

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 de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Génie industrielle

Spécialité : Management industriel et logistique

Présenté par :

Ismahen SOUAG & Safaa Maroua MEGNAFI

Thème:

**Approche multi-objectif et multi-périodes pour
l'optimisation d'un réseau des véhicules de
don de sang**

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

M. Mehdi SOUIER	MCA	ESM Tlemcen	Président
M. Fouad MALIKI	MCB	ESSAT Tlemcen	Directeur de mémoire
M. Mohammed BENEKROUF	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 , Kada et 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.

Ismahen SOUAG

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 amies, 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.

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 professeure, 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 l'approche multi-objectif et multi-périodes pour l'optimisation d'un réseau des véhicules de don de sang. Pour résoudre la problématique soulevée, nous avons développé un modèle mathématique de localisation multiobjectif et multipériode, nous avons ensuite programmé ce modèle en utilisant le langage (VBA).

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

Mots-clés : chaîne logistique, bloodmobile, localisation dynamique, multi-objectif.

Abstract :

This research work concerns the multi-objective and multi-period approach for the optimization of a network of blood donation vehicles. To solve the problem raised, we developed a mathematical model of localization, we then programmed this model under the (VBA) software.

To strengthen the program, we did simulation with different values. Finally we analyzed and evaluated the results obtained.

Keywords : supply chain, bloodmobile, dynamic localization, multi-objective.

ملخص:

يتعلق هذا العمل البحثي بمنهج متعدد الأهداف ومتعدد الفترات لتحسين شبكة مركبات التبرع بالدم. لحل المشكلة المطروحة، قمنا بتطوير نموذج رياضي من أجل تحديد المواقع المناسبة لوضع عربات نقل الدم، ثم قمنا ببرمجته بمساعدة البرنامج

.VISUAL BASIC ARENA

لتعزيز البرنامج المحدد، قمنا بعمل محاكاة بقيم مختلفة. أخيراً قمنا بتحليل و تقييم النتائج التي تم الحصول عليها.

الكلمات المفتاحية: سلسلة الإمداد، عربة نقل الدم، تحديد المواقع الديناميكي، متعدد الأهداف.

Sommaire :

Chapitre I :Généralité et Concept de base

1. Conception sur les chaines logistiques.....	13
1.1.Notion sur la logistique	13
1.1.1. Définition de la logistique	13
1.1.2. Le rôle de la logistique	13
1.1.3. Les objectifs de la logistique	14
1.2. Notion sur la chaîne logistique.....	14
1.2.1. Définition de la chaîne logistique.....	14
1.2.2. Les flux dans la chaîne logistique	15
1.2.2.1. Flux d'information	15
1.2.2.2. Flux financier	16
1.2.2.3. Flux physique.....	16
1.2.3. La conception des chaines logistique	17
2. Problème de localisation et allocation dynamique	17
3. Problèmes de base de localisation-allocation.....	19
4. Les sites mobiles.....	22
5. Localisation dynamique des sites mobiles.....	23
6. Localisation des véhicules de don de sang(bloodmobile).....	23
6.1. Sang.....	24
6.2. Le don de sang.....	24
7. Etat de l'art	25
Conclusion	26

Chapitre II :Optimisation multi-objectif

1. Optimisation multi-objectif	28
2. Rôle de l'optimisation	30
3. Optimisation au sens de Pareto.....	30
4. Les méthodes scalaires.....	31
5. Les métaheuristiques	33
5.1. Définition et principe	33
5.2. Pourquoi les métaheuristique	34
5.3. Les algorithmes metaheuristique multi objectif.....	35

5.3.1. Vector evaluated genetic algorithm (VEGA).....	35
5.3.2. Multiple Objectives Genetic Algorithm (MOGA)	35
5.3.3. Nondominated Sorting Genetic Algorithm II (NSGII)	36
Conclusion	37

Chapitre III : Problématique et résolution multi-objectif

1. Description du problème	39
2. Modèle mathématique.....	40
3. Approche de résolution.....	43
3.1. Visuel Basic de Arena VBA.....	43
3.2. Codage des solutions.....	43
4. Les résultats obtenus.....	47
Conclusion	52

Liste des figures et tableaux :

Figure I.1 : les flux dans une chaine logistique.....	16
Figure I.2: Composant de sang.....	23
Figure II.1: Approche en optimisation multi-objectif.....	29
Figure II.2 :Front PARETO.....	30
Figure III.1 : les capacités de la banque de sang et des bloodmobiles.....	45
Figure III.2 : la demande de l'hôpital pour $p=3$	45
Figure III.3 : la demande de l'hôpital pour $p=5$	45
FigureIII.4 : la distance entre la banque de sang et les sites potentiels.....	46
Figure III.5 : la distance entre les sites potentiels.....	46
Figure III.6 : les variables en entrée dans le programme sous VBA.....	47
Figure III.7 : les variables de décision dans le programme sous VBA.....	47
Figure III.8 : les résultats de la première période sous VBA.....	48
Figure III.9 : les résultats de la deuxième période sous VBA.....	48
Tableau III.1 : les résultats obtenus dans chaque période pour $P=3$	49
Tableau III.2 : les résultats obtenus dans chaque période pour $P=4$	50

Liste des abréviations :

MFLP : Mobile Facility Location.

CMFLP : Capacitated Mobile Facility Location.

MBC : Mobile Blood Center.

MODM : Multi Objectif Decision Making.

VEGA : Vector evaluated genetic algorithm.

MOGA : Multiple Objectives Genetic Algorithm.

NSGII : Nondominated Sorting Genetic Algorithm II.

CHU : Centre Hospitalo Universitaire.

VBA : Visual Basic for Application.

Introduction générale :

Les problèmes du monde réel ne comportent pas un seul objectif à optimiser mais souvent un ensemble d'objectifs. Par exemple, dans le domaine du transport, un problème de routage de véhicules minimise les distances parcourues et maximise la satisfaction des demandes. Plusieurs problèmes dans l'ingénierie, de l'industrie, et dans de nombreux autres domaines, impliquent l'optimisation simultanée de plusieurs objectifs, donc on parle de l'optimisation multi-objectif. Dans la plupart des cas, les objectifs sont contradictoire. Les ingénieurs utilisent l'optimisation afin de trouver des solutions qu'ils n'auraient pas pu obtenir par l'expertise. Ils sont donc intéressés par l'ensemble des compromis optimaux entre les différents critères.

Notre projet de master consiste à proposer une approche multi-objectif et multi-période pour l'optimisation du réseau des véhicules de don de 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 minimiser les coûts et maximiser le don.

Ce mémoire est organisé en quatre chapitres comme suit :

le premier chapitre (Généralités et concepts de base) consiste à présenter les notions de base sur les chaînes logistiques et le don de sang, les problèmes de localisation dynamique et un état de l'art sur les problèmes de localisations mobile, dynamique et multi-objectif.

Le second chapitre (optimisation multiobjectif) présente l'optimisation multiobjectif ainsi que son rôle, l'optimisation au sens de pareto, les méthodes scalaires et finalement nous définissons les métaheuristiques multiobjectifs avec quelques algorithmes.

Le dernier chapitre (approche de résolution) se focalise sur l'approche de résolution proposée, nous décrivons notre problématique et le modèle mathématique ainsi que l'algorithme NSGA-II proposé et implémenté avec VBA. Les résultats obtenus sont aussi présentés et analysés

Chapitre I

Généralité et concepts de base

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 dynamiques 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 dynamique.

