

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Ecole Nationale Supérieure de Management
Koléa



وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
المدرسة الوطنية العليا للمناجنت
القليعة

MEMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

En vue de l'obtention d'un Master Académique
en « Management de la chaîne logistique »

**Optimisation des coûts du transport de la
distribution des produits pétroliers**

Cas : SPA NAFTAL CHLEF

Élaboré par :

MIMOUN Farah Ibtissam

Encadré par :

Dr. IRATEN Sabrina

Dr BOUCHETARA Mehdi

Année universitaire 2023-2024

RESUMÉ

L'étude menée dans ce travail vise à optimiser les coûts de transport de distribution au sein de l'entreprise NAFTAL, spécialisée dans la distribution de produits pétroliers tels que l'essence sans plomb et le gasoil, en utilisant des techniques de recherche opérationnelle.

En se concentrant sur la programmation linéaire et en particulier sur les méthodes d'approximation de Vogel (VAM) et MODI, l'objectif était de minimiser les coûts tout en respectant les niveaux d'offre et de demande, afin de maximiser les bénéfices. Les résultats obtenus ont montré une réduction significative des coûts de transport de l'entreprise NAFTAL, avec une diminution de 27,67% grâce à l'optimisation mise en place.

Cette analyse met en lumière l'importance cruciale de l'optimisation des coûts logistiques pour améliorer la rentabilité des entreprises, surtout dans un environnement économique concurrentiel. Les conclusions de ce projet soulignent ainsi l'efficacité des méthodes de recherche opérationnelle dans la gestion des coûts de transport et leur impact positif sur la performance globale de l'entreprise.

Mots-clés : optimisation, recherche opérationnelle, programmation linéaire, méthode d'approximation de Vogel, MODI, Matlab.

ABSTRACT

The study conducted in this work aims to optimize transportation costs within the company NAFTAL, specialized in the distribution of petroleum products such as unleaded gasoline and diesel, using operational research techniques.

By focusing on linear programming, specifically Vogel approximation method (VAM) and MODI, the goal was to minimize costs while adhering to supply and demand levels to maximize profits.

The results showed a significant reduction in NAFTAL's transportation costs, with a decrease of 27.67% through the implemented optimization. This analysis highlights the crucial importance of optimizing logistical costs to enhance company profitability, especially in a competitive economic environment. The conclusions of this project thus emphasize the effectiveness of operational research methods in managing transportation costs and their positive impact on overall company performance.

Keywords: optimization, operational research, linear programming, Vogel approximation method, MODI, Matlab.

المخلص

يهدف هذا البحث إلى تحسين تكاليف النقل داخل شركة "نفثال" المتخصصة في توزيع منتجات البترول، مثل البنزين والديزل، باستخدام تقنيات البحث العملي. تركز الدراسة بشكل خاص على البرمجة الخطية، وتحديدًا على طريقة تقريب فوجل (VAM) وMODI، بهدف تقليل التكاليف مع الالتزام بمستويات العرض والطلب لتحقيق أقصى قدر من الأرباح.

أظهرت النتائج انخفاضًا كبيرًا في تكاليف النقل حيث بلغت 27.67%. مؤكدة بذلك فعالية أساليب البحث العملي في إدارة تكاليف النقل وتأثيرها الإيجابي على الأداء العام للشركة.

الكلمات المفتاحية: تحسين، بحث عملي، برمجة خطية، طريقة تقريب فوجل، MODI، مطلب.

REMERCIEMENTS

Je remercie tout d'abord, Dieu le tout puissant d'avoir guidé mes pas vers les ports du savoir.

Je tiens à me remercier pour cette réalisation

Aux piliers de ma vie, les sources infinies d'amour et de soutien mes parents et mes sœurs, je suis fier de vous avoir dans ma vie.

J'exprime mes plus grandes reconnaissances, et mes remerciements à mes encadreurs Dr IRATEN Sabrina et Dr BOUCHTARA Mahdi et ainsi qu'à mon tuteur de stage Mr BENSADIA Abdellah pour leur aide précieuse, conseils et orientation dans la direction de ce projet, et pour les avoir guidés dans ce travail, en conjuguant habilement disponibilité, conseils et critiques sérieuses.

Je témoigne mes reconnaissances particulières à Dr BOUSSALIA Rayan pour ses aides tout au long de ce parcours universitaire,

Enfin, merci à tous ceux qui ont contribué directement ou indirectement à la réalisation de cet humble travail, je remercie également tous les professeurs de l'ENSM, ainsi que toutes les personnes qui m'ont formé au sein de NAFTAL Discret Chlef.

Table des matières

| | |
|---|------|
| RESUMÉ | I |
| REMERCIEMENTS | IV |
| LISTE DES TABLEAUX | VIII |
| LISTE DES FIGURES | IX |
| LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES | X |
| INTRODUCTION | 1 |
| 1. Contexte de l'étude | 2 |
| 2. Justification de l'importance du sujet | 3 |
| 3. L'objectif de l'étude | 3 |
| 4. Problématique et question de recherche : | 3 |
| 5. Annonce de plan | 4 |
| CHAPITRE I : CADRE THEORIQUE | 5 |
| Introduction | 6 |
| Section 1 : Revue de littérature | 7 |
| 1. Introduction au domaine de l'optimisation des couts de transport | 7 |
| 2. Les problèmes de transport | 7 |
| 3. Les méthodes d'optimisation des couts du transport | 8 |
| 4. Synthèse | 13 |
| Section 2 : Cadre conceptuel | 14 |
| 1. Le transport et la gestion des couts | 14 |
| 2. Transport des matières dangereuses | 14 |
| 2.1 Définition de la matière dangereuse | 14 |
| 2.2 Différents modes de transport des matières dangereuses | 14 |
| 2.3 Les principaux risques liés au transport des matières dangereuses | 15 |
| 3. Le coût de transport | 16 |
| 3.1 Définition encyclopédique de cout : | 16 |
| 3.2 Définition de cout selon la comptabilité de gestion | 17 |
| 3.3 La classification des coûts | 17 |
| 3.4 Les différents facteurs qui influencent sur les coûts du transport | 18 |
| 3.5 Techniques de réduction des coûts dans le transport | 19 |
| 3.6 L'impact de l'optimisation des coûts de transport sur la rentabilité de l'entreprise : .. | 20 |
| 4. Le modèle de transport programmation linéaire et les méthodes d'optimisation | 21 |

| | | |
|--------|--|-----------|
| 4.1 | Elaboration d'un modèle de programme linéaire..... | 21 |
| 4.2 | Formulation du modèle mathématique linéaire | 21 |
| 4.3 | Enoncé général du problème de transport..... | 22 |
| 4.4 | Structure du problème de transports | 23 |
| 4.5 | Méthodes de résolution d'un problème de transport..... | 24 |
| 4.5 .1 | L'approche du coin nord-ouest | 24 |
| 4.5.2 | L'approche du moindre coût | 26 |
| 4.5.3 | L'approximation de Vogel..... | 27 |
| 4.5.4 | la méthode Stepping Stone..... | 28 |
| 4.5.5 | Méthode de Distribution Modifiée..... | 29 |
| 4.6 | Logigramme de la résolution d'un problème de transport..... | 30 |
| | Conclusion | 31 |
| | CHAPITRE II : CADRE MÉTHODOLOGIQUE ET L'ORGANISME D'ACCUELIE | 53 |
| | Section 1 : Méthodologie de recherche..... | 54 |
| 1. | La méthodologie de recherche | 54 |
| 2. | Présentation et position du problème : | 55 |
| 3. | Collecte de données : | 55 |
| | Section 2 : Présentation de l'entreprise..... | 56 |
| 1. | Présentation de district NAFTAL CHLEF | 56 |
| 1.1 | Mission du District de CHLEF | 56 |
| 1.2 | Moyens Humains du District : | 56 |
| 1.3 | des information sue l'activité du District par Axe de produit..... | 57 |
| 1.4 | L'organigramme de District de CHLEF..... | 58 |
| 1.5 | Les couts de transport : | 59 |
| 1.6 | La méthode actuelle de distribution et le détail de la fonction dispatching :..... | 59 |
| 1.7 | PRÉSENTATION DU SYSTÈME " DISPATCHING CARBURANTS" | 60 |
| 1.8 | CHAMP D'APPLICATION : | 60 |
| 1.9 | Processus de Livraison des Carburants (Réception Commandes, Dispatching et Facturation)..... | 61 |
| 2. | Dispatching et Gestion des distributions : Optimisation des Coûts..... | 66 |
| 2.1 | Formulation du modèle mathématique linéaire (Programmation linéaire)..... | 67 |
| | Conclusion | 68 |
| | CHAPITRE III : CADRE PRATIQUE | 69 |
| 1. | Présentation de Matlab..... | 70 |

| | |
|---|-------|
| 1.1 La programmation avec MATLAB | 71 |
| 2. Rappel des méthodes Vogel et Modi..... | 72 |
| 3. Description des données : | 72 |
| 3.1 la matrice Coûts de transport cij : | 73 |
| 3.2 Capacités des dépôts et centres de stockages..... | 75 |
| 3.3 Demandes des clients : | 76 |
| 4. Résultats et interprétation des résultats..... | 78 |
| 4.1 1 ère phase : solution de base..... | 78 |
| 4.2 2eme phase : solution optimale..... | 80 |
| 4.3. Analyse comparative des coûts actuels de l'entreprise avec les résultats des méthodes Vogel et MODI | 82 |
| 5. Discussion des résultats | 83 |
| Conclusion | 84 |
| CONCLUSION GENERALE..... | 69 |
| BIBLIOGRAPIE..... | 72 |
| LES ANNEXES | XI |
| Annex A- l'organigramme de NAFTAL | XII |
| Annex B-accuse de réception..... | XIII |
| Annex C- demande de paiement..... | XIV |
| Annex D- facture..... | XV |
| Annex E-relevé des facturations | XVI |
| Annex F-prix unitaire de transport..... | XVII |
| Annex G- suite prix unitaire de transport | XVIII |
| Annex H- prix unitaire de transport | XIX |
| Annex I-code Matlab utilisé..... | XX |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|---|----|
| Tableau 1 : les résultats quantitatifs obtenus à travers l'application des méthodes de recherche opérationnelle..... | 12 |
| Tableau 2 Structure du problème de transport | 23 |
| Tableau 3 : L'approche du coin nord-ouest | 25 |
| Tableau 4 : L'approche du moindre coût | 26 |
| Tableau 5 : L'approximation de Vogel | 28 |
| Tableau 6 : les réseaux de Distribution..... | 57 |
| Tableau 7 : Moyen de distribution | 57 |
| Tableau 8 Evolution des ventes(m3)..... | 58 |
| Tableau 9 : Les 60clients de produit gasoil..... | 73 |
| Tableau 10 : Les 50 clients pour le produit essence sans plomb | 74 |
| Tableau 11 La capacité de gasoil | 76 |
| Tableau 12 La capacité essence Sans plomb..... | 76 |
| Tableau 13 : La demande de gasoil(m3) | 76 |
| Tableau 14 : La demande essence Sans plomb(m3) | 77 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|--|------|
| Figure 1: Le pourcentage d'utilisations de différents modes de transport des marchandises dangereuses | 15 |
| Figure 2 : La structure graphique de problème de transport (Le graphe biparti)..... | 22 |
| Figure 3: Les formes des boucles de la méthode Stepping stone..... | 29 |
| Figure 4 : Logigramme de la résolution d'un problème de transport | 30 |
| Figure 5: Le siège de district Chlef..... | 56 |
| Figure 6: interface Matlab..... | 71 |
| Figure 7: Une représentation simplifiée pour les méthodes de transport de Vogel (VAM) et de distribution modifiée (MODI)..... | 72 |
| Figure 8 : La matrice des coûts de transport de gasoil de chaque pair source client..... | 74 |
| Figure 9 : La matrice des coûts de transport de l'essence sans plomb de chaque pair source client..... | 75 |
| Figure 10 : Résultats de la méthode de Vogel pour le premier produits « le gasoil » avec MATLAB..... | 78 |
| Figure 11 : résultats de la méthode de Vogel pour le deuxième produits l'essence Sans plomb avec MATLAB..... | 79 |
| Figure 12 : Résultats de la méthode de MODI pour le premier produit « le gasoil » avec MATLAB..... | 80 |
| Figure 13 : Résultats de la méthode de MODI pour le deuxième produit « l'essence Sans plomb » avec MATLAB..... | 81 |
| Figure 14 : les résultats totaux des couts avant et après l'utilisation de Vogel et MODI | 82 |
| Figure 15 : L'organigramme de NAFTAL | XII |
| Figure 16 : accuse de réception..... | XIII |
| Figure 17 : demande de paiement | XIV |
| Figure 18 : facture | XV |
| Figure 19 : relevé des facturations | XVI |
| Figure 20 : prix unitaire de transport | XVII |

LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

- **FRC** : formulaire réception commandes
- **GD** : gestion directe
- **GPL** : gaz de pétrole liquéfié).
- **Modi** : Méthode de Distribution Modifiée
- **MOTP** : Multi-objective transportation problems
- **NAFTAL** : NAFT=pétrole, AL =Algérie
- **NWC** : North West Corner
- **RO** : recherche opérationnelle
- **SPA** : société par action
- **TMD** : transport de marchandise dangereux
- **VAM** : Méthode d'approximation



INTRODUCTION

1.Contexte de l'étude

Dans le réseau complexe des chaînes d'approvisionnement mondiales, le transport est le lien principal qui reliant le commerce et l'industrie. Au cours de ces dernières années, Les forces dynamiques de la mondialisation ont fait passer le transport d'un simple impératif logistique à une orientation stratégique au sein des chaînes de distribution organisationnelles, Ce changement a été soutenu par des changements au niveau économique mondial, particulièrement caractérisé par la montée des BRICS (Brésil, Russie, Inde, Chine) et Vista (Vietnam, Indonésie, Afrique du Sud, Turquie et Argentine) (Coyle et al., 2016).

Aujourd'hui, dans l'économie compétitive, chaque entreprise est en constante évolution. Pour rester compétitives, ces dernières doivent recourir à des méthodes scientifiques telles que la recherche opérationnelle, notamment pour résoudre des problèmes liés à l'optimisation et à la modélisation de leurs chaînes de distribution. Comme l'ont fait les pays mentionnés précédemment, l'efficacité du transport affecte non seulement la circulation des marchandises, mais aussi le succès global de la chaîne d'approvisionnement, ce qui rend les entreprises adaptables et prospères dans un environnement en constante évolution.

La recherche opérationnelle se compose de diverses approches méthodologiques et techniques rationnelles qui cherchent à identifier la meilleure façon de prendre des décisions et d'atteindre des objectifs spécifiques, ou d'obtenir les meilleurs résultats possibles. C'est ce qu'on appelle les méthodes d'aide à la décision, et ce, grâce à l'utilisation de divers modèles pour étudier et résoudre des situations complexes. Il permet ainsi aux décideurs d'évaluer les problèmes et de choisir les options les plus efficaces, comme Javier Andreas Rodriguez a considérait relation entre la recherche opérationnelle et le management est symbiotique.

D'autre part, selon (Luneau, 2023), l'optimisation de la forme est un domaine très large comprenant un éventail de techniques, à la fois théoriques et numériques, pour modéliser et déterminer des formes optimales par rapport à un large éventail de critères et de contraintes, l'optimisation en mathématiques, L'informatique, l'économie et d'autres domaines indiquent la sélection du meilleur élément d'une gamme d'alternatives disponibles. Dans les cas les plus simples, cela signifie résoudre des problèmes lorsque l'on cherche à minimiser ou à maximiser une fonction réelle en sélectionnant systématiquement des valeurs variables réelles ou correctes dans un ensemble autorisé, ces défis surviennent principalement pendant la phase de distribution de la chaîne d'approvisionnement.

La distribution est le processus de distribution des biens produits par l'entreprise aux consommateurs. Ce processus est extrêmement important car il est responsable de la détermination du prix du produit et donc du pourcentage de profit des biens produits et commercialisés. Cependant, ce processus est souvent entravé par les problèmes de transport actuels. Par exemple, comment réduire les coûts de transport dans le processus de distribution ? comment mettre en œuvre le processus de distribution afin que les marchandises produites atteignent rapidement les consommateurs ? et de nombreuses autres questions. Parmi les méthodes adoptées pour résoudre les problèmes de distribution dans le transport des marchandises ceux liés à l'optimisation, telles que la recherche de l'itinéraire le plus court par la distribution, Ainsi, l'utilisation de méthodes d'optimisation dans la recherche opérationnelle en particulier la programmation linéaire peut aider les entreprises à améliorer leur processus de distribution et à maximiser leurs profits grâce à une gestion efficace des flux logistiques.

2. Justification de l'importance du sujet

Une gestion logistique efficace est essentielle pour les entreprises, car elle affecte directement leur rentabilité et leur compétitivité. Dans le cas de NAFTAL, une entreprise spécialisée dans la commercialisation et la distribution de produits pétroliers, l'optimisation des coûts de transport pourrait avoir un impact significatif sur sa rentabilité. En planifiant mieux les itinéraires de distribution et en optimisant les volumes de livraison, NAFTAL peut réduire ses coûts logistiques tout en maintenant un niveau élevé de satisfaction client.

3. L'objectif de l'étude

Les objectifs de cette étude sont les suivants :

- **Premièrement**, analyser les exigences (besoins) de distribution de l'essence sans plomb et du gasoil pour le mois de janvier 2024 en fonction de la demande des clients et des capacités des sources d'approvisionnement.
- **Deuxièmement**, déterminer les volumes de livraison (quantités suffisantes) nécessaires pour chaque source de carburant afin de répondre efficacement à la demande des clients tout en réduisant les coûts logistiques.
- **Troisièmement**, identifier les itinéraires de distribution les plus rentables en termes de coûts de transport pour chaque source de carburant et pour l'ensemble de la clientèle .

4. Problématique et question de recherche :

Comment optimiser les coûts liés au transport dans le processus de distribution des produits pétroliers, notamment l'essence sans plomb et le gasoil ?

5. Annonce de plan

Ce travail est organisé et structuré en trois parties comme suite :

- **Le premier chapitre**, aborde la partie théorique de cette étude ou il est divisé en deux grandes sections la première consacrée pour la revue de littérature, et la deuxième pour le cadre conceptuel qui est divisé en deux sous-sections, le transport et la gestion des coûts et le modèle de transport (programmation linéaire) et les méthodes d'optimisation ;
- **Le second chapitre**, est consacré au cadre méthodologique, présentation et position du problème avec une brève présentation de l'entreprise d'accueil (NAFTAL) ;
- **Le troisième chapitre** consiste à présenter la partie pratique, donc le traitement des données, l'application des méthodes de résolution plus les résultats et la discussion.

CHAPITRE I : CADRE THEORIQUE

Introduction

Le transport de marchandises est un pilier fondamental de l'économie mondiale, malgré les divers défis et problèmes auxquels il est confronté. Ce chapitre vise à explorer le cadre théorique pour une compréhension approfondie des problèmes de transport et des moyens d'optimisation des coûts associés. Par une revue de la littérature, il a abordé les principaux défis rencontrés dans le domaine des transports, ainsi que les différentes méthodes d'optimisation des coûts. En outre, un cadre conceptuel détaillé a été présenté sur les caractéristiques du secteur, les risques associés au transport de marchandises dangereuses, les moyens de transport disponibles, les coûts associés et les moyens de résoudre les problèmes de transport et l'impact de l'optimisation des coûts de transport sur la rentabilité de l'entreprise, donc cette partie permettra de poser les bases nécessaires à une analyse approfondie des enjeux liés au transport de marchandises.

Section 1 : Revue de littérature

1.Introduction au domaine de l'optimisation des coûts de transport

Le domaine de l'optimisation des coûts de transport (CTT) joue un rôle central dans les opérations logistiques, impactant de manière significative les performances économiques et opérationnelles de divers secteurs industriels. L'importance économique de l'optimisation des coûts de transport que ce soit des coûts directs de transport (les mouvements internationaux, les mouvements intérieurs, changement de mode, les activités de manutention, d'entreposage et de stockage.) ou bien autres coûts de distribution : emballage, entreposage, systèmes d'information logistiques(Bessid et al., 2018),), réside dans son impact direct sur la structure financière des entreprises. Les coûts de transport représentent souvent une part substantielle des dépenses opérationnelles, englobant des éléments tels que le carburant, la maintenance des véhicules, les coûts de stockage, et d'autres frais associés. En conséquence, la réduction judicieuse de ces coûts, est possible d'améliorer la rentabilité tout en libérant des ressources financières pour d'autres investissements stratégiques.

2. Les problèmes de transport

Le système de transport est défini comme le déplacement de marchandises ou de passagers d'un endroit à un autre. Elle a toujours joué un rôle important dans la croissance économique, sociale et financière d'un pays. Même dans le scénario de marché concurrentiel actuel, de nombreuses situations se présentent dans lesquelles des décisions doivent être prises pour proposer les meilleures solutions au problème parmi toutes les solutions possibles.

2.1 Classification des problèmes de transport

Une classification des problèmes de transport peut être établie en fonction d'objectif et du nombre d'indices et de la méthode de résolution correspondante

2.1.1En fonction d'objectif

(Kacher & Singh, 2021) présenté un aperçu des différentes formes de problèmes de transport qui ont déjà existé qui sont principalement de deux types :

a) Problème de transport à objectif unique

Un problème de transport qui optimise un seul objectif est appelé problème de transport à objectif unique, ces objectifs peuvent être la minimisation des coûts, la maximisation des profits, la livraison sûre des produits, la minimisation des délais de livraison, etc. Pourtant, les problèmes de transport à objectif unique se concentrent principalement sur la minimisation des

coûts de transport lors du transport de marchandises d'un endroit à un autre, sous réserve aux contraintes de l'offre et de la demande.

b) Problème de transports multi-objectifs

Un problème de transport dans lequel plusieurs objectifs sont optimisés simultanément est appelé MOTP (Multi-objective transportation problems). Généralement, ils sont de nature conflictuelle pour des problèmes du monde réel.

2.1.1 En fonction du nombre des indices et de la méthode de résolution

Selon (GOURGAND et al., 2012) on trouve quatre grands groupes :

- 2 indices : origine et destination.
- 3 indices : origine, destination et type de marchandises
- 4 indices : origine, destination, type de marchandises et type de camions
- n indices : Origine, destination , type de marchandises et type de camions et plus

3. Les méthodes d'optimisation des coûts du transport

Au sein d'une étude réalisée par (Bessid et al., 2018) les méthodes les plus couramment utilisées pour optimiser les coûts de transport ont été identifiées, Cette étude comprenait treize méthodes

- Programmation Linéaire
- Generalized Linear Mixed Models
- Algorithmes génétiques (heuristique)
- Optimisation Intégrée
- Modélisation et Simulation des Réseaux Intermodaux
- Ant Colony Optimization
- Mixed Integer Linear Programming
- Nonlinear Fixed Charge Transportation Problem
- Multi-echelon (echelons multiples)
- Méthode d'aide à la décision
- Hybridation d'une métaheuristique à base de recuit-simulé
- Une méthode d'estimation
- Activity-based costing.

Selon les résultats représentés par le diagramme Pareto. Les méthodes approchées, comme l'heuristique (Algorithmes génétiques) et les méthodes exactes, comme la programmation linéaire et les modèles mixtes linéaires généralisés, sont les largement utilisées.

1.3.1 Algorithmes génétiques (heuristique)

L'efficacité des algorithmes génétiques (AG) par rapport à d'autres métaheuristiques se caractérise par un temps de calcul significatif, notamment au niveau de la fonction d'évaluation. La complexité de leur mise en œuvre découle de la difficulté à déterminer des paramètres cruciaux tels que la taille de la population et le taux de mutation. Le succès de l'évolution génétique repose sur plusieurs essais, ce qui restreint son efficacité. Il est important de choisir une fonction d'évaluation appropriée qui prend en considération les paramètres spécifiques du problème, pour souligner qu'après un nombre considérable de générations, il est toujours impossible de garantir l'identification de la solution optimale. La certitude ne concerne que l'approche de la solution optimale, en fonction des paramètres et de la fonction d'évaluation choisis.

