisi ces endroits parce qu'ils disposent de suffisamment d'espace afin de mettre les bloodmobiles, de plus ces endroits sont fréquentés par un nombre important de personnes ce qui nous permettra d'augmenter la quantité collectée du sang.

Les sites potentiels sont numérotés de 1 à 11 et se trouvent dans les endroits suivants :

1. La faculté de Médecine de Tlemcen ;
2. Nouveau Pôle Universitaire Abou Bakr Belkaid Tlemcen ;
3. Université Abou Bakr Belkaid Bouhanak Tlemcen ;
4. Place Mohamed Khemisti Tlemcen ;
5. La Mairie d'El Kiffane Tlemcen ;
6. Université Abou Bakr Belkaid Chetouane Tlemcen ;
7. Les Urgences du CHU Dr Tidjani Damerdji ;
8. La grande poste de Tlemcen ;
9. Gare Routière de Tlemcen ;
10. Siège Wilaya de Tlemcen ;
11. Centre Commercial Imama Tlemcen.

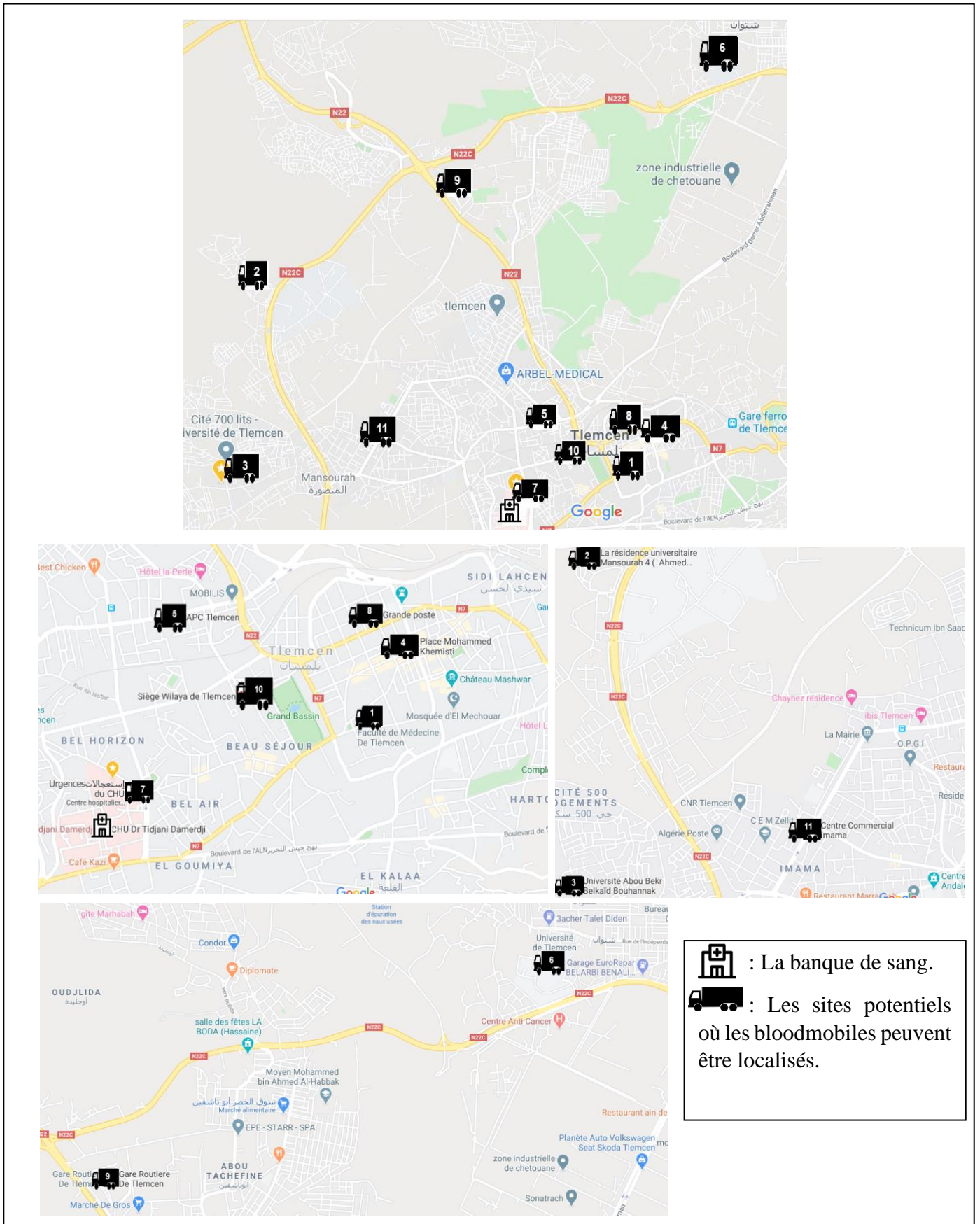


Figure III.1 : représentation des sites potentiels sur Google Maps

La banque de sang et une localisation fixe. Nous considérons que ce site est toujours ouvert.. L'exemple suivant montre la localisation de trois autres sites pour placer les bloodmobiles durant une période t à savoir les sites 2, 4 et 11. La figure 3.2 illustre les sites choisis ainsi que ainsi que leurs distance et itinéraire vers la banque de sang.

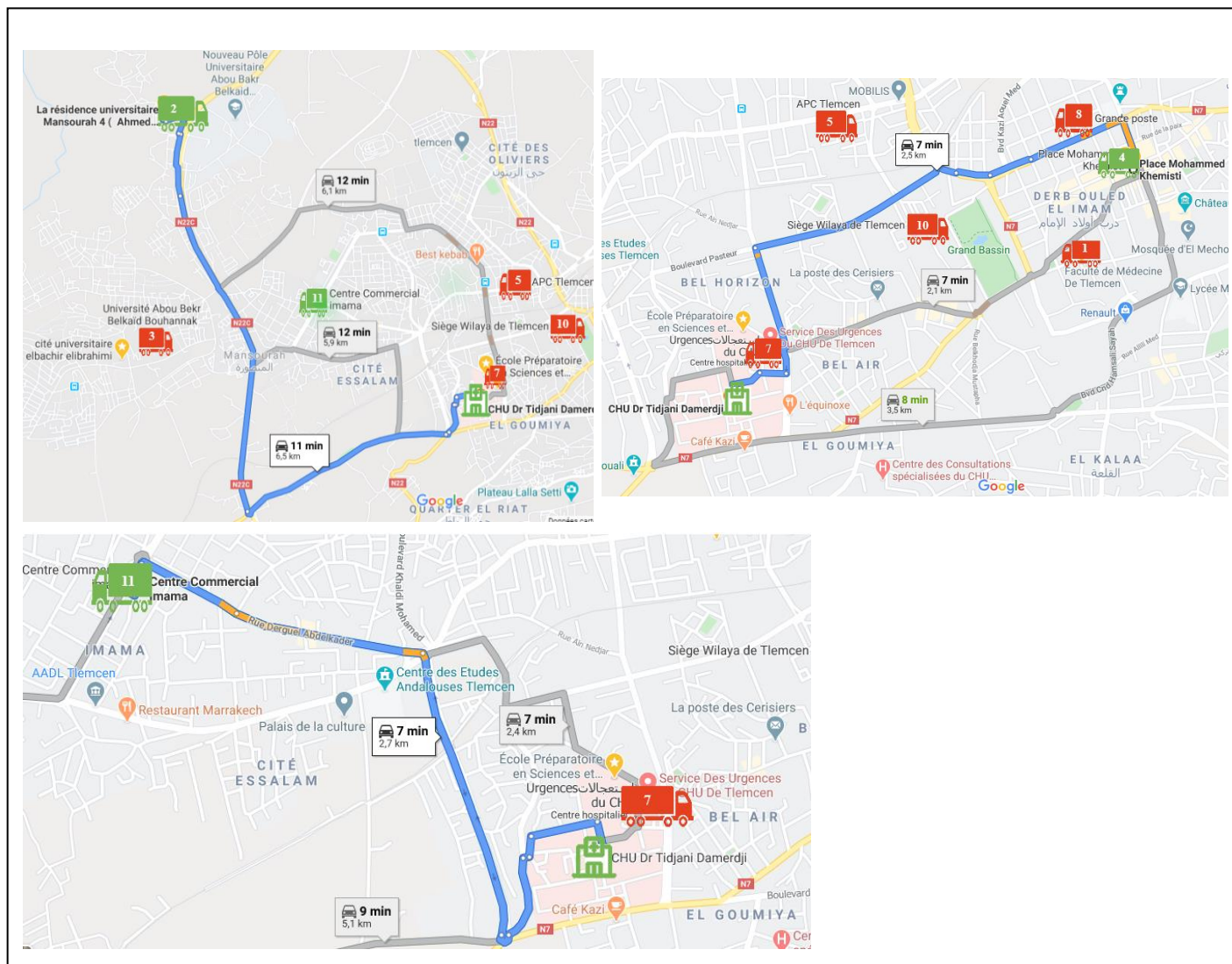


Figure III.2: représentation des sites ouverts et fermé pendant la période t sur Google Maps



## 5. Modèle mathématique :

Nous considérons dans notre cas que le CHU Tlemcen possède un budget limité pour l'achat des bloodmobiles. Par conséquent, le nombre de véhicules à localiser est fixé a priori. Notre modèle est principalement basé sur le problème P-médian présenté dans le chapitre 1. Nous considérons un modèle multi-périodes où la structure du réseau change d'une période à l'autre. Les localisations choisies dans une période  $t$  doivent obligatoirement être fermées dans la périodes suivantes excepté la banque de sang qui est impérativement utilisée dans toutes les périodes. Ainsi, les bloodmobiles sont déplacés des localisations choisies lors de la période  $t$  vers les nouvelles localisations choisies lors de la période  $t+1$ . Sachant que le nombre de bloodmobiles utilisés restera fixe dans toutes les périodes et dépendra comme précisé du budget disponible.

Notre réseau est représenté par un graphe  $G(V, E)$  où  $V$  est l'ensemble des nœuds du réseau considéré et  $E$  est l'ensemble des liaisons (routes) entre les nœuds. Dans cette étude  $V = \{0\} \cup I$ .  $0$  est la banque de sang et  $I = \{1, \dots, n\}$  est l'ensemble des emplacements potentiels pour les bloodmobiles.  $L = \{1, \dots, m\}$  est l'ensemble des donneurs potentiels où le sang de ces donneurs est collecté par la banque de sang  $\{0\}$  et les bloodmobiles ( $I$ ). Nous présentons en ce qui suit les hypothèses, les paramètres et variables ainsi que la modélisation mathématique de notre problème.