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 » « 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 ;

Chapitre I : Généralités et concepts de base

- 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 du 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 elle est par conséquent au centre des négociations du processus métier.
- Gère directement les flux de 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 ([MENTZER ET AL. 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

Chapitre I : Généralités et concepts de base

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, (ZEINBOU, 2014)

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 le 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]

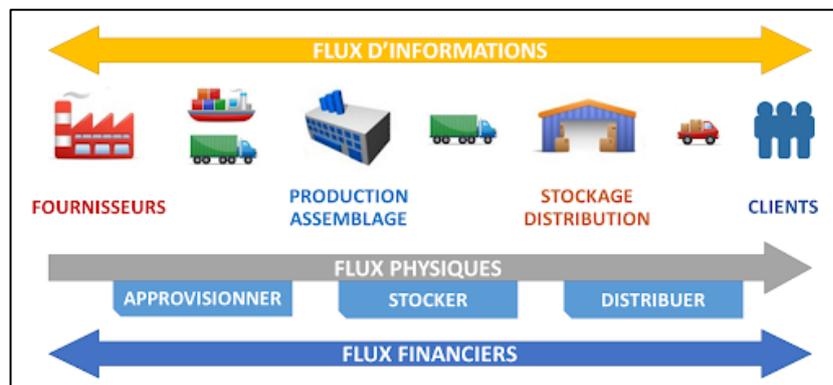


Figure I.1 : les flux dans une chaîne logistique

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 en 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 et exigent une étude délicate. 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 et allocation dynamiques :

Un problème de localisation dynamique consiste à localiser des sites sur un horizon de planification composé de plusieurs périodes. Cependant, les décisions de localisation change d'une période à l'autre. Les problèmes de localisation dynamique peuvent être divisés en deux types généraux. Dans le premier, les décisions de localisation peuvent être modifiées chaque période ; cependant, dans le second, les décisions de localisation stratégique sont prises au début et ne peuvent pas être modifiées.

Plusieurs chercheurs se sont intéressés aux problèmes de localisation dynamiques, **Melo et al**, ont proposé un modèle mathématique pour un problème de localisation et de relocalisation dynamique des installations dans la gestion de la chaîne d'approvisionnement. Ils ont proposé quelques extensions de la structure du réseau de la chaîne d'approvisionnement pour tenir compte des situations et des préoccupations plus réalistes. Ils ont supposé que la fourniture externe des matériaux est autorisée, une certaine capacité modulaire peut être transférée et des stocks peuvent être détenus. Sur la base de ces hypothèses, dans certains cas, au lieu d'établir de nouvelles installations, les capacités sont déplacées pendant l'horizon de planification. Ils ont supposé qu'une installation existante peut être déplacée partiellement ou complètement, mais dans le cas d'une réinstallation complète, l'emplacement précédent devrait être fermé et

Chapitre I : Généralités et concepts de base

ne peut jamais être rouvert. Cependant, la relocalisation partielle permet à une installation de fonctionner à nouveau à pleine capacité.

Melachrinoudis et Min, ont présenté un problème de localisation d'emplacement des usines/entrepôts dynamique à deux échelons et ont utilisé une stratégie de relocalisation pour l'environnement des affaires, comme la demande des clients et la législation gouvernementale, au cours des périodes, avec trois objectifs. Ils ont déterminé le moment optimal pour la relocalisation des installations afin de répondre aux contraintes.

Lee et Dong, ont proposé un modèle de logistique dynamique inverse avec une demande et fourniture stochastique de produits et de produits retournés. En définissant les installations de transbordement, de collecte et de traitement hybride, ils ont considéré la possibilité de relocalisation de deux installations. Ils ont développé un modèle de programmation stochastique en deux étapes dans lequel l'emplacement et les décisions de relocalisation sont prises dans la première étape, tandis que les flux de produits sont déterminés pour chaque scénario en fonction du réseau établi. Ils ont ensuite utilisé un algorithme de recuit simulé pour résoudre le problème.

Joaquin et Halit, ont considéré deux problèmes de localisation capacitive à demande dynamique multi-périodes. Dans le premier, la relocalisation est autorisée pendant les périodes, tandis que pour le second seconde, les installations sont fixes en fonction de leur emplacement déterminé au cours de la première période et elles ne peuvent pas être déplacées. Alors ils ont appliqué l'algorithme de décomposition de Benders pour résoudre les deux problèmes. De plus, ils ont considéré l'efficacité des algorithmes avec différentes structures de données d'entrée.

Ghaderi et Jabalameli, ont présenté un modèle pour un emplacement dynamique de l'installation sans capacité, problème de conception de réseau avec un budget d'investissement limité pour l'ouverture des installations et la construction de liaisons pendant l'horizon de la planification. L'une des plus grandes différences entre ce travail et les autres études est la prise en compte de la construction des liaisons pendant les périodes. Aussi, les auteurs ont supposé qu'après la construction d'une installation ou d'un lien, elle ne peut pas être fermée ou détruite avant la fin de l'horizon de planification. Ils ont ensuite proposé des algorithmes gourmands et hybrides pour résoudre le problème.

3. Problèmes de base de localisation-allocation :

3.1. 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 :

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

3.2. 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 : indice 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 :

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

3.3. Problème de localisation à deux niveaux :

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

Le problème de localisation avec capacité infini est l'un des problèmes de localisation discret 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]

Chapitre I : Généralités et concepts de base

- **Modèle mathématique :**

- i : indice des clients
- j : indice 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 :

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^m Y_{ij} = 1 & \forall i = 1, \dots, n \\ Y_{ij} \leq X_j & \forall i = 1, \dots, n, \forall j = 1, \dots, m \\ Y_{ij} \in \{0, 1\} & \forall i = 1, \dots, n, \forall j = 1, \dots, m \\ X_j \in \{0, 1\} & \forall j = 1, \dots, m \end{cases}$$

3.3.2. 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
- $X_j = \begin{cases} 1 & \text{si la localisation } j \text{ est choisie} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$

Chapitre I : Généralités et concepts de base

$$- Y_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si le client } i \text{ est affecté à la localisation } j \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

- 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 :

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^m d_i * Y_{ij} \leq K_j * X_j & \forall j = 1, \dots, m \\ \sum_{j=1}^m Y_{ij} = 1 & \forall i = 1, \dots, n \\ Y_{ij} \in \{0, 1\} \forall i = 1, \dots, n, \forall j = 1, \dots, m \\ X_j \in \{0, 1\} \forall j = 1, \dots, m \end{cases}$$

4. 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.

5. Localisation dynamique des sites mobiles :

À la connaissance des auteurs, il existe peu d'études sur les problèmes de localisation dynamique des sites mobiles. Les chercheurs n'ont pas pris en compte le temps de déplacement et les coûts d'utilisation des installations. Il est clair que la mobilité des installations peut être considérée comme une approche qui évite les coûts d'établissement.

Les problèmes de la localisation dynamiques des sites mobiles fait partie de ces études. De nombreux chercheurs ont appliqué la métaheuristique pour trouver des solutions presque optimales. Certains chercheurs ont utilisé des algorithmes métaheuristiques classés dans des solutions à base unique. Un algorithme de recuit simulé a été examiné par **Ernst et al**, la recherche Tabou a été étudiée par **Mohammadi et al**, et **Calik et al**, pour un problème condensé de couverture de p-hub. D'autres chercheurs ont proposé des algorithmes métaheuristiques basés sur la population. L'optimisation des colonies de fourmis a été utilisée par **Randall** ; et un algorithme génétique a été proposé par **Lin et al**, pour un problème de localisation de p-hub capacitif. Certaines extensions ont utilisé des algorithmes métaheuristiques dans des domaines connexes. **Lee et Dong**, **Randall et Kratica** ont proposé une recherche locale dans leur proposition algorithme. **Sadeghi et al**, et **Pasandideh et al**, ont proposé quelques méthodes pour régler les paramètres des algorithmes métaheuristiques.

6. Localisation des véhicules de don de sang (Bloodmobile):

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.

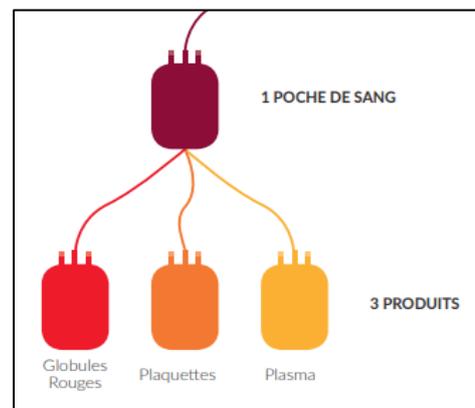


Figure I.2 : Composant de sang

6.1. 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).[5]

6.2. 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.
- 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.[6]

6.3. Les véhicules de don de sang (bloodmobile) :

Ce sont véhicules automobiles équipé de tous les outils nécessaire pour une procédure de don de sang flexible.