1.3.2 Programmation Linéaire

Le transport est l'un des problèmes majeurs dans le domaine de l'optimisation des coûts . L'objectif est de dénicher un moyen de transport abordable pour se rendre à un certain nombre de points de demande à partir d'un certain nombre de sources. Cette problématique a suscité le développement d'un ensemble de méthodes largement utilisées pour résoudre ces défis. Il arrive que certaines de ces méthodes donnent des résultats préliminaires, souvent qualifiés de solutions primaires, alors que d'autres cherchent à obtenir des solutions optimales. Ces méthodes, telles que la méthode du coin nord-ouest, la méthode de la matrice des coûts réduits, ou encore la méthode de l'approximation de Vogel, sont régulièrement étudiées et appliquées dans la littérature spécialisée en optimisation. Elles sont indispensables pour résoudre de manière efficace les problèmes de transport, offrant aux chercheurs et praticiens une diversité d'outils pour aborder cette question fondamentale.

1.3.2.1 L'optimisation des coûts par la méthode du coin nord-ouest

Recherche menée sous-titre de « Optimisation de la distribution de l'eau à l'aide de la méthode du coin nord-ouest et de la méthode de distribution modifiée dans PDAM Wae Manurung, Bone Regency ». Les résultats du calcul des coûts totaux de distribution à l'aide de la méthode North West Corner (NWC) sont proches de l'optimum, mais les calculs utilisés dans

la recherche utilisent toujours des méthodes manuelles. Les modèles de transport avec calculs manuels nécessitent beaucoup de temps et sont inefficaces.

Autre étude celle de (Indra, Agung, & Mufi Prasetyo, 2023) (Optimisation de la distribution des marchandises à l'aide de la méthode North West Corner NWC et du tremlin basé sur le Web), ses résultats les plus importants ont été :

- L'optimisation des coûts de distribution commence par l'utilisation de la méthode North West Corner (NWC) pour obtenir des valeurs réalisables initiales.
- L'application de la méthode North West Corner (NWC) permet d'obtenir une solution initiale réalisable pour optimiser les coûts de distribution.

1.3.2.2 L'optimisation des couts par la méthode de cout minimum

D'un autre côté, (Arofah & Gesthantiara, 2021) ont fait une étude de cas dans (Wira Shoes) qui est une entreprise commerciale opérant dans le secteur industriel. Cette entreprise produit des chaussures qui sont expédiées selon les demandes de chaque distribution. Cette recherche vise à savoir si le modèle de transport peut minimiser les coûts de distribution. La méthode de coût le plus bas (LC) C'était l'une des méthodes utilisées et elle a donné à son tour des résultats, même s'ils ne sont pas optimaux, mais ils sont proches de l'optimum.

Le sujet a également été abordé dans l'article de (Dharm, 2020) qui a été parlé sur l'efficacité de l'algorithme en considérant différents types de problèmes liés au dispositif expérimental, suivi de l'analyse des résultats.

1.3.2.3 L'optimisation des couts par la méthode d'approximation de Vogel

L'optimisation des coûts par le biais de méthodes comme l'approximation de Vogel est d'une grande importance dans de nombreux domaines. Cette méthode offre des outils précieux pour diminuer les coûts de distribution, en particulier dans des secteurs où la logistique et la gestion des transports sont cruciales. L'emploi de ces outils optimise les schémas de distribution, réduit les dépenses liées aux transports et garantit une allocation efficace des ressources pour répondre à la demande. Les nombreuses études menées dans ces divers domaines attestent de l'efficacité et de la polyvalence de cette méthode d'optimisation pour réduire les coûts de transports telles que :

Celle menée par (Ferdinandus et al., 2022) où il a identifié un modèle de distribution d'équipement lourd pour excavatrices utilisant les méthodes d'approximation de Vogel (VAM) pour une solution primaire, ses premiers résultats étaient très proches des résultats optimaux .

D'autre part les recherches de (Kankarofi et al., 2021) sur le transport des engrais utilisant la méthode d'approximation de Vogel. Ils cherchaient à optimiser la distribution des engrais de la société d'approvisionnement agricole Kasco dans l'État de Kano, au Nigeria. Les difficultés principales étaient causées par la détérioration des routes menant à diverses destinations dans cet État. L'application de la méthode d'approximation de Vogel a démontré des économies de coûts de transport significatives, s'élevant à 15 939 500 ₦, soulignant l'avantage économique de cette approche.

Une autre étude menée par (Rahmasari et al., 2021) s'est penchée sur l'optimisation des coûts de transport pour la livraison d'eau potable en bouteille. Leur étude a démontré que l'utilisation de la méthode d'approximation de Vogel a entraîné des coûts de transport plus bas (Rp. 1 000 000) par rapport à la méthode du coin nord-ouest (Rp. 611 400), mettant en évidence l'efficacité de la méthode de Vogel dans la résolution de la problématique de distribution d'eau potable en bouteille, La détermination de la valeur optimale est effectuée à l'aide de la méthode Stepping Stone pour déterminer la solution optimale à partir de la solution réalisable initiale la solution réalisable initiale de la méthode d'approximation Vogel Stepping Stone est plus efficace analytiquement que la méthode Northwest Corner-Stepping Stone.

De manière similaire, la recherche d'Ardhyani (2017) sur l'optimisation des coûts de distribution des aliments pour animaux chez PT. X Krian a examiné l'utilisation de la méthode de transport pour définir l'itinéraire de distribution optimal et le mode de transport. Leurs résultats ont montré que l'application de la méthode d'approximation de Vogel a permis de réduire les coûts de distribution des aliments pour animaux à un montant considérablement inférieur par rapport à d'autres méthodes telles que la méthode du North West Corner (NWC) et la méthode du moindre coût (LC).

(Chacko et al., 2017a) ont examiné l'optimisation des coûts à travers l'utilisation de la méthode modifiée d'approximation de Vogel pour résoudre un problème de transport déséquilibré. Leur étude a révélé une réduction substantielle des coûts de transport, atteignant jusqu'à 5 563,283 Rs, avec un bénéfice financier supérieur de 1 489 172 Rs par rapport à l'approche traditionnelle VAM. Cette adaptation modifiée de la méthode de Vogel s'est avérée considérablement plus efficace dans ce contexte spécifique.

En revanche, dans une étude conduite par (Joshi, 2013) portant sur les techniques d'optimisation pour les problèmes de transport impliquant trois variables, quatre méthodes distinctes ont été appliquées pour résoudre le même problème : la méthode du coin nord-ouest,

la méthode du coût minimal, la méthode de Vogel et la méthode MODI. Les résultats de cette recherche ont validé que la méthode de Vogel et la méthode MODI produisent des résultats similaires et se révèlent être les plus pertinentes pour résoudre cette problématique.

Le tableau ci-dessous présente les résultats quantitatifs obtenus à travers l'application des méthodes de recherche opérationnelle pour optimiser les coûts de transport au sein de différentes entreprises :

Les résultats quantitatifs obtenus à travers l'application des méthodes de recherche opérationnelle

Tableau 1 : les résultats quantitatifs obtenus à travers l'application des méthodes de recherche opérationnelle

| | Domain d'application | Les coûts avant l'utilisation des méthodes de transport | Les coûts de la méthode NWC | Les coûts de la méthode Coût minimum | Les coûts par VAM | Les coûts optimaux par la méthode Stepping stone et MODI |
|-----------------------------------|---|---|-----------------------------|--------------------------------------|--------------------|--|
| (Ardhyani, 2017) | Distribution des aliments pour animaux chez PT | 43.205.135.468,0 Rp. | 43.118.639.196 Rp. | 43.094.262.979 Rp. | 43.089.578.434 Rp. | 43.087.656.564 Rp. |
| (Nugraha & Sari, 2019) | L'entreprise de fabrication de pain | 3.218.000,00 Rp | 2.785.000,00 Rp | / | 2.435.000,00 Rp | / |
| (Chacko et al., 2017a) | / | 2,55,33,987 Rs. | / | / | 2,14,59,876 Rs. | / |
| (Rahmasari et al., 2021) | PD. X, une entreprise distribuant des produits d'eau potable en bouteille | / | 696.000 Rp. | / | 611.400 Rp. | 600.400 Rp. |

| | | | | | | |
|---|---|-------------|---|---|-----------|----------------|
| (Kankarofi et al., 2021) | La distribution d'engrais | 15,939,500₺ | / | / | -492,300₺ | -492,300₺ |
| (Arofah & Gesthantia ra, 2021) | La distribution de chaussures par l'entreprise Wira Shoes | / | / | / | / | - 8,400,000 Rp |

Source : élaboré par nous même

4. Synthèse

En se basant sur les études antérieures mentionnées, les problèmes de transport sont souvent complexes et peuvent entraîner des coûts élevés pour les entreprises. La programmation linéaire est une méthode mathématique qui améliore la résolution des problèmes de manière efficace en minimisant les coûts tout en respectant certaines contraintes.

Pour résoudre le problème de transport, on utilise la méthode d'approximation de Vogel (VAM). Elle offre la possibilité d'obtenir rapidement une solution réalisable, mais pas forcément optimale. Ensuite, on utilise la méthode Stepping stone ou MODI pour améliorer cette solution initiale et parvenir à l'optimum global.

Ces méthodes d'optimisation des coûts par la programmation linéaire, en utilisant VAM et MODI, ont été appliquées avec succès dans divers domaines tels que la logistique, la distribution, le transport maritime et aérien.

En synthèse, dans le contexte spécifique de NAFTAL, ces méthodes peuvent être employées pour améliorer les coûts de transport des carburants par route. Cela aiderait l'entreprise à améliorer son efficacité opérationnelle et à diminuer ses dépenses liées au transport. Il est également nécessaire d'identifier les meilleures stratégies d'optimisation des coûts dans la distribution des produits pétroliers. Cela pourrait avoir un effet important sur la rentabilité globale de l'entreprise et consolider sa compétitivité sur le marché.

Section 2 : Cadre conceptuel

1. Le transport et la gestion des couts

Le "transport" est considéré comme la catégorie d'activités consistant à déplacer des objets matériels (biens et/ou personnes), grâce à la mise en œuvre de moyens spécifiques et déterminés.

Certains de ces moyens peuvent être mobiles : les véhicules ou engins moteurs (selon les méthodes, tels que les voitures, les wagons, les locomotives, les avions, les navires, *etc.*).

Les autres moyens du transport sont immobiles : les infrastructures de circulation (routes, voies ferrées, canaux, *etc.*) ou de transbordement (gares, ports, aéroports, *etc.*).

2. Transport des matières dangereuses

Le transport des matières dangereuses (TMD) comprend le transport routier, ferroviaire, aérien, maritime et le transport par pipeline.

2.1 Définition de la matière dangereuse

Une matière dangereuse est une substance qui, en raison de ses caractéristiques, constitue une menace pour la santé ou l'environnement et qui est explosive, gazeuse, inflammable, toxique, radioactive, corrosive, oxydante ou lavable en vertu de la Loi sur la qualité de l'environnement et de ses règlements. Ou bien elles sont des matières qui, par leurs propriétés physiques, chimiques ou par la nature des réactions qu'elles sont susceptibles de générer, peuvent présenter un danger grave pour l'homme, les biens ou l'environnement (*Ministère de l'Énergie | Algérie, 2022*)

2.2 Différents modes de transport des matières dangereuses

Selon (*Ministère de l'Énergie | Algérie, 2022*) les mode de TMD sont :

2.2.1 transport par route

La participation croissante des acteurs privés dans ce mode de transport est notable, avec une représentation de 47% sur le marché des expéditions de GPL emballé, et une part de marché de 30% pour le carburant, selon les données du ministère algérien de. Conformément au décret administratif n° 97-435, le transport routier de produits dangereux et d'autres services pour le compte de distributeurs agréés par le ministère de l'Énergie et des Mines est interdit. (absence de sens)

2.2.2 transports par canalisations

Les réseaux de transport par pipeline sont conçus pour répondre à la demande en produits pétroliers, avec l'établissement d'un réseau existant et la poursuite de projets en cours dans ce domaine. Ces activités de transport par pipeline concernent le déplacement d'hydrocarbures tels que le pétrole brut, le condensat, le gaz naturel et le gaz de pétrole liquéfié.

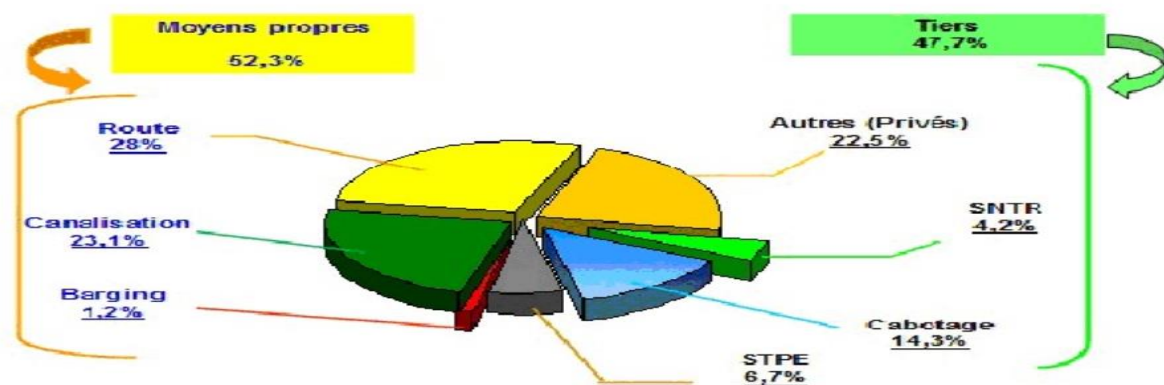
2.2.3 Transport par cabotage

Le transport de carburant à travers des pétroliers entre les ports pétroliers côtiers est effectué à des volumes substantiels pour garantir un approvisionnement continu en carburant tout au long de l'année, particulièrement durant les périodes de forte demande. Les initiatives de développement et d'expansion du réseau de transport de carburant par pipeline sont envisagées afin d'améliorer les niveaux de service et de réduire la dépendance à l'égard de la navigation côtière, souvent difficile à réaliser dans des conditions météorologiques extrêmes.

2.2.4 transport par rails

Le mode de transport par rails des carburants est assuré par la Société de transport des produits pétroliers STPE.

Figure 1: Le pourcentage d'utilisations de différents modes de transport des marchandises dangereuses



Source : <https://www.energy.gov.dz/?article=3--les-carburants> 2024

2.3 Les principaux risques liés au transport des matières dangereuses

On peut observer trois types de risque, qui peuvent être associés :

2.3.1 Le risque d'explosion

Peut être déclenchée par divers facteurs, tels qu'un choc entraînant la production d'étincelles, particulièrement observé dans le cas des citernes de gaz inflammables, ou par des canalisations de transport exposées aux dommages causés par des engins de travaux publics. Elle peut également être causée par le réchauffement d'une cuve contenant des produits volatils ou comprimés, par le mélange de plusieurs produits chimiques, ou encore par l'allumage inattendu d'artifices ou de munitions. Les effets d'une explosion, à la fois thermiques et mécaniques, tels que l'effet de surpression induit par l'onde de choc, peuvent se faire sentir à proximité du lieu de l'incident et jusqu'à plusieurs centaines de mètres aux alentours.

2.3.2 Le risque d'incendie

Peut survenir suite à diverses causes, telles que l'échauffement anormal d'un composant du véhicule, un impact provoquant des étincelles, l'inflammation accidentelle d'une fuite provenant d'une citerne ou d'une canalisation de transport, une explosion à proximité immédiate du véhicule, voire des actes de sabotage. Il est à noter que 60% des accidents impliquant le Transport de Matières Dangereuses (TMD) concernent des liquides inflammables. Les incendies de produits inflammables, qu'ils soient solides, liquides ou gazeux, entraînent des effets thermiques tels que des brûlures, qui peuvent être exacerbées par des risques d'asphyxie et d'intoxication dus à l'émission de fumées toxiques.

2.3.3 Le risque de fuite

De nuage toxique peut résulter d'une fuite de produit toxique provenant d'une cuve, d'une citerne ou d'une canalisation de transport, ou bien découler d'une combustion, même si le produit en question n'est pas toxique en soi. La dispersion des matières dangereuses dans l'air, l'eau et/ou le sol peut entraîner leur toxicité par inhalation, ingestion directe ou indirecte, ou par contact avec des produits contaminés. Les symptômes varient en fonction de la concentration des substances et de la durée d'exposition, allant d'une simple irritation cutanée ou d'une sensation de picotements dans la gorge à des atteintes plus graves telles que des asphyxies ou des œdèmes pulmonaires. Ces effets peuvent se faire sentir sur une distance pouvant aller jusqu'à plusieurs kilomètres du lieu de l'incident.

3. Le coût de transport

On propose deux définitions de coût à savoir :

3.1 Définition encyclopédique de cout :

Ensemble des frais entraînés par la production ou la distribution de quelque chose

3.2 Définition de cout selon la comptabilité de gestion

Le coût de revient d'un produit ou d'un service est conceptualisé en comptabilité comme l'agrégation de tous les coûts engagés dans sa production ou sa prestation. Dans le contexte d'une entreprise se consacrant à la fabrication d'un unique produit, cette évaluation peut être aisément obtenue à travers l'analyse directe du compte de résultat (Riveline, 2015).

Les Coûts de transport désignent l'ensemble des charges et frais supportés par une entreprise de transport lors du processus de distribution d'un produit de point A jusqu'à le point B

3.3 La classification des coûts

Les coûts peuvent être classés en quatre catégories(*Coûts - Qu'est ce que les coûts ?*, s. d.) :

3.3.1 Coût variable ou opérationnel

Les coûts variables, également connus sous le nom de coûts opérationnels, sont les dépenses qui fluctuent en corrélation avec l'activité de l'entreprise. Ils sont généralement liés à des éléments tels que la production ou la vente de produits, mais leur variation n'est pas nécessairement proportionnelle à celle des produits. Par exemple, les coûts des matières premières, du transport et de l'emballage sont des exemples de coûts variables(Launois, 1995).

Dans le domaine du transport, les coûts variables incluent le carburant et les dépenses d'entretien comme les vidanges et les réparations.

3.3.2 Coûts fixes

Les coûts fixes représentent les dépenses essentielles associées à la présence continue de l'entreprise, et ils restent les mêmes quelle que soit l'activité de l'entreprise, Leur variation n'est pas liée de manière directe au volume de travail. Ils restent stables même si l'entreprise produit plus ou moins. Dans le domaine du transport, les coûts fixes comprennent généralement les dépenses liées au conducteur et au véhicule. Pour le conducteur, cela inclut son salaire, les frais sociaux et les frais de déplacement. Pour le véhicule, cela comprend l'amortissement annuel, les contrôles techniques, les assurances et les frais de financement(Launois, 1995).

3.3.3 Les coûts directs

Les coûts directs sont les coûts encourus par les bénéficiaires qui sont directement liés à l'exécution de l'action et peuvent donc lui être attribués directement. Ils ne doivent inclure aucun coût indirect Les matières premières utilisées dans la fabrication du produit et les heures de travail des ouvriers assignés à sa production sont des exemples de coûts qui peuvent être directement associés aux produit (Les règles financières d'Horizon 2020).

3.3.4 Les coûts indirects

Dans Horizon Europe, les coûts indirects sont des coûts non directement liés à la mise en œuvre du projet et qui ne peuvent pas lui être attribués directement sans effectuer de calcul supplémentaire, au coût d'un produit spécifique. Les dépenses liées à l'administration, à l'entretien général et à la surveillance sont des exemples de charges indirectes par rapport à l'activité de production. Intégrer ces charges indirectes dans le coût du produit pose un défi important, car cela nécessite un traitement préalable. (www.horizon-europe.gouv.fr 2023)

3.4 Les différents facteurs qui influencent sur les coûts du transport

Les cinq facteurs qui influencent les coûts du transport sont : les coûts de roulage, les coûts de manutention, les coûts de détérioration, les coûts d'inventaire et les coûts de défaillance.

3.4.1 Les coûts de roulage

Le coût de roulage est ce qui est payé au transporteur pour qu'il achemine une marchandise ou une personne d'un point à un autre.

3.4.2 Les coûts de manutention

Ce sont les coûts qui découlent du chargement des marchandises sur les supports des moyens de transport, et de leur déchargement.

3.4.3 Les coûts de détérioration

Ce sont les coûts dû aux pertes ou aux vols intervenant pendant le transport. On y intégrera les coûts des moyens de protection destinés à réduire les pertes ou les vols. On distingue deux types de coût de détérioration, coûts de perte ou de vol et coût de protection de la marchandise.

3.4.4 Les coûts d'inventaire

D'une part, la valeur de la marchandise transportée est immobilisée, d'autre part le transport est une opération discontinue alors que celle de production ou de consommation est le plus souvent continue. Il faudra donc constituer un stock pour alimenter la production ou la consommation en palliant à cette discontinuité.

3.4.5 Les coûts de défaillance

Ils sont liés au fait qu'une marchandise peut être un bien de production ou un bien de consommation intermédiaire, ainsi qu'un goulot d'étranglement pour la production. On distingue deux types dans les coûts de défaillance coûts de l'improductivité et des coûts de rupture de stock.

3.5 Techniques de réduction des coûts dans le transport

La gestion des coûts dans le domaine du transport fait référence à l'ensemble des méthodes, des stratégies et des pratiques mises en œuvre par les entreprises pour contrôler et optimiser les dépenses associées à leurs activités logistiques. Ces techniques sont essentielles pour assurer la rentabilité et renforcer la compétitivité des entreprises dans un environnement économique souvent caractérisé par des pressions concurrentielles et des marges bénéficiaires serrées. (Nomadia, 2023)

Optimisation des itinéraires et planification intelligente

Pour optimiser vos coûts de transport, il est essentiel d'analyser vos itinéraires actuels. En utilisant un logiciel de planification avancé, vous aurez la possibilité de visualiser vos trajets, de détecter les inefficacités et de trouver des solutions pour les optimiser. En faisant usage d'algorithmes intelligents, vous pouvez réduire les distances parcourues, éviter les embouteillages et réduire le temps perdu. Cela vous permettra de réaliser des économies importantes sur vos dépenses en carburant et en main-d'œuvre. (Nomadia, 2023)

Consolidation des envois et optimisation des chargements

En rassemblant vos envois et en optimisant les chargements, vous pouvez minimiser les frais de transport liés aux camions semi-vides ou sous-utilisés. Utilisez un logiciel de gestion des envois et des entrepôts pour consolider vos envois en fonction des destinations et des capacités de chargement disponibles. Grâce à cela, il sera envisageable d'optimiser l'utilisation de l'espace dans vos véhicules, de réduire les coûts de transport et d'améliorer l'efficacité globale de votre chaîne logistique. (Nomadia, 2023)

Sélection des meilleurs transporteurs Négociation des tarifs

Sélection des meilleurs transporteurs Négociation des tarifs Pour optimiser vos coûts de transport, il est crucial de collaborer avec des transporteurs fiables et compétitifs. En analysant les tarifs, les délais de livraison, les performances passées et d'autres critères pertinents, vous pourrez prendre des décisions éclairées en utilisant un logiciel de gestion des transporteurs. Ainsi, vous pourrez choisir les transporteurs les plus adaptés à vos besoins spécifiques, en tenant compte à la fois du coût et de la qualité du service. (Nomadia, 2023)

Suivi et analyse des données de transport

Il est crucial de collecter et d'analyser les données pertinentes pour optimiser en permanence vos coûts de transport. Grâce à un logiciel de suivi et de gestion des données de

transport, vous pourrez suivre les performances de vos expéditions, et détecter les points faibles et les opportunités d'amélioration, et prendre des décisions basées sur des données concrètes. En contrôlant de manière régulière vos indicateurs clés de performance, vous pourrez ajuster vos stratégies et optimiser votre rentabilité.(Nomadia, 2023)

Automatisation des processus administratifs (Utilisation de la technologie)

Les tâches administratives liées au transport peuvent être longues et onéreuses. En automatisant ces processus à l'aide d'un logiciel de gestion des transports, vous pourrez réduire les erreurs, accélérer les opérations et économiser du temps et des ressources, et en rendant la gestion des documents, des factures, des bons de livraison et d'autres tâches administratives plus simple, vous pourrez optimiser vos coûts opérationnels et accroître votre productivité globale..(Nomadia, 2023)

3.6 L'impact de l'optimisation des coûts de transport sur la rentabilité de l'entreprise :

L'optimisation des coûts de transport peut avoir un impact significatif sur la rentabilité d'une entreprise. En effet, comme vous l'avez souligné, les coûts de transport représentent une part importante des dépenses pour de nombreuses entreprises, généralement entre 7 % et 15 % du coût des produits livrés.(La bonne maîtrise du transport pour l'optimisation logistique - SupplyChainInfo, 2022)

Lorsque ces coûts sont optimisés efficacement, plusieurs avantages en termes de rentabilité peuvent être observés :

Réduction des dépenses globales :

L'optimisation des coûts de transport permet de réduire les dépenses liées à la logistique, ce qui contribue directement à une amélioration de la rentabilité en réduisant les charges.