### Hypothèses :

- Les bloodmobiles utilisés sont homogènes.
- Les bloodmobiles et la banque de sang possèdent des capacités de stockagelimitées.
- La localisation des bloodmobiles se fera principalement dans des emplacements bien déterminés comme les universités, les résidences universitaires, les lieux publics etc...
- La localisation des bloodmobiles change d'une période à l'autre.

### Indices :

$T$  : Ensemble des périodes indexés par  $t$ .

$S_o^t$  : l'ensemble des bloodmobiles localisés (ouverts) lors de la période  $t$

$S_f^t$  : l'ensemble des bloodmobiles non localisés (fermés) lors de la période  $t$

$I$  : Ensemble des emplacements potentiels pour localiser les bloodmobiles indexé par  $i$  tel que :

$$I = S_o^t \cup S_f^t \quad \forall t$$

$L$  : Ensemble des emplacements des donneurs de sang indexé par  $l$ .

**Paramètres :**

N : nombre de période ;

P : nombre des bloodmobiles localisés;

nd : nombre de déplacement du bloodmobile vers la banque du sang lors de la période t ;

DS<sub>i</sub>: Distance entre le bloodmobile i et la banque de sang;

DSB<sub>ii'</sub> : distance entre bloodmobile i et i' ;

Dem : demande de la banque du sang ;

h<sub>i</sub> : coût de stockage unitaire dans le bloodmobile i.

hbs : Coût de stockage unitaire dans la banque de sang ;

Cap : Capacité de stockage de la banque de sang ;

Cap<sub>i</sub> : Capacité de stockage du bloodmobile i.

**Variables de décisions :**

$$X_i^t = \begin{cases} 1 & \text{si le bloodmobile } i \text{ est localisé lors de la période } t \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

$$Z_{ii'}^t = \begin{cases} 1 & \text{si le bloodmobile } i \text{ est déplacé vers l'emplacement } i' \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

Qsb<sub>i</sub><sup>t</sup> : Quantité du sang collectée dans le bloodmobile i lors de la période t ;

Qsbs<sup>t</sup> : Quantité du sang collectée dans la banque de sang.

**Fonction objectif :**

$$\begin{aligned} \min & \sum_{t \in T} \sum_{i \in I} Qsb_i^t * h_i + \sum_t Qsbs^t * hbs + 2 * nd * \sum_{t \in T} \sum_{i \in I} DS_i * X_i^t \\ & + \sum_{t=2}^N \sum_{i \in S_0^{t-1}} \sum_{i' \in S_f^{t-1}} DSB_{ii'} * Z_{ii'}^t \dots \dots \dots (III. 1) \end{aligned}$$

**Sous les contraintes :**

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i \in I} X_i^t = P \quad \forall t \dots \dots \dots (III.2) \\ Qsb_i^t \leq Cap_i * X_i^t \quad \forall i, \forall t \dots \dots \dots (III.3) \\ Qsbs^t \leq Cap \quad \forall t \dots \dots \dots (III.4) \\ \sum_{i \in I} Qsb_i^t + Qsbs^t \geq dem_t \quad \forall t \dots \dots \dots (III.5) \\ X_i^t = 1 - X_i^{t-1} \quad \forall t \geq 2, \forall i \in S_o^{t-1} \dots \dots \dots (III.6) \\ \sum_{i \in S_o^{t-1}} Z_{ii'}^t \leq X_{i'}^t \quad \forall t \geq 2, \forall i' \in S_f^{t-1} \dots \dots \dots (III.7) \\ \sum_{i' \in S_f^{t-1}} Z_{ii'}^t = 1 \quad \forall t \geq 2, \forall i \in S_o^{t-1} \dots \dots \dots (III.8) \\ \sum_{i \in S_o^{t-1}} \sum_{i' \in S_f^{t-1}} Z_{ii'}^t = P \quad \forall t \geq 2 \dots \dots \dots (III.9) \\ Z_{ii'}^t = 0 \quad \forall i \in I, \forall i' \in S_o^{t-1}, \forall t \geq 2 \dots \dots \dots (III.10) \\ Qsbs^t, Qsb_i^t \in N \quad \forall i, \forall t \dots \dots \dots (III.11) \\ X_i^t, Z_{ii'}^t \in \{0,1\} \quad \forall i, i', \forall t \dots \dots \dots (III.12) \end{array} \right.$$

**6. Description de modèle mathématique :**

- La fonction objectif (3.1) consiste à minimiser le coût total, qui comprend le coût de stockage et le coût de déplacement des bloodmobiles depuis leur localisation jusqu'à la banque de sang.
- La contrainte (3.2) fixe le nombre des bloodmobiles à localiser pour chaque période période t.
- Les contrainte (3.3) et (3.4) visent à contrôler les quantités du sang collectés dans chaque bloodmobile localisé et la banque de sang afin de ne pas dépasser leur capacité de stockage.
- La contrainte (3.5) assure la satisfaction de la demande.
- La contrainte(3.6) oblige la fermeture des sites localisés dans la période t-1 pendant la période t .
- La contrainte (3.7) assure le déplacement des bloodmobiles depuis leur localisation de la période t-1 vers un emplacement localisé lors de la période t.
- La contrainte (3.8) impose que chaque bloodmobile doit être déplacé vers une et une seul localisation durant la période t.

### *Chapitre III : Problématique et modèle proposé*

- La contrainte (3.9) sert à fixer le nombre des bloodmobile déplacé durant la période  $t$  qui ègale au nombre de bloodmobiles localisès.
- La contrainte(3.10) interdit le dèplacement des bloodmobiles vers les localisations fermées durant la période  $t$ .
- Les contraintes (3.11) et (3.12) définissent les domaines des variables de décisions.

## **Conclusion :**

La planification exacte des sites de transfusion sanguine est particulièrement importante. Déterminer le nombre des bloodmobiles qui doivent circuler tous les jours dans divers endroits pour recueillir le sang nécessaire tout en minimisant la distance parcourue a été discutée comme défis importants dans la littérature. En outre, en raison de la nature périssable du sang, une politique d'inventaire acceptable cherche à maximiser la satisfaction et minimiser la quantité de sang qui expire.

# Chapitre IV

## Approche de résolution

La collecte de sang mobile est une application des problèmes de localisation des sites mobiles, où les centres de collecte de sang peuvent être déplacés vers de nouveaux emplacements en fonction de l'évolution des demandes au cours des périodes, en plus de réduire les coûts de collecte, la localisation des bloodmobiles permet également aux donateurs de prolonger leurs dons de sang.

Ce chapitre commence par introduire le solveur informatique LINGO que nous avons utilisé pour déterminer la structure optimale du réseau étudié sur un horizon de planification de 12 mois. Les résultats obtenus sont présentés et discutés dans la dernière partie du chapitre.

## 1. Le solveur informatique LINGO :

### 1.1. Qu'est-ce que LINGO ?

LINGO est un outil complet conçu pour formuler rapidement, facilement et efficacement les problèmes d'optimisation des modèles linéaires, non linéaires, quadratiques, de cônes du second degré et stochastiques. LINGO met à la disposition de ses utilisateurs: un langage puissant et un environnement complet pour construire et éditer leurs modèles, le tout complété d'un jeu de solveurs ultraperformant. Donne le meilleur résultat; atteint le bénéfice, la production ou le bonheur le plus élevé; ou réalise le coût le plus bas, les déchets, ou l'inconfort. Les problèmes d'optimisation sont souvent classés linéaires ou non linéaires, selon que les relations dans le problème sont linéaires avec les variables [26].

### 1.2. Pourquoi choisir LINGO ?

#### 1.2.1. Formulez facilement vos problèmes:

LINGO permet de gagner un temps précieux dans les phases de développement : en effet, LINGO permet de formuler rapidement et facilement les problèmes d'optimisation linéaires, non-linéaires ou en nombres entiers. Grâce à ses outils de modélisation, les modèles sont exprimés de manière transparente à l'aide de sommes et de variables indicées. La méthode ne diffère guère de la méthode traditionnelle avec crayon et papier, mais les modèles seront plus faciles à réutiliser et à mettre à jour.

#### 1.2.2. Gestion optimale des données :

LINGO permet aussi de gagner du temps en gérant les données de manière optimale: lorsque vous construisez vos modèles, l'information est extraite automatiquement de bases de données et/ou de feuilles de calcul. Et inversement, les résultats sont exportés vers n'importe quelle base de données et/ou feuille de calcul, facilitant ainsi l'édition de rapports et la présentation des résultats dans l'application de votre choix.

#### 1.2.3. Des solveurs ultra-performants :

LINGO est livré avec un jeu de solveurs pour l'optimisation linéaire, non-linéaire (convexe ou non convexe), quadratique, sous contraintes, et en nombre entier.

Vous n'avez même pas à vous préoccuper du choix du solveur : en effet, LINGO interprète lui-même les formulations et sélectionne automatiquement le solveur adapté à chaque problème

#### **1.2.4. Modélisation interactive et création d'application clés en main :**

Vous pouvez construire et résoudre des problèmes d'optimisation directement dans LINGO, ou appeler LINGO depuis une application personnalisée grâce aux DLL et aux liens OLE inclus. Vous pouvez même faire appel à LINGO depuis une macro Excel ou une base de données.

#### **1.2.5. Documentation et aide exhaustive :**

LINGO est livré avec une documentation et une aide en ligne exhaustives : description détaillée de toutes les commandes et fonctions, jeu d'exemples réutilisables et modifiables. Les versions "Super" et "Larger" sont livrées avec l'ouvrage de référence "Optimization Modeling with LINGO", détaillant et expliquant les principales classes de problèmes d'optimisation linéaire, non-linéaire et en nombre entier [3].

### **1.3. Les éléments d'un modèle LINGO :**

**1.3.1. Les variables:** une variable représente une valeur qui varie durant l'évolution de l'algorithme. Les variables peuvent être divisées en deux grandes catégories qui sont :

- Les variables générales
- Les variables binaires.

**1.3.2. Les contraintes:** Ce sont des formules qui définissent les limites des valeurs des variables.

**1.3.3. Fonction objectif:** est une formule unique qui décrit exactement ce que le modèle devrait optimiser. Cette fonction peut exprimer un profit que nous souhaitons maximiser ou un coût que nous voulons minimiser [26].