7. Etat de l'art :

Pour concrétiser le concept de la localisation dynamique multi-objectif nous avons établi au préalable une littérature du domaine lié à cette étude. **En 2012, Taghipourian et al.** ont proposé un problème de localisation de hub virtuel dynamique flou pour le transport aérien et ont essayé de trouver la répartition géographique optimale pour chaque période ; ils ont envisagé d'ouvrir et de fermer des hubs virtuels pendant les périodes. En 2018, **Mahdi Bashiri et al.**, étudient un nouveau problème de localisation de p-hub mobile dans un environnement dynamique est proposé, où il existe des installations mobiles à l'intérieur des nœuds concentrateurs qui peuvent être transférées à d'autres nœuds dans la prochaine période. Les installations mobiles ont une fonction de mobilité et peuvent être transférées à d'autres nœuds afin de répondre à la demande. L'utilisation de ces installations permettra d'économiser la création de hub supplémentaires et la fermeture des coûts dans les réseaux.

La gestion des produits périssables qui contient plusieurs objectifs à optimiser a reçu une attention de nombreux chercheurs depuis plusieurs années. En 2015, **Rahimi et al.**, ont étendu un modèle multi-objectif pour le problème de routage pour une distribution de médicaments aux établissements de santé en tenant compte de la périssabilité des médicaments. Certains chercheurs ont travaillé sur des problèmes multi-objectif et multi-période. Par exemple, **En 2018, Hassan Heidari-Fathian et al.**, présente un réseau de chaîne d'approvisionnement en sang multi-périodique et multi-échelons composé de donneurs de sang, d'unités mobiles de collecte, de centres de transfusion locaux, centres de transfusion sanguine et points de demande dans lesquels les centres de transfusion locaux et principaux sont sous réserve de l'échec aléatoire de l'envoi des produits sanguins aux points de demande. Le problème a deux objectifs, y compris la minimisation des coûts totaux de la chaîne et la maximisation de la fiabilité des centres sanguins locaux et principaux en maximiser le nombre total moyen de produits sanguins expédiés aux points de demande. Le problème est d'abord formulé comme un modèle mathématique linéaire mixte. Ensuite, pour résoudre le problème, trois méthodes de prise de décision multi-objectifs (MODM) sont proposées. Trente exemples différents sont résolus pour évaluer la performance des méthodes de résolution et leurs résultats sont comparés statistiquement.

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 considération.

Chapitre II

L'Optimisation multiobjectif

Aujourd'hui, l'optimisation arrive en phase finale des projets de grande envergure. Les ingénieurs sont alors chargés d'optimiser certains aspects tels que la structure, l'énergie, l'acoustique, etc.

Au niveau général, l'optimisation peut se réaliser dans différents domaines, toujours avec le même objectif : améliorer le fonctionnement de quelque chose au moyen d'une gestion perfectionnée des ressources. L'optimisation peut avoir lieu à n'importe quelle étape quoi qu'il est conseillé de la mener à bien jusqu'à la fin du processus visé.

1. L'optimisation multi-objectif:

Les ingénieurs se heurtent quotidiennement, quel que soit leur secteur d'activité, à des problèmes d'optimisation. Il peut s'agir de minimiser un coût de production, d'optimiser le parcours d'un véhicule, d'améliorer les performances d'un circuit électronique, d'affiner un modèle de calcul, de fournir une aide à la décision à des managers, etc. On parle d'optimisation multi-objectif dans les cas complexes où l'on doit optimiser simultanément plusieurs objectifs contradictoires, ce qui amène à choisir une solution de compromis parmi une multitude de solutions possibles.

Dans sa forme la plus générale, un problème d'optimisation multi-objectif consiste à trouver dans un ensemble de solutions admissibles, un sous-ensemble de solutions minimisant ses objectifs. Le cas de la maximisation peut être traité comme une minimisation après inversion des signes de l'expression à maximiser.

Un problème d'optimisation multicritère consiste à trouver le vecteur de décision idéal $x=[x_1, \dots, x_n]^T$ tel que les contraintes $g_i(x)$ et $h_j(x)$ soient satisfaites et dont $F(x)$ est optimale.

En conséquence, le problème d'optimisation multicritère peut être défini formellement comme suit :

$$\text{Optimiser : } F(x) = \{f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x)\}$$

$$\text{tel que : } x \in X$$

$$X = \begin{cases} g_i(x) \leq 0 \\ h_j(x) = 0 \\ x = [x_1, \dots, x_n]^T \end{cases}$$

- x : est un vecteur de n variables de décisions.
- $g_i(x)$, $h_j(x)$ sont les fonctions des contraintes qui déterminent le domaine X des solutions.
- X représente la région réalisable.

On distingue deux familles d'approches en optimisation multi-objectif. Dans la première, différentes méthodes reposent sur des techniques d'agrégation de critères en un seul. Le problème est ensuite résolu par des méthodes classiques d'optimisation mono-objectif.

Chapitre II : Optimisation multi-objectif

Dans la deuxième approche, des réponses sont apportées au problème en prenant en compte l'ensemble des critères.

La solution d'un problème multi-objectif est un ensemble de solutions. Cependant, pour un problème réel, une seule solution pourra être déployée. Un choix par un décideur doit donc être effectué ; le décideur peut intervenir en amont de la résolution, après celle-ci, ou de manière interactive :

- Préférence a priori : le décideur définit ses préférences entre les différents objectifs avant d'utiliser la méthode d'optimisation.
- Préférence progressive : le décideur affine son choix de compromis au fur et à mesure du déroulement de la méthode d'optimisation.
- Préférence a posteriori : le décideur choisit la solution de son choix parmi l'ensemble des solutions fournies par la méthode d'optimisation.

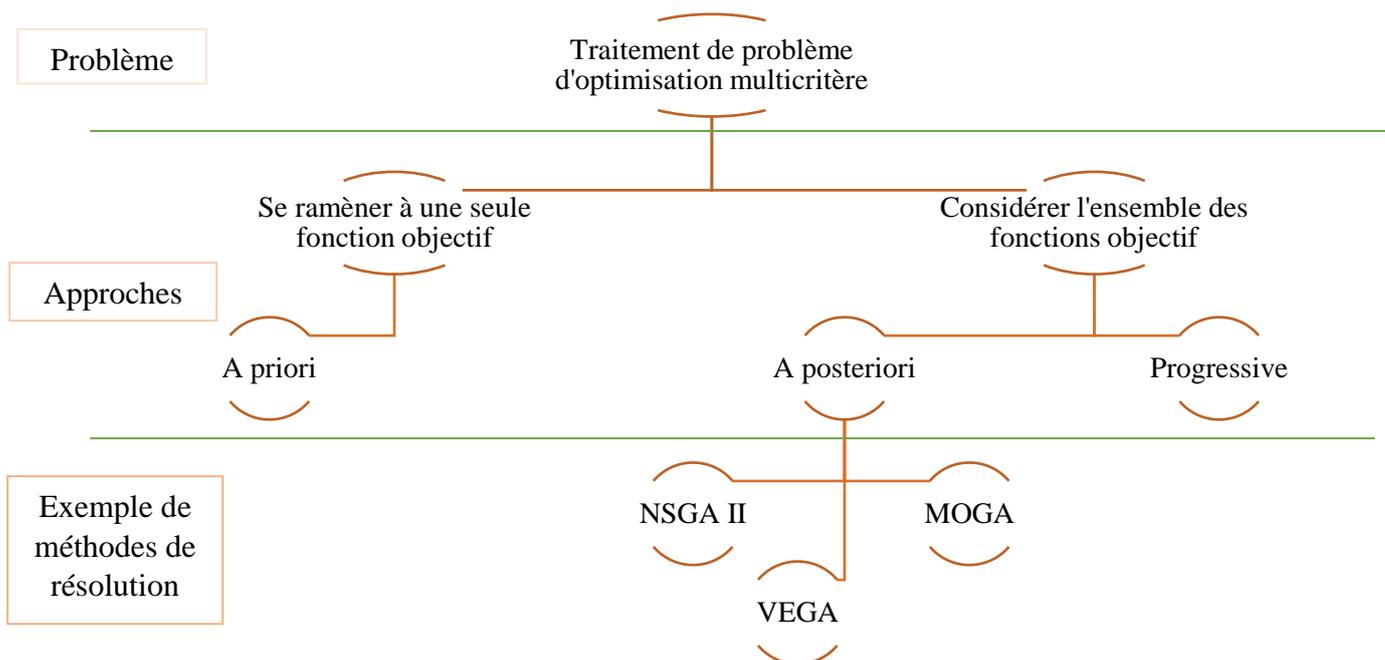


Figure II.1 : Approche en optimisation multi-objectif

La difficulté d'un problème multi-objectif est qu'il n'existe pas de définition d'une solution optimale. Le décideur exprime seulement qu'une solution est préférable, mais en général il n'existe pas une solution meilleure que toutes les autres. Pour qu'une solution