Amélioration de la compétitivité

En réduisant les coûts de transport, une entreprise peut potentiellement réduire ses prix de vente ou maintenir ses marges bénéficiaires tout en restant compétitive sur le marché.

Meilleure gestion des marges

En réduisant les coûts de transport, une entreprise peut augmenter ses marges bénéficiaires, ce qui se traduit par une rentabilité accrue sur chaque produit vendu.

Optimisation des ressources

Une gestion efficace des coûts de transport permet également une utilisation plus efficace des ressources de l'entreprise, telles que les véhicules, les conducteurs et les entrepôts, ce qui peut réduire les coûts fixes et améliorer la rentabilité.

Amélioration de la satisfaction client

Une optimisation des coûts de transport peut également se traduire par des délais de livraison plus courts, une meilleure fiabilité des livraisons et des coûts de livraison plus bas pour les clients, ce qui peut augmenter la fidélité et la satisfaction client, et donc potentiellement stimuler les ventes et la rentabilité à long terme.

4. Le modèle de transport programmation linéaire et les méthodes d'optimisation

Dans cette sous-section, une exposition est faite sur la formalisation du problème de transport, les différentes techniques de résolution et la recherche de solution optimale au problème à résoudre. Les méthodes de la programmation linéaire et leur représentation mathématique sont utilisées pour aborder le problème de transport.

4.1 Elaboration d'un modèle de programme linéaire

En règle générale, il faut suivre trois étapes pour élaborer le modèle d'un programme linéaire.

1. Identifier les variables inconnues du problème, également connues sous le nom de variables de décision, et les représenter symboliquement (exp.). x_1, y_1 .
2. Il est important d'identifier les contraintes ou restrictions du problème et de les exprimer en utilisant un système d'équations linéaires.
3. Il est vital de déterminer l'objectif ou le critère de sélection du problème, et de le formuler de manière linéaire en se basant sur les variables de décision. Il est également nécessaire de spécifier si cet objectif doit être maximisé ou minimisé.

4.2 Formulation du modèle mathématique linéaire

La formulation du modèle mathématique est l'étape la plus cruciale pour résoudre un problème, exigeant un processus de conception méticuleux pour déterminer trois éléments fondamentaux :

4.2.1 Les variables de décision

Déterminant les niveaux à atteindre, tels que les niveaux d'activité au sein de l'entreprise. Au départ, on pensait que ces variables pouvaient avoir n'importe quelle valeur positive.

Le variable X_{ij} représentera le nombre d'unités expédiées de l'origine i vers la destination j .
 $X_{ij} \geq 0$ pour tout i, j .

Pour chaque origine i donnée, il y a n valeurs de j possibles ; cela implique qu'il y a $(m \times n)$ X_{ij} différents.

4.2.2 La fonction objective

En utilisant les variables de décision pour décrire de manière linéaire l'objectif de l'entreprise

4.2.1 Les contraintes du modèle

Identifier les relations linéaires entre les variables de décision et représentant les limitations auxquelles l'entreprise est soumise.

Les symboles utilisés pour formuler un modèle mathématique d'un problème de transport sont les suivants (Akpan et al., 2015) :

- m : source
- S_i : ($i= 1 2 3 \dots m$) l'offre
- a_i : ($i= 1 2 3 \dots m$) la quantité disponible de chaque source
- n : destination
- D_j : ($j= 1 2 3 \dots n$) la demande
- b_j : la quantité demandé de chaque client (destination)
- C_{ij} : le cout de transport de chaque paire source destination
- X_{ij} : la quantité adéquate livré entre chaque paire source destination

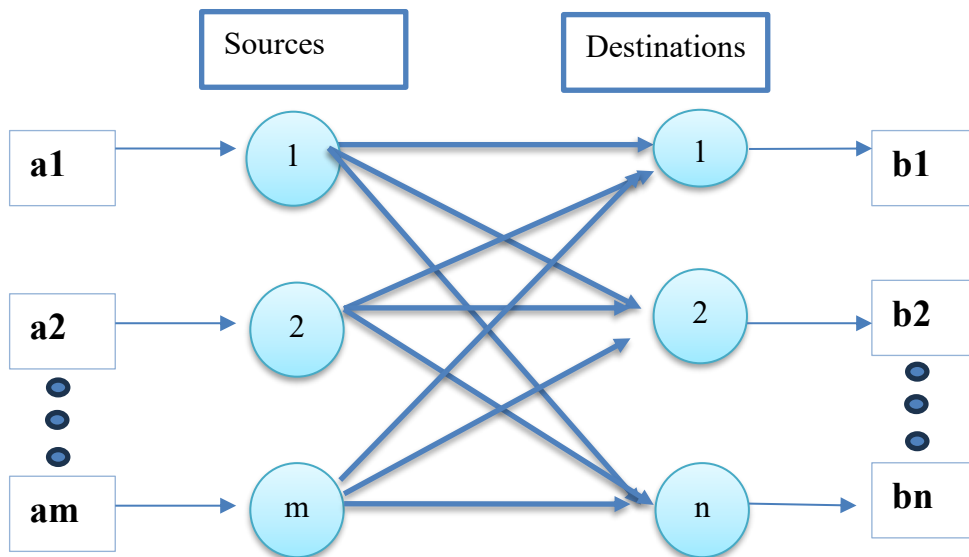
4.3 Enoncé général du problème de transport

Le problème du transport englobe de nombreux itinéraires allant de diverses sources d'approvisionnement à diverses destinations de demande.

L'objectif s'agit de déterminer le nombre d'unités d'un bien à expédier de l'origine à la destination. Cela doit être fait dans la limite de la quantité limitée de biens ou de services disponibles à chaque source d'approvisionnement, et au coût et/ou au délai de transport le plus bas (Akpan et al., 2015)

Trouver un plan d'acheminement à coût minimal des produits qui doivent être transportés de sources (usines) vers des destinations (dépôts, clients) est essentiel pour résoudre un problème de transport.

Figure 2 : La structure graphique de problème de transport (Le graphe biparti)



Source : (Hussein & Shiker, 2020)

4.4 Structure du problème de transports

Tableau 2 Structure du problème de transport

| source \ Destination | 1 | 2 | ..... | J | ..... | n | Disponibilités |
|----------------------|------------|--------------|-------|------------|-------|------------|----------------|
| S1 | C11 X11 | C12 X12 | ..... | C1j X1j | ..... | C1n X1n | A1 |
| S2 | C21 X21 | C12 X12 | ..... | C2j X2j | ..... | C2n X2n | A2 |
| ⋮ | | | | | | | |
| Si | Ci1 Xi1 | C i2 X i2 | ..... | Cij Xij | ..... | Cin Xin | Ai |
| ⋮ | | | | | | | |
| Sm | Cm1 Xm1 | Cm2 Xm2 | ..... | Cmj Xmj | ..... | Cmn X | aM |
| Demande | B1 | B2 | ..... | Bj | ..... | Bn | |

Source :(Hussein & Shiker, 2020)

4.5 Méthodes de résolution d'un problème de transport

Les méthodes de transport sont utilisées pour acheminer des produits vers des destinations spécifiques de manière efficace. Ces techniques nées dans l'un des problèmes spécifiques qui ont été développés en 1939 par LV Kantorovitch où il y a plusieurs problèmes associés au mode de transport. Le but du coût optimal du transport pour résoudre le problème est de déterminer le nombre de demandes à envoyer de chaque produit à chaque destination avec des coûts de transport totaux minimaux (Amisah Lubis & Mardiningsih, 2023)

Le processus de résolution d'un problème de transport comporte habituellement trois étapes distinctes :

- **Étape 1** : Analyser les problèmes de transport lors de la distribution de produits vers des destinations spécifiques ;
- **Étape 2** : Élaborer une solution préliminaire au problème. Le processus d'amélioration de la solution initiale est répété plus d'une fois jusqu'à ce qu'il soit optimisé ;
- **Étape 3** : Identifier et évaluer la solution finale obtenue après ce processus itératif. Et cela avec la méthode de « stepping stone » ou bien la méthode « MODI ». Ce dernier permet de voir quelles sont les cellules vides les plus aptes à entrer dans la solution de base.

On retourne à l'étape 2 pour obtenir une nouvelle solution de base (Amisah Lubis & Mardiningsih, 2023)

-Phase 1 : détermination d'une solution de base réalisable

La programmation linéaire implique l'utilisation de méthodes rationnelles qui permettent d'analyser et résoudre des problèmes de programmation linéaire. Introduite par G.B. Dantzig, la notion de programmation linéaire désigne un problème d'optimisation visant à maximiser ou minimiser une fonction-objectif (ou fonction économique) impliquant n variables de décision, tout en respectant un ensemble de contraintes exprimées sous forme d'équations ou d'inéquations linéaires. Pour résoudre ce problème, il faut attribuer des valeurs non négatives aux variables du problème. Afin d'arriver à une telle solution réalisable, diverses approches sont envisagées :

4.5.1 L'approche du coin nord-ouest

La méthode NWC (North West Corner) C'est une méthode pour résoudre les problèmes de transport qui repose sur les contraintes existantes en matière d'offre et de demande. Les ressources sont allouées de manière séquentielle, en commençant par le coin nord-ouest du

tableau, puis pour assurer la satisfaction de toutes les demandes et offres, il est crucial de tenir compte de l'équilibre entre l'offre et la demande c'est-à-dire si la production répond de manière équilibrée aux besoins des consommateurs.

Selon Silaen (2018), la méthode NWC (North West Corner) est considérée comme la plus simple, et elle suit les étapes de résolution suivantes :

- a. Commencer à remplir ou allouer les cellules à partir du coin nord-ouest du tableau ;
- b. Afin de répondre aux besoins des consommateurs, il est important d'allouer autant que possible en fonction de l'offre disponible ou de la demande du marché ;
- c. Après avoir répondu à la première demande, répartir tout le stock restant dans la cellule de droite ;
- d. Si la totalité du stock de la première source est attribuée, passez à la cellule inférieure avec le stock de la deuxième source ;
- e. Répéter ce processus jusqu'à ce que toutes les offres soient allouées ;
- f. Si le tableau est rempli conformément aux lignes d'offre et aux colonnes de demande, les coûts totaux sont considérés comme optimaux ;
- g. L'analyse du système implique à la fois une évaluation des exigences fonctionnelles et une évaluation des exigences non fonctionnelles. (Indra, Agung, & Sofyan Mufi Prasetiyo, 2023)

Tableau de problème de transport

Tableau 3 : L'approche du coin nord-ouest

| FROM \ TO | V | C | N | SUPPLY |
|-----------|----|----|----|--------|
| K | 6 | 4 | 1 | 50 |
| B | 3 | 8 | 7 | 40 |
| M | 4 | 4 | 2 | 60 |
| DEMAND | 20 | 95 | 35 | 150 |

Source (Joshi, 2013b)

$$\text{COUT TOTAL} = (6 \times 20) + (4 \times 30) + (8 \times 40) + (4 \times 25) + (2 \times 35) = 730$$

La méthode du coin nord-ouest se distingue par sa facilité de mise en œuvre. L'inconvénient majeur de cette méthode est qu'elle ne tient pas compte de la structure de coût. Habituellement, mais pas toujours, elle entraîne un coût total initial assez élevé.

4.5.2 L'approche du moindre coût

Les produits/marchandises sont attribués par la méthode de transport qui part de la cellule ayant le coût de transport le plus faible. Les allocations effectuées en utilisant la méthode du moindre coût seront généralement plus efficaces et efficaces que celles effectuées en utilisant la méthode North West Corner. (Hasibuan, 2017)

- **Étape 1 :** Identifiez la cellule / route la moins coûteuse et attribuez-lui le nombre maximum possible d'unités ;
- **Étape 2 :** Supprimer la ligne ou la colonne ayant épuisé l'offre à l'origine ou ayant satisfait la demande à cet endroit destination respectivement ;
- **Étape 3 :** Si l'offre à chaque origine est épuisée et que la demande à chaque destination est satisfaite, arrêtez-vous. Dans le cas contraire, retournez à la première étape. (Akpan et al., 2015)

Tableau de problème de transport

Tableau 4 : L'approche du moindre coût

| FROM | TO | V | C | N | SUPPLY | | |
|--------|----|----|----|----|--------|----|-----|
| K | 6 | | 4 | 15 | 1 | 35 | 50 |
| B | 3 | 20 | 8 | 20 | 7 | | 40 |
| M | 4 | | 4 | 60 | 2 | | 60 |
| DEMAND | 20 | | 95 | | 35 | | 150 |

Source :(Joshi, 2013)

$$\text{COUT TOTAL} = (3*20) + (4*15) + (8*20) + (4*60) + (1*35) = 555$$

Le coût total correspondant à cette solution initiale est de 555. En général, la méthode du moindre coût aboutit à une solution initiale plus avantageuse que la méthode du coin nord-ouest.

4.5.3 L'approximation de Vogel

La méthode de l'approximation de Vogel a été développée par Karl Menger, un mathématicien autrichien, en 1958. Elle a été initialement présentée dans un article intitulé "New Analytic Methods in Applied Mathematics" publié dans le journal "Journal of Industrial Engineering" (maintenant connu sous le nom de "Journal of Industrial and Management Optimization")(Chacko et al., 2017) Depuis lors, elle est devenue une technique couramment utilisée dans la résolution de problèmes de transport et d'affectation en programmation linéaire. Bien que Karl Menger ait introduit cette méthode, elle porte le nom de Lester B. Vogel, qui a étudié et popularisé l'approche, la rendant ainsi largement connue dans la communauté de la recherche opérationnelle et de la gestion des opérations.

L'utilisation de la méthode d'approximation de Vogel pour résoudre les problèmes de transport permettra d'obtenir une solution optimale par rapport à la méthode North West Corner ou à la méthode du moindre coût. Les étapes de réalisation de la méthode d'approximation de Vogel sont les suivantes :

- a. Mettez en place un tableau pour organiser la matrice de valeur des coûts de transport et la valeur de la capacité de chaque source en colonnes et en lignes ;
- b. Identifiez les deux coûts les plus bas de chaque ligne et colonne, puis évaluez la différence entre ces deux et les coûts les plus bas ;
- c. Trouver une valeur supérieure de la différence entre la ligne et la colonne ;
- d. Sélectionnez la cellule avec le coût de transport le plus bas dans la colonne ou la ligne qui a la plus petite valeur de la différence, puis répartissez les produits/marchandises dans la cellule ;
- e. Poursuivez l'étape 2 jusqu'à l'étape 4, jusqu'à ce que tous les produits soient distribués ;
- f. Si l'allocation est terminée, calculez le coût de distribution.

La méthode d'approximation de Vogel peut considérer comme une méthode heuristique pour résoudre les problèmes de transport, où la résolution de problèmes donnera un résultat inférieur par rapport à la méthode North West Corner et à la méthode du moindre coût.

Tableau de problème de transport

Tableau 5 : L'approximation de Vogel

| FROM | TO | V | C | N | SUPPLY | RERETENTION | | | |
|--------|----|----|----|----|--------|-------------|-----|---|---|
| | | | | | | 1 | 2 | | |
| K | | 6 | 4 | 15 | 1 | 35 | 50 | 3 | 3 |
| B | | 3 | 20 | 8 | 20 | 7 | 40 | 4 | 1 |
| M | | 4 | 4 | 60 | 2 | | 60 | 2 | 2 |
| DEMAND | | 20 | 95 | | 35 | | 150 | | |
| | | 1 | 0 | | 1 | | | | |
| | | - | 0 | | 1 | | | | |

Source :(Joshi, 2013)

$$\text{COUT TOTAL} = (3*20) + (4*15) + (8*20) + (4*60) + (1*35) = 555$$

2-Phase 2 : la recherche de la solution optimale

À partir de la solution de base réalisable trouvée à la phase 1 L'objectif de cette étape de résolution des modèles de transport est d'améliorer la solution admissible de base afin de réduire les coûts de transport. Pour mettre en œuvre cette démarche (étape), il y a deux méthodes les plus fréquemment utilisées :

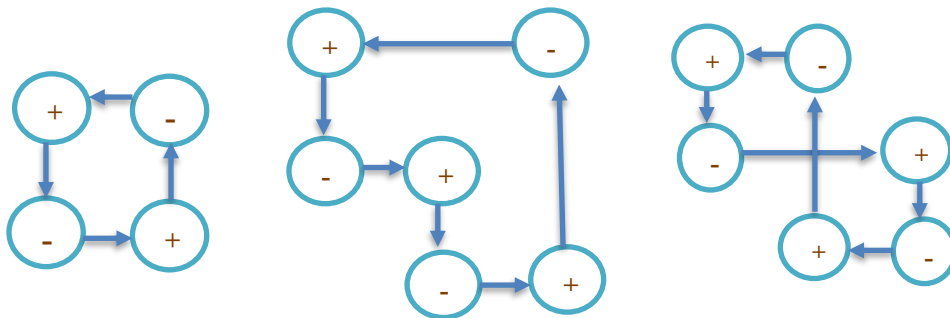
4.5.4 la méthode Stepping Stone

La méthode des Pierres de Pas, également connue sous le nom de méthode Stepping Stone, est employée pour évaluer la solution de base réalisable d'un problème de transport, caractérisé par m origines et n destinations. Il est essentiel d'utiliser cette méthode pour déterminer si cette solution est optimale. Elle adopte une approche similaire à celle du simplexe, bien que ses calculs soient plus simples et qu'elle implique moins d'itérations.

Il y a deux notions principales distinguées dans cette méthode : les cellules de base et les cellules hors base. Les cellules de base se rapportent aux emplacements qui ont été alloués, tandis que les cellules hors base ne bénéficient d'aucune allocation. Pour procéder à l'évaluation, on construit des boucles à travers la matrice en calculant la différence $Z_{ij} - C_{ij}$ à partir des cellules hors base. L'objectif est de former un nombre pair de boucles qui se croisent entre une

cellule hors base et une cellule de base, symbolisées respectivement par des symboles positifs et négatifs (+ et -). Chaque indice négatif signale un coût total de transport qui peut être diminué par l'envoi d'une unité en fonction d'une combinaison spécifique d'origines et de destinations (Heizer, 2005). La figure suivante est pour plus de précision

Figure 3: Les formes des boucles de la méthode Stepping stone



Source ; Heizer, 2005

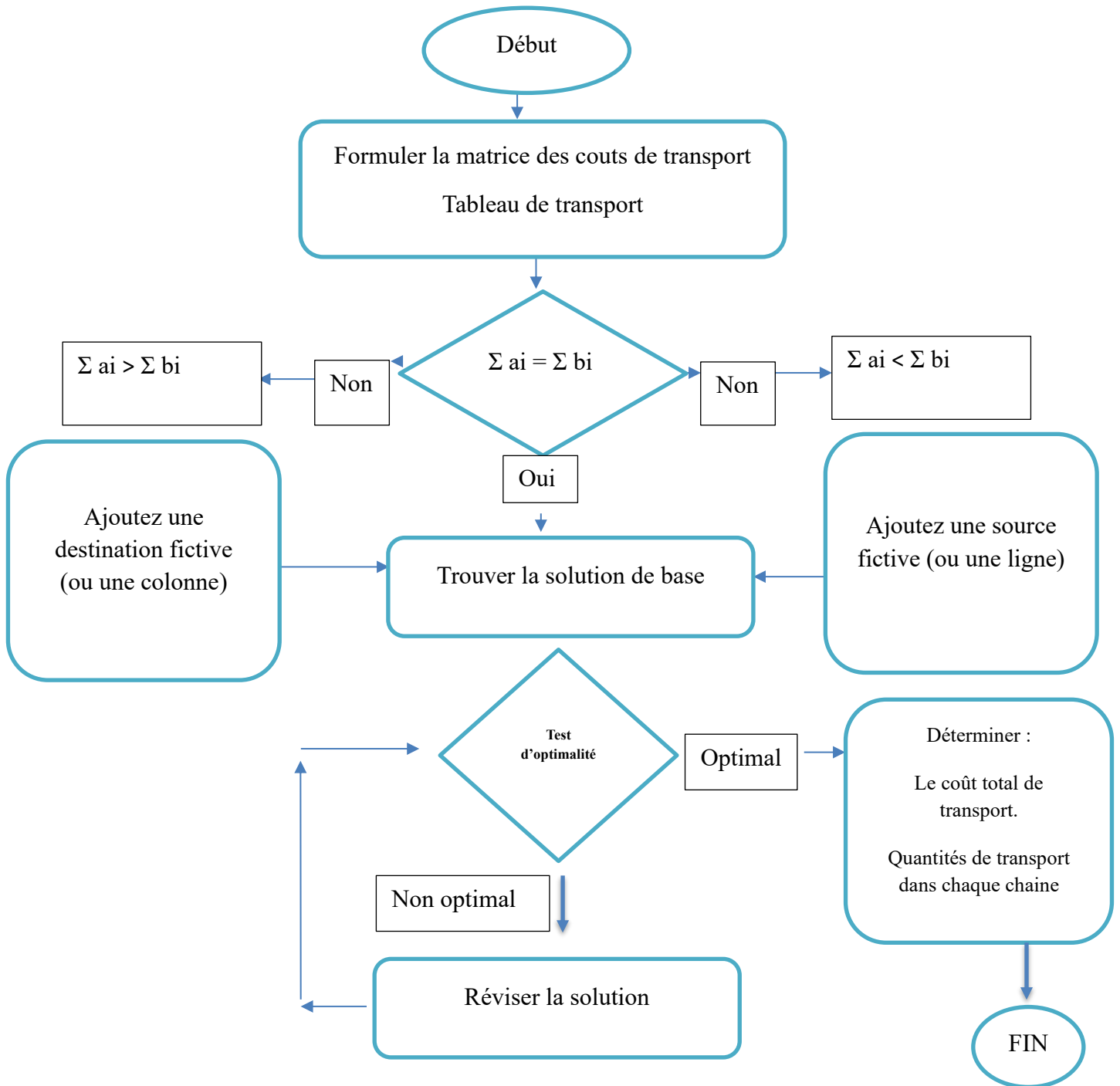
4.5.5 Méthode de Distribution Modifiée

La méthode de distribution modifiée de MODI pour ajuster la distribution des produits consiste à ajouter un indicateur lisse basé sur les valeurs de chaque ligne et colonne qui améliore la personnalisation. Contrairement à la méthode Stepping Stone, MODI n'utilise pas de pistes fermées pour les variables secondaires. Au lieu de cela, il identifie conjointement les valeurs C_{ij} et utilise des chemins fermés pour des variables spécifiques. Vous trouverez ci-dessous les étapes simplifiées de la méthode de distribution modifiée. (Kurnia et al., 2021):

1. premièrement utiliser la Méthode d'approximation de Vogel pour obtenir une solution initiale ;
2. Utilisez la formule $u_i + v_j = c_{ij}$ pour obtenir les valeurs u_i pour chaque ligne et v_j pour chaque colonne, en partant du principe qu' $u_i=0$;
3. En utilisant la formule $c_{ij} - u_i - v_j = k_{ij}$, vous pouvez déterminer k_{ij} , qui est le changement de coût pour chaque variable non fondamentale ;
4. Repérez la variable non fondamentale ayant la valeur k_{ij} la plus négative, ce qui entraînera une réduction maximale des coûts, puis achetez-la en fonction de la direction de tremplin dans la cellule sélectionnée ;
5. Répétez ces étapes jusqu'à ce que toutes les valeurs k_{ij} soient nulles ou qu'il n'y en ait plus de négatives

4.6 Logigramme de la résolution d'un problème de transport

Figure 4 : Logigramme de la résolution d'un problème de transport



Source :(Kebbi & Messaoud, 2020)

Conclusion

En résumé, ce chapitre a offert une vue d'ensemble du cadre théorique entourant le transport de marchandises. À travers une revue de littérature, Les problèmes majeurs dans le secteur du transport ont été identifiés, ainsi que les diverses méthodes pour réduire les coûts, De plus, un cadre conceptuel exhaustif a été élaboré, englobant les caractéristiques du secteur, les risques associés au transport de marchandises dangereuses et les modes de transport disponibles.