## **2. Les métaheuristiques :**

La métaheuristique est un terme donné à une classe générale d'algorithme utilisée pour trouver des solutions aux problèmes d'optimisation lorsque les techniques exactes s'avèrent insuffisantes.[27]

### **2.1. Domaine d'application des métaheuristiques :**

Les métaheuristiques, du fait de leur capacité à être utilisées sur un grand nombre de problèmes différents, se prêtent facilement à des extensions. Pour illustrer cette caractéristique, citons notamment :

- L'optimisation multi objectif, dites aussi multicritère, ou il faut optimiser plusieurs objectifs contradictoires. La recherche vise alors non pas à trouver un optimum global, mais un ensemble d'optima «au sens de Pareto» formant la «surface de compromis» du problème.
- L'optimisation multimodale, ou l'on cherche un ensemble des meilleurs optima globaux et/ou locaux.
- L'optimisation de problèmes bruités, où il existe une incertitude sur le calcul de la fonction objectif. Incertitude dont il faut alors tenir compte dans la recherche de l'optimum.
- L'optimisation dynamique, ou la fonction objectif varie dans le temps. Il faut alors approcher au mieux l'optimum à chaque pas de temps.
- La parallélisations, ou l'on cherche à accélérer la vitesse de l'optimisation en répartissant la charge de calcul sur des unités fonctionnant de concert. Le problème revient alors à adapter les métaheuristiques pour qu'elles soient distribuées.
- L'hybridation, qui vise à tirer parti des avantages respectifs de métaheuristiques différentes en les combinant.

### **2.2. Pourquoi les métaheuristique :**

Depuis toujours, les chercheurs ont tenté de résoudre les problèmes NP-difficile le plus efficacement possible. Pendant longtemps, la recherche s'est orientée vers la proposition d'algorithmes exacts pour les cas particulier polynomiaux.

Ensuite, l'apparition des heuristiques a permis de trouver des solutions en générale de bonne qualité pour résoudre les problèmes. En même temps, les méthodes de type «séparation et évaluation» ont aidé à résoudre des problèmes de manière optimale. Lorsque les premières métaheuristique apparaissent, beaucoup de chercheurs se sont lancés dans l'utilisation de ces méthodes. Cela a conduit à une avancée importante pour la résolution pratique de nombreux problèmes. Cela aussi créé un engouement pour le développement même de ces méthodes. Il existe des équipes entières qui ne travaillent qu'au développement des métaheuristiques.

Il faut aussi connaitre que c'est un formidable outil pour la résolution efficace des problèmes posés.[28]

### **2.3. Applications des métaheuristiques :**

Sont souvent inspirés par des systèmes naturels, qu'ils soient pris en physique (les méthodes de voisinage comme le recuit simulé et la recherche tabou), en biologie de l'évolution (les algorithmes évolutifs comme les algorithmes génétiques et les stratégies d'évolution) ou encore en étiologie (les algorithmes de colonies de fourmis).

#### **2.3.1. Méthode de recherche Tabou :**

La recherche Tabou a été introduite par Glover et a montré ses performances sur de nombreux problèmes d'optimisation. C'est une technique d'exploration locale combinée avec un certain nombre de règles et de mécanismes permettant à celle-ci de surmonter l'obstacle des optima locaux, tout en évitant de cycler. Le principe de l'algorithme est le suivant : à chaque itération , le voisinage (complet ou sous-ensemble de voisinage) de la solution courante est examiné et la meilleure solution est sélectionnée, même si elle est moins bonne que la solution, la méthode interdit les mouvements aboutissant à une solution récemment visitée. Pour cela, une liste taboue contenant les attributs des dernières solutions visitées est tenue à jour. Chaque nouvelle solution considérée enlève de cette liste la solution la plus anciennement visitée. Ainsi, la recherche de la solution appartenant à la liste taboue. Dans certains cas, on mémorise les mouvements réalisés plutôt que les solutions complètes, essentiellement dans le but de mémoriser le moins d'informations possibles.

#### **2.3.2. Les métaheuristiques colonies de fourmis :**

Cette métaheuristique s'inspire des comportements collectifs des fourmis dans leurs découvertes de nouvelles sources de nourriture en effet ces insectes utilisent des phéromones afin de marquer les informations qu'ils ont recueillies sur leur

environnement. L'utilisation de ces phéromones leur permettent de repérer le plus court chemin entre une source de nourriture et leur nid. Car malgré leur capacité cognitive limitée, elles sont collectivement capables de résoudre des problèmes complexes.[29]

### 2.3.3. Les algorithmes génétiques :

Des algorithmes d'optimisation stochastique fondés sur les mécanismes de la sélection naturelle et de la génétique. Ils ont été adaptés à l'optimisation par John Holland (Holland 1975), également les travaux de David Goldberg ont largement contribué à les enrichir (Goldberg 1989a), (Goldberg 1989b).

Le vocabulaire utilisé est le même que celui de la théorie de l'évolution et de la génétique :

- Individu (solution potentielle)
- Population (ensemble de solutions)
- Génotype (une représentation de la solution)
- Gène (une partie du génotype), parent, enfant, reproduction, croisement, mutation, génération.[30]

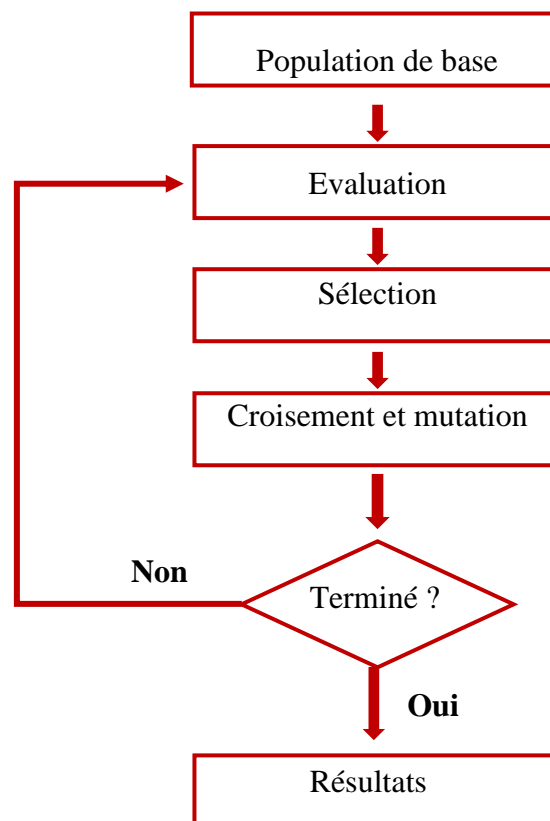


Figure IV.1 : Fonctionnement de l'Algorithme Génétique

- **Génération de la population initiale** La population initiale doit être suffisamment diversifiée et de taille assez importante pour que la recherche puisse parcourir l'espace d'état dans un temps limité.
- **Fonction d'adaptation (Fitness)** Mesure la performance de chaque individu
- **Sélection :**
  - Identifier statistiquement les meilleurs individus d'une population.
  - L'opérateur de sélection doit être conçu pour donner également une chance aux mauvais éléments.

- ✓ **Sélection uniforme:** la sélection s'effectue d'une manière aléatoire et uniforme telle que chaque individu  $i$  a la même probabilité :  
 $prob(i) = 1/T_{pop}$

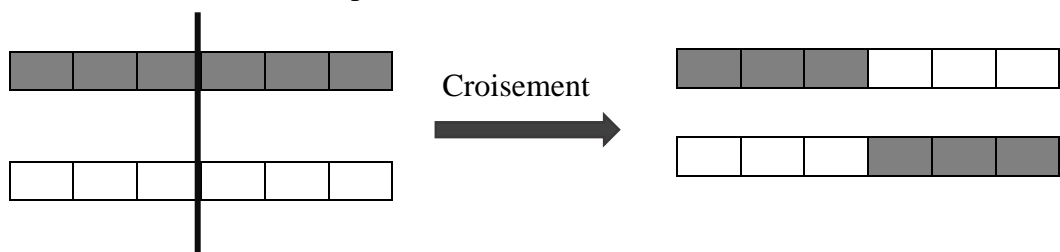
- ✓ **Sélection binaire par tournoi:** Deux individus sont choisis au hasard, on compare leurs fonctions d'adaptation et le mieux adapté est sélectionné.

- ✓ **Sélection par roulette:** S'inspire de la roue de loterie sur laquelle chaque individu est représenté par un secteur proportionnel à sa fitness. Les individus les mieux évalués ont statistiquement plus de chance d'être sélectionnés. Donne une possibilité aux individus mal adaptés d'être choisis.

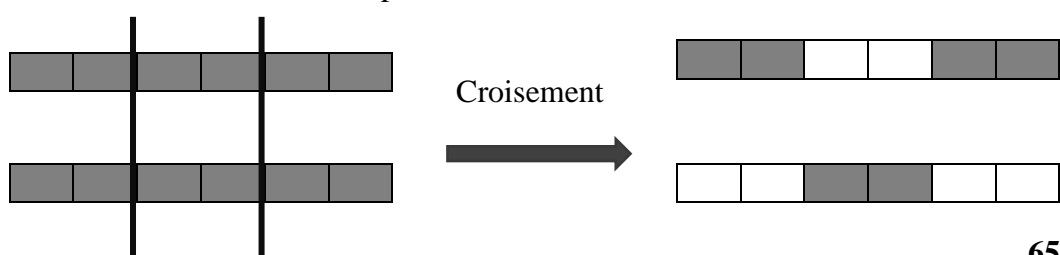
➤ **Croisement :**

- Favorise l'exploration de l'espace de recherche et enrichit la diversité de la population.
- Il est fait avec deux parents et génère deux enfants.