Chapitre II :Optimisation multi-objectif

soit intéressante, il faut qu'il existe une relation de dominance entre la solution considérée et les autres solutions. On dit que le vecteur x_1 domine le vecteur x_2 si :

- x_1 est au moins aussi bon que x_2 dans tous les objectif.
- x_1 est strictement meilleur que x_2 dans au moins un objectif.[7]

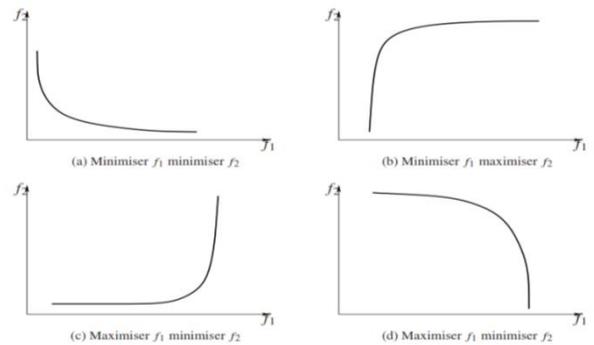


Figure II.2 : Front PARETO

2. Rôle de l'optimisation :

L'optimisation joue un rôle important en recherche opérationnelle (domaine à frontière entre l'informatique, les mathématiques et l'économie), dans les mathématiques appliquées (fondamentales pour l'industrie et l'ingénierie), en analyse et analyse numérique, en statistique pour l'estimation du maximum de vraisemblance d'une distribution, pour la recherche de stratégie dans le cadre de la théorie des jeux, ou encore en théorie du contrôle et de la commande.[8]

3. Optimisation au sens de Pareto :

Vilfredo Pareto est un mathématicien italien (Pareto, 1896). Il a posé les bases de la solution d'un problème économique multi-objectif : « Dans un problème multi-objectif, il existe un équilibre tel que l'on ne peut améliorer un critère sans détériorer au moins un des autres ». Cet équilibre est appelé optimum Pareto. Donc une solution x est dite Pareto optimale si elle n'est dominée par aucune autre solution appartenant à l'espace réalisable X . L'idée d'utiliser la dominance au sens de Pareto a été proposée par Goldberg pour résoudre les problèmes multi-objectifs. Il suggère d'utiliser le concept d'optimalité de Pareto pour respecter l'intégralité de chaque critère car il refuse de comparer a priori les valeurs de différents critères. L'utilisation d'une sélection basée sur la notion de dominance de Pareto va faire converger la population vers un ensemble de solutions efficaces.

Définition (La dominance au sens de Pareto) : Considérons un problème de minimisation

Soient : $u = [u_1, \dots, u_n]^T$ et $v = [v_1, \dots, v_n]^T$ deux vecteurs de décision. On dit que le vecteur de décision u domine le vecteur v si et seulement si :

$$\forall i \in \{1,2, \dots, k\}, f_i(u) \leq f_i(v) \wedge \exists i \in \{1,2, \dots, N\}, f_i(u) < f_i(v)$$

Dans le processus d'optimisation multi-objectif, le concept de dominance du Pareto est utilisé afin de comparer et ranger le vecteur de variables des décisions :

u domine v dans le sens du Pareto, signifie que F(u) est mieux que F(v) pour tous les objectifs, et il y a au moins une fonction objectif pour laquelle F(u) est strictement meilleure que F(v).

Définition (Pareto optimal) : Soit $x = [x_1, \dots, x_n]^T$ un vecteur de décision avec : $x \in X$ (L'espace réalisable) x est dit Pareto optimal, s'il n'existe pas une solution y domine x. Une solution Pareto optimal appelée aussi : solution efficace, non inférieure ou non dominée.

Définition (front de Pareto): Le front (frontière) de Pareto est l'ensemble des solutions Pareto optimales qui sont composées des points, ne sont dominés par aucun autre Le front de Pareto appelé aussi surface de compromise ou l'ensemble des solutions efficaces.

4. Les méthodes scalaires :

Le principe est de revenir à un problème mono-objectif via un ensemble de paramètres (poids ou contraintes sur les objectifs par exemple). Nous présentons ici quatre méthodes scalaires : la somme pondérée, la méthode ε –contraintes, la méthode Min-Max et la méthode de Goal Programming.

➤ **Somme pondérée :**

L'une des approches scalaires les plus utilisées est la somme pondérée. Elle consiste à transformer un problème multi-objectif en un problème qui combine les différentes fonctions objectif du problème en une seule fonction U de façon linéaire :

$$U(x) = \sum_{i=1}^n \omega_i * f_i(x)$$

Où les poids ω_i sont compris dans l'intervalle [0,1] et vérifient $\sum_{i=1}^n \omega_i = 1$. Différents poids fournissent différentes solutions ; une même solution pouvant être générée en utilisant des poids différents. Il existe d'autres approches agrégatives mais l'agrégation linéaire est la plus couramment utilisée.

Chapitre II : Optimisation multi-objectif

L'avantage de cette méthode est sa facilité d'implémentation et le fait qu'elle puisse être utilisée avec les méthodes et mécanismes définis pour l'optimisation mono-objectif. Cependant, Das et Dennis [34] ont montré que cette méthode est incapable de trouver les zones concaves du front Pareto quels que soient les poids choisis.

➤ *Méthode ε -contrainte :*

Elle est aussi dite méthode du compromis. Elle transforme un problème d'optimisation multi-objectif en un problème d'optimisation mono-objectif de la façon suivante :

- ✓ Choisir un objectif à optimiser prioritairement.
- ✓ Choisir un vecteur de contraintes initiales ε .
- ✓ Transformer le problème en gardant l'objectif prioritaire et en transformant les autres objectifs en contraintes d'inégalités comme suit :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{minimiser } f_1(x) \\ \text{tel que : } f_2(x) \leq \varepsilon_2 \dots f_m(x) \leq \varepsilon_m \\ x \in X \end{array} \right.$$

Cette approche a l'avantage par rapport à la précédente dans les problèmes non convexes, mais présente plusieurs inconvénients à savoir :

- ✓ Formulation des préférences utilisateur est délicate et nécessite une connaissance approfondie du problème de départ.
- ✓ Les contraintes rajoutées compliquent la résolution du problème.

➤ *Méthode Min-Max :*

Cette méthode consiste à transformer le problème multi-objectif en un problème à un seul objectif où l'on cherche à minimiser l'écart relatif par rapport à un point de référence appelé but fixé par la méthode ou le décideur. Il existe plusieurs manières de caractériser la distance entre un point de référence (le but) et un autre, notamment à l'aide de normes. Une norme est définie de manière suivante :

$$Lr(F(x)) = \left[\sum_{i=1}^m |B_i - f_i(x)| \right]^{\frac{1}{r}}$$

Chapitre II :Optimisation multi-objectif

Les principales normes utilisées sont : $L1(Fx) = \sum_{i=1}^m |Bi - fi(x)|$ la distance classique, et la norme $L\infty(Fx) = \max_{i \in \{1,2,\dots,m\}} (Bi - fi(x))$. . C'est cette dernière qui est utilisée dans l'approche Min-Max appelée aussi approche de Tchebychev:

$$\left| \begin{array}{l} \text{minimiser : } \max (Bi - fi(x)) \\ \text{tel que } g_q(x) \leq 0 \\ \text{avec } x \in R^n, g_q(x) \in R^q, F(x) \in R^m \end{array} \right.$$

Dans cette approche, le point de référence joue un rôle fondamental, s'il est mal choisi la recherche peut s'avérer être très laborieuse.