Ainsi que les différents facteurs influençant les coûts de transport. En comprenant ces éléments, les lecteurs sont mieux équipés pour aborder les défis complexes du transport de marchandises et pour développer des stratégies efficaces visant à maximiser l'efficacité tout en minimisant les coûts.



**CHAPITRE II : CADRE MÉTHODOLOGIQUE ET
L'ORGANISME D'ACCUELIE**

Section 1 : Méthodologie de recherche

1. La méthodologie de recherche

Ci-dessous, est présentée la méthodologie de recherche adoptée pour la collecte des données et les méthodes de calculs / traitements utilisées. Il est important de prendre en compte la littérature lorsqu'on choisit les outils et les méthodes d'analyse. (Les articles)

Au cœur des différentes méthodologies de recherche, il est crucial de placer cette étude dans **un paradigme épistémologique** adéquat qui **est le positivisme**, cette approche se concentre sur la recherche de faits empiriques vérifiables, en utilisant des méthodes scientifiques rigoureuses. La programmation linéaire permet d'explorer comment optimiser les coûts de transport, En se basant principalement sur l'utilisation des méthodes Vogel et Modi, se trouve au croisement de deux approches de recherche scientifique distinctes.

Tout d'abord, cette étude repose sur **l'approche quantitative** comme fondement méthodologique. En effet, cette démarche nécessite une application rigoureuse de techniques analytiques et de modèles mathématiques, en particulier la programmation linéaire, dans le dessein de résoudre de manière systématique un problème spécifique. Son objectif premier consiste à **quantifier, mesurer et optimiser** les coûts de transport, ce faisant à travers une démarche méthodique basée sur l'exploitation de données numériques et l'exécution de calculs mathématiques précis.

En parallèle, **l'approche analytique** est également considérée comme une composante essentielle de cette recherche. En effet, cette méthodologie demande une étude approfondie des données actuelles concernant les coûts de transport, ainsi qu'une analyse critique des modèles mathématiques sous-jacents, dans le but de formuler des solutions optimales. Elle met l'accent sur une démarche analytique rigoureuse, favorisant une compréhension en profondeur des mécanismes impliqués dans l'optimisation des coûts de transport, et ce à travers l'application de principes mathématiques éprouvés.

Pour récapituler, cette étude s'inscrit dans un cadre méthodologique solide, combinant de façon harmonieuse l'approche quantitative et l'approche analytique, afin d'aborder de manière exhaustive et efficace le défi complexe de l'optimisation des coûts de transport.

Diverses méthodes seront utilisées pour collecter les données essentielles à cette recherche

Tout d'abord, une analyse minutieuse des relevés comptables sera entreprise pour obtenir des informations sur les coûts de transport en rapport avec les dépenses engendrées par le transport de marchandises sur une période déterminée. En parallèle, On utilisera les archives et les prévisions de l'entreprise pour recueillir des données sur la demande des clients, et aussi des détails sur l'offre, y compris la capacité de l'entreprise en termes de quantité de matériaux qu'elle peut fournir.

Cette démarche exploratoire, combinant diverses sources d'information, fournira un ensemble de données complet et fiable, indispensable pour l'analyse et l'optimisation des coûts de transport dans le cadre de cette étude académique.

2.Présentation et position du problème :

Le choix de travaillé sur les données du mois de janvier 2024 pour résoudre le problème de transport dans le cadre de ce projet de fin d'études peut être justifié par des facteurs sont les suivant.

Tout d'abord, la période de stage qui est a débuté au mois de février 2024, cela implique que les données disponibles pour le mois de janvier étaient immédiatement accessibles et pouvaient servir à la méthodologie et à l'échantillonnage de l'étude de côté, et d'autre coté, il offre la possibilité d'effectuer une analyse pertinente et actuelle, en se basant sur des données récentes, tout en évitant les éventuels changements ou perturbations qui auraient pu survenir pendant le déroulement du stage. En se focalisant sur le mois de janvier 2024, il est possible d'évaluer de manière plus précise les tendances de la demande, et les capacités de stockage, ce qui établit une base solide pour l'élaboration de solutions de transport efficaces et adaptées aux besoins réels de la période en question.

3. Collecte de données :

La collecte de données représente une phase essentielle dans l'établissement de tout problème à étudier. Pour mener une analyse approfondie, des données d'exploitation antérieures sont obtenues (donnés secondaire concernant le mois de janvier 2024) pendant la période de stage pratique qui été fait au sein de l'entreprise NAFTAL, plus exactement au CSD (Centre de stockage et de distribution) CHLEF qui été commencé en février 2024, Il permet de cerner un problème d'optimisation et de récolter les données nécessaires pour cette étude :

- La capacité des dépôts de stockage (3 dépôts CDS Chlef, CDS Alger et CDS Oran) et leurs capacités

- Les clients de NAFTAL (60 clients) et (50 clients) avec leur demande (L'étude a suivi les données de janvier 2024)

Section 2 : Présentation de l'entreprise

1. Présentation de district NAFTAL CHLEF

Le district de CHLEF est un dépôt qui assure la disponibilité et la distribution des produits carburants au niveau de la wilaya de CHLEF, TIARET, RELIZANE, TISSEMSILET et daïra d'AFLOU.

Figure 5:Le siège de district Chlef



Source : document interne de l'entreprise

1.1 Mission du District de CHLEF

- Distribution et commercialisation des produits pétroliers à travers les wilayas de CHLEF, RELIZANE, TIARET, TISSEMSILT et Daïra d'AFLOU.
- Gestion du réseau des stations-services. Satisfaction des besoins des clients réseau et consommateurs.
- Assure la conversion et service après-vente des véhicules en GPL/C.
- Récupération des huiles usagées.

1.2 Moyens Humains du District :

Il y a 919 Agents

- CHLEF : (338 agents)
- Antenne Tissemsilt : (74 agents)
- Agence Tiaret : (192 agents)
- Cellule Relizane : (315 agents)

1.3 des information sue l'activité du District par Axe de produit

Carburants : Assuré par cinq (05) centres de distribution (CDD 2027, CDD 2487, CDD 2387, CDD 2147, CDD 2039).

Sortie moyenne : 2503 m³/j

Sortie maximale atteinte : 2516 m³/j

Configuration du réseau de Distribution : 177 Points de vente.

Tableau 6 : les réseaux de Distribution

| | CHLEF | RELIZANE | TIARET | TISSEMSILET | AFLOU | TOTAL |
|--------------|-------|----------|--------|-------------|-------|-------|
| GD | 08 | 11 | 08 | 04 | 02 | 33 |
| GL | 05 | 07 | 09 | 01 | * | 22 |
| PVA | 32 | 26 | 33 | 10 | 10 | 111 |
| RO | 1 | 04 | 06 | * | * | 11 |
| TOTAL | 46 | 48 | 56 | 15 | 12 | 177 |

Source : document interne de l'entreprise

Moyen de distribution

Les moyens mis en service par l'entreprise NAFTAL pour réussir le transport des hydrocarbures d'entrepôt de CHLEF pour satisfaire les commandes de ses clients sont : Une flotte qui contienne.

Tableau 7 : Moyen de distribution

| | UNITE | CAPACITE DE LIVRAISON (M3) |
|-----------------------------|-----------|----------------------------|
| NAFTAL (camion articulé) | 21 | 609 |
| NAFTAL (camion rigide) | 13 | 207 |
| Tiers | 25 | 722 |
| Auto ravitailleurs | 04 | 108 |
| Revendeur distributeur (GO) | 03 | 29 |
| Total | 66 | 1675 |

Source : document interne de l'entreprise

Evolution des ventes

Tableau 8 Evolution des ventes(m3)

| | | |
|--------------|---------------|---------------|
| E/Normal | 79922 | 39584 |
| E/Super | 108683 | 47484 |
| E/Sans PB | 87915 | 179330 |
| GO | 63170 | 651972 |
| TOTAL | 913690 | 918370 |

Source : document interne de l'entreprise

1.4L'organigramme de District de CHLEF

Voir (Annex 1)

1.4.1 Les missions de chaque département :

1. **Les missions de département commercial** : Cela englobe la supervision du réseau de vente pour toutes les activités, la gestion des contraintes liées aux stations-service et d'autres aspects réglementaires, et l'intermédiation entre NAFTAL et ses clients en ce qui concerne les lubrifiants et les pneumatiques, avec la résolution de tous les problèmes associés à ces produits.
2. **Mission de département administration et moyens** : Le département des ressources humaines assure la gestion du recrutement, de la formation et de la mobilité du personnel. Le service du personnel gère quotidiennement les tâches administratives comme la correspondance, les remboursements médicaux, les allocations familiales et d'autres documents administratifs. En ce qui concerne le service des moyens généraux, il s'occupe de fournir du mobilier de bureau, des fournitures, du transport des employés et de la gestion des factures téléphoniques.
3. **Mission de département finance et comptabilité** : Le service comptabilité gère l'ensemble des comptes financiers de l'entreprise. Il y a deux divisions au sein du service trésorerie : une pour les dépenses, qui gère le règlement des factures, et une autre pour les recettes, qui gère les ventes de l'entreprise. En fin de compte, le service coût et budget traite de différents sujets tels que les assurances, les amortissements des véhicules et la comptabilité analytique.
4. **Mission de département technique, et transport** :
 - Le service de transport s'occupe de l'entretien des moyens de déplacement de l'entreprise.

- Le service d'approvisionnement et de distribution est responsable de fournir les carburants nécessaires.
- La réparation des équipements dans les stations-services est assurée par le service de maintenance réseau.
- Le service étude et réalisation gère les études pour les rénovations des bâtiments et des blocs de gestion.
- Le service réseau assure la supervision de toutes les activités de vente et la gestion des contraintes du réseau, telles que les stations-service, ainsi que d'autres aspects réglementaires.

1.5 Les couts de transport :

La méthode de calcul du coût de transport approuvé par l'entreprise est la suivante :

$3,56\text{DA (par Km)} * \text{la distance parcouru (Km)} (\text{Annex 6,7,8}) * \text{la quantité de produit transporte M3}$

Exemple : Un camion de 27M3, une distance de 100 Km Le cout= $3,56*100*27=9612\text{DA}$.

Remarque : 3,56 englobe

- Maintenance et réparations
- Les péages autoroutiers et les taxes routières
- Maintenance et réparations
- Salaires et charges sociales
- Assurance

1.6 La méthode actuelle de distribution et le détail de la fonction dispatching :

Description :

Toute commande qui aura pour conséquence la sortie du centre de stockage et de distribution de la marchandise ou le matériel qui ne sera pas réceptionné par le client lui-même doit passer par la fonction "Dispatching". La tâche de la fonction "Dispatching" est de programmer, d'ordonner et de contrôler le transport des produits du centre à leur destination (et de leur source au centre, le cas échéant) dans les délais établis, et en utilisant, de la façon la plus efficace et économique les méthodes et le matériel de transport à sa disposition.

Attribution :

Le chef du centre s'assurera que cette fonction sera acquittée de façon correcte et suivant la politique établie par l'entreprise : il désignera au moins une personne suppléante qui pourra se charger de cette fonction pendant les périodes où la personne chargée de la fonction est absente (maladie, congé, et...).

N.B. Cette fonction ne peut être attribuée qu'à une personne qui a de l'expérience dans les méthodes de transport et en ce qui concerne le matériel roulant et qui connaît bien le territoire desservi et les clients.

1.7 PRÉSENTATION DU SYSTÈME “ DISPATCHING CARBURANTS”

Selon des documents interne de l'entreprise :

Le système « Dispatching Carburants » est une application informatique qui permet le traitement automatique des fonctions : Réception commandes, dispatching et facturation.

Un manuel d'utilisation de ce système est disponible sur le système lui-même, il permet à l'utilisateur de maîtriser toutes les fonctionnalités.

En plus des facilités que présente ce système et les gains en temps et en efforts qu'il engendre, les avantages procurés par cet outil de Gestion sont multiples :

1. La transparence du service offert aux clients.
2. Installation d'un climat de confiance entre NAFTAL et sa clientèle.
3. Assurance de l'application de la politique de distribution adoptée par l'entreprise,
4. Maximisation du rendement des moyens de transport,
5. Minimisation du coût de transport,
6. Constitution d'une banque de donnée fiable pour tous les facteurs de distribution,
7. Possibilité d'évaluer et de maîtriser, d'une façon quantitative, la politique de distribution.

1.8 CHAMP D'APPLICATION :

La présente instruction de gestion et du système « dispatching carburants » est applicable au sein de tous les centres de distribution carburants relevant de l'activité commercialisation.

Elle est applicable également pour le dispatching au sein des centres carburants relevant des districts carburants de Béchar, Batna et Hassi Messaoud.

1.9 Processus de Livraison des Carburants (Réception Commandes, Dispatching et Facturation)

1.9.1 PREAMBULES :

La livraison des carburants « terre » repose sur des tâches ou fonctions essentielles au sein d'un centre de distribution et dont la maîtrise est primordiale pour la satisfaction de la clientèle et l'utilisation rationnelle ou optimale des moyens disponibles -réception commandes (RC), - Dispatching (DT) et -Facturation

NAFTAL, dans son objectif de modernisation et dans un contexte de plus en plus marqué par l'ouverture du marché des carburants à la concurrence, a mis en place un système automatisé des fonctions réception commandes (RC), Dispatching (DT) et Facturation

1.9 .2 Réception commandes

Définition de la fonction réception commandes

La réception commande est la fonction par laquelle le centre de distribution reçoit les commandes de sa clientèle, les deux principales tâches de cette fonction sont : la réception et l'enregistrement des commandes.

Mode de réception de commandes

Les commandes clients peuvent avoir les formes suivantes :

1 Forme écrite : Bon de commande, fax ou E-mail.

2 Forme orale : Téléphone ou présence personnelle du client ou de son préposé au bureau des commandes.

Description de la fonction réception commandes

1 Réceptionner la commande

a) Commande écrite

1. S'assurer que la commande est complète et authentique (quantité/qualité du produit, renseignement client, cachet et signature),
2. Saisir le client par téléphone pour compléter ou confirmer la commande, si nécessaire, avant son enregistrement.

3. Saisir les renseignements de la commande dans le système : code client, numéro du site, période « commande » (date et heure) et les quantités commandées ainsi que toutes les informations demandées par les versions ultérieures du système.
4. Editer le formulaire réception commande sur demande du client ou en cas du besoin.
5. Si la commande ne peut être enregistrée (suspension du client, absence d'avance commerciale, etc), informer le client.

b) Commande orale

1. Enregistrement dans le système de la commande du client simultanément durant la conversation,
2. Communiquer le numéro du formulaire réception commandes aux clients, pour utilisation en cas du besoin.
3. Informer le client de tout problème relatif à sa commande.

Horaires de réception commandes

La réception commande est assurée durant les horaires d'ouverture du centre.

Au début de la journée et en démarrant le système, le préposé à la réception commande procède à l'ouverture de la journée de réception. Ensuite, il entame la saisie des commandes reçues au fur et à mesure.

La journée de réception commande est clôturée à une heure fixée par le chef du centre de manière à permettre le traitement des commandes par la fonction Dispatching.

Les horaires de réception doivent faire l'objet d'un affichage au niveau de la structure réception commande et d'une diffusion à la clientèle.

En cas d'une journée de fermeture du centre (repos, férié), les commandes seront reçues la veille de la journée de fermeture.

Edition du formulaire réception commandes et des états de synthèse

Le FRC n'est édité que sur demande du client ou en cas d'un besoin (ex : le cas d'un client soumis au paiement par chèque certifié).

Toutefois le numéro de la commande est communiqué systématiquement au client.

N.B : en cas d'indisponibilité du système (panne électrique, défaillance du système ou du micro-ordinateur), la réception commande est assurée en utilisant les FRC manuels : pour cela, cet imprimé doit être disponible en quantité suffisante au niveau du centre, le registre de transcription des informations des FRC est gardé ouvert pour l'enregistrement des FRC manuels.

Contrôle crédit

La fonction « contrôle crédit » des clients et particulièrement des clients soumis aux conditions particulières de paiement (paiement par chèque certifié, avance commerciale...) doit être acquittée d'une manière permanente par une personne désignée par le chef du centre.

Les informations relatives à ces clients sont transmises par le chef de service gestion à la personne ayant accès au système pour mise à jour régulièrement.

Les commandes de cette catégorie de client sont enregistrées normalement au niveau de la réception commande, ils apparaissent avec une couleur différente (rose) sur la liste des commandes passées de la journée, toutefois, ils ne seront programmables (prises en considération dans l'établissement du programme de distribution) qu'après paiement (le visa du caissier faisant foi).

Approbation des commandes réceptionnées par la fonction Dispatching

Dès la clôture de la journée de réception des commandes et l'édition des états de synthèse, le préposé à la fonction dispatching doit, après vérification, approuver l'état récapitulatif fourni par la fonction réception de commandes (**Annexe 2**). Cet état comporte le nombre de commandes et les quantités globales par produits réceptionnées durant la journée en question et doit être archivé au niveau de la structure « Réception de commandes ».

1.9.3 Dispatching

A. Définition de la fonction Dispatching carburants

La fonction Dispatching est la deuxième phase du système "Dispatching carburants", elle assure principalement les tâches suivantes :

1. Etablir un programme de Distribution,
2. Suivre l'exécution du programme établi.

B. Les différentes phases d'un programme de distribution

Phase A : phase préparatoire

a) Préparation de la flotte (véhicules (attelages, rigides) / chauffeurs)

Les informations concernant la flotte et les chauffeurs sont introduits après l'installation du système au niveau de la fonction dispatching.

Avant le lancement du calcul du programme de distribution, le dispatcher procède à la préparation de la flotte : cette opération consiste à apporter les modifications nécessaires sur la situation réelle de la flotte.

La mise à jour du fichier flotte est communiquée sur un état journalier approuvé par le chef de service transport, elle concerne les informations relatives aux:

- Tracteurs et des citernes (active, bon, altéré, heures de service, parc de départ ...etc),
- Chauffeurs affectés à chaque véhicule.

Concernant la flotte des transporteurs tiers conventionnés avec le centre, le chef de centre doit veiller à ce que le (les) transporteur(s) tiers communique(ent) quotidiennement la situation réelle de sa flotte (disponible et non disponible) afin de permettre au Dispatcher de préparer la flotte à utiliser (NAFTAL et tiers) pour la réalisation de son programme de distribution.

N.B : le transporteur tiers doit mettre à la disposition de NAFTAL ses moyens de transport suivant la convention le liant avec NAFTAL, toute dérogation à ces obligations contractuelles doit être signalé par le chef de centre à qui de droit

b) Traitement des commandes des clients soumis aux conditions particulières de paiement (Contrôle crédit au niveau du dispatching).

Le chargé du dispatching reçoit du préposé à la caisse, les FRC des clients soumis aux conditions particulières de paiement sur un bordereau joint afin de cocher sur la liste des commandes reçues de la réception commandes la mention "payé" et intégrer les commandes de ces clients dans la liste des commandes à programmer (**Annex 3**).

Phase B : Le lancement du calcul du programme de distribution

Une fois les préparatifs nécessaires accomplis, le dispatcher lance la recherche du programme optimal, cette opération prend quelques minutes et à la fin le système choisira le meilleur programme de distribution pour la journée complète (J+1).

a) Analyse du programme de distribution optimal

L'analyse du programme consiste à :

1. Vérifier l'applicabilité du programme,
2. Constater les nombres de commandes satisfaites et de commandes en instances,
3. Vérifier l'existence de rotation incomplète (un ou plusieurs compartiments de la citerne non affectés) afin de procéder à leur affectation.

b) Le traitement des commandes complémentaires

Le programme optimal peut comprendre des rotations incomplètes. Pour les compléter, le Dispatcher dispose des solutions suivantes offertes par le système :

1. Contacter le/les clients concernés par la rotation pour leurs proposer de prendre le complément,
2. Contacter les stations en gestion directe du secteur de la rotation concernée pour voir la possibilité de prendre le complément,
3. Consulter les commandes en instance et déterminer celles qui peuvent être intégrées dans la rotation (après accord du client),
4. Contacter un client du secteur de la livraison qui n'a pas passé de commande et lui proposer le complément,

Si les commandes complémentaires sont affectées pour les stations GD ou pour un nouveau client (solution N° 2 ou 4 ci-dessus), le Dispatcher passe une nouvelle commande pour le client en question dans le séquentiel réservé pour les commandes complémentaires.

c) Validation du programme de livraison par le chef de centre

Une fois le programme de distribution complété suivant la procédure décrite ci-dessus, le dispatcher l'édite et l'envoi au chef de centre pour analyse et validation.

Après sa validation, le programme doit être affiché sur le panneau d'affichage pour permettre aux chauffeurs de prendre connaissance de leurs rotations programmées.

La partie du programme à réaliser par les transporteurs tiers doit être communiquée aux concernés pour préparation de leurs flottes.

d) Exportation du fichier programme vers NAFTCOM

Le système Dispatching carburants offre la possibilité d'exportation du fichier programme vers NAFTA COM, une fois le programme validé par le chef de centre, le Dispatcher l'exporte vers NAFTA COM pour établissement automatique des factures.

Phase c : Exécution du programme

Le Dispatcher veille sur l'exécution du programme généré par le système Dispatching carburants. Au moment de l'exécution de chaque livraison, le Dispatcher confirme les références de la rotation (code véhicule, chauffeur, N° rotation) au facturier pour l'établissement du BLF en question.

1.9.4 Facturation

Etablissement des factures et autres documents à chaque livraison effectuée (**Annex4**) et (**Annex5**).

2. Dispatching et Gestion des distributions : Optimisation des Coûts

Parmi ces fonctions, le dispatching pose un problème majeur car le préposé au poste doit : "satisfaire toutes les commandes soumises à toutes les restrictions et au coût le plus bas."

Les données du problème sont constituées par l'offre qui existe à la source (origine) et la demande qui, elle, est requise à la destination. Dans l'objectif d'optimiser les liaisons établies entre ces différentes origines et les points d'arrivée, la fonction économique prend en considération les coûts associés à chaque élément.