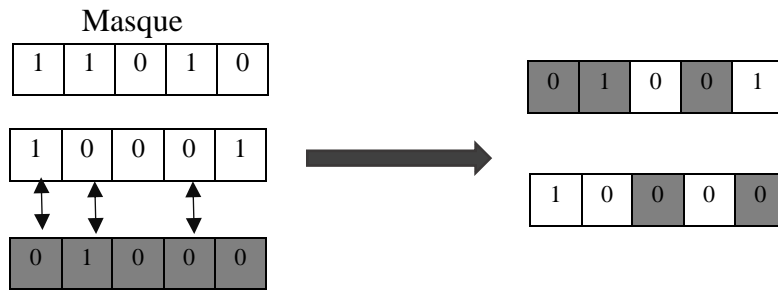
- ✓ Croisement un point:



- ✓ Croisement deux points:

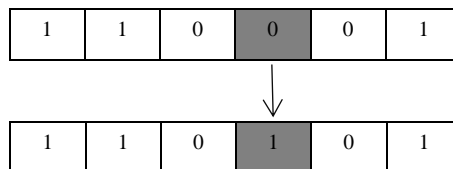


✓ Croisement uniforme:



➤ **Mutation :**

Processus où un changement mineur du code génétique est appliqué à un individu pour introduire de la diversité et ainsi d'éviter de tomber dans des optimums locaux.



➤ **L'Elitisme :**

Sauvegarde de la meilleure solution en passant d'une population à l'autre.

**Efficacité des AGs :**

L'efficacité des algorithmes génétiques dépend fortement du réglage des différents paramètres caractérisant ces algorithmes:

- la taille de la population.
- le nombre maximal des générations.
- la probabilité de mutation  $p_m$ .
- La probabilité de croisement  $p_c$ .

### 3. Présentation des données:

Notre problème consiste à localiser les bloodmobiles dans les sites potentiels durant chaque période afin de minimiser les coûts de stockage de sang, de déplacement des bloodmobiles depuis leurs emplacement jusqu'à la banque de sang et les coûts de déplacement des bloodmobiles d'une localisation à une autre en passant d'une période à l'autre. Nous avons considéré que la période est le mois et nous avons considéré un horizon de planification d'une année. (c'est-à-dire 12 périodes).

Six données sont nécessaires pour pouvoir exécuter nos programmes sous LINGO et sous Visuel Basic Arena (VBA) à savoir les capacités de la banque de sang et des bloodmobiles, la quantité de sang qui peut être donnée dans un site potentiel, la demande de l'hôpital par période, la distance entre la banque de sang et les sites potentiels, la distance entre deux sites potentiels et le coût de stockage unitaire du sang.

L'obtention de données réelles nous a été impossible vue la situation que le monde a vécu à cause de la pandémie du covid-19. Par conséquent, les données utilisées ont été générées aléatoirement en se basant sur des lois uniformes.

Nous avons commencé par donner des valeurs approximatives pour les deux capacités. Ensuite, nous avons généré la quantité qui peut être donnée et la demande en se basant sur des lois uniformes pour chaque période en utilisant le logiciel Excel. Les différentes distances sont calculées en utilisant Google Maps afin d'avoir des distances réelles. Pour les coûts, nous avons essayé de faire une estimation proche de la réalité afin d'obtenir les valeurs nécessaires pour notre modèle.

Les unités des capacités, la quantité qui peut être donnée et la demande est la poche de sang, l'unité des distances est le kilomètre et l'unité des coûts est le dinar algérien.

#### ➤ Les capacités de la banque de sang et des bloodmobiles:

Toutes les capacités sont représentées par un vecteur ligne appelé « Cap ». La première valeur représente la capacité de la banque de sang et les valeurs restantes sont égales car les bloodmobiles sont homogènes et possèdent une capacité de stockage identique.

Cap=500 150 150 150 150 150 150 150 150 150 150 150

#### ➤ La quantité qui peut être récoltée dans chaque site potentiel :

Nous avons la représenter par un vecteur ligne sous le nom « don » dont la première valeur est la quantité du sang qui peut être collecté dans la banque de sang et les onze

valeurs restantes sont les quantités qui peuvent être collectées dans chaque site potentiel.

Par exemple le don dans la première période est :

don = 370 137 133 115 96 19 115 18 141 83 109 122

➤ **La demande de l'hôpital :**

Cette valeur représente le besoin de l'hôpital en terme de sang ,elle est représentée par la variable dem. Notons que cette valeur change d'une période à l'autre. Par exemple la demande lors de la première période est :

dem=721.

➤ **Les distances entre la banque de sang et les sites potentiels :**

Cette variable appelé DS est représentée par un vecteur ligne. La première valeur est la distance entre la banque de sang et elle-même, tandis que les autres valeurs représentent la distance entre la banque de sang et les onze sites potentiels.

Les sites potentiels sont numérotés de 1 à 11 ayant les noms suivants :

1. La faculté de Médecine de Tlemcen ;
2. Nouveau Pôle Universitaire Abou Bakr Belkaid Tlemcen ;
3. Université Abou Bakr Belkaid Bouhanak Tlemcen ;
4. Place Mohamed Khemisti Tlemcen ;
5. La Mairie d'El Kiffane Tlemcen ;
6. Université Abou Bakr Belkaid Chetouane Tlemcen ;
7. Les Urgences du CHU Dr Tidjani Damerdji ;
8. La grande poste de Tlemcen ;
9. Gare Routière de Tlemcen ;
10. Siège Wilaya de Tlemcen ;
11. Centre Commercial Imama Tlemcen.

DS= 0 1.6 6.5 5.9 2.5 1.5 9.2 0.3 2.2 5.8 1.6 2.7

➤ **La distances entre deux sites potentiels :**

Ces distances sont représentées par une matrice carrée symétrique sous le nom « DSB ». Cette matrice est utilisée pour calculer le coût de déplacement d'un bloodmobile entre deux sites potentiels en passant d'une période à l'autre.

	0.0	7.0	6.9	0.7	1.4	6.9	1.3	1.0	4.2	1.2	4.5
	7.0	0.0	3.3	7.6	5.3	9.3	5.2	7.4	4.6	7.2	3.0
	6.9	3.3	0.0	5.9	4.4	11.0	4.5	5.7	5.1	4.9	2.9
	0.7	7.6	5.9	0.0	1.4	8.5	2.2	0.26	5.1	1.3	3.5
DSB=	1.4	5.3	4.4	1.4	0.0	7.7	1.3	1.2	4.3	0.75	2.1
	6.9	9.3	11.0	8.5	7.7	0.0	9.0	8.3	5.5	8.1	10
	1.3	5.2	4.5	2.2	1.3	9.0	0.0	1.9	5.1	1.3	2.2
	1.0	7.4	5.7	0.26	1.2	8.3	1.9	0.0	4.9	1.0	3.3
	4.2	4.6	5.1	5.1	4.3	5.5	5.1	4.9	0.0	3.9	4.1
	1.2	7.2	4.9	1.3	0.75	8.1	1.3	1.0	3.9	0.0	2.6
	4.5	3.0	2.9	3.5	2.1	10	2.2	3.3	4.1	2.6	0.0

➤ **Le coût de stockage unitaire de sang :**

C'est une valeur approximative de stockage d'une poche de sang dans une journée appelé « h » que nous avons considèrè.

$h=50$ .

**3.1. Génération des données sous EXCEL :**

Dans cette étape, nous prèsentons les données que nous avons gènèrè est utilisè pour valider notre modèlè, Malgré l'accord de notre ètablissement pour l'obtention des données auprès du CHU Tlemcen, nous ètions fortement pènalisè par la pandémie du covid-19, ce qui nous a obligè de gènèrer des données alèatoire avec EXCEL.

Donc les données ont ètaient gènèrèes en utilisant la loi uniforme d'EXCEL qui a la formule suivante:

ALEA.ENTRE.BORNE (borne inf ; borne sup)



Nous avons généré deux données, « don » et « dem ». Nous avons décidé de borner la variable don entre 0 et 150. La variable « dem » est bornée entre 600 et 810 dans le cas où on a 3 bloodmobiles et entre 850 et 1100 dans le cas où on a 5 bloodmobiles. Ces bornes ont été choisies dans le but de satisfaire les demandes durant chaque période. Les données obtenues par Excel dans la première période sont montrés dans la figure 4.1 :

fx =ALEA.ENTRE.BORNES(0;150)					
C	D	E	F	G	H
			banque	0	370
			S i t e s  p o t e n t i e l s	1	137
				2	133
				3	115
DEM	721			4	96
				5	19
				6	115
				7	15
				8	141
				9	83
				10	109
				11	122

Figure IV.2 : Les données générées sous EXCEL

#### 4. Le programme sous LINGO :

Le programme que nous avons développé sous LINGO minimise les coûts pendant une seule période sans la considération du coût d'implantation des nouveaux bloodmobiles. Il fixe le nombre de sites qu'on veut ouvrir a priori en utilisant la donnée nommée « p ». La variable « nd » représente le nombre des déplacements des bloodmobiles vers la banque de sang durant une période que nous avons multiplié par 2 afin de considérer l'aller et le retour. Il contient deux variables de décision. La première variable nommée « x » est binaire, elle est égale à 1 si le site est ouvert, 0 sinon. La deuxième variable nommée « Qsb » est un vecteur contenant des valeurs entières qui représentent la quantité de sang collectée dans la banque de sang et les bloodmobiles.

```

model:

sets:
EmpPot:DS, Cap, x, Qsb, don;
endsets

data:
Cap=500 150 150 150 150 150 150 150 150 150 150;
don=370 137 133 115 96 19 115 18 141 83 109 122;
dem=721;
DS=0 1.6 6.5 5.9 2.5 1.5 9.2 0.3 2.2 5.8 1.6 2.7;
h=50;
P=4;
nd=30;
enddata

min=z;
z=h*@sum(EmpPot(i):Qsb(i))+Qsbs*h+2*nd*@sum(EmpPot(i):DS(i)*x(i));
@sum(EmpPot(i):x(i))=P;
@for(EmpPot(i):Qsb(i)<=Cap(i)*x(i));
@for(EmpPot(i):Qsb(i)<=don(i));
@sum(EmpPot(i):Qsb(i))>=dem;
x(1)=1;
@for(EmpPot(i):@bin(x));
@for(EmpPot(i):@gin(Qsb));

end
    
```

Figure IV.3 : le programme sous LINGO

4.1. Les résultats obtenus dans la première période :

X(1) est toujours égal à 1 (la banque du sang), donc les sites choisis dans cette période sont : 1,8 et 10 qui sont : la Faculté de Médecine, La grande poste et le Siège de la Wilaya de Tlemcen. La valeur de la fonction représente le coût minimisé sans considérer le coût d’implémentation des nouveaux sites et le coût de déplacement d’un site à l’autre en changeant la période. Les valeurs obtenues dans « Qsb » représentent la quantité de sang collecté dans la banque de sang et dans chaque bloodmobile pour satisfaire la demande .