➤ *Méthode de Goal Programming :*

Dans cette méthode le décideur fixe un but T_i à atteindre pour chaque objectif f_i . Ces valeurs sont ensuite ajoutées au problème comme des contraintes supplémentaires. La nouvelle fonction objectif est modifiée de façon à minimiser la somme des écarts entre les résultats et les buts à atteindre :

$$\min \sum_{i=1}^m |fi(x) * Ti|$$

T_i : représente la valeur à atteindre pour l'i-ème objectif.

Nous pouvons reprendre la critique faite pour la somme pondérée. La méthode est facile à mettre en œuvre mais l'efficacité de la méthode dépend de la définition des poids et des objectifs à attendre. Cette méthode à l'avantage de fournir un résultat même si un mauvais choix initial a conduit le décideur a donné un ou plusieurs buts T_i non réalisables.[7]

5. Les Métaheuristiques :

5.1.Définition et principe :

Le mot métaheuristique est dérivé de deux mots grecs, méta qui signifie au-delà, dans un niveau supérieur, et heuristique qui signifie l'art d'inventer, de faire des découvertes. La décomposition étymologique du mot permet ainsi de comprendre son sens : une heuristique qui permet de trouver d'autres heuristiques, qui favorise l'émergence. Plus simplement on dira que les métaheuristiques forment une

famille d'algorithmes d'optimisation visant à résoudre des problèmes d'optimisation difficile, souvent issus du domaine de la recherche opérationnelle, de l'ingénierie ou de l'intelligence artificielle (Faure et al., 1974). Elles sont apparues au début des années 1980 pour s'attaquer aux problèmes d'optimisation difficile pour lesquels on ne connaît pas de méthodes d'optimisation classiques plus efficaces.

Les métaheuristiques sont des algorithmes stochastiques itératifs qui utilisent alternativement des phases d'exploitation, d'exploration et d'apprentissage (mémorisation) pour rechercher la solution optimale. Elles partent en général d'une solution arbitraire, puis progressent dans la recherche jusqu'à ce qu'un critère d'arrêt spécifié soit atteint. Elles visent à converger vers ce qu'on appelle la niche de l'optimum global (i.e., une sous-population similaire dans le voisinage de la solution optimale), sans prétendre pour autant d'atteindre l'optimum global. Ces algorithmes essaient donc de trouver une approximation de la meilleure solution. La qualité de la solution obtenue résulte donc d'un compromis avec le temps de calcul. Pour améliorer l'efficacité de la recherche, des méthodes déterministes sont souvent utilisées pour générer des solutions de base servant à l'initialisation des algorithmes métaheuristiques. Un des avantages bien connu des métaheuristiques est leur capacité à résoudre les problèmes sans connaissance a priori des formulations mathématiques de ces derniers. En pratique, il suffit de pouvoir associer à une ou plusieurs variables la valeur d'une fonction donnée, comme par exemple le résultat d'une simulation. Cela est bien différent des méthodes déterministes.[9]

5.2. 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.[10]

5.3.Les algorithmes metaheuristique multi objectif :

5.3.1. Vector evaluated genetic algorithm (VEGA) :

Le VEGA proposé par Schaffer (1985), a été la première méthode non agrégative utilisant les algorithmes génétiques pour résoudre un problème d'optimisation multi-objectif. Cet algorithme considère une population de N individus. A chaque génération, la population est divisée en un nombre de sous populations égal au nombre d'objectifs.. Chaque sous population i est sélectionnée en considérant un seul objectif f_i . Ensuite, ces sous populations sont regroupées afin d'obtenir une nouvelle population de N individus et les opérateurs de croisement et de mutation sont appliqués. L'avantage de cet algorithme est qu'il est facile à implémenter et à combiner avec n'importe quel mode de sélection (tournoi, roulette, rang), mais son inconvénient majeur est qu'il a tendance à générer des solutions qui excellent dans un seul objectif, sans tenir compte des autres objectifs (points extrêmes du front). Toutes les solutions de performance moyenne (ne possédant aucun objectif fort) et qui peuvent être de bons compromis, risquent de disparaître avec ce type de sélection.[11]

5.3.2. Multiple Objectives Genetic Algorithm (MOGA) :

Cet algorithme, proposé par Fonseca et Fleming (1993), utilise la notion de dominance pour ranger les individus de la population. Il diffère de l'algorithme génétique standard uniquement dans la manière dont la fitness est assignée pour chaque solution. Pour démarrer l'algorithme, les relations de domination sont d'abord calculées pour chaque solution. Puis, pour une solution i , un rang égal à un plus le nombre de solutions n_i qui dominant la solution i est attribué. Une fitness est ensuite attribuée à chaque solution en fonction de son rang, les individus avec les rangs les plus faibles ayant les meilleures fitness. Afin de maintenir la diversité entre les solutions non dominées, les auteurs utilisent une fonction de partage (Sharing). La méthode permet d'obtenir des solutions de bonne qualité et s'implante facilement. Toutefois, les performances sont très dépendantes de la valeur du paramètre C utilisé dans le sharing.[11]

5.3.3. Nondominated Sorting Genetic Algorithm II (NSGII) :

- Proposé par Deb et al. en 2002.
- Une méthode de classement des solutions d'une population selon les fronts Pareto.
- Une méthode élitiste préservant les meilleures solutions dans la population future.
- Une méthode 'crowd-comparison' pour la sélection élitiste tenant compte de classement et de l'uniformité des fronts Pareto.

• **Les étapes de l'algorithme :**

Etape 1 : Générer la population initiale P de taille N aléatoirement.

Etape 2 : Evaluer toutes les solutions dans P.

Etape 3 : Calculer les rangs des solutions dans P.

Etape 4 : Sélectionner les deux parents en utilisant la "sélection binaire par tournoi".

Etape 5 : Exécution de l'opérateur de croisement.

Etape 6 : Mettre les solutions enfants dans la population suivante G.

Etape 7 : Répéter les étapes de 4 à 6 pour obtenir N solutions enfants dans G.

Etape 8 : Exécution de l'opérateur de mutation

Etape 9 : Générer la population suivante par la "sélection élitiste" sur P et G.

Etape 10 : Répéter les étapes de 4 à 9 jusqu'à la satisfaction des conditions d'arrêt.

Pour chaque individu i d'une population, NSGA-II détermine deux attributs, respectivement un rang de non dominance et une distance 'crowding'. L'ordre partiel est défini par :

$$i < j ; \text{Si } (i_{\text{rank}} < j_{\text{rank}}) \text{ ou } ((i_{\text{rank}} = j_{\text{rank}}) \text{ et } (i_{\text{distance}} = j_{\text{distance}})) [7]$$

Conclusion :

La résolution des problèmes NP-difficile de grande taille et des problèmes avec plus de deux objectifs, impose l'utilisation des heuristiques et en particulier les métaheuristiques. Néanmoins, les méthodes exactes peuvent être utiles lorsque des sous-problèmes peuvent être extraits du problème global.

Chapitre III

Problématique et résolution multi objectif

De nombreux problèmes réels peuvent être exprimé comme des problèmes d'optimisation multi-objectif. Un grand nombre d'entre eux sont des problèmes NP-difficile qui ne peuvent pas être résolus de manière exact et dans un temps raisonnable, dans ce cas, on passe à des méthodes approchées qui sont les métaheuristique multiobjectifs tel que NSAGII, que nous avons utilisée pour résoudre notre problème.

1. 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 de sang est un phénomène récurrent et de nombreuses actions sont mises en place. 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 située 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 optimiser le réseau des véhicules de don de sang avec une approche multiobjectif et multi-période pour 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 optimiser 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 donneurs et maximiser la quantité de sang collectée.