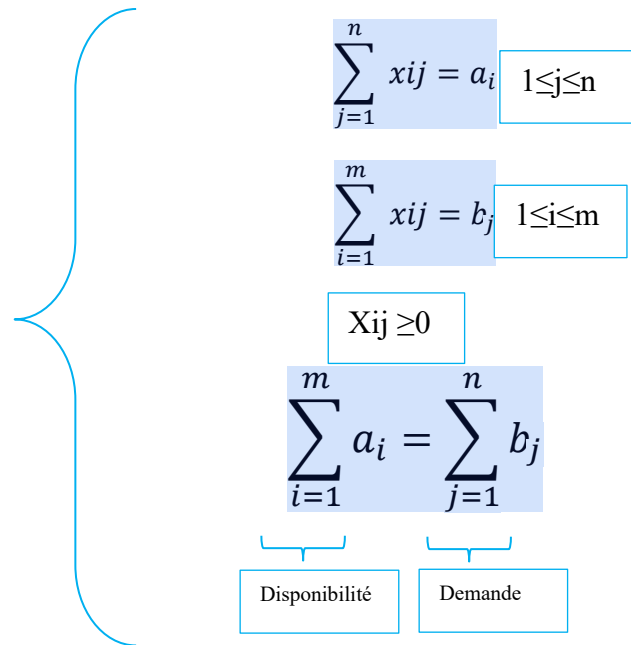
En supposant que les informations sont disponibles sur les capacités à chaque source et sur les besoins à satisfaire à chacune des destinations, le modèle de transport qui est utilisé pour déterminer le programme optimal de livraison entre les points d'origines et d'arrivées permet d'obtenir le coût total le plus faible

Pour cela, la méthode d'approximation Vogel a été appliquée pour obtenir une solution initiale proche de la solution optimale pour les deux produits commercialisés par NAFTAL

2.1 Formulation du modèle mathématique linéaire (Programmation linéaire)

La fonction objective

$$\text{Min (F)} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$



Coûts de transport (cij) : Dans cette matrice, on trouve les coûts unitaires de transport de chaque produit de l'origine i à la destination j . Pour le dire autrement, c_{ij} représente le coût de transporter une unité de produit de l'origine i à la destination j .

Matrice des quantités (xij) : Cette matrice représente les quantités de produits à expédier de chaque origine i à chaque destination j . La quantité de produit expédiée de l'origine i à la destination j est représentée par chaque élément x_{ij} de la matrice.

Demande (a) : Les demandes de chaque destination sont représentées par ce vecteur. Chaque élément de ce vecteur reflète la demande de produit à fournir pour la destination J .

Capacité (b) : Ce vecteur représente les ressources disponibles pour chaque origine. Chaque élément b_i de ce vecteur équivaut à la capacité maximale d'expédition d'un produit depuis l'origine i .

L'objectif du problème de programmation linéaire de transport est de déterminer les quantités à expédier de chaque origine à chaque destination de manière à satisfaire les demandes tout en respectant les capacités disponibles, tout en minimisant les coûts totaux de transport.

Conclusion

Ce chapitre a été consacré à la présentation de la méthodologie de recherche, suivie de la présentation et de la contextualisation du problème. Après avoir rassemblé les données nécessaires à l'étude, l'entreprise examinée a été décrite en mettant en lumière ses produits et son réseau de distribution.

Après, le district NAFTAL CHLEF a été présenté, notamment sa mission, ses ressources humaines, ses activités par axe de produit, son organigramme et les coûts de transport associés.

Par la suite, la méthode actuelle de distribution a été examinée en détail, en mettant l'accent sur la fonction dispatching et en détaillant le système de dispatching des carburants, son champ d'application et son processus de livraison.

Enfin, un modèle mathématique linéaire a été formulé, définissant la fonction objective nécessaire à l'optimisation des coûts de dispatching et de gestion des distributions.

CHAPITRE III : CADRE PRATIQUE

Le chapitre III marque le point culminant de cette étude, Il se concentre sur les aspects pratiques de la recherche. Après avoir posé les bases théoriques et méthodologiques dans les chapitres précédents, ce chapitre a abordé l'application concrète des méthodes et outils présentés. Grâce à une présentation de MATLAB et une revue des méthodes Vogel et MODI, il fournit également un aperçu détaillé du processus d'amélioration des coûts de transport de NAFTAL. En outre, il fournit une description approfondie des données et des informations utilisées, y compris les coûts de transport, les capacités des dépôts et les centres de stockage et les demandes des clients.

Après avoir compris le problème opérationnel posé par l'entreprise et formulé un modèle mathématique écrit représentatif, cette section de l'étude se concentre sur l'application pratique de ce modèle. À cette fin, l'application de MATLAB a été préférée pour sa capacité à effectuer des comptes numériques avancés et à fournir des outils de visualisation appropriés en tant qu'outil de modélisation et de solution.

1. Présentation de Matlab

MATLAB, abréviation de Matrix LABORatory, a été créé et développé en Fortran par C. Moler pour simplifier l'accès au logiciel matriciel utilisé dans les projets LINPACK et EISPACK.

Depuis, la version actuelle, réécrite en C par The MathWorks Inc, est disponible sur les versions professionnelles et étudiantes, et est compatible avec diverses plateformes telles que Sun, Bull, HP, IBM, PC (DOS, Unix ou Windows), Macintosh, iMac ainsi que plusieurs machines parallèles.

Matlab est un logiciel complètement dédié à la résolution de problèmes d'analyse numérique ou de traitement du signal. Il Permet d'effectuer des calculs matriciels ou de visualiser les résultats sous forme graphique. La formulation des problèmes s'apparente à la formulation mathématique des problèmes à résoudre. L'utilisation de ce dernier consiste à lancer des commandes comme la programmation en C.

Il existe deux modes de fonctionnement sur Matlab :

Le mode interactif : Les instructions sont exécutées telles qu'elles sont présentées par l'usage.

Le mode exécutif : Dans ce cas, l'utilisateur utilise un fichier « M file » qui contient toutes les instructions à exécuter.

1.1 La programmation avec MATLAB

La programmation avec MATLAB propose deux approches différentes pour la création de fonctions :

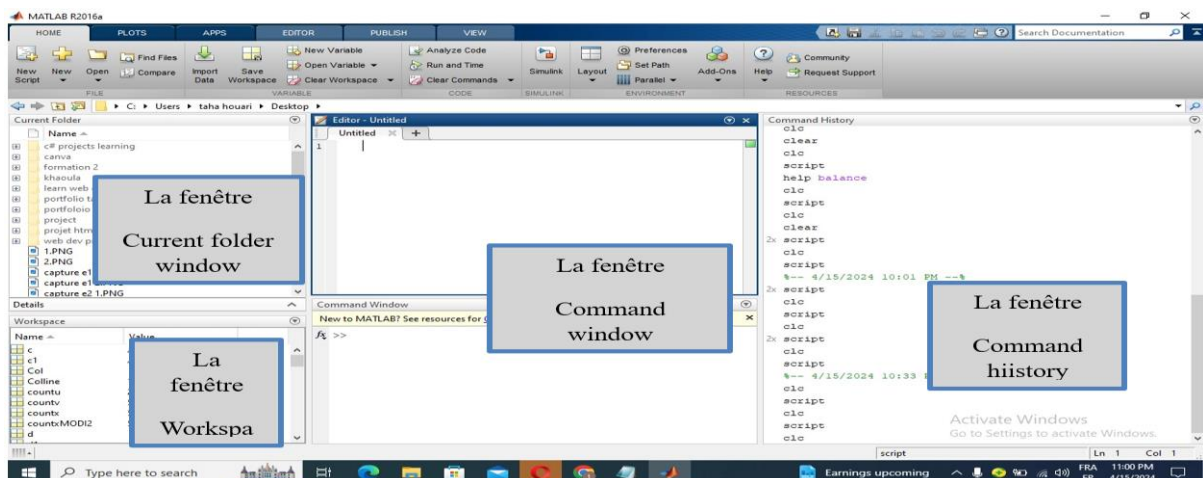
Pour commencer, saisissez directement le code dans la fenêtre de commande de MATLAB, ce qui permet une exécution immédiate des instructions.

La deuxième méthode implique l'utilisation de l'éditeur de développement intégré à MATLAB. Cette méthode requiert la rédaction du code dans des fichiers texte distincts avec l'extension ".m". Une fois enregistrés, ces fichiers sont considérés comme des fonctions MATLAB et peuvent être exécutés depuis la fenêtre de commande. Pour réaliser cela, il est essentiel de localiser le fichier dans le répertoire MATLAB, qui est généralement le dossier de travail ("Work").

L'environnement de MATLAB possède 4 fenêtres :

1. Invite de commande (command window).
2. Le contenu de l'espace courant de travail (workspace).
3. La liste des fichiers du répertoire courant (current folder).
4. L'historique des commandes tapées (command history).

Figure 6: interface Matlab

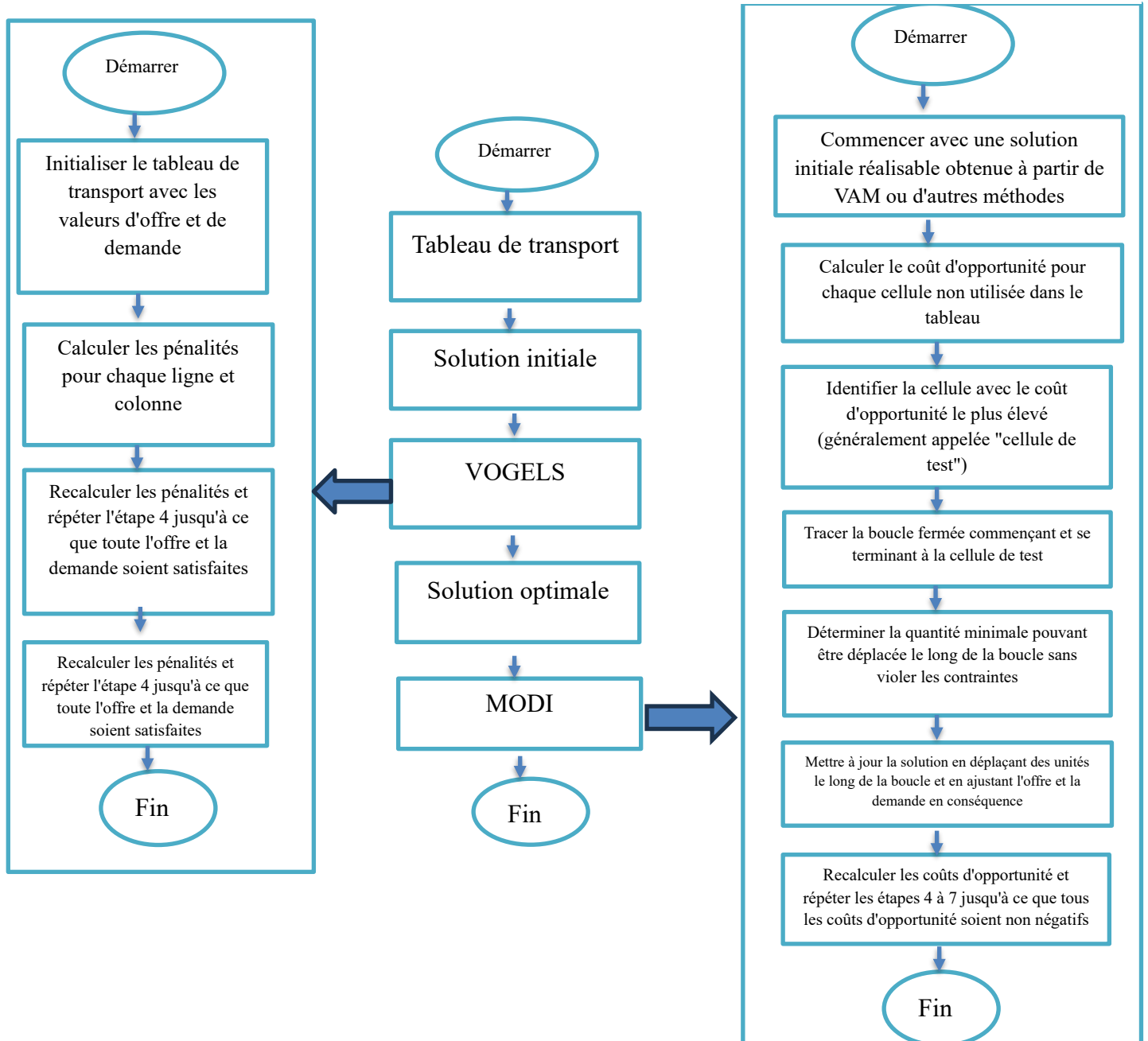


Source : Matlab

2. Rappel des méthodes Vogel et Modi

Une représentation simplifiée pour les méthodes de transport de Vogel (VAM) et de distribution modifiée (MODI) est présenté ici.

Figure 7: Une représentation simplifiée pour les méthodes de transport de Vogel (VAM) et de distribution modifiée (MODI)



Source : (Arofah & Gesthantiara, 2021) avec quelque ajouts

3. Description des données :

On trouve :

3.1 la matrice Coûts de transport cij :

Les informations sur les coûts de transport ont été obtenues en se basant sur les tarifs actuels des transporteurs disponibles pour chaque itinéraire d'expédition. Ces données ont ensuite été organisées dans des matrices de coûts pour les deux produits (Les coûts obtenus dans la matrice sont le produit de la multiplication de 3,56 et de la distance entre chaque client avec les trois sources existantes (**Annex 6 ,7,8**), indiquant le coût unitaire d'expédition de chaque CDD à chaque client. Les deux tableaux suivants illustrent comment chaque client est identifié par un code unique.

La liste des 60clients de produit gasoil

Tableau 9 : Les 60clients de produit gasoil

| | | |
|-------|-------|-------|
| A1715 | K2770 | O0676 |
| A1901 | K2771 | O0697 |
| A5230 | K3921 | O4913 |
| A6840 | L0194 | O4999 |
| A6847 | L0555 | O6801 |
| A9186 | L5766 | O9960 |
| B0216 | L7187 | O9965 |
| B1184 | L7710 | O9966 |
| C9317 | L7800 | P6680 |
| I2342 | M5305 | S0209 |
| I2372 | M5307 | S0382 |
| I6422 | M5308 | S0394 |
| I6473 | M5318 | S9286 |
| I6488 | M5335 | U9474 |
| J2210 | M5354 | Z3212 |
| K2203 | M5393 | Z3254 |
| K2741 | N0066 | Z7630 |
| K2743 | O0615 | Z7640 |
| K2748 | O0642 | Z7688 |
| K2759 | O0665 | Z7692 |

Source : document interne de l'entreprise

La liste des 50 clients pour le produit essence sans plomb

Tableau 10 : Les 50 clients pour le produit essence sans plomb

| | | |
|-------|-------|-------|
| A1715 | K2748 | O0665 |
| A1901 | K2759 | O0676 |
| A5230 | K2770 | O0697 |
| A6840 | K2771 | O4913 |
| A6847 | K3921 | O4999 |
| B1184 | L5766 | O6801 |
| C9317 | L7710 | O9960 |
| I2342 | L7800 | O9965 |
| I2372 | M5305 | O9966 |
| I6422 | M5307 | P6680 |
| I6473 | M5308 | S0394 |
| I6488 | M5318 | U9474 |
| J2210 | M5354 | Z3212 |
| J7594 | M5393 | Z7640 |
| K2203 | N0066 | Z7688 |
| K2741 | O0615 | Z7692 |
| K2743 | O0642 | |

Source : document interne de l'entreprise

Figure 8 : La matrice des coûts de transport de gasoil de chaque pair source client

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| CHLEF | A1715 14,24 | A1901 32,04 | A5230 14,24 | A6840 35,6 | A6847 60,52 | A9186 345,32 | B0216 202,92 | B1184 103,24 | C9317 67,64 | I2342 67,64 | I2372 64,08 | I6422 145,96 | I6473 3,56 | I6488 195,8 | J2210 53,4 | K2203 345,32 | K2741 160,2 | K2743 14,24 | K2748 331,8 | K2759 92,56 |
| ALG | 776,08 | 804,56 | 776,08 | 808,12 | 815,24 | 1100,04 | 957,64 | 861,52 | 701,32 | 825,92 | 850,84 | 900,68 | 768,96 | 950,52 | 825,92 | 1100,04 | 911,36 | 776,08 | 1085,8 | 847,28 |
| ORAN | 758,28 | 761,84 | 768,96 | 765,4 | 783,2 | 1078,68 | 936,28 | 754,72 | 836,6 | 719,12 | 733,36 | 875,76 | 765,4 | 925,6 | 758,28 | 1078,68 | 704,88 | 758,28 | 1064,44 | 822,36 |
| K2770 67,64 | K2771 106,8 | K3921 199,36 | L0194 35,6 | L0555 3,56 | L5766 89 | L7187 202,92 | L7710 3,56 | L7800 3,56 | M5305 227,84 | M5307 60,52 | M5308 60,62 | M5318 174,44 | M5335 21,36 | M5354 89 | M5393 21,36 | N0066 96,12 | O0615 5,34 | O0642 106,8 | O0665 121,04 | O0676 227,84 |
| 790,32 | 840,16 | 954,08 | 801 | 765,4 | 808,12 | 957,64 | 761,84 | 761,84 | 979 | 815,24 | 765,4 | 929,16 | 761,84 | 820,36 | 761,84 | 843,72 | 758,28 | 854,4 | 843,72 | 976 |
| 712 | 690,2 | 932,72 | 744,04 | 776,08 | 854,4 | 936,28 | 776,08 | 754,72 | 708,44 | 811,86 | 904,24 | 783,2 | 694,2 | 783,2 | 712 | 772,52 | 712 | 890 | 754,42 | |
| O0697 28,48 | O4913 160,2 | O4999 10,68 | O6801 74,76 | O9960 65,96 | O9965 284,8 | O9966 14,24 | P6680 167,32 | S0209 14,24 | S0382 96,12 | S0394 81,88 | S9286 78,32 | U9474 28,48 | Z3212 78,32 | Z3254 14,24 | Z7630 14,24 | Z7640 110,36 | Z7688 53,04 | Z7692 21,36 | | |
| 790,32 | 911,36 | 740,48 | 676,4 | 811,68 | 1076,64 | 776,08 | 922,04 | 776,08 | 843,72 | 815,24 | 679,96 | 729,8 | 679,96 | 776,08 | 758,28 | 761,84 | 708,44 | 729,8 | | |
| 740,48 | 704,88 | 786,76 | 843,72 | 786,76 | 1025,28 | 758,28 | 897,12 | 768,96 | 712 | 687,08 | 818,08 | 793,88 | 818,08 | 758,28 | 758,28 | 875,76 | 808,12 | 776,08 | | |

Source : élaboré par nous-même à l'aide des document interne de l'entreprise.

Figure 9 : La matrice des coûts de transport de l'essence sans plomb de chaque pair source client

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| ALG | A1715 776,08 | A1901 804,56 | A5230 776,08 | A6840 808,12 | A6847 815,24 | B1184 861,52 | C9317 701,32 | I2342 825,92 | I2372 850,84 | I6422 900,68 | I6473 768,96 | I6488 950,52 | J2210 825,92 | J7594 768,96 | K2203 1100,04 | K2741 911,36 | K2743 776,08 | K2748 1085,8 | K2759 847,2 |
| ORAN | 758,28 | 761,84 | 768,96 | 765,4 | 783,2 | 754,72 | 836,6 | 719,12 | 733,36 | 875,76 | 765,4 | 925,6 | 758,28 | 847,28 | 1078,68 | 704,88 | 758,28 | 1064,44 | 822,36 |
| K2770 790,32 | K2771 840,16 | K3921 954,08 | L5766 808,12 | L7710 761,84 | L7800 761,84 | M5305 979 | M5307 815,24 | M5308 765,4 | M5318 929,16 | M5354 820,36 | M5393 761,84 | N0066 843,72 | O0615 758,28 | O0642 854,4 | O0665 843,72 | O0676 976 | O0697 790,32 | O4913 911,36 | |
| 712 | 690,2 | 932,72 | 854,4 | 776,08 | 776,08 | 754,72 | 708,44 | 811,86 | 904,24 | 694,2 | 783,2 | 712 | 772,52 | 712 | 890 | 754,42 | 740,48 | 704,88 | |
| O4999 740,48 | O6801 676,4 | O9960 811,68 | O9965 1076,64 | O9966 776,08 | P6680 922,04 | S0394 815,24 | U9474 729,8 | Z3212 679,96 | Z7640 761,84 | Z7688 708,44 | Z7692 729,8 | | | | | | | | |
| 786,76 | 843,72 | 786,76 | 1025,28 | 758,28 | 897,12 | 687,08 | 793,88 | 818,08 | 875,76 | 808,12 | 776,08 | | | | | | | | |

Source : élaboré par nous-même à l'aide des document interne de l'entreprise

Description des données utilisées pour le modèle de transport des producteurs par l'application des méthodes VAM et MODI.

3.2 Capacités des dépôts et centres de stockages

Les capacités des entrepôts et centres de stockage de Chlef, d'Alger et d'Oran ont été obtenues pour le premier produit, et d'Algérie et d'Oran pour le deuxième produit. Ces données été fournies par le département technique service transport de NAFTAL Chlef.

Tableau 11 La capacité de gasoil

| CDD | | La capacité de gasoil |
|------------|--|--------------------------------|
| CHLEF | | 10134,56 m ³ |
| ALG | | 833 m ³ |
| ORAN | | 7804 m ³ |

Source : document interne de l'entreprise

Tableau 12 La capacité essence Sans plomb

| CDD | | La capacité essence Sans plomb |
|------------|--|---------------------------------------|
| ALG | | 1350 m ³ |
| ORAN | | 7683 m ³ |

Source : document interne de l'entreprise

3.3 Demandes des clients :

Les données des commandes des clients ont été recueillies en examinant le dossier des ventes ainsi que les prévisions de la demande pour chaque produit. Ces données étaient nécessaires pour déterminer les quantités de produits requises par chaque client au cours de la période de janvier 2024.

Tableau 13 : La demande de gasoil(m3)

| Code client | Demande | Code client | Demande | Code client | Demande |
|--------------------|----------------|--------------------|----------------|--------------------|----------------|
| A1715 | 270 | K2770 | 1681 | O0676 | 282 |
| A1901 | 202 | K2771 | 1063 | O0697 | 1174 |
| A5230 | 374 | K3921 | 207 | O4913 | 402 |
| A6840 | 464 | L0194 | 246 | O4999 | 221 |
| A6847 | 246 | L0555 | 216 | O6801 | 205 |
| A9186 | 12 | L5766 | 239 | O9960 | 593 |
| B0216 | 129 | L7187 | 12 | O9965 | 131 |
| B1184 | 160 | L7710 | 108 | O9966 | 326 |
| C9317 | 229 | L7800 | 219 | P6680 | 287 |
| I2342 | 300 | M5305 | 208 | S0209 | 81 |
| I2372 | 440 | M5307 | 240 | S0382 | 84 |
| I6422 | 174 | M5308 | 253 | S0394 | 457 |
| I6473 | 275 | M5318 | 134 | S9286 | 78 |

| | | | | | |
|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|
| I6488 | 221 | M5335 | 27 | U9474 | 375 |
| J2210 | 139 | M5354 | 298 | Z3212 | 954 |
| K2203 | 372 | M5393 | 154 | Z3254 | 18 |
| K2741 | 183 | N0066 | 127 | Z7630 | 9 |
| K2743 | 360 | O0615 | 653 | Z7640 | 156 |
| K2748 | 259 | O0642 | 678 | Z7688 | 167 |
| K2759 | 392 | O0665 | 178 | Z7692 | 630 |

Source : document interne de l'entreprise

Tableau 14 : La demande essence Sans plomb(m3)

| Code client | Demande | Code client | Demande | Code client | Demande |
|--------------------|----------------|--------------------|----------------|--------------------|----------------|
| A1715 | 289 | K2748 | 180 | O0665 | 120 |
| A1901 | 130 | K2759 | 263 | O0676 | 96 |
| A5230 | 240 | K2770 | 340 | O0697 | 278 |
| A6840 | 287 | K2771 | 225 | O4913 | 143 |
| A6847 | 63 | K3921 | 228 | O4999 | 234 |
| B1184 | 99 | L5766 | 217 | O6801 | 124 |
| C9317 | 118 | L7710 | 18 | O9960 | 346 |
| I2342 | 81 | L7800 | 128 | O9965 | 56 |
| I2372 | 145 | M5305 | 105 | O9966 | 216 |
| I6422 | 116 | M5307 | 166 | P6680 | 213 |
| I6473 | 306 | M5308 | 186 | S0394 | 202 |
| I6488 | 230 | M5318 | 157 | U9474 | 188 |
| J2210 | 71 | M5354 | 141 | Z3212 | 326 |
| J7594 | 149 | M5393 | 99 | Z7640 | 75 |
| K2203 | 135 | N0066 | 59 | Z7688 | 119 |
| K2741 | 103 | O0615 | 371 | Z7692 | 300 |
| K2743 | 329 | O0642 | 163 | | |

Source : document interne de l'entreprise

Pour l'organisation et le filtrage des données, certains outils ont été utilisés dans le processus, notamment Excel. Ensuite, ces données ont été importées dans MATLAB pour leur traitement, ainsi que pour utiliser les méthodes VAM et MODI, aussi, pour utiliser les méthodes de Modi et Vogel, le code créé par Warut Boonphakdee 2015 (**Annex 9**) a été utilisé avec quelques modifications afin de l'adapter à ce cas.