The screenshot shows the 'LINGO Solver Status' window with the following details:

- Solver Status:** Model Class: ILP, State: Global Opt, Objective: 36212, Infeasibility: 0, Iterations: 44.
- Extended Solver Status:** Solver Type: B-and-B, Best Obj: 36212, Obj Bound: 36212, Steps: 0, Active: 0.
- Variables:** Total: 25, Nonlinear: 0, Integers: 23.
- Constraints:** Total: 28, Nonlinear: 0.
- Nonzeros:** Total: 84, Nonlinear: 0.
- Generator Memory Used (K):** 27.
- Elapsed Runtime (hh:mm:ss):** 00:00:00.

X ( 1)	1.000000
X ( 2)	1.000000
X ( 3)	0.000000
X ( 4)	0.000000
X ( 5)	0.000000
X ( 6)	0.000000
X ( 7)	0.000000
X ( 8)	0.000000
X ( 9)	1.000000
X ( 10)	0.000000
X ( 11)	1.000000
X ( 12)	0.000000
QSB ( 1)	370.0000
QSB ( 2)	137.0000
QSB ( 3)	0.000000
QSB ( 4)	0.000000
QSB ( 5)	0.000000
QSB ( 6)	0.000000
QSB ( 7)	0.000000
QSB ( 8)	0.000000
QSB ( 9)	141.0000
QSB ( 10)	0.000000
QSB ( 11)	73.00000
QSB ( 12)	0.000000

Figure IV.4 : fonction objectif obtenus durant la période 1    Figure IV.5 : les sites choisis durant la période 1

## 4.2. Représentation des résultats obtenus sur Google Maps :



Figure IV.6 : présentation des sites choisis durant la période 1 sous Google Maps

## 4.3. Résultats obtenus sous LINGO :

Notre programme LINGO permet d'obtenir les sites ouverts en calculant la quantité de sang collectée dans la banque de sang et les bloodmobiles durant une période. Après obtention des résultats pour la première période, le même programme sera utilisé pour l'obtention des résultats de la période suivante. Les sites ouverts dans la période  $t$  doivent être fermés dans la période  $t+1$ . Pour ce faire, nous mettons à jours les trois variables suivantes:

$$\begin{cases} don_i^t = 0 & \forall i \in S_o^{t-1} \\ Cap_i^t = 0 & \forall i \in S_o^{t-1} \\ DS_i = 100 & \forall i \in S_o^{t-1} \end{cases}$$

```

model:
sets:
EmpPot:DS, Cap, x, Qsb, don;
endsets

data:
Cap=500 0 150 150 150 150 150 150 0 150 0 150;
don=332 0 76 65 36 130 43 114 0 58 0 48;
dem=623;
DS=0 100 6.5 5.9 2.5 1.5 9.2 0.3 100 5.8 100 2.7;
h=50;
P=4;
nd=30;
enddata

min=z;
z=h*@sum(EmpPot(i):Qsb(i))+Qsbs*h+nd*@sum(EmpPot(i):DS(i)*x(i));
@sum(EmpPot(i):x(i))=P;
@for(EmpPot(i):Qsb(i)<= Cap(i)*x(i));
@for(EmpPot(i):Qsb(i)<= don(i));
@sum(EmpPot(i):Qsb(i))>=dem;
x(1)= 1;
@for(EmpPot(i):@bin(x));
@for(EmpPot(i):@gin(Qsb));

end

```

Figure IV.7 : le programme de la deuxième période sous LINGO

Les tableaux 4.1 et 4.2 présentent les résultats obtenus pour  $P = 4$  et  $P = 6$ , ces deux cas considérés consistent à localiser 3 et 5 bloodmobiles dans chaque période. Ces résultats montrent que les sites choisis dans une période sont impérativement fermés lors de la période suivante. Ainsi, les bloodmobiles sont déplacés de leur endroit vers les nouvelles localisations choisies lors de la période suivante. Nous remarquons aussi que la quantité collectée dans chaque période satisfait la demande de la banque de sang.

**4.3.1. Les résultats obtenus dans chaque période pour P=4 :**

Période t	1	2	3	4	5	6
Sites choisis	1, 8, 10	5, 7, 11	8, 9, 10	4, 5, 7	1, 6, 10	5, 7, 11
Fonction objectif f(i)	36212	31285	34838	38379	31022	39985
Demande de l'hôpital	721	623	691	765	613	797
Quantité de sang collectée	370	332	496	414	312	478
	137	130	90	120	76	132
	141	114	76	146	100	143
	73	47	29	85	125	44
Quantité peut être donnée dans la banque de sang et dans les sites potentiels	370	332	496	414	312	478
	137	42	37	17	76	48
	133	76	111	104	57	46
	115	65	59	101	63	136
	96	36	32	122	79	49
	19	130	38	146	136	132
	115	43	17	13	124	99
	18	114	75	85	74	65
	141	104	90	10	55	66
	83	58	82	71	57	5
	109	117	29	21	125	44
	122	48	65	108	68	143

Période	7	8	9	10	11	12
Sites choisis	1, 8, 10	4, 7, 11	1, 5, 8	2, 4, 11	5, 7, 8	1, 2, 4
Fonction objectif f(i)	30812	39465	35509	40801	34270	33518
Demande de l'hôpital	613	786	707	809	683	664
Quantité de sang collectée	343	443	382	436	366	307
	142	60	144	100	47	136
	61	137	126	127	133	127
	67	146	55	146	137	93
Quantité peut être donnée dans la banque de sang et dans les sites potentiels	343	443	382	436	366	308
	142	148	144	79	77	136
	66	135	78	110	73	138
	13	105	13	60	28	40
	59	84	18	127	50	93
	33	31	126	144	74	111
	39	115	139	143	94	116
	111	137	74	89	133	73
	61	16	80	122	137	87
	27	112	139	21	63	94
	104	72	18	81	88	63
	75	146	63	146	94	123

**Tableau IV.1 : les résultats obtenus dans chaque période pour P=4**

**4.3.2. Les résultats obtenus dans chaque période pour P=6 :**

Période t	1	2	3	4	5	6
Sites choisis	1, 4, 8, 10, 11	2, 3, 5, 7, 9	1, 4, 8, 10,11	2, 3, 5, 7, 9	1, 4, 6, 8, 10	2, 3, 5, 7, 9
Fonction objectif	45968	45100	50818	43250	45663	52600
Demande de l'hôpital	913	890	1011	853	903	1040
Quantité de sang collectée	370	332	496	414	312	478
	75	106	3	101	124	132
	96	108	144	104	73	136
	141	104	131	116	136	52
	109	110	89	108	135	99
	122	130	147	10	123	143
Quantité peut être donnée dans la banque de sang et dans les sites potentiels	370	332	496	414	312	478
	137	46	111	17	124	48
	133	117	37	101	95	132
	115	108	17	104	57	136
	96	58	144	18	125	85
	19	104	38	116	76	101
	115	114	189	96	136	33
	18	110	75	108	63	99
	141	58	131	85	135	66
	83	130	82	107	57	143
	109	36	89	21	123	44
	122	43	147	13	79	65

Période	7	8	9	10	11	12
Sites choisis	1, 4, 8, 10,11	2, 3, 5, 7, 9	1, 4, 8, 10, 11	3, 5, 6, 7, 9	1, 2, 8, 10, 11	3, 4, 5, 7, 9
Fonction objectif	45918	54200	51268	55431	50688	45880
Demande de l'hôpital	912	1072	1019	1095	1005	908
Quantité de sang collectée	343	443	382	436	366	308
	142	135	144	105	149	111
	103	88	118	144	128	123
	133	148	139	146	139	111
	104	112	124	143	101	136
	87	146	112	121	122	119

	343	443	382	436	366	308
	142	31	144	79	149	40
	13	135	78	110	128	73
	66	114	39	136	73	138
Quantité peut être	119	15	118	12	115	123
donnée dans la banque	27	148	26	144	74	111
de sang et dans les sites	111	115	113	146	94	116
potentiels	59	112	90	143	94	136
	133	37	139	22	139	87
	17	146	63	121	63	119
	104	16	124	89	103	93
	87	72	148	81	149	63

Tableau IV.2 : les résultats obtenus dans chaque période pour P=6

#### 4.4. Calcul de la valeur finale de la fonction objectif:

La fonction objectif obtenue par notre programme LINGO ne prend pas en considération le déplacement des sites d'une période à l'autre.

Dans cette partie, nous calculons les coûts de déplacement des bloodmobiles en utilisant la formule suivante:

$$F = \sum_t f(t) + \min(DSB_{ii'}) \quad \forall i \in S_f^t, \forall i' \in S_o^{t-1}$$

##### 4.4.1. Valeur de la fonction objectif globale pour p=4 :

##### ➤ Calcul du coût de déplacement des bloodmobiles en passant d'une période à l'autre :

Dans cette étape, nous avons utilisé EXCEL pour trouver toutes les combinaisons possibles des déplacements des bloodmobiles et avoir une distance totale parcourue minimale et par conséquent un coût minimal de déplacement.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	0	7	6,9	0,7	1,4	6,9	1,3	1	4,2	1,2	4,5			
2	7	0	3,3	7,6	5,3	9,3	5,2	7,4	4,6	7,2	3			
3	6,9	3,3	0	5,9	4,4	11	4,5	5,7	5,1	4,9	2,9			
4	0,7	7,6	5,9	0	1,4	8,5	2,2	0,26	5,1	1,3	3,5			
5	1,4	5,3	4,4	1,4	0	7,7	1,3	1,2	4,3	0,75	2,1			
6	6,9	9,3	11	8,5	7,7	0	9	8,3	5,5	8,1	10		Sites localisés période t	Sites localisés période t+1
7	1,3	5,2	4,5	2,2	1,3	9	0	1,9	5,1	1,3	2,2		1	5
8	1	7,4	5,7	0,26	1,2	8,3	1,9	0	4,9	1	3,3		8	7
9	4,2	4,6	5,1	5,1	4,3	5,5	5,1	4,9	0	3,9	4,1		10	11
10	1,2	7,2	4,9	1,3	0,75	8,1	1,3	1	3,9	0	2,6			
11	4,5	3	2,9	3,5	2,1	10	2,2	3,3	4,1	2,6	0			
12														
13			1	5		1	5							
14			8	7		8	11							
15			10	11		10	7							
16			fct =	5,9		fct =	6							
17														
18			1	7		1	7							
19			8	5		8	11		min fct	5,1				
20			10	11		10	5							
21			fct =	5,1		fct =	5,35							
22														
23			1	11		1	11							
24			8	5		8	7							
25			10	7		10	5							
26			fct =	7		fct =	7,15							
27														

Figure IV.8 : Le coût de déplacement minimal obtenu par EXCEL en passant de la période 1 à la période 2 pour p=3

➤ Valeur du coût de déplacement des bloodmobiles en passant d'une période à l'autre :

Le résultat obtenu dans la figure précédente représente la distance minimale parcourue par les 3 bloodmobiles de la période 1 à la période 2. On a fait 12 itérations sous EXCEL afin d'obtenir toutes les distances minimales en passant de la période t à la période t+1. Le tableau ci-dessous contient tous les résultats obtenus ainsi que le coût de déplacement des bloodmobile en passant d'une période à l'autre.