Ce problème est représenté par un modèle de localisation des véhicules de don du sang où les donneurs sont les fournisseurs et les patients sont les clients. Avec deux objectifs contradictoires où la première est de minimiser les coûts de stockage, de déplacement entre bloodmobile et la banque de sang et le coût de déplacement entre deux bloodmobiles en passant d'une période à l'autre, la seconde est de maximiser le don donc les quantités de sang collectées. 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.

Nous allons résoudre ce problème en utilisant les métaheuristiques multiobjectifs qui nous permettront d'obtenir une solution proche de l'optimale, nous proposons un modèle mathématique du problème et un programme VBA implémentant un algorithme NSGA-II pour obtenir une solution du problème indiquant les emplacements des bloodmobiles dans chaque période avec un compromis entre les coûts et les quantités collectées.

2. 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.

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 stockage maximales.
- 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 ;

Chapitre III : Problématique et résolution multi-objectif

DS_i : Distance entre le bloodmobile i et la banque de sang;

$DSB_{ii'}$: distance entre bloodmobile i et i' ;

Dem : demande de la banque du sang ;

h_i : 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_i : Capacité de stockage du bloodmobile i.

Variables de décisions :

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

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

Qsb_i^t : Quantité du sang collectée dans le bloodmobile i lors de la période t ;

$Qsbs^t$: Quantité du sang collectée dans la banque de sang.

Fonctions objectifs :

$$\begin{aligned} \min \sum_{t \in T} \sum_{i \in I} Qsb_i^t * h_i + \sum_t Qsbs^t * hbs + 2 * nd * \sum_{t \in T} \sum_{i \in I} DS_i * X_i^t \\ + \sum_{t=2}^N \sum_{i \in S_0^{t-1}} \sum_{i' \in S_f^{t-1}} DSB_{ii'} * Z_{ii'}^t \dots \dots \dots (3.1) \end{aligned}$$

$$\max = \sum_t Qsb_i^t \dots \dots \dots (3.2)$$

Sous les contraintes :

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i \in I} X_i^t = P \quad \forall t \dots \dots \dots (3.3) \\ Qsb_i^t \leq Cap_i * X_i^t \quad \forall i, \forall t \dots \dots \dots (3.4) \\ Qsbs^t \leq Cap \quad \forall t \dots \dots \dots (3.5) \\ \sum_{i \in I} Qsb_i^t + Qsbs^t \geq dem_t \quad \forall t \dots \dots \dots (3.6) \\ X_i^t = 1 - X_i^{t-1} \quad \forall t \geq 2, \forall i \in S_o^{t-1} \dots \dots \dots (3.7) \\ \sum_{i' \in S_f^{t-1}} Z_{ii'}^t \leq X_i^t \quad \forall t \geq 2, \forall i' \in S_f^{t-1} \dots \dots \dots (3.8) \\ \sum_{i' \in S_f^{t-1}} Z_{ii'}^t = 1 \quad \forall t \geq 2, \forall i \in S_o^{t-1} \dots \dots \dots (3.9) \\ \sum_{i \in S_o^{t-1}} \sum_{i' \in S_f^{t-1}} Z_{ii'}^t = P \quad \forall t \geq 2 \dots \dots \dots (3.10) \\ Z_{ii'}^t = 0 \quad \forall i \in I, \forall i' \in S_o^{t-1}, \forall t \geq 2 \dots \dots \dots (3.11) \\ Qsbs^t, Qsb_i^t \in N \quad \forall i, \forall t \dots \dots \dots (3.12) \\ X_i^t, Z_{ii'}^t \in \{0,1\} \quad \forall i, i', \forall t \dots \dots \dots (3.13) \end{array} \right.$$

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 fonction objectif (3.2) consiste maximiser le don dans chaque période t dans les sites potentiels i choisis.
- La contrainte (3.3) fixe le nombre des bloodmobiles à localiser pour chaque période t.
- Les contraintes (3.4) et (3.5) visent à contrôler les quantités du sang collectées dans chaque bloodmobile localisé et la banque de sang afin de ne pas dépasser leur capacité de stockage.
- La contrainte (3.6) assure la satisfaction de la demande.
- La contrainte (3.7) oblige la fermeture des sites localisés dans la période t-1 pendant la période t.
- La contrainte (3.8) assure le déplacement des bloodmobiles depuis leur localisation de la période t-1 vers un emplacement localisé lors de la période t.
- La contrainte (3.9) impose que chaque bloodmobile doit être déplacé vers une et une seule localisation durant la période t.

Chapitre III : Problématique et résolution multi-objectif

- La contrainte (3.10) sert à fixer le nombre des bloodmobile déplacé durant la période t qui ègale au nombre de bloodmobiles localisès.
- La contrainte(3.11) interdit le dèplacement des bloodmobiles vers les localisations fermées durant la période t .
- Les contraintes (3.12) et (3.13) définissent les domaines des variables de décision.

3. Approche de résolution :

La résolution du problèmes multiobjectifs relève de deux disciplines assez différentes. En effet, résoudre un problème multiobjectif peut être divisé en deux phases :

- la recherche des solutions de meilleur compromis : C'est la phase d'optimisation multiobjectif.
- le choix de la solution à retenir : C'est la tâche du décideur qui, parmi l'ensemble des solutions de compromis, doit extraire celle qu'il utilisera. On parle alors ici de décision multiobjectif et cela fait appel à la théorie de la décision.

Parmi les algorithmes d'optimisation multi-objectif, le NSGA-II semble être aujourd'hui l'une des techniques de référence qui garantit la diversité des solutions Pareto-optimal (non dominance).

NSGA-II est une version modifiée de l'algorithme NSGA. C'est une approche rapide, élitiste et sans paramètres qui manipule une population de solutions et utilise un mécanisme explicite de préservation de la diversité.

Pour résoudre notre problème nous avons programmé le modèle mathématique avec l'algorithme métaheuristique multi-objectif NSGA-II sous le langage VBA.

3.1. Visuel Basic pour application VBA :

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

3.2. Codage des solutions :

On a choisit un codage entier qui représente les quantités de sang collectées dans la banque du sang et les bloodmobiles.par exemple :

450	143	0	0	0	0	0	0	98	0	112	0
-----	-----	---	---	---	---	---	---	----	---	-----	---

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 et maximiser les quantités de sang collectées. 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).

Cinq données sont nécessaires pour pouvoir exécuter notre programme sous (VBA) à savoir les capacités de la banque de sang et des bloodmobiles, 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.

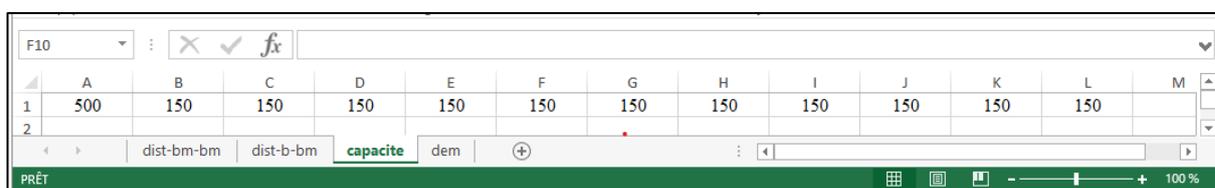
L'obtention de données réelles nous a été impossible vue la situation que le monde a vécu à cause de la pandémie du covid-19. Par conséquent, les données utilisées ont été générées aléatoirement en se basant sur des lois uniformes.

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 et 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.



The screenshot shows an Excel spreadsheet with a formula bar at the top containing 'F10' and a formula icon. The spreadsheet has columns labeled A through M and rows 1 and 2. Row 1 contains the values 500, 150, 150, 150, 150, 150, 150, 150, 150, 150, 150, 150, 150. Row 2 is empty. The bottom status bar shows 'PRÊT' and a zoom level of 100%.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	500	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
2													

Figure III.1 : les capacités de la banque de sang et des bloodmobiles

➤ **La demande de l'hôpital :**

Ce vecteur représente le besoin de l'hôpital en terme de sang dans chaque période, elle est représentée par la variable dem. Notons que cette valeur change d'une période à l'autre.