Il est essentiel de garantir la qualité et l'exactitude des données s'est avéré crucial pour obtenir des résultats fiables et significatifs dans cette étude.

4. Résultats et interprétation des résultats

4.1 1 ère phase : solution de base

La méthode de Vogel appliquée au premier et au deuxième produit a donné les résultats suivants

4.1.1 Le premier produit (Gasoil)

Figure 10 : Résultats de la méthode de Vogel pour le premier produits « le gasoil » avec MATLAB

```

Total cost of Non-degeneracy VAM
6.9866e+06

Occupied matrix of VAM
Columns 1 through 10
    270    202    374    464    246    12    129     0     0     0
     0     0     0     0     0     0     0     0     0     0
     0     0     0     0     0     0     0    160    229    300

Columns 11 through 20
     0    174    275    221    139    372     0    360    259    392
     0     0     0     0     0     0     0     0     0     0
    440     0     0     0     0     0    183     0     0     0

Columns 21 through 30
     0     0    207    246    216    239    12    108    219     0
     0     0     0     0     0     0     0     0     0     0
   1681   1063     0     0     0     0     0     0     0    208

Columns 31 through 40
     0    253    134     27     0    154     0    653     0    178
     0     0     0     0     0     0     0     0     0     0
    240     0     0     0    298     0    127     0    678     0

Columns 41 through 50
     0    1174     0    221     0    593    131    326    287    81
     0     0     0     0    205     0     0     0     0     0
    282     0    402     0     0     0     0     0     0     0

Columns 51 through 60
     0     0     0    130     0    18     9     0     0    630
     0     0     0     0    628     0     0     0     0     0
     84    457    78    245    326     0     0    156    167     0

Elapsed time is 0.018458 seconds.

```

Source : Matlab

Le coût total obtenu en utilisant la méthode Vogel pour l'optimisation des coûts est de $6,9866e + 06$.

L'analyse des résultats de la méthode de Vogel a permis d'identifier une matrice occupée indiquant les quantités à transférer entre sources et destinations. Cette matrice contient des valeurs non nulles représentant les quantités à transférer. Les valeurs non valides concernent les cas où le transport entre des sources et des destinations spécifiques n'est pas requis.

4.1.2 Le deuxième produit (l'essence Sans plomb)

Figure 11 : résultats de la méthode de Vogel pour le deuxième produits l'essence Sans plomb avec MATLAB

```
Total cost of Non-degeneracy VAM
7.0038e+06

Occupied matrix of VAM
Columns 1 through 20

    0    0    0    0    0    0  118    0    0    0    0    0    0  149    0    0    0    0    0    0
289  130  240  287  63  99    0   81  145  116  306  230  71    0  135  103  329  180  263  340

Columns 21 through 40

    0    0    0    0    0    0    0  186    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0  124
225  228  217  18  128  105  166    0  157  141  99  59  371  163  120  96  278  143  234    0

Columns 41 through 50

    0    0    0    0    0  188  326  75  119  65
346  56  216  213  202    0    0    0    0  235

Elapsed time is 0.182922 seconds.
```

Source : Matlab

Le coût total obtenu en utilisant la méthode de Vogel pour optimiser les coûts est de 7.0038e+06.

L'analyse des résultats de la méthode de Vogel a permis d'identifier une matrice occupée indiquant les quantités à transférer entre sources et destinations. Cette matrice contient des valeurs non nulles représentant les quantités à transférer. Les valeurs non valides concernent les cas où le transport entre des sources et des destinations spécifiques n'est pas requis.

Interprétation des résultats

Le coût total calculé en utilisant la méthode de Vogel représente le coût minimal requis pour transporter les quantités requises entre les différentes sources et destinations, en tenant compte des tarifs de transport et des contraintes spécifiques du problème.

La matrice occupée permet une répartition optimale des quantités à transporter, en précisant les flux de produits entre chaque paire de sources et de destinations. Cela permet de visualiser efficacement les schémas de transport et d'identifier les routes les plus utilisées ainsi que les points où des ajustements pourraient être nécessaires pour optimiser davantage les coûts.

4.2 2eme phase : solution optimale

Les résultats de la méthode MODI, utilisée après la méthode de Vogel pour atteindre une solution optimale, pour le premier produit et le deuxième produit sont les suivants :

4.2.1 Le premier produit (Gasoil)

Figure 12 : Résultats de la méthode de MODI pour le premier produit « le gasoil » avec MATLAB

```

Total cost of MODI
6.9319e+06

Occupied matrix of MODI
Columns 1 through 10
    270    202    374    464    246    12    129    0    229    0
     0     0     0     0     0     0     0     0     0     0
     0     0     0     0     0     0     0    160     0    300

Columns 11 through 20
     0    174    275    221     0    372     0    360    259    392
     0     0     0     0     0     0     0     0     0     0
    440     0     0     0    139     0    183     0     0     0

Columns 21 through 30
     0     0    207     0    216    239    12    108    219     0
     0     0     0     0     0     0     0     0     0     0
   1681   1063     0    246     0     0     0     0     0    208

Columns 31 through 40
     0    253    134    27     0    154     0    653     0    178
     0     0     0     0     0     0     0     0     0     0
    240     0     0     0    298     0    127     0    678     0

Columns 41 through 50
     0    358     0    221     0    593    131    326    287    81
     0     0     0     0    205     0     0     0     0     0
    282    816    402     0     0     0     0     0     0     0

Columns 51 through 60
     0     0     0    375    404    18     9    156    167    630
     0     0    78     0    550     0     0     0     0     0
     84    457     0     0     0     0     0     0     0     0

```

Source : Matlab

Le coût total obtenu avec la méthode MODI est de 6.9319e+06, ce qui représente une amélioration par rapport au coût obtenu avec la méthode de Vogel, qui était de 6.9866e+06. Les quantités à transporter entre les sources et les destinations sont indiquées dans la matrice de la

méthode MODI, tout comme dans la méthode de Vogel. Néanmoins, quelques modifications ont été apportées par la méthode MODI pour optimiser davantage la solution .

Interprétation des résultats :

La réduction du coût total obtenue en utilisant MODI par rapport à Vogel indique que les modifications de MODI ont permis de trouver une solution optimale, avec des coûts de transport globaux inférieurs.

La méthode MODI présente une allocation optimale des quantités à transporter en prenant en compte les coûts et les contraintes de transport. Grâce à ces ajustements, les flux de produits entre les sources et les destinations ont été optimisés de manière encore plus efficace, ce qui a contribué à réduire les coûts totaux.

4.2.2Le deuxième produit (l'essence Sans plomb)

Figure 13 : Résultats de la méthode de MODI pour le deuxième produit « l'essence Sans plomb » avec MATLAB

```
Elapsed time is 0.102522 seconds.
Total cost of MODI
7.0038e+06

Occupied matrix of MODI
Columns 1 through 20
    0     0     0     0     0     0    118     0     0     0     0     0     0    149     0     0     0     0     0     0
289   130   240   287    63    99     0    81   145   116   306   230    71     0   135   103   329   180   263   340

Columns 21 through 40
    0     0     0     0     0     0     0   186     0     0     0     0     0     0     0     0     0     0     0    124
225   228   217   18    128   105   166     0   157   141   99    59   371   163   120   96   278   143   234     0

Columns 41 through 50
    0     0     0     0     0   188   326   75   119   65
346   56   216   213   202     0     0     0     0   235

Elapsed time is 0.058750 seconds.
>>
```

Source : Matlab

Le coût total obtenu en utilisant la méthode MODI est également de 7.0038e+06.

La matrice occupée permet une répartition optimale des quantités à transporter, en précisant les flux de produits entre chaque paire de sources et de destinations. Tout comme la méthode de Vogel, en fournissant une allocation optimale des quantités à transporter pour minimiser les coûts.

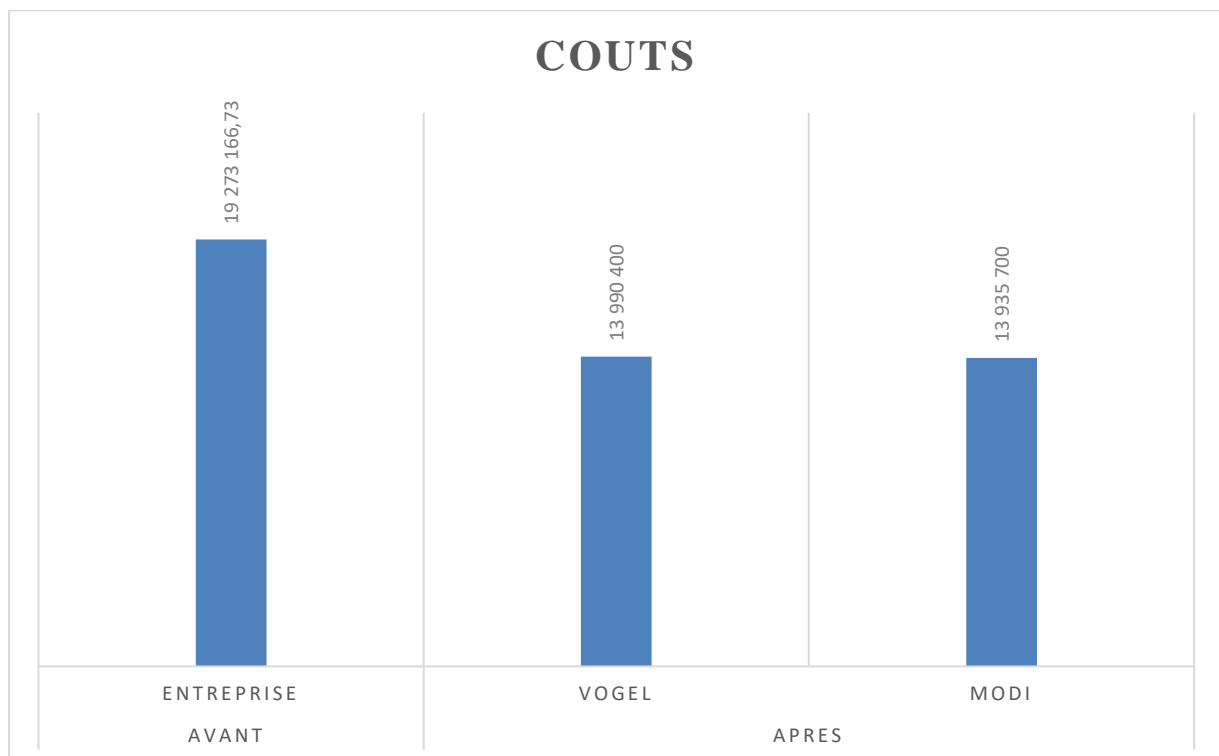
Interprétation des résultats

Même en utilisant la méthode MODI, le coût total obtenu reste identique à celui calculé avec la méthode de Vogel. Cela indique que dans cette situation particulière, la méthode MODI n'a pas apporté d'amélioration significative par rapport à la solution obtenue avec la méthode de Vogel

Même si la méthode MODI peut parfois aider à affiner et à améliorer la solution initiale, dans cette situation spécifique, elle n'a pas entraîné une réduction supplémentaire des coûts de transport. Il est important de noter que les résultats peuvent varier en fonction de la complexité du problème et des conditions spécifiques du réseau de transport, et aussi expliquer ce cas par la mesure de l'efficacité de la méthode Vogel, dont les résultats sont toujours plus proches des résultats idéaux.

4.3. Analyse comparative des coûts actuels de l'entreprise avec les résultats des méthodes Vogel et MODI

Figure 14 : les résultats totaux des coûts avant et après l'utilisation de Vogel et MODI



Source : élaboré par nous-même à l'aide de l'Excel

Une différence significative est observée lors de la comparaison des coûts de l'entreprise avec les résultats des méthodes Vogel et MODI. Les coûts de l'entreprise s'élèvent à

19 273 166,73 DA, tandis que les méthodes Vogel donne des coûts de **13990400 DA** et MODI donne des coûts de **13 935 700 DA**. Cela représente une différence de **5 337 466,73 DA**, soit une réduction de **27,67 %** par rapport aux coûts actuels de l'entreprise. Cette diminution importante souligne l'importance cruciale des méthodes d'optimisation telles que Vogel et MODI dans la résolution des problèmes de transport, en particulier ceux liés aux coûts. En utilisant ces méthodes, les entreprises ont la possibilité d'analyser et d'optimiser leurs flux de transport, ce qui réduit les coûts tout en maximisant l'efficacité opérationnelle. La recherche opérationnelle est cruciale pour cette démarche, en fournissant des techniques mathématiques et des outils d'optimisation qui permettent d'analyser efficacement les problèmes de transport et de trouver des solutions optimales. L'intégration de la recherche opérationnelle dans leurs processus décisionnels permet aux entreprises de réduire leurs coûts de transport et d'améliorer leur compétitivité et leur rentabilité sur le marché.

5. Discussion des résultats

L'optimisation des coûts de transport dans le processus de distribution des produits pétroliers, tels que l'essence sans plomb et le gasoil, est cruciale pour la rentabilité et la compétitivité des entreprises de ce secteur.

La réalisation de cette étude de manière purement scientifique et expérimentale a contribué à confirmer l'efficacité de l'utilisation des méthodes Vogel et MODI dans la réduction des coûts de transport des distributions lesquels atteint 27,67% par rapport aux coûts actuels.

Par conséquent, sur la base de ce qui a été réalisé, il est possible d'envisager une discussion de plusieurs aspects significatifs de la théorie, comme suit :

- Conformément aux études menée par (Ferdinandus et al., 2022), (Kankarofi et al., 2021), (Rahmasari et al., 2021), d'Ardhyani (2017), (Chacko et al., 2017) et (Joshi, 2013), les résultats de cette recherche montrent une réduction significative des coûts lors de l'utilisation des méthodes Vogel et MODI par rapport aux coûts actuels de l'entreprise. Cette réduction démontre l'efficacité de ces méthodes d'optimisation dans la résolution des problèmes de transport, en particulier. De plus, cela souligne le rôle crucial de la programmation linéaire et de la recherche opérationnelle en général dans différents domaines dans la participation au processus de prise de décision de manière efficace et efficiente, en offrant aux entreprises la possibilité de réduire leurs coûts tout en améliorant leur compétitivité sur le marché ;
- Un autre aspect d'importance réside dans la capacité de la méthode de Vogel et Modi à discerner les itinéraires les plus sécuritaires et les plus efficaces pour le transport de matières

dangereuses. Cette méthode, en prenant en considération une multitude de paramètres sécuritaires, permet aux entreprises de concevoir des trajets qui minimisent les risques d'incidents ;

- L'optimisation des coûts de transport joue un rôle essentiel dans la gestion des opérations logistiques des entreprises, car elle impacte directement leur rentabilité et leur compétitivité sur le marché. Comme mentionné par Bessid et al. (2018), en réduisant les coûts de transport, les entreprises peuvent allouer plus efficacement leurs ressources financières, ce qui leur permet d'investir dans d'autres domaines stratégiques de leur activité. Ainsi, l'optimisation des coûts de transport est d'une importance capitale pour améliorer la rentabilité à court terme. Néanmoins, elle aide également à consolider la santé financière et la durabilité à long terme des entreprises ;
- L'optimisation revêt une importance capitale non seulement pour améliorer la rentabilité à court terme, mais aussi pour consolider la santé financière et la durabilité à long terme des entreprises ;
- Les problèmes de transport se prêtent à une classification variée, tenant compte de divers paramètres, y compris les objectifs visés et le niveau de complexité associé à leur résolution (Kacher & Singh, 2021). Par exemple il est possible de classer la minimisation des coûts de transport parmi les problèmes ayant un seul objectif, où l'objectif principal est de diminuer les dépenses liées au déplacement de marchandises ou de personnes. Par ailleurs, la complexité des problèmes de transport peut également découler du nombre d'indices ou de variables impliqués. Cela a un impact direct sur la complexité des méthodes d'optimisation requises pour les gérer efficacement.

Enfin, dans le contexte pratique, la mise en œuvre de ces méthodes d'optimisation ouvre une nouvelle voie pour les entreprises, offrant une approche alternative et novatrice, en particulier avec les résultats remarquables obtenus. Notamment, avec l'émergence de programmes tels que Matlab, qui facilitent et soutiennent l'implémentation de ces méthodes. De plus, elle offre des résultats précis qui peuvent guider les décisions stratégiques des entreprises dans le domaine de l'optimisation des coûts de transport.

Conclusion

Le chapitre III est le point de clôture de cette étude, en démontrant de manière concrète l'application des méthodes de résolution pour optimiser les coûts de transport de l'entreprise NAFTAL. En utilisant MATLAB et les méthodes de Vogel et MODI, il a réussi à trouver des solutions efficaces pour améliorer l'efficacité opérationnelle de l'entreprise. Les résultats et les discussions présentés fournissent un aperçu détaillé des bénéfices potentiels de ces méthodes

par rapport aux pratiques actuelles de l'entreprise. Pour conclure, ce chapitre propose des recommandations pratiques pour optimiser les coûts de transport, ouvrant ainsi la voie à des améliorations significatives dans la gestion logistique de NAFTAL.



CONCLUSION GENERALE

La recherche opérationnelle constitue un domaine fondamental pour toute entreprise cherchant à améliorer ses processus logistiques et à optimiser ses coûts de transport. Dans le cas spécifique de l'entreprise NAFTAL Chlef, spécialisée dans la commercialisation et la distribution de produits pétroliers, cette étude a démontré de manière convaincante l'efficacité de l'approche de la recherche opérationnelle pour atteindre ces objectifs.

Tout d'abord, cette recherche a permis une analyse approfondie des besoins de distribution de l'essence sans plomb et du gasoil pour le mois de janvier 2024, en tenant compte à la fois de la demande des clients et des capacités des sources d'approvisionnement. Cette analyse a jeté les bases nécessaires pour déterminer les volumes de livraison requis pour chaque source de carburant, visant à répondre efficacement à la demande tout en minimisant les coûts logistiques.

Ensuite, en utilisant des techniques de programmation linéaire et des méthodes spécifiques telles que Vogel et MODI, cette étude a identifié les itinéraires de distribution les plus rentables en termes de coûts de transport.

La comparaison des coûts actuels de l'entreprise avec les résultats de ces méthodes a révélé une différence significative, avec une réduction de 27,67% des coûts grâce à l'optimisation.

Du point de vue théorique, les résultats obtenus ont enrichi la littérature en recherche opérationnelle appliquée au domaine de la logistique et du transport. En examinant les études antérieures, cette recherche a permis de consolider les connaissances existantes sur les méthodes d'optimisation des coûts de transport, en mettant en évidence les avantages et les limites de différentes approches. En intégrant les méthodes de Vogel et MODI dans ce contexte spécifique, elle a aussi contribué à une meilleure compréhension des applications pratiques de ces techniques dans le domaine du transport.

Et sur le plan appliqué pour l'entreprise, ce travail a eu des implications directes sur les opérations logistiques et la gestion des coûts de transport, en appliquant les méthodes de Vogel et MODI à des cas réels de l'entreprise, cette étude a permis d'identifier des opportunités d'optimisation des itinéraires, et des ressources logistiques, qui a conduit à améliorer l'efficacité opérationnelle et renforcer la rentabilité globale de l'entreprise. Et aussi ouvrir la voie à l'utilisation de nouvelles méthodes inhabituelles tant qu'elles atteignent des résultats acceptables à bons, car en intégrant la recherche opérationnelle dans leurs processus

décisionnels, les entreprises peuvent non seulement réaliser des économies significatives, mais aussi améliorer leur compétitivité et leur rentabilité sur le marché.

En conclusion, cette étude démontre que la recherche opérationnelle offre un cadre méthodologique robuste pour analyser les problèmes de transport et trouver des solutions efficaces. En exploitant les outils et les techniques de la recherche opérationnelle, les entreprises peuvent optimiser leurs processus logistiques, réduire leurs coûts de transport et améliorer leurs performances globales. Ainsi, cette étude souligne l'importance stratégique de la recherche opérationnelle dans la gestion efficace des flux logistiques et dans la réalisation des objectifs organisationnels.

Les perspectives de recherche

Une opportunité intéressante pour faciliter l'utilisation des méthodes Vogel et MODI pour les entreprises est de convertir le code utilisé dans MATLAB en une interface graphique conviviale. En créant un logiciel spécialement conçu avec une interface utilisateur facile à comprendre, les entreprises peuvent accéder plus facilement à ces outils d'optimisation. Ce changement rendrait ces méthodes accessibles à un plus grand nombre de personnes, les rendant plus faciles à utiliser pour un public plus large.

Les limites de recherche

L'un des principaux défis rencontrés lors de la réalisation de ce projet de fin d'études réside dans :

- Difficulté à comprendre et à appliquer la méthode Vogel et Modi, d'autant plus que cette dernière est plus complexe par rapport aux autres méthodes évoquées précédemment ;
- La disponibilité limitée des matérielles (le logiciel Matlab), en plus de la difficulté d'utiliser ce programme, qui prend plus de temps ;
- Collecte de données : Face à la difficulté de collecter les données nécessaires pour l'optimisation les coûts de transport, notamment ceux liés aux coûts entre chaque paire source /client.