Période(t;t+1)	min fct
(1;2)	5,1
(2;3)	6,6
(3;4)	5,85
(4;5)	9,7
(5;6)	11,6
(6;7)	5,1
(7;8)	3,56
(8;9)	3,66
(9;10)	9,3
(10;11)	7,56
(11;12)	6,86
Somme min fct	74,89

Figure IV.9 : Coût de déplacement entre t et t+1 pour p=3



➤ **Valeur de de la fonction objectif globale :**

Notre programme sous LINGO nous a permis de minimiser les coûts sans la considération des coûts de déplacement des bloodmobiles. Par conséquent, la valeur finale de la fonction objectif est égale à la somme des résultats obtenus par le programme LINGO et la somme des coûts de déplacement obtenus par EXCEL comme précisé dans la figure 4.9.

Période(t;t+1)	min fct	Période t	f(i)
(1;2)	5,1	1	36212
(2;3)	6,6	2	31285
(3;4)	5,85	3	34838
(4;5)	9,7	4	38379
(5;6)	11,6	5	31022
(6;7)	5,1	6	39985
(7;8)	3,56	7	30812
(8;9)	3,66	8	39465
(9;10)	9,3	9	35509
(10;11)	7,56	10	40801
(11;12)	6,86	11	34270
		12	33518
Somme min fct	74,89	Somme f(i)	426096
Fonction Objectif Globale		426170,89	

Figure IV.10 : Fonction objectif globale sous LINGO pour p=3

4.4.2. Valeur de la fonction objectif globale pour p=6 :

➤ **Calcul du coût de déplacement des bloodmobiles en passant d'une période à l'autre :**

Dans cette étape, nous avons utilisé le solveur d'EXCEL pour obtenir la distance totale parcourue minimale et par conséquent un coût minimal de déplacement.

La figure 4.10 montre les données utilisées par le solveur excel dans chaque période afin d'obtenir les meilleurs déplacements possibles.

0	7	6,9	0,7	1,4	6,9	1,3	1	4,2	1,2	4,5
7	0	3,3	7,6	5,3	9,3	5,2	7,4	4,6	7,2	3
6,9	3,3	0	5,9	4,4	11	4,5	5,7	5,1	4,9	2,9
0,7	7,6	5,9	0	1,4	8,5	2,2	0,26	5,1	1,3	3,5
1,4	5,3	4,4	1,4	0	7,7	1,3	1,2	4,3	0,75	2,1
6,9	9,3	11	8,5	7,7	0	9	8,3	5,5	8,1	10
1,3	5,2	4,5	2,2	1,3	9	0	1,9	5,1	1,3	2,2
1	7,4	5,7	0,26	1,2	8,3	1,9	0	4,9	1	3,3
4,2	4,6	5,1	5,1	4,3	5,5	5,1	4,9	0	3,9	4,1
1,2	7,2	4,9	1,3	0,75	8,1	1,3	1	3,9	0	2,6
4,5	3	2,9	3,5	2,1	10	2,2	3,3	4,1	2,6	0

Sites localisés période t	Sites localisés période t+1
1	2
4	3
8	5
10	7
11	9

Solution (t --> t+1)	
2	1
4	9
8	5
6	10
7	3

min	15,3
-----	------

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1

Figure IV.11 : Le coût de déplacement minimal obtenu par EXCEL en passant de la période 1 à la période 2 (p=6)

Nous avons utilisé la méthode SIMPLEX PL dans SOLVER sous EXCEL pour résoudre ce problème. La figure 4.11 montre toutes les contraintes considérées, la méthode de résolution ainsi que l'objectif considéré.

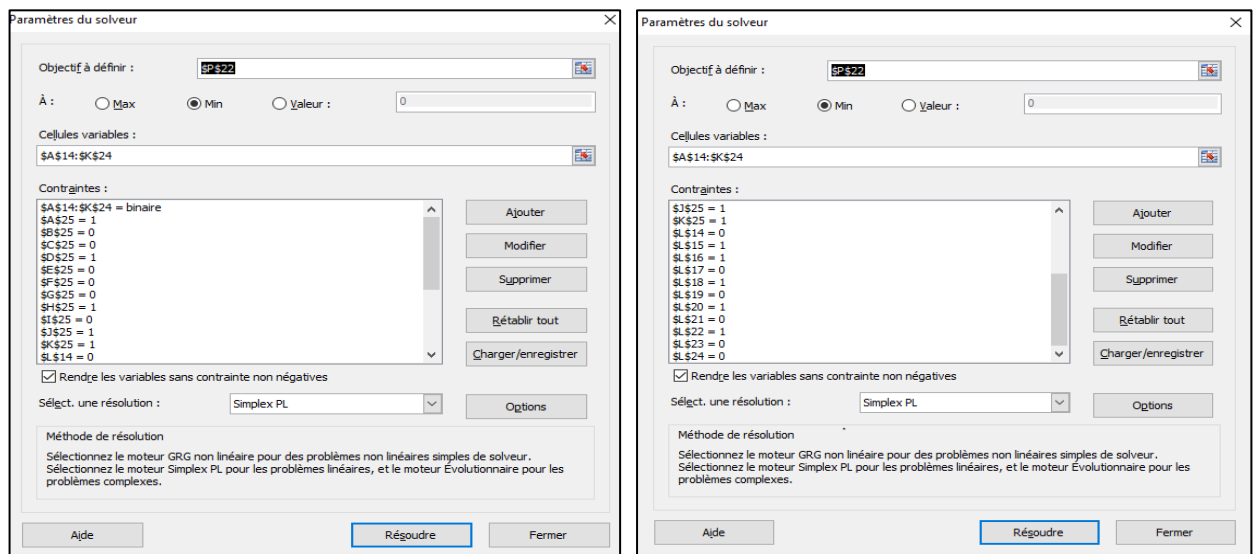


Figure IV.12 : paramètres du SOLVER sous EXCEL

- **Valeur du coût de déplacement des bloodmobile en passant d'une période à l'autre :**
- Le résultat obtenu dans la figure précédente représente la distance minimale parcourue par les 5 bloodmobiles de la période 1 à la période 2. On a fait 12 itérations sous EXCEL afin d'obtenir toutes les distances minimales en passant de la période t à la période t+1. Le tableau ci-dessous contient tous les

résultats obtenus ainsi que le coût de déplacement des bloodmobile en passant d'une période à l'autre.

période (t,t+1)	min
(1;2)	15,3
(2;3)	15,3
(3;4)	15,3
(4;5)	20,5
(5;6)	20,5
(6;7)	15,3
(7;8)	15,3
(8;9)	15,3
(9;10)	17
(10;11)	16,8
(11;12)	9,71
somme min	176,31

Figure IV.13 : coût de déplacement entre t et t+1 pour p=6

➤ Valeur de de la fonction objectif globale :

Notre programme sous LINGO nous a permis de minimiser les coûts sans la considération des coûts de déplacement des bloodmobiles. Par conséquent, la valeur finale de la fonction objectif est égale à la somme des résultats obtenus par le programme LINGO et la somme des coûts de déplacement obtenus par EXCEL comme précisé dans la figure 4.13.

période (t,t+1)	min	période t	f(i)
(1;2)	15,3	1	45968
(2;3)	15,3	2	45100
(3;4)	15,3	3	50818
(4;5)	20,5	4	43250
(5;6)	20,5	5	45663
(6;7)	15,3	6	52600
(7;8)	15,3	7	45918
(8;9)	15,3	8	54200
(9;10)	17	9	51268
(10;11)	16,8	10	55431
(11;12)	9,71	11	50688
		12	45880
somme min	176,31	somme f(i)	586784
Fonction Objectif Globale		586960,31	

Figure IV.14 : Fonction objectif globale sous LINGO pour p=6

- Notons que les résultats obtenus montrent que la quantité collectée dans la banque de sang est toujours inférieure à la capacité de stockage de la banque et des bloodmobiles. De plus, Les sites sont choisis selon la distance la plus proche de la banque de sang ainsi que la quantité disponible qui peut être collectée dans les sites potentiels.

## 5. Résolution par métaheuristique :

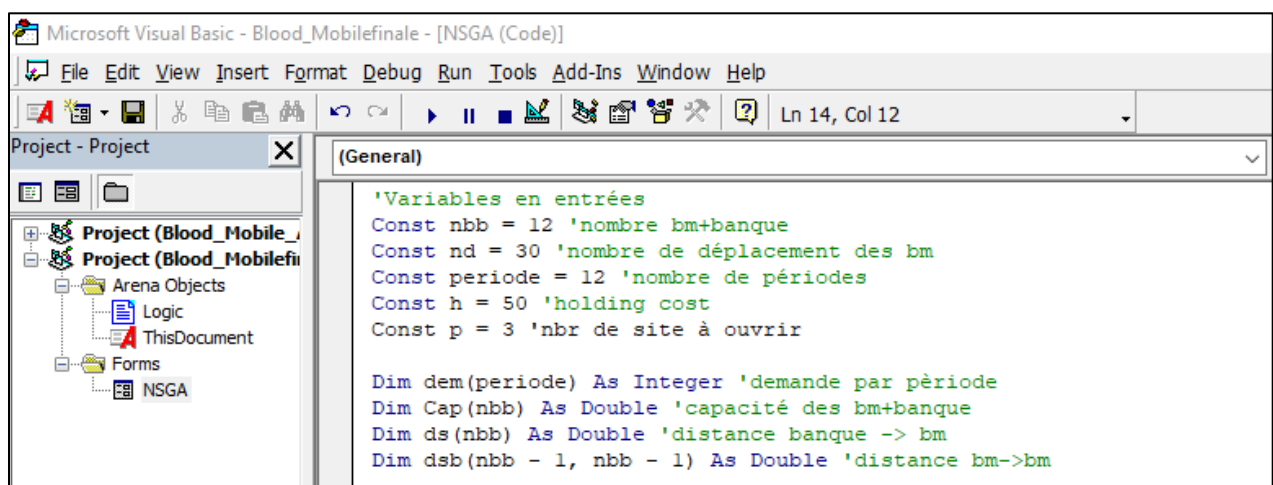
### 5.1. Visuel Basic pour Application VBA :

Une bibliothèque d'objets a été construite et elle permet de programmer entièrement un algorithme.