	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												

Figure III.2 : la demande de l'hôpital pour p=3

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	913	890	1011	853	903	1040	912	1072	1019	1095	1005	908
2												

Figure III.3 : la demande de l'hôpital pour p=5

➤ **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 Damerджи ;
8. La grande poste de Tlemcen ;
9. Gare Routière de Tlemcen ;

10. Siège Wilaya de Tlemcen ;

11. Centre Commercial Imama Tlemcen.

	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												

Figure III.4 : la distance entre la banque de sang et les sites potentiels

➤ **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.

	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 III.5 : la distance entre les sites potentiels

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

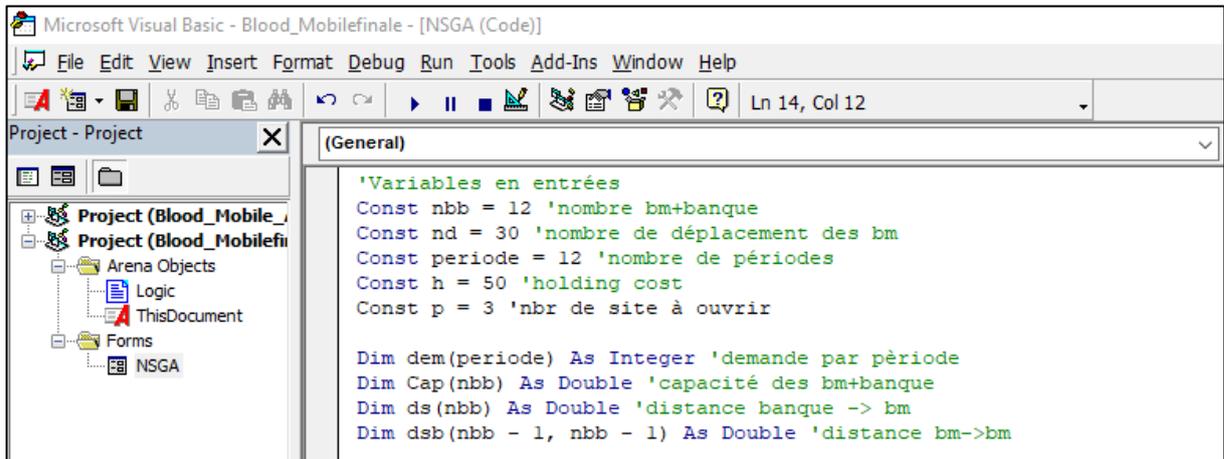
C'est une valeur approximative de stockage d'une poche de sang dans une journée appelé « h » que nous avons considèrè.

h=50.

➤ **Le nombre de déplacement dans une période :**

Le bloodmobile doit déplacer chaque jous vers le site potentiel et reviendra vers l'hôpital pour délivrer les poches de sang collectées.

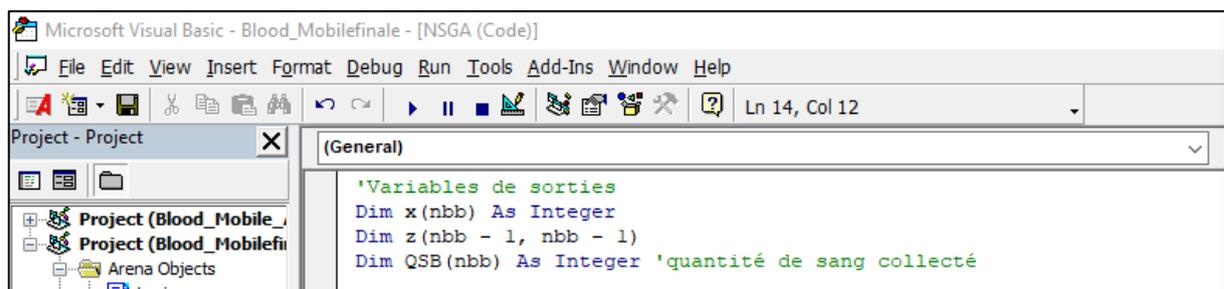
nd=30.



```
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 III.6 : les variables en entrée dans le programme sous VBA