BIBLIOGRAPHIE

- Akpan, S., Ugbe, T., Usen, John, & Ajah, O. (2015). *A Modified Vogel Approximation Method for Solving Balanced Transportation Problems*. 14(3), 289-302.
- Amisah Lubis, L., & Mardiningsih. (2023). *Comparison of completion of VAM, TCOM-SUM Transportation problems with Stepping Stone to Determine optimal solutions*. 2421.
- Ardhyani, I. W. (2017). *MENGOPTIMALKAN BIAYA DISTRIBUSI PAKAN TERNAK DENGAN MENGGUNAKAN METODE TRANSPORTASI (Studi Kasus di PT. X Krian)*. 1(2), 95-100.
- Arofah, I., & Gesthantiara, N. N. (2021). *Optimasi Biaya Distribusi Barang dengan Menggunakan Model Transportasi*. 3(1), 1-9.
- Bessid, S., Zouari, A., & Abdellatif, benabdelhafid. (2018). *Étude de l'optimisation des coûts de la chaîne de distribution : Cas des coûts de stockage et de transport*. 1-11.
- Chacko, P. S., Ramanathan, H. N., & Saji, S. (2017a). *Cost Optimisation through Modified Vogel's Approximation Method for Unbalanced Transportation Problem*. 6(3), 1-24.
- Chacko, P. S., Ramanathan, H. N., & Saji, S. (2017b, juillet). *Cost Optimisation through Modified Vogel's Approximation Method for Unbalanced Transportation Problem*.
- Coûts - Qu'est ce que les coûts ? | SumUp Factures*. (s. d.). SumUp - Encaissez de la plus simple des manières. Consulté 28 mars 2024, à l'adresse <https://www.sumup.com/fr-fr/factures/termes-comptables/couts/>
- Coyle, J. J., Novack, R. A., & Gibson, B. J. (2016). *TRANSPORTATION A GLOBAL SUPPLY CHAIN PERSPECTIVE* (Eighth). Cengage Learnin.
- Dharm, R. S. (2020). *MODIFIED LEAST COST METHOD FOR SOLVING TRANSPORTATION PROBLEM*. *Faculty of Engineeringg*, 02(3), 269-280.
- Ferdinandus, A. T., Buyang, C. G., & Kempa, M. (2022). *OPTIMASI BIAYA DISTRIBUSI ALAT BERAT KONSTRUKSI DENGAN METODE VOGEL APPROXIMATION*

- (VAM) DAN STEPPING STONE PADA PROYEK DAERAH KEPULAUAN DI
PROVINSI MALUKU. *12*(1), 512-519.
- GOURGAND, M., PHAM, T.-H., & TANGUY, A. (2012). *PLANNING D'AFFECTION
DES MARCHANDISES : PROBLEME DE TRANSPORT A QUATRE INDICES. 12.*
- Hasibuan, N. A. (2017). *Russel approximation method and Vogel's approximation method in
solving transport problem. 1*(1), 1-7.
- Hussein, H. A., & Shiker, M. A. K. (2020). A Modification to Vogel's Approximation Method
to solve transportations problems. *Journal of Physics: Conference Series*, 3.
- Indra, C. F., Agung, W., & Mufi Prasetyo, S. (2023). Pengoptimalan Distribusi Barang
Menggunakan Metode North West Corner NWC Dan Stepping Stone Berbasis Web.
Jurnal Ilmu Komputer dan Pendidikan. *Jurnal Ilmu Komputer dan Pendidikan, 1*(4),
1006-1018.
- Indra, C. F., Agung, W., & Sofyan Mufi Prasetyo, S. (2023). *Pengoptimalan Distribusi
Barang Menggunakan Metode North West Corner NWC Dan Stepping Stone Berbasis
Web. 1*(4).
- Joshi, R. V. (2013a). *Optimization Techniques for Transportation Problems of Three
Variables. 9*(1), 46-50.
- Joshi, R. V. (2013b, décembre). *Optimization Techniques for Transportation Problems of
Three Variables.*
- Kacher, Y., & Singh, P. (2021). *A Comprehensive Literature Review on Transportation
Problems. 50.*
- Kankarofi, R. H., Yakubu, U. A., Sulaiman, I., Mamat, M., & Saputra, M. P. A. (2021).
Fertilizer Transportation Problem Using Vogel Approximation Method. 1115(12005).
- Kebbi, S., & Messaoud, said. (2020). *Modélisation et Résolution du Problème de Transport
(Marchandise). Béjaia.*

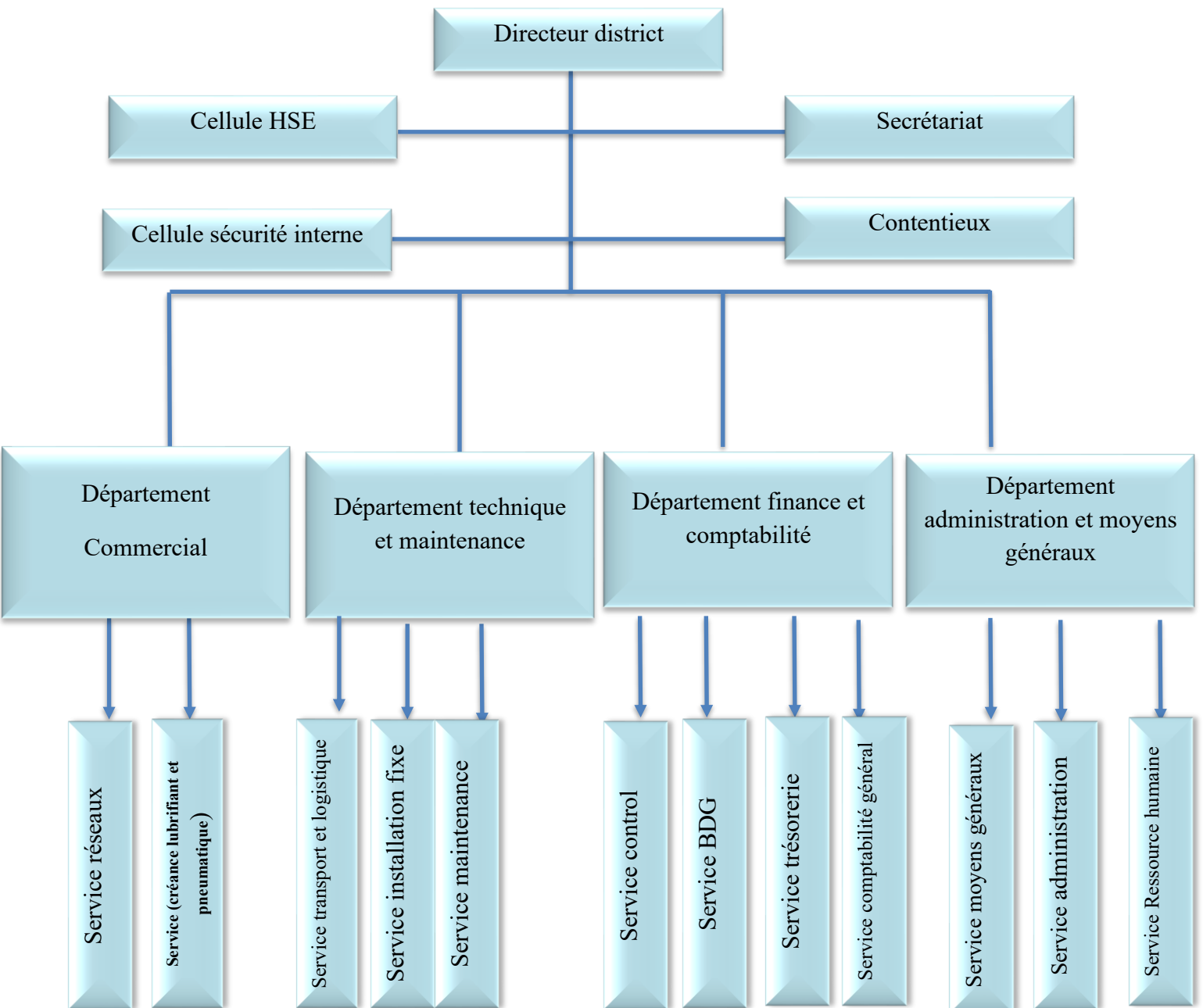
- Kurnia, R., Alfianti Shafira, W., Rizka, O., & Fauzi, M. (2021). *PENERAPAN METODE MODIFIED DISTRIBUTION (MODI) UNTUK OPTIMALISASI BIAYA DISTRIBUSI PRODUK ALAT KESEHATAN*. 2(2), 166-179.
- La bonne maîtrise du transport pour l'optimisation logistique—SupplyChainInfo*. (2022, juin 13). <https://www.supplychaininfo.eu/dossier-optimisation-logistique/importance-bonne-maitrise-transport-optimisation-logistique/>
- Launois, R. (1995). *Typologie des coûts en comptabilité analytique*. 6.
- Luneau, P.-A. (2023). *Étude des méthodes numériques pour l'optimisation de forme en mécanique des solides* [Maîtrise en mathématiques - avec mémoire]. LAVAL. Ministère de l'Énergie | Algérie. (s. d.). Consulté 26 avril 2024, à l'adresse <https://www.energy.gov.dz/?article=3--les-carburants>
- Nomadia. (2023, juillet 7). *Guide Pratique Pour l'Optimisation Des Coûts De Transport*. Nomadia. <https://www.nomadia-group.com/ressources/blog/optimisation-couts-transport/>
- Nugraha, E., & Sari, R. M. (2019). *EFEKTIVITAS BIAYA PENGIRIMAN PADA PERUSAHAAN ROTI DENGAN MENGGUNAKAN METODE TRANSPORTASI*. 14(2), 21-26.
- Rahmasari, I. A., Ramdani, Y., & Badruzzaman, F. H. (2021). Optimasi Biaya Transportasi Pengiriman Air Minum Kemasan Menggunakan Metode Northwest Corner, Vogels Approximation dan Stepping Stone. *Bandung Conference Series: Mathematics*, 1(1), 15-24.
- Riveline, C. (2015). *ÉVALUATION DES COÛTS* Éléments d'une théorie de la gestion.



LES ANNEXES

Annex A- l'organigramme de NAFTAL

Figure 15 : L'organigramme de NAFTAL



Annex B-accuse de réception

Figure 16 : accuse de réception

Société de Commercialisation et de Distribution de Produits Pétroliers
 NAFTAL SPA AU CAPITAL DE 40.000.000.000 D.D. R.C. 09 B 1461
 Route des Dunes Chéraga S.P. 73 (Wilaya d'Alger)

N° 713112

ACCUSE DE RECEPTION

Reçu de **MOUSSOUNI AHMED**
Transporteur Tels

N° du document de référence
 Date de réception **07/04**

| Désignation de la Marchandise, du Matériel ou des Services | Code | Cadeau | | TOTAL LIGES | | Quantité | MONTANT |
|--|------|--------|------|-------------|------|----------|---------|
| | | Unité | Type | Nombre | Code |  |  | Lignes |
| location à attelage complet pour transport des carburants | | | | | | | |
| 523 325 35 | | | | | | | |

Observations: **Facture N° 06/2024**

Date et lieu de réception: _____
 Signature et Griffe du Responsable Autorisé: _____

fidèlement effectuées et qu'il y a lieu de payer au créancier la somme de :
Montant en Chiffres : 523.325.35 DA
Montant en lettre :
 cinq cent vingt-trois mille trois cent vingt-cinq
 Dinars Algériens trente-cinq Cents

Date : _____
 Signature et Griffe du Responsable Autorisé : _____

Nacera CHAHO

Annex C- demande de paiement

Figure 17 : demande de paiement

JP NAFTAL **DEMANDE DE PAIEMENT** CDF **202** N° _____

NAFTAL Route des Dunes Chéraga - ALGER
R.C. 99 B 9691

A: Département Finances et Comptabilité **NOUS VOUS PRIONS DE BIEN VOULOIR :** DATE **06/04/2**

EFFECTUER UN VERSEMENT AU COMPTE N° (Voir Facture) BANQUE/C.C.P: (Voir Facture)

REDIGER UN CHEQUE

A L'ORDRE DE: **MOUSSOUNI AHMED**

EN REGLEMENT DE: FACTURE N° **06/2024** Du Mois **mars-2024**

Objet: Location d'attelages complets pour transport de Carburants.

MONTANT EN LETTRES: cinq cent vingt-trois mille trois cent vingt-cinq Dinars Algériens trente-cinq Cer

| CODIFICATION VERIFIEE PAR : | Méthode Paiement | Compte Général | Sous Compte | Fonction | Code de Centre De frais | Montant en chiffres |
|-----------------------------|------------------|----------------|-------------|----------|-------------------------|---------------------|
| | O V | 40110 | | | 202 | 523,325.: |

APPROUVE PAR : _____ ACTION

Virement N° _____
Chèque N° _____

Titre : _____ Par _____ Le _____


1° Caissier - 2° Directeur Financier ou Administratif - 3° Classeur / Chef du Centre de Frais

Annex D- facture

Figure 18 : facture

| FACTURE N°-06/24 | | | | Le : 31 MARS 2024 | | |
|---|-----|--------|--------|-------------------|------|-------------------|
| NOM DU TRANSPORTEUR: MOUSSOUNI AHMED | | | | | | |
| SIEGE SOCIAL : COOP IMMO LIBERTE PLUS N°01 DBK | | | | | | |
| REGISTRE DE COMMERCE: N° 15-00-5232765.A.22 | | | | | | |
| N° D'IDENTIFICATION FISCALE LE NIF: 1731547005516401500 | | | | | | |
| N° NIS: 1973 1547 00055 34 | | | | | | |
| N° D'ARTICLE D'IMPOSITION: 1001354061 | | | | | | |
| N° DE COMPTE BANCAIRE: BNA/DBK001005940300001 567 CLE 96 | | | | | | |
| Immatricule : 001492-517-15 / Cléne : 00551-809-15 | | | | | | |
| Delivré par District Com Chef | | | | | | |
| Location D'us atilage Complet Pour Transport Carburants mois de MARS 2024 | | | | | | |
| CLIENT | KM | G/O | S/P | TOTAL | P U | MONTANT |
| ALGER PVA L'ORANGERIE BENZAMIA | 190 | | 7.000 | 7.000 | 2.99 | 3978.700 |
| ALGER ABERKANE REKAIA | 191 | | 67.000 | 67.000 | 2.99 | 20203.030 |
| ORAN DIARRI ABK | 195 | 27.000 | | 27.000 | 2.99 | 10742.350 |
| ORAN MESNOUA MED | 199 | 13.000 | 14.000 | 27.000 | 2.99 | 18066.270 |
| ORAN DAHRA NORD+KHARROUBI | 200 | 54.000 | | 54.000 | 2.99 | 32282.000 |
| ORAN FRERE'S KHARROUBI | 200 | | 7.000 | 7.000 | 2.99 | 4180.000 |
| ORAN PVA WAAMRI MEM | 202 | 27.000 | | 27.000 | 2.99 | 16307.480 |
| ORAN SARL BOU PAC | 204 | | 7.000 | 7.000 | 2.99 | 4003.440 |
| ORAN DAYED MED | 212 | | 13.000 | 13.000 | 2.99 | 8240.440 |
| ALGER EL AHMEDAR MENACUER | 214 | | 7.000 | 7.000 | 2.99 | 4479.020 |
| ALGER RE, HACHI EL MEHOI | 216 | 27.000 | | 27.000 | 2.99 | 17437.580 |
| ALGER CHERDOUJO+GD CHLEF | 218 | | 34.000 | 34.000 | 2.99 | 22181.880 |
| ORAN TAHRAOUI | 221 | 14.000 | 13.000 | 27.000 | 2.99 | 17841.300 |
| ALGER GD DAHRA NORD | 223 | 27.000 | | 27.000 | 2.99 | 17922.060 |
| ORAN PVA YOUSSEF FELLOUH | 223 | 14.000 | 13.000 | 27.000 | 2.99 | 10002.790 |
| ORAN ABERKAN REKAIA | 230 | 27.000 | | 27.000 | 2.99 | 18667.950 |
| ORAN BRADA MLOUJ | 235 | 27.000 | | 27.000 | 2.99 | 18671.880 |
| ALGER GD SOUZHAJA | 238 | | 27.000 | 27.000 | 2.99 | 16215.740 |
| ORAN SARL LOUIS EL KHADRA | 253 | 27.000 | 27.000 | 54.000 | 2.99 | 40386.000 |
| ALGER ZIAN ZIAN | 254 | 27.000 | | 27.000 | 2.99 | 20108.420 |
| ORAN ZIAN ZIAN | 261 | 20.000 | | 20.000 | 2.99 | 15607.800 |
| ORAN TAMAZOULT MED | 271 | 14.000 | 13.000 | 27.000 | 2.99 | 21877.830 |
| ORAN KEDDAR ISMAIL | 288 | 20.000 | 7.000 | 27.000 | 2.99 | 23250.240 |
| ORAN GD BENI HAOUA | 299 | 14.000 | 13.000 | 27.000 | 2.99 | 24138.270 |
| TOTAL HT | | | | | | 439,789.20 |
| TVA 19% | | | | | | 83,556.19 |
| TOTAL TTC | | | | | | 523,345.39 |

Arretée la présente facture à la somme de:
Quatre Cent Cinquante Sept Mille Soixante Six Dinars Algériens 41 Cts.




Annex E-relevé des facturations

Figure 19 : relevé des facturations

| RELEVÉ DES ROTATIONS TRANSPORT-CARBURANT 05/24 | | | | | | | | | | |
|---|-------|---------------------------------------|--------|----------|--------|-------------------------|------|-----------|-----------|-----------|
| NOM DU TRANSPORTEUR: | | MOUSSOUENT ARMED | | | | | | | | |
| SIEGE SOCIAL: | | c/oq Inessa liberte plus N°91 DBE | | | | | | | | |
| REGISTRE DE COMMERCE N°: | | 1506-3232793-A 22 | | | | | | | | |
| N° D'IDENTIFICATION FISCALE (NIF): | | 1731347000551608 2160 | | | | | | | | |
| N° NZ: | | 187,315,470,005,134 | | | | | | | | |
| N° D'ARTICLE D'IMPOSITION: | | 2,002,594,007 | | | | | | | | |
| N° DE COMPTE BANCAIRE: | | RNE /DBE 00100184 0100 007 307 CLE 95 | | | | | | | | |
| Immatriculé : 001492-317-13 / Classe : 00152-009-13 | | | | | | | | | | |
| nom des chauffeur : DAHMANI ARI et AEMANE AYOUB | | | | | | | | | | |
| Dont N°91 District Com Chef | | | | | | | | | | |
| Localité de l'itinéraire Client Pour Transport Carburant du mois de MARS 2024 | | | | | | | | | | |
| N° | LIEU | DATE | N° R.E | N° R.T.E | N° B.F | CLIENT | KM | PRODUITS | | |
| | | | | | | | | SP | CO | HOPEL |
| 1 | ORAN | 01/03/2024 | 17600 | 70700 | 170307 | SARI LOUNIS EL KWADRA | 210 | 270.000 | | 270.000 |
| 2 | ORAN | 01/03/2024 | 17600 | 706110 | 170304 | DE FAKRACED | 227 | 190.000 | 140.000 | 270.000 |
| 3 | ORAN | 02/03/2024 | 17700 | 706012 | 170478 | GD BENO MANDIA | 209 | 130.000 | 140.000 | 270.000 |
| 4 | ORAN | 04/03/2024 | 17700 | 706012 | 172534 | FANGROUET MED | 271 | 210.000 | 240.000 | 270.000 |
| 5 | ORAN | 05/03/2024 | 177147 | 706011 | 172023 | SARI LOUNIS EL KWADRA | 200 | | 270.000 | 270.000 |
| 6 | ALGER | 05/03/2024 | 177100 | 770004 | 172702 | ZIAN ZIAN | 207 | | 200.000 | 200.000 |
| | | | | | 172703 | CHERROUD MED | 218 | 70.000 | | 70.000 |
| 7 | ORAN | 08/03/2024 | 177243 | 706240 | 172704 | ENC FAKRES KENFACOUY | 200 | | 270.000 | 270.000 |
| 8 | ORAN | 08/03/2024 | 177320 | 706373 | 172056 | KEDDAR ISMAIL | 200 | 70.000 | 200.000 | 270.000 |
| 9 | ORAN | 10/03/2024 | 177301 | 706400 | 172047 | MENNOUA MED | 199 | 140.000 | 130.000 | 270.000 |
| 10 | ALGER | 12/03/2024 | 177304 | 770404 | 172040 | ABERKANE BEXZA | 191 | 270.000 | | 270.000 |
| | | | | | 172038 | DETED MED | 212 | 130.000 | | 130.000 |
| | | | | | 172039 | SARI SODIPAC | 200 | 70.000 | | 70.000 |
| | | | | | 172040 | ENC FAKRES AMRABOUY | 200 | 70.000 | | 70.000 |
| 11 | ORAN | 13/03/2024 | 177417 | 706017 | 172112 | ZIAN ZIAN | 204 | | 270.000 | 270.000 |
| 12 | ORAN | 15/03/2024 | 177177 | 706700 | 172100 | PV4 BOUCEFF FALLOUW | 223 | 130.000 | 140.000 | 270.000 |
| 13 | ALGER | 15/03/2024 | 177172 | 770000 | 172202 | GD DAFRA NORD | 222 | | 270.000 | 270.000 |
| 14 | ALGER | 18/03/2024 | 177014 | 770003 | 172207 | ABERKANE BEXZA | 191 | 200.000 | | 200.000 |
| | | | | | 172208 | PV4 TRANSPORT BENZAGHOU | 190 | 70.000 | | 70.000 |
| 15 | ORAN | 20/03/2024 | 177004 | 811302 | 172274 | ERABIA MUCED | 233 | | 270.000 | 270.000 |
| 16 | ORAN | 20/03/2024 | 177700 | 811471 | 172420 | PV4 MAAMRI NEM | 202 | | 270.000 | 270.000 |
| 17 | ALGER | 22/03/2024 | 177714 | 706200 | 172400 | BEHAGOU EL MEROUJ | 218 | | 270.000 | 270.000 |
| 18 | ORAN | 24/03/2024 | 177017 | 811307 | 177361 | DIABOU ARI | 193 | | 270.000 | 270.000 |
| 19 | ORAN | 25/03/2024 | 177017 | 812294 | 177129 | GD DAFRA NORD | 200 | | 270.000 | 270.000 |
| 20 | ORAN | 26/03/2024 | 177007 | 810003 | 177427 | ABERKANE BEXZA | 200 | | 270.000 | 270.000 |
| 21 | ALGER | 26/03/2024 | 177070 | 706703 | 177371 | ABERKANE BEXZA | 191 | 200.000 | | 200.000 |
| | | | | | 177372 | EL AERTIAR MENAOUCAR | 224 | 70.000 | | 70.000 |
| 22 | ALGER | 28/03/2024 | 177004 | 706704 | 177012 | GD BOUFGUATA | 210 | 270.000 | | 270.000 |
| 23 | ALGER | 30/03/2024 | 180028 | 706000 | 177070 | GD CHEF | 210 | 270.000 | | 270.000 |
| | | | | | | | 6487 | 2.693.000 | 1.790.000 | 4.483.000 |

Annex F-prix unitaire de transport

Figure 20 : prix unitaire de transport


Societe National de Commercialisation et de Distribution de produits petroliers NAFTAL SPA au capital de 160 000 000 00 Branche Commercialisation District Commercialisation Chlef
 Contrat N° 01 /2023 relatif à la location d'attelages complets pour le transport des produits carburants
 Transporteur MEZAOUH FAICAL CDD 2027 Chlef

ANNEXE 1

PRIX UNITAIRES DE TRANSPORT

PRIX (T.T.C.) (En charge) 3.56 (DA /M³ .KM)