### 5.2. Résultats obtenus sous VBA :

Nous avons choisi d'utiliser un algorithme génétique pour la résolution de notre problème. Ce dernier est implémenté sous le langage VBA qui nous permet d'obtenir les résultats du problème dans un fichier Excel ;

Le programme qu'on a développé nécessite un fichier EXCEL contenant des données d'entrée ainsi la capacité de la banque de sang et des bloodmobiles, la demande de l'hopital sur les 12 périodes, la distance entre les sites potentiels et la banque de sang et la distance entre les sites potentiels. nous avons utilisé les mêmes données que celles utilisées sous LINGO.



```
Microsoft Visual Basic - Blood_Mobilefinale - [NSGA (Code)]
File Edit View Insert Format Debug Run Tools Add-Ins Window Help
Ln 14, Col 12
Project - Project
Project (Blood_Mobile...)
Project (Blood_Mobilefi...)
  Arena Objects
  Logic
  ThisDocument
  Forms
  NSGA
  (General)
  'Variables en entrées
  Const nbb = 12 'nombre bm+banque
  Const nd = 30 'nombre de déplacement des bm
  Const periode = 12 'nombre de périodes
  Const h = 50 'holding cost
  Const p = 3 'nbr de site à ouvrir

  Dim dem(periode) As Integer 'demande par période
  Dim Cap(nbb) As Double 'capacité des bm+banque
  Dim ds(nbb) As Double 'distance banque -> bm
  Dim dsb(nbb - 1, nbb - 1) As Double 'distance bm->bm
```

Figure IV.15 : les variables en entrée dans le programme sous VBA

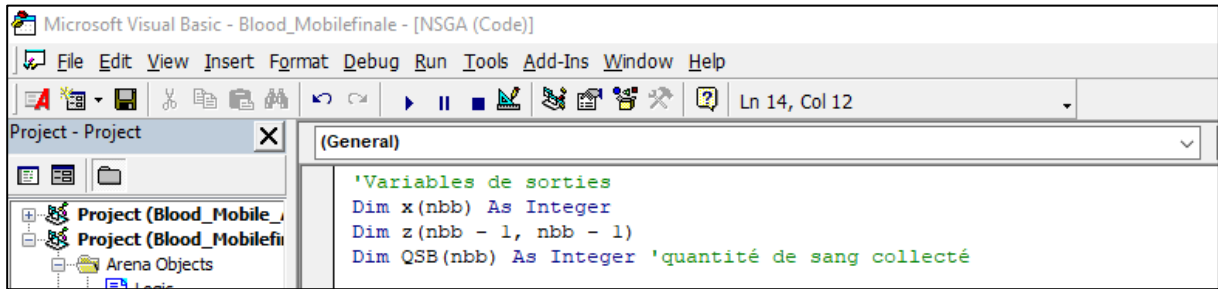


Figure IV.16 : les variables de décision dans le programme sous VBA

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	0	1,6	6,5	5,9	2,5	1,5	9,2	0,3	2,2	5,8	1,6	2,7
2												

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	721	623	691	765	613	797	613	786	707	809	683	664
2												

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	0	7	6,9	0,7	1,4	6,9	1,3	1	4,2	1,2	4,5
2	7	0	3,3	7,6	5,3	9,3	5,2	7,4	4,6	7,2	3
3	6,9	3,3	0	5,9	4,4	11	4,5	5,7	5,1	4,9	2,9
4	0,7	7,6	5,9	0	1,4	8,5	2,2	0,26	5,1	1,3	3,5
5	1,4	5,3	4,4	1,4	0	7,7	1,3	1,2	4,3	0,75	0,21
6	6,9	9,3	11	8,5	7,7	0	9	8,3	5,5	8,1	10
7	1,3	5,2	4,5	2,2	1,3	9	0	1,9	5,1	1,3	2,2
8	1	7,4	5,7	0,26	1,2	8,3	1,9	0	4,9	1	3,3
9	4,2	4,6	5,1	5,1	4,3	5,5	5,1	4,9	0	3,9	4,1
10	1,2	7,2	4,9	1,3	0,75	8,1	1,3	1	3,9	0	2,6
11	4,5	3	2,9	3,5	2,1	10	2,2	3,3	4,1	2,6	0

Figure IV.17 : le fichier EXCEL données utilisées pour p = 3

### 5.2.1. Les résultats obtenus dans la première période pour p=3

Les sites choisis pour t=1 sont 1, 2 et 9.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1		1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
2												

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	500	106	90	0	0	0	0	0	0	105	0	0
2												

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	coût	QSB										
2	40063,9	801										

Figure IV.18 : le fichier EXCEL Résultats pour p = 3 dont t=1

5.2.2. Les résultats obtenus dans la deuxième période pour p=3 :

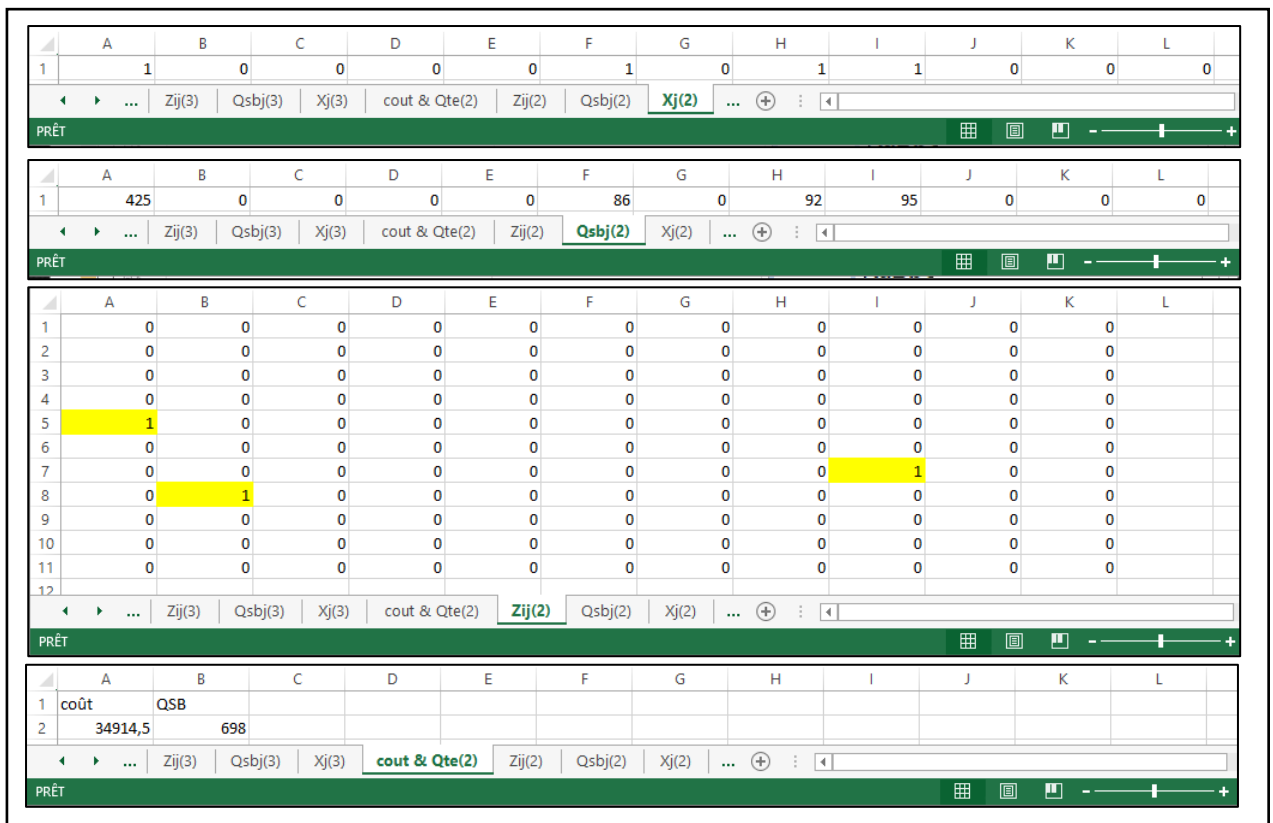


Figure IV.20 : le fichier EXCEL Résultats pour p = 3 dont t=2

5.2.3. les résultats obtenus dans chaque période pour p=3:

Période t	1	2	3	4	5	6
Sites choisis	1, 2, 9	5, 7, 8	3, 6, 10	1, 4, 11	5, 8, 10	2, 4, 9
Fonction objectif $f_i(x)$	40063.9	34914.5	37580.25	44067.9	35659.7	45378.3
Quantité de sang collectée	801	698	751	765	713	907
Demande de l'hôpital	721	623	691	765	613	797
Quantité de sang collectée(QSC)	500	425	462	500	427	500
	106	86	99	114	129	143
	90	92	97	132	97	122
	105	95	93	135	60	142

Période t	7	8	9	10	11	12
Sites choisis	6, 7, 8	1, 5, 11	2, 7, 10	3, 4, 8	5, 6, 10	1, 9, 11
Fonction objectif $f_i(x)$	36322.66	46117.3	40213.9	46017.1	39176.3	39017.01
Quantité de sang collectée	726	922	804	920	783	780
Demande de l'hôpital	613	786	707	809	683	664
Quantité de sang collectée(QSC)	397	500	500	500	500	482
	150	140	79	128	130	51
	93	132	78	146	79	97
	86	150	147	146	47	150

**Tableau IV.3 : les résultats obtenus sous VBA dans chaque période pour  $p=3$**

**5.2.4. La valeur de la fonction objectif finale pour  $p=3$  :**

La fonction objectif représente la somme des fonctions objectif  $f_i(x)$  représentées dans les deux tableaux précédent. Elle fait parti des résultats obtenus par le programme sous VBA.