```
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 de sorties
Dim x(nbb) As Integer
Dim z(nbb - 1, nbb - 1)
Dim QSB(nbb) As Integer 'quantité de sang collecté
```

Figure III.7 : les variables de décision dans le programme sous VBA

4. Les résultats obtenus sous VBA :

Le programme que nous avons développé sous VBA minimise les coûts et maximise les quantités collectées pendant 12 périodes 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 ». Il contient trois variables de décision. La première variable nommée « x_i » est binaire, elle est égale à 1 si le site est ouvert, 0 sinon. La deuxième variable nommée « Qsb_i » est un vecteur contenant des valeurs entières qui représentent la quantité de sang collectée dans la banque de sang et les bloodmobiles dans une période. La troisième variable appelée Z_{ij} est une matrice binaire, elle est égale à 1 si le bloodmobile est déplacé du site i vers le site j d'une période à l'autre, 0 sinon.

Après l'exécution du programme, un fichier EXCEL est créé. Il contient cinq feuille pour chaque période, X_j , Qsb_j , Z_{ij} ainsi que le Coût & Qte qui présente les valeurs des deux fonctions objectifs et le Front pareto.

Chapitre III : Problématique et résolution multi-objectif

4.1. les résultats obtenus dans la première période pour P=3 :

Les sites choisis dans la première période sont : 5, 7 et 10.

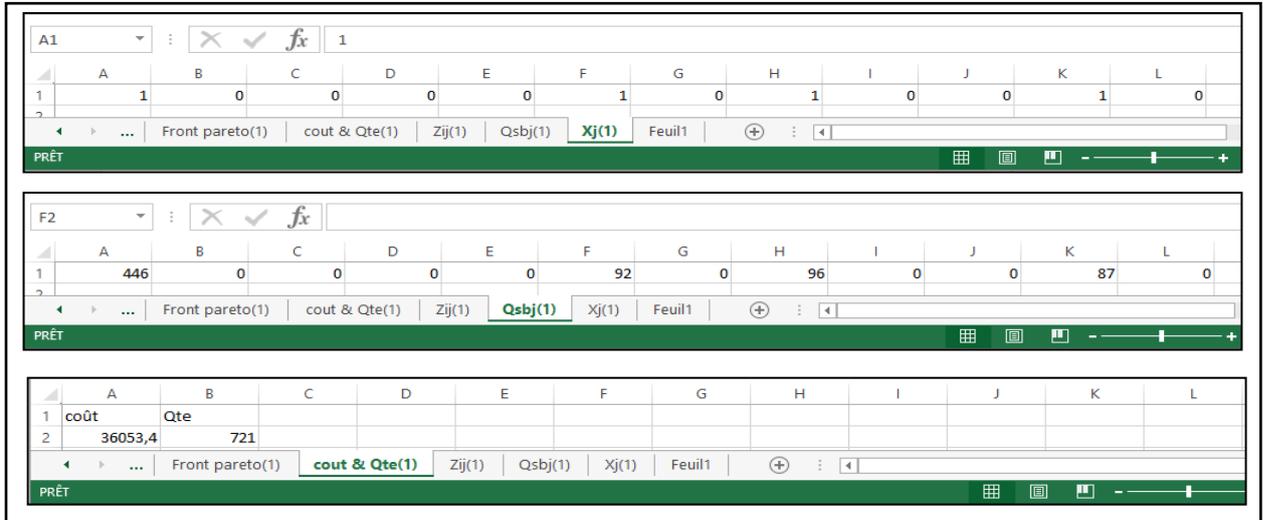


Figure III.8 : les résultats de la première période sous VBA

4.2. Les résultats obtenus dans la deuxième période pour P=3 :

Les sites choisis dans la première période sont : 2, 4 et 9.

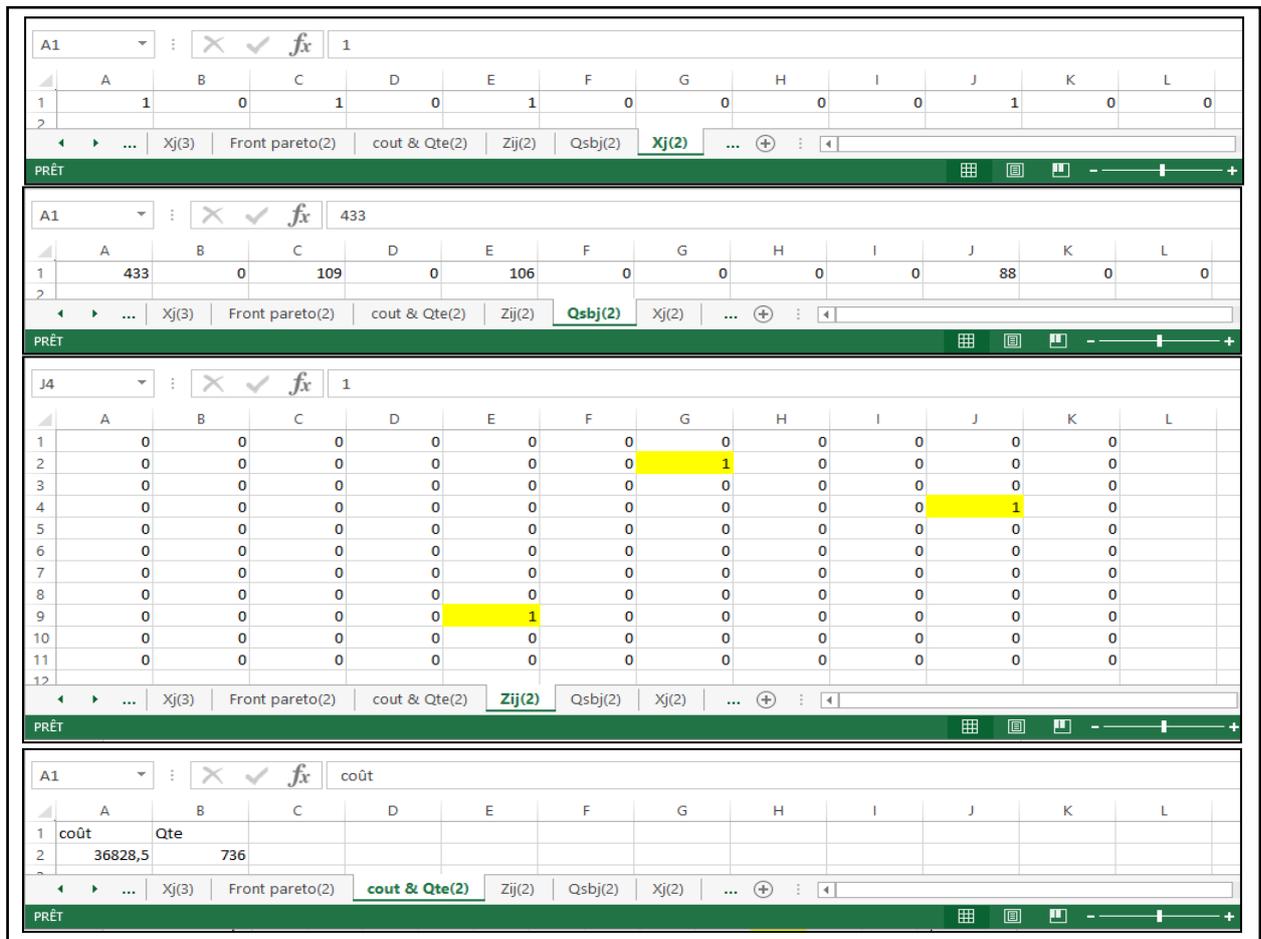


Figure III.9 : les résultats de la deuxième période sous VBA

4.3. les résultats obtenus dans chaque période pour P=3 :

Période t	1	2	3	4	5	6
Sites choisis	5,7,10	2,4,9	5, 7, 10	4, 6, 8	3, 5, 10	1, 7, 9
Fonction objectif min	36053.4	36828.5	36464.2	38275.4	34423.7	39867.5
Fonction objectif max	721	736	729	765	688	797
Demande de l'hôpital	721	623	691	765	613	797
Quantité de sang collectée(QSC)	446	443	435	446	401	493
	92	109	81	150	80	82
	96	106	89	89	125	129
	87	88	124	80	82	93

Période	7	8	9	10	11	12
Sites choisis	2,3,4	1,7,10	4,8,9	1,5,7	3,4,9	1,2,8
Fonction objectif min	33674.7	39314.3	36367	40460.4	344423.7	37068.06
Fonction objectif max	673	786	727	809	688	741
Demande de l'hôpital	613	786	707	809	683	664
Quantité de sang collectée	404	493	442	497	414	447
	96	81	85	117	84	96
	88	85	115	104	93	101
	85	127	85	91	97	97

Tableau III.1 : les résultats obtenus dans chaque période pour P=3

4.4. les résultats obtenus dans chaque période pour P=3 :

Période t	1	2	3	4	5	6
Sites choisis	4,5,6, 7,10	1,2,8, 9,11	4,5,6, 7,10	1,3,8, 9,11	2,4,5, 6,10	1,3,7, 8,9
Fonction objectif min	45665.1	50233.27	50586.3	50730.37	53640.6	52027.36
Fonction objectif max	913	1004	1011	1014	1072	1040
Demande de l'hôpital	913	890	1011	853	903	1040
Quantité de sang collectée(QSC)	437	414	408	414	454	141
	100	104	127	96	121	112
	99	121	122	131	104	136
	81	146	93	118	120	104
	81	98	150	122	149	121
	115	121	111	133	124	126

Période t	7	8	9	10	11	12
Sites choisis	4,5,6, 10,11	1,2,7, 8,9	3,4,6, 10,11	1,5,7, 8,9	3,4,5, 10,11	1,5,6, 7,8
Fonction objectif min	49478.9	53627.66	522588.1	54774.96	50281.71	52085.86
Fonction objectif max	989	1072	1051	1095	1005	1041
Demande de l'hôpital	912	1072	1019	1095	1005	908
Quantité de sang collectée(QSC)	407	429	428	440	405	423
	118	131	127	131	104	121
	82	134	150	124	94	150
	124	134	104	150	123	106
	136	142	120	126	129	121
	122	102	122	124	150	120

Tableau III.2 : les résultats obtenus dans chaque période pour P=5

Chapitre III : Problématique et résolution multi-objectif

Les résultats obtenus montrent une augmentation des quantités collectées au niveau des bloodmobiles ainsi que la banque de sang par rapport à la solution obtenue dans le projet d'ingénieur où nous avons considéré un seul objectif, ceci est principalement dû à la considération d'un deuxième objectif maximisant la collecte. En effet, les solutions obtenues représentent un compromis entre les deux objectifs qui sont contradictoires où l'augmentation des quantités collectées améliore la deuxième fonction objectif au détriment de la première.

Conclusion :

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. L'objectif de ce chapitre est de développer et d'appliquer le modèle sous VBA pour obtenir la meilleure localisation des bloodmobiles en minimisant les différents coûts et en maximisant la quantité de sang collecté.

Conclusion générale :

En effet ce projet de Master était une étape très importante dans notre cycle de formation ,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 approche multi-objectif et multi-période pour optimiser le 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, de minimiser les coûts et maximiser le dons.

Les résultats obtenus sont très encourageantes 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 multiobjectif et mutli-périodes proposé permet d'augmenter la quantité collectée du sang même si cette quantité dépasse la demande client. Ceci augmentera certainement les coûts de stockage mais offrira une autre alternative à la banque de sang.

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.
- [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] “sang @ 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)).
- [6] P. Donner, D. U. Sang, C. Se, P. Un, and L. E. D. O. N. D. E. Plasma, “Le guide du donneur.”
- [7] F.MALIKI, “isciplinaireL’optimisation multiobjectif NSGA-II,” 2019, [Online]. Available: ESSAT.
- [8] “optimisation,” 2017. <https://tempsdereaction.wordpress.com/2017/03/05/optimisation/>.
- [9] J. Dipama, “Optimisation Multi-Objectif Des Systèmes Énergétiques,” 2010.
- [10] M. Sevaux, “Algorithmes multi-objectif,” 2006.
- [11] T. Iii and P. Sabatier, “éthodologie de conception de contrôleurs intelligents par l’approche génétique- application à un bioprocédé,” 2009.