E4		
	A	B
1	Fct obj	484528,82
2		
3		

**Figure IV.21 : fonction objectif globale sous VBA pour  $p = 3$**

**5.2.5. les résultats obtenus dans chaque période pour  $p=5$  :**

Période t	1	2	3	4	5	6
Sites choisis	4,5,8 9,10	1,2,3, 6,7	4,5,8, 9,10	1,2,3, 6,7	4,8,9, 10,11	2,3,5, 6,7
Fonction objectif $f_i(x)$	54263.6	52743.9	57033.3	44893.9	51980.8	56846.2
Quantité de sang collectée	1085	1054	1140	897	1039	1136
Demande de l'hôpital	913	890	1011	853	903	1040
Quantité de sang collectée(QSC)	500	500	500	500	500	500
	99	119	136	98	86	150
	121	126	124	63	117	150
	142	100	100	91	123	96
	93	108	150	76	96	129
	130	101	130	69	117	111

Période t	7	8	9	10	11	12
Sites choisis	1,4,8, 9,10	2,3,5, 6,7	1,4,8, 9,10	2,3,5, 6,11	1,4,7, 9,10	2,3,5, 6,8
Fonction objectif $f_i(x)$	56783.5	58644.5	57633.5	58849.1	57582.05	56794.9
Quantité de sang collectée	1135	1172	1152	1176	1151	1135
Demande de l'hôpital	912	1072	1019	1095	1005	908
Quantité de sang collectée(QSC)	500 150 131 131 90 133	500 150 150 147 113 112	500 150 102 129 150 121	500 150 150 132 94 150	500 150 123 129 150 99	500 150 150 105 127 103

Tableau IV.4 : les résultats obtenus sous VBA dans chaque période pour  $p=5$

5.2.6. La valeur de la fonction objectif finale pour  $p=5$ :

	A	B	
1	fct obj	664049,25	
2			

Figure IV.22 : fonction objectif globale sous VBA pour  $p= 5$

6. Comparaison des résultats obtenus sous LINGO et les résultats sous VBA :

Le résultat obtenu par LINGO donne une valeur des coûts optimaux. Par contre, la valeur des coûts obtenus avec l'AG est correspondant à des solutions satisfaisantes proches de l'optimum. Le taux d'erreur s'élève pour les deux cas étudiés à 13 %.



#### *Chapitre IV : Approche de résolution*

$$\text{Erreur (p=3)} = \frac{F_{\text{meta}} - F_{\text{exacte}}}{F_{\text{exacte}}} = \frac{484528.82 - 426170.89}{426170.89} = 0.137 = 13.7\%$$

$$\text{Erreur (p=5)} = \frac{F_{\text{meta}} - F_{\text{exacte}}}{F_{\text{exacte}}} = \frac{664049.25 - 586960.31}{586960.31} = 0.131 = 13.1\%$$

- Après comparaison des résultats des deux approches on constate que l'approche métaheuristique n'était pas loins de l'optimale. L'approche métaheuristique à d'autres avantages notamment son utilisation pour les problèmes de grande taille.

## **Conclusion**

Les systèmes de don de sang représentent une partie importante dans les domaines de santé de chaque pays, en plus de l'objectif fondamental de sauver les vies.

La localisation des bloodmobiles est un problème classique et persistant. La solution du problème est cependant difficile en raison du grand nombre de variables impliquées. Ce chapitre nous a permis de développer un modèle de localisation des bloodmobiles et de résoudre ce problème avec LINGO et VBA pour obtenir la meilleure localisation des bloodmobiles et comparer les résultats obtenus par les deux résolutions.

## **Conclusion générale :**

En effet, ce projet de fin d'étude était une étape très importante dans notre cycle de formation d'ingénieur ,vu qu'il est une occasion intéressante et bénéfique pour savoir comment appliquer toutes les connaissances théoriques déjà acquises, et aussi il nous a permis d'acquérir de nouvelles connaissances.

Les travaux réalisés dans de ce mémoire concernent une conception d'un réseau de véhicules de don de sang dans la ville de Tlemcen. L'objectif principal est de trouver la meilleure localisation des bloodmobiles afin de satisfaire la demande stochastique des patients ,tout en respectant les contraintes de capacités ,de stockage et de distribution du sang.

Les résultats obtenus sont très encourageante et permettent certainement une amélioration des performances du réseau actuel de la wilaya de Tlemcen. Nous avons utilisé des données générées aléatoirement mais l'utilisation des données réels nous permettra de tester la fiabilité du modèle proposé.

Notre modèle mutli-périodes proposé permet d'augmenter la quantité collectée du sang afin de satisfaire la demande par l'utilisation de bloodmobiles supplémentaire. Mais ceci dépendra des contraintes budgétaire mise en place pour la conception du réseau.

## Références Bibliographiques et webographie :

- [1] M. S. ABBAS and M. M. Sarah, “LA CHAINE LOGISTIQUE ET LA GESTION DES STOCKS D’UNE ENTREPRISE,” 2018.
- [2] Medde, “La logistique tour d’horizon,” 2014. [Online]. Available: [www.developpement-durable.gouv.fr](http://www.developpement-durable.gouv.fr).
- [3] A. Bilel and K. Boubekour, “Conception de la chaine logistique de l’entreprise Toudja : Localisation des entrepôts et optimisation du flux de transport,” Université Abou bekr Belkaid – Tlemcen Faculté, 2016.
- [4] K. Ibtissam and L. Imen, “Résolution d’un problème combiné localisation et de tournée de véhicules dans une chaine logistique,” Université Abou bekr Belkaid – Tlemcen Faculté, 2016.
- [5] F. MALIKI, “Problèmes de localisation « Facility location problems »,” 2019, [Online]. Available: ESSAT G.I.
- [6] F. Boctor and J. Renaud, “LOCALISATION D ’ ENTREPÔTS DES AUTOBUS DE TRANSPORT URBAIN : LE CAS,” no. May 2014, [Online]. Available: Laval University.
- [7] O. Guyon, N. Absi, D. Feillet, and T. Garaix, “Modélisation pour la localisation de plateformes logistiques pour le transport de marchandises en ville,” *3ème Journée Rech. "Mobilité, Transp. Logistique"*, pp. 1–5, 2011, [Online]. Available: HAL.
- [8] “sang @ [www.doctissimo.fr](http://www.doctissimo.fr) Dictionnaire médical.” 2018, [Online]. Available: [https://www.doctissimo.fr/sante/dictionnaire-medical/sang#:~:text=Le sang est un liquide,et de plaquettes \(thrombocytes\)](https://www.doctissimo.fr/sante/dictionnaire-medical/sang#:~:text=Le sang est un liquide,et de plaquettes (thrombocytes)).
- [9] P. Donner, D. U. Sang, C. Se, P. Un, and L. E. D. O. N. D. E. Plasma, “Le guide du donneur.”
- [10] B. ABDELHAFID, “Site web pour les donneurs et receveurs de sang,” Université Abou Bakr Belkaïd de Tlemcen, 2019.
- [11] OMS and fédération internationale des sociétés de la croix rouge et du croissant. (2011). V. 100 % de D. de sang volontaires C. mondial d ’ action. 138. dératio. internationale des sociétés de la croix rouge et du croissant Rouge, féOMS, & Rouge,

- “Vers 100 % de Dons de sang volontaires Cadre mondial d ’ action,” p. 138, 2011.
- [12] “Pourquoi est-il important de donner son sang ?,” 2014, [Online]. Available: <http://www.algerie-dz.com/forums/archive/index.php/t-322997.html>.
- [13] “LES ENJEUX DE DON DE SANG DANS LE MONDE,” *Press. L’EHEPS*, [Online]. Available: <https://www.presses.ehesp.fr/produit/les-enjeux-du-don-de-sang-dans-le-monde/>.
- [14] “Héma-Québec @ fr.wikipedia.org.” [Online]. Available: <https://fr.wikipedia.org/wiki/Héma-Québec>.
- [15] E. Bp, “Fiche Technique Sur Le don de sang,” 2004. [Online]. Available: Héma-Québec.
- [16] “algerie poste ‘don de sang.’” [Online]. Available: <https://www.poste.dz/philately/s/1312>.
- [17] “la transfusion sanguine en Algérie.” [Online]. Available: agence national du sang.
- [18] “le don de sang 2019.” .
- [19] “Don de sang :« La tension diminuera à la fin du mois en cours »,” *sud Horiz.*, vol. [http://en.](http://en.aps.dz/sante-science-technologie/92422-l-agence-nationale-du-sang-lance-un-appel-au-don), [Online]. Available: <http://www.aps.dz/sante-science-technologie/92422-l-agence-nationale-du-sang-lance-un-appel-au-don>.
- [20] “chu-tlemcen.” [Online]. Available: <http://en.aps.dz/regions/97790-chu-tlemcen-plus-de-15-700-poches-de-sang-collectees-depuis-le-debut-de-l-annee-en-cours>.
- [21] “Le manque de sang : un problème algérien,” 2020, [Online]. Available: <https://www.liberte-algerie.com/actualite/il-faut-une-cellule-de-crise-pour-le-don-de-sang-338607>.
- [22] “Don du sang et coronavirus : les banques de sang fortement impactées.” [Online]. Available: <https://www.algerie360.com/20200723-don-du-sang-et-coronavirus-les-banques-de-sang-fortement-impactees/>.
- [23] “Conservation du sang avant séparation,” 2013. <https://www.toutsurlatransfusion.com/preparation-qualification-biologique-du-don/preparation/interet.php>.
- [24] “Combien de temps peut-on conserver le sang ?,” 2015.

<https://www.caminteresse.fr/sciences/combien-de-temps-peut-on-conserver-le-sang-1168908/>.

- [25] “Banque De Sang CHU Tlemcen,” 2020. <http://bst.ezyro.com/fr/partenaires?i=1>.
- [26] “L ’ impact du cout de transport sur les systèmes logistiques.”
- [27] “algorithme-metaheuristique.”. Available:  
<https://www.planilog.com/fr/glossaire/algorithme-metaheuristique>.
- [28] M. Sevaux, “Algorithmes multi-objectif,” 2006.
- [29] T. Promoteur, S. Facult, and A. Dipl, “Mémoire de fin d’études : ‘Optimisation dans la conception architecturale’,” 2018.
- [30] F.MALIKI, “Les algorithmes génétiques,” pp. 1–31, 2. Available: ESSAT.