CDD 2027 CHLEF : **CAPACITE DE LA CITERNE 31 (M³)**

| Code Client | Raison social | Source 1027 Chlef | | Source 1160 | | Source 1317 Petit-lac <i>OKAN</i> | | Source 1318 Arzew <i>OKAN</i> | |
|-------------|--------------------------|-------------------|----|-------------|----|-----------------------------------|-----------|-------------------------------|----|
| | | KM | | KM | | KM | ix | KM | ix |
| A1715 | AIDAT CHERIF | 4 | | 218 | 2 | 213 | 8 | 200 | 30 |
| A1865 | AIT DJIDA AEK | 4 | | 218 | 2 | 213 | 8 | 200 | 30 |
| A1901 | SNC FRERES AICHE | 9 | | 226 | 2 | 214 | 4 | 201 | 36 |
| A5230 | CHERDOUD M'HAMED | 4 | | 218 | 2 | 216 | 6 | 203 | 38 |
| A5552 | SNC BENZAMIA | 1 | | 216 | 2 | 215 | 0 | 202 | 72 |
| A6840 | PVA BOUALI BOUDJELTIA | 10 | | 227 | 2 | 215 | 0 | | - |
| A6847 | TALBI MOHAMED | 10 | | 229 | 25 | 220 | 0 | | - |
| A9168 | A P C EL MARSA | 97 | 10 | 309 | 34 | 303 | 8 | 290 | 40 |
| A9186 | APC OULED BEN AEK | 29 | 3 | 242 | 26 | 212 | 2 | 199 | 64 |
| A9503 | APC TAUGRIT | 64 | 7 | 275 | 30 | 212 | 2 | 199 | 64 |
| A9540 | APC ZEBLOUDJA | 28 | 3 | 230 | 25 | 243 | 8 | 230 | 80 |
| B0216 | DARMECH MAAMAR | 57 | 6 | 269 | 29 | 263 | 8 | 250 | 00 |
| B1184 | SNC DJILLALI BERKANE | 29 | 3 | 242 | 26 | 212 | 2 | 199 | 64 |
| C3917 | BRADA MILOUD | 19 | 2 | 197 | 2 | 235 | 0 | 222 | 92 |
| C7779 | BOUCHAHDA MOHAMED | 55 | 6 | 267 | 2 | 260 | 1 | 247 | 92 |
| E7530 | CHIALI SERVICES | 5 | | 215 | 2 | 227 | 2 | 214 | 34 |
| I2342 | MMAMERI MOHAMED | 19 | 2 | 232 | 2 | 202 | 2 | 189 | 14 |
| I2372 | MAATOU AHMED | 18 | 1 | 239 | 2 | 206 | 2 | 193 | 8 |
| I6422 | SNC STAM FEUL | 41 | 4 | 253 | 2 | 246 | 2 | 233 | 1 |
| I6473 | BENZAAMIA MOHAMED | 1 | | 216 | 2 | 215 | 2 | 202 | 2 |
| I6488 | BOUCHAHDA MOHAMED | 55 | € | 267 | 2 | 260 | 2 | 247 | 27 |
| J2210 | EL BOUALI DJILALI | 15 | 1 | 232 | 2 | 213 | 2 | 200 | 22 |
| J2221 | SARL SOCIETE CAPTEN | 62 | € | 274 | 3 | 267 | 2 | 254 | 28 |
| J2241 | CHERCHAR M'HAMMED | 14 | 1 | 230 | 2 | 224 | 2 | 211 | 23 |
| J2245 | EPH SOEURS BEDJ 240 LITS | 4 | | 218 | 24 | 213 | 2 | 200 | 22 |
| J7529 | SPA COSIDER TRAVAUX | 28 | 3 | 231 | 25 | 192 | 2 | 179 | 15 |
| J7582 | KHERROUBI AHMED | 30 | 3 | 240 | 26 | 200 | 2 | 187 | 20 |
| J7594 | BELHADRI EL MEHDI | 14 | 1 | 216 | 23 | 238 | 1 | 225 | 24 |
| K2203 | GD EL MARSA R0231 | 97 | 10 | 309 | 34 | 303 | 8 | 290 | 32 |
| K2741 | GD AIN MERANE R0221 | 45 | 4 | 256 | 28 | 198 | 8 | 185 | 20 |
| K2743 | GD CHLEF R0222 | 4 | | 218 | 24 | 213 | 8 | 200 | 2 |
| K2748 | GD BENI HAOUA R0225 | 93 | 10 | 305 | 33 | 299 | 4 | 286 | 3 |
| K2759 | GD BOUZGHAIA R0228 | 26 | 1 | 238 | 2 | 231 | 16 | 218 | 2 |
| K2770 | GD R0232 DAHRA NORD | 19 | 1 | 222 | 1 | 200 | 220/2,00 | 187 | 20 |
| K2771 | GD R0233 DAHRA SUD TYPE | 30 | 3 | 236 | 26 | 195 | 21 520,20 | 182 | 20 |

Annex G- suite prix unitaire de transport

| Societe National de Commercialisation et de Distribution de produits petroliers NAFTAL SPA au capital de 160 000 000 00 Branche Commercialisation District Commercialisation Chief | | | | | | | | | |
|--|--------------------------|-----|------|-----|----|-----|----|--------|-----|
| Contrat N° 01 /2023 relatif à la location d'attelages complets pour le transport des produits carburants | | | | | | | | | |
| Transporteur "ZAOUGH FAICA" 2027 Chief | | | | | | | | | |
| K3921 | GD TENES R0230 | 56 | 16 | 268 | 18 | 262 | 2 | 249 | 2 |
| L0193 | SPA CERAMIT SIDI AKKACHA | 47 | 92 | 259 | 14 | 252 | 2 | 239 | 2 |
| L0194 | ECDE CIMENTERIE | 10 | 3,60 | 225 | 10 | 209 | 2 | 196 | 5 |
| L0555 | SNTR | 1 | 0,36 | 215 | 10 | 218 | 2 | 205 | 0 |
| L5156 | SPA ALGRAN FILIALE ENOF | 24 | 8,64 | 194 | 14 | 240 | 2 | 227 | 2 |
| L5766 | TABACHE ABDELKADER | 25 | 9,00 | 227 | 12 | 240 | 2 | 227 | 2 |
| L7187 | ENTREPRISE PORTUAIRE DE | 57 | 0,52 | 269 | 14 | 263 | 2 | 250 | 10 |
| L7306 | EURL IRC GROUPE | 10 | 3,60 | 225 | 10 | 209 | 2 | 196 | 6 |
| L7710 | MDN/DRC/1ERE RM | 1 | 0,36 | 214 | 14 | 218 | 2 | 205 | 0 |
| L7800 | OMRANE NEE HOUARI | 1 | 0,36 | 214 | 14 | 218 | 2 | 205 | 1 |
| M5170 | A P C DAHRA | 74 | 64 | 308 | 8 | 217 | 2 | 204 | 2 |
| M5265 | NOURINE MAAMAR AEK | 45 | 20 | 256 | 6 | 198 | 2 | 185 | 2 |
| M5305 | SNC FRERES SAAB | 64 | 4 | 275 | 10 | 212 | 2 | 199 | 2 |
| M5307 | MESNOUA MOHAMED | 17 | 1 | 229 | 44 | 199 | 2 | 186 | 2 |
| M5308 | NAAS LARABA LAKHDAR | 17 | 1 | 215 | 10 | 228 | 2 | 215 | 2 |
| M5318 | ZIAN ZIAN | 49 | 1 | 261 | 16 | 254 | 2 | 241 | 2 |
| M5335 | ETB SOPREC C BT PREF, | 6 | 1 | 214 | 14 | 220 | 2 | 207 | 2 |
| M5354 | DJABRI AEK | 25 | 1 | 231 | 5 | 195 | 2 | 182 | 2 |
| M5382 | EURL ETPBH TAZEGAIT | 4 | 1 | 218 | 1 | 216 | 2 | 203 | 2 |
| M5393 | EL AKREDAR MENAOUER | 6 | 1 | 214 | 1 | 220 | 2 | 207 | 22 |
| M5397 | OUFFA SAID | 3 | 1 | 208 | 22 | 221 | 2 | 208 | 22 |
| M5412 | BRADAA AHMED | 29 | 3 | 196 | 21 | 233 | 2 | 220 | 24 |
| M5587 | ETPB TALBI MOHAMED | 22 | 2 | 191 | 2 | 230 | 2 | 217 | 23 |
| N0066 | KAOUALA MOHAMED | 27 | 1 | 237 | 2 | 200 | 2 | 187 | 20 |
| N0201 | Vve TAHRAOUI N,e | 16 | 1 | 228 | 2 | 221 | 2 | 208 | 22 |
| O0615 | Mahbali sofiane | 1,5 | 1 | 213 | 2 | 217 | 2 | 204 | 22 |
| O0642 | SNC FRERES KHARROUBI | 30 | 1 | 240 | 2 | 200 | 2 | 187 | 20 |
| O0665 | SARL LOUNIS EL KHADRA | 34 | 1 | 237 | 2 | 250 | 2 | 238 | 26 |
| O0676 | DAYED MOHAMED | 64 | 1 | 275 | 3 | 212 | 2 | 199 | 21 |
| O0697 | SNC BENZAMIA SODIPAC | 8 | 1 | 222 | 2 | 208 | 2 | 195 | 21 |
| O4913 | PVA BELLOUNIS | 45 | 1 | 256 | 2 | 198 | 2 | | |
| O4999 | SARL STAMOS | 3 | 1 | 208 | 2 | 221 | 2 | 208 | 22 |
| O6801 | PVA L'ORANGERIE | 21 | 1 | 190 | 2 | 237 | 2 | 224 | 24 |
| O9960 | Vve TAHRAOUI N,e | 16 | 1 | 228 | 3 | 221 | 2 | 208 | 22 |
| O9965 | PVA KEDDAR ISMAIL | 82 | 1 | 294 | 4 | 288 | 3 | 275 | 30 |
| O9966 | GL AIT DJIDA M'HAMED | 4 | 1 | 218 | 8 | 213 | 2 | 200 | 22 |
| P6648 | ZEMOURI MOHAMED | 2 | 1 | 215 | 0 | 217 | 2 | 204 | 22 |
| P6680 | MORCELI NOUR EDDINE | 47 | 5 | 259 | 4 | 252 | 2 | 239 | 26 |
| S0209 | EURL ENTREPRISE | 4 | 1 | 218 | 8 | 216 | 2 | 203 | 22 |
| S0381 | AICHE BECHERKI | 9 | 1 | 226 | 6 | 214 | 2 | 201 | 2 |
| S0382 | SPA CARR,TEMOULGA CATOF | 27 | 2 | 237 | 2 | 200 | 2 | 187 | |
| S0394 | PVA MEDIADJI HABIB | 23 | 2 | 229 | 1 | 193 | 2 | 180 | 0 |
| S3978 | SARL STATION SERVICE | 21 | 2 | 190 | 2 | 237 | 2 | 224 | 4 |
| S7124 | MERRAH E HADJ | 27 | 1 | 193 | 2 | 244 | 2 | 231 | 6 |
| S7127 | SARL STE RLS BELEKHAL | 4 | 1 | 218 | 2 | 216 | 2 | 203 | 8 |
| S7128 | TAZGAIT ABDELKADER | 4 | 1 | 218 | 2 | 216 | 2 | 203 | 8 |
| S7140 | SARL ETP BENZAMIA | 22 | 1 | 191 | 2 | 230 | 25 | 217 | 2 |
| S7167 | E,P,H CHORFA | 6 | 6 | 220 | 24 | 215 | 23 | 227,40 | 202 |

Annex H- prix unitaire de transport



Societe National de Commercialisation et de Distribution de produits petroliers NAFTAL SPA au capital de
 160 000 000 00 Branche Commercialisation District Commercialisation Chlef
 Contrat N° 01 /2023 relatif à la location d'attelages complets pour le transport des produits carburants
 Transporteur MEZAOUGH FAICAL CDD 2027 Chlef

| | | | | | | | | | | | |
|-------|--------------------------|----|----|-----|----|--------|-----|----|-----|-------|-------|
| S9271 | E,P,HOSPITALIER DE SOBHA | 30 | 80 | 240 | 26 | 486,40 | 200 | 70 | 187 | 7,32 | |
| S9275 | KHERROUBI HABIB | 30 | 30 | 240 | | 40 | 200 | 0 | 187 | 7,32 | |
| S9286 | EUURL EPTTRS | 22 | 32 | 191 | 2 | 76 | 230 | 0 | 217 | 8,12 | |
| U9368 | MELIANI ABDELKADER | 37 | 32 | 177 | 19 | 2 | 254 | 4 | 241 | 16,76 | |
| U9389 | SNC BENZAMIA SODIPAC | 8 | 38 | 222 | 24 | 2 | 208 | 8 | 195 | 10,20 | |
| U9474 | PVA YOUCEF FELLOUH MED | 8 | 38 | 205 | 22 | 0 | 223 | 8 | 210 | 5,60 | |
| Z3212 | ABERKANE REKIA | 22 | 2 | 191 | 21 | 6 | 230 | 0 | 217 | 8,12 | |
| Z3254 | RAMBOT DE TRANSPORT | 4 | 4 | 218 | 24 | 18 | 213 | 8 | 200 | 10,00 | |
| Z3290 | EUURL BENKHRIS | 10 | 0 | 225 | 24 | 00 | 209 | 1 | 196 | 5,60 | |
| Z7630 | GHEZALI MOHAMED | 4 | 4 | 213 | 23 | 58 | 213 | 5 | 200 | 10,00 | |
| Z7640 | NEDJARI DJELLOUL | 31 | 6 | 214 | 23 | 04 | 246 | 1 | 233 | 8,00 | |
| Z7688 | SARL FRERES KHABOUZA | 15 | 0 | 199 | 21 | 14 | 227 | 2 | 214 | 10,00 | |
| Z7692 | AZAIZ ALI | 6 | 6 | 205 | 22 | 0 | 218 | 8 | 205 | 10,00 | |
| 1027 | CDS 1027 chlef | / | / | 213 | 23 | 1,68 | 217 | 23 | 12 | 191 | 21,76 |

Annex I-code Matlab utilisé

LE CODE MATLAB

% Vogel' Approximation Method (VAM) and Modified distribution method (MODI with the corrective degeneracy problem

% This code has been written by Warut Boonphakdee in July -October, 2015.

% Test example from F.S. Hillier and G.J. Lieberman. "Introduction to

% Operations Research" 8th edition, 2005

% If command window shows "jneg is undefined «this code fails to solve

% problem.

clear;

tic;

```
c=[14.24    32.04  14.24  35.6   60.52  345.32 202.92 103.24 67.64  67.64  64.08
    145.96  3.56   195.8  53.4   345.32 160.2   14.24  331.8  92.56  67.64 106.8
    199.36 35.6   3.56   89     202.92 3.56   3.56   227.84 60.52  60.62 174.44
    21.36  89     21.36  96.12  5.34   106.8  121.04 227.84 28.48  160.2  10.68
    74.76  65.96  284.8  14.24  167.32 14.24  96.12  81.88  78.32  28.48  78.32
    14.24  14.24  110.36 53.04  21.36
```

```
776.08    804.56 776.08 808.12 815.24 1100.04  957.64    861.52 701.32 825.92
850.84 900.68 768.96 950.52 825.92 1100.04    911.36 776.08 1085.8 847.28
790.32 840.16 954.08 801    765.4  808.12 957.64 761.84 761.84 979    815.24
765.4  929.16 761.84 820.36 761.84 843.72 758.28 854.4  843.72 976    790.32
911.36 740.48 676.4  811.68 1076.64    776.08 922.04 776.08 843.72 815.24
679.96 729.8  679.96 776.08 758.28 761.84 708.44 729.8
```

```
758.28    761.84 768.96 765.4  783.2  1078.68    936.28 754.72 836.6  719.12
733.36 875.76 765.4  925.6  758.28 1078.68    704.88 758.28 1064.44
822.36 712    690.2  932.72 744.04 776.08 854.4  936.28 776.08 776.08 754.72
708.44 811.86 904.24 783.2  694.2  783.2  712    772.52 712    890    754.42
740.48 704.88 786.76 843.72 786.76 1025.28    758.28 897.12 768.96 712
687.08 818.08 793.88 818.08 758.28 758.28 875.76 808.12 776.08];
```

[m,n]=size(c);

s=[86000

8330

93390

];

```
d=[ 2700    2020  3740  4640  2460  120   1290  1600  2290  3000  4400  1740
    2750  2210  1390  3720  1830  3600  2590  3920  16810 10630 2070  2460
    2160  2390  120   1080  2190  2080  2400  2530  1340  270   2980  1540
    1270  6530  6780  1780  2820  11740 4020  2210  2050  5930  1310  3260
    2870  810   840   4570  780   3750  9540  180   90    1560  1670
    6300];
```

r=0.1;% value of extra element in the corrective degeneracy problem

numbasic=m+n-1;

```

else
    %% Vogel approximation method was been written by W.Boonphakdee
iteration=0;
for k=1:m+n-1
    iteration=iteration+1;
%% Row Difference
minrow1=zeros(m,1);
minrow2=zeros(m,1);
jmin=zeros(1,m);

for i=1:m
    min1=inf;
    for j=1:n
        if c1(i,j)<min1
            min1=c1(i,j);
            jmin(i)=j;
        end
    end
    minrow1(i)=min1;
end
for i=1:m
    min2=inf;
    for j=1:n
        if j~=jmin(i)
            if c1(i,j)<=min2
                min2=c1(i,j);
            end
        end
    end
    minrow2(i)=min2;
end
%% Column Difference
mincol1=zeros(1,n);
mincol2=zeros(1,n);
imin=zeros(n,1);
for j=1:n
    minR1=inf;
    for i=1:m
        if c1(i,j)<minR1
            minR1=c1(i,j);
            imin(j)=i;% position of minR1 each column
        end
    end
    mincol1(j)=minR1;
end
for j=1:n
    minR2=inf;
    for i=1:m
        if i~=imin(j)
            if c1(i,j)<=minR2
                minR2=c1(i,j);
            end
        end
    end
    mincol2(j)=minR2;
end
%% Difference
diffrow=zeros(m,1);
diffcol=zeros(1,n);
for i=1:m
    diffrow(i)=minrow2(i)-minrow1(i);
end
for j=1:n
    diffcol(j)=mincol2(j)-mincol1(j);
end
%% The greatest difference
R=0;
Row=zeros(m,1);
for i=1:m
    if diffrow(i)>=R
        R=diffrow(i);
        iminrow=i; % the greatest diff. on column
    end
end

```

```

end
Row(iminrow)=R;
S=0;
Col=zeros(1,n);
for i=1:m
    if x(i,jv)>0
        udual(i)=c(i,jv)-vdual(jv);
    end
end
end
end
countu=0;
countv=0;
for i=1:m
    if udual(i)<inf
        countu=countu+1;
    end
end;
for j=1:n;
    if vdual(j)<inf;
        countv=countv+1;
    end
end
if (countu==m) && (countv==n)
    return
end
end
%% Find the non-basic cells
unx=zeros(m,n);
for j=1:n
    for i=1:m
        if x(i,j)==0
            unx(i,j)=c(i,j)-udual(i)-vdual(j)
        end
    end
end
%% Search maximum positive of udual+vdual-c(i,j) to reach a new basic variable
maxunx=inf;
for j=1:n
    for i=1:m
        if unx(i,j)<=maxunx
            maxunx=unx(i,j);
            imax=i;
            jmax=j;
        end
    end
end
%% Count the number of basic variable on each and row
for j=1:n
    sumcol=0;
    for i=1:m
        if x(i,j)>0
            sumcol=sumcol+1;
        end
    end
    x(m+1,j)=sumcol;
end
for i=1:m
    sumrow=0;
    for j=1:n
        if x(i,j)>0
            sumrow=sumrow+1;
        end
    end
    x(i,n+1)=sumrow;
end
%% Construct the equipvalent x matrix
for j=1:n+1
    for i=1:m+1
        x1(i,j)=x(i,j);
    end
end
%% Eliminate an entering variable for adding a new one
for j=1:n

```

```

    for i=1:m
        if (x(i,j)==1 || x1(i,j)==1)

            x1(i,j)=0;
        end
    end
end
% Add a new entering variable to x1 matrix
% Assign the small value =1
for j=1:n;
    for i=1:m

        x1(imax,jmax)=1;
    end
end

% Searching and adding the entering point for corrective action
for i=1:m
    for i~=imax
        if x1(i,jmax)>0
            ienter=i;
            for j=1:n
                if j~=jmax
                    if x1(ienter,j)>0 && x1(imax,j)==0
                        jenter=j;
                    end
                end
            end
        end
    end
end
x1(imax,jenter)=1;
x(imax,jenter)=1;
end
else
end
tic;
iterationOpt=0;
for q=1:n*m
    iterationOpt=iterationOpt+1;
    % The Modified distribution method
    %% Construct the u-v variables
    udual=zeros(m,1);
    vdual=zeros(1,n);
    for i=1:m
        udual(i)=inf;
    end
    for j=1:n
        vdual(j)=inf;
    end
    udual(1)=0;
    for i=1:l
        for j=1:n
            if x(i,j)>0 && udual(i)<inf

                vdual(j)=c(i,j)-udual(i);
            end
        end
    end
    for j=1:l
        for i=1:m
            if x(i,j)>0
                iu=i;
                if udual(iu)~=inf
                    vdual(j)=c(i,j)-udual(iu);
                else
                    if vdual(j)~=inf
                        udual(iu)=c(i,j)-vdual(j);
                    end
                end
            end
        end
    end
end
for k=1:m*n
    for i=1:m

```

```

if udual(i)~=inf
    iu=i;
    for j=1:n
        if x(iu,j)>0 && udual(iu)<inf

            vdual(j)=c(iu,j)-udual(iu);
        end
    end
end
end
for j=1:n
    if vdual(j)~=inf
        jv=j;
        for i=1:m
            if x(i,jv)>0 && vdual(jv)<inf
                udual(i)=c(i,jv)-vdual(jv);
            end
        end
    end
end
countu=0;
countv=0;
for i=1:m
    if udual(i)<inf
        countu=countu+1;
    end
end
for j=1:n
    if vdual(j)<inf
        countv=countv+1;
    end
end
if (countu==m) && (countv==n)
    break
end
end
%% Find the non-basic cells
unx=zeros(m,n);
for j=1:n
    for i=1:m
        if x(i,j)==0
            unx(i,j)=udual(i)+vdual(j)-c(i,j);
        end
    end
end
%% Search maximum positive of udual+vdual-c(i,j) to reach a new basic variable
maxunx=0;
for j=1:n
    for i=1:m
        if unx(i,j)>=maxunx
            maxunx=unx(i,j);
            imax=i;
            jmax=j;
        end
    end
end
%% The objective function value
Z=0;
for j=1:n
    for i=1:m
        if x(i,j)>0
            Z=Z+x(i,j)*c(i,j);
        end
    end
end
iterationOpt=iterationOpt+1;
%% Control loop
if maxunx==0

    break;
else

    end
%% Entering a new basic variable add into the basic variable matrix
x1=zeros(m+1,n+1);

```

```

x2=zeros(m+1,n+1);
% Construct the equivalent basic variable matrix
for j=1:n
    for i=1:m
        if x(i,j)>0
            x1(i,j)=x(i,j);
            x2(i,j)=x(i,j);
        end
    end
end
% Entering the new variable
x1(imax,jmax)=inf;
x2(imax,jmax)=inf;
for j=1:n
    countcol=0;
    for i=1:m
        if x1(i,j)>0 || x1(i,j)==inf

            countcol=countcol+1;
        end

        end
        x1(m+1,j)=countcol;
        x2(m+1,j)=countcol;
    end
    for i=1:m
        countrow=0;
        for j=1:n
            if x1(i,j)>0
                countrow=countrow+1;
            end
        end
        x1(i,n+1)=countrow;
        x2(i,n+1)=countrow;
    end
end
%% Construct loop

% Eliminate the basic variables that has only one on each row
iterationloop=0;
for i=1:m
    iterationloop=iterationloop+1;
    for i=1:m
        if x2(i,n+1)==1
            ieliminate=i;
            for j=1:n
                if x2(ieliminate,j)<inf && x2(ieliminate,j)>0
                    jeliminate=j;
                    x2(ieliminate,jeliminate)=0;% Eliminate the basic variable on row
                    x2(ieliminate,n+1)=x2(ieliminate,n+1)-1;% decrease the number of the basic variable on row one unit
                    x2(m+1,jeliminate)=x2(m+1,jeliminate)-1;% decrease the number of the basic variable on column one unit

                end
            end
        end
    end
end
% Eliminate the basic variables that has only one on each column
for j=1:n
    if x2(m+1,j)==1
        jeliminate1=j;
        for i=1:m
            if x2(i,jeliminate1)<inf && x2(i,jeliminate1)>0;
                ieliminate1=i;
                x2(ieliminate1,jeliminate1)=0;% Eliminate the basic variable on row
                x2(m+1,jeliminate1)=x2(m+1,jeliminate1)-1;% decrease the number of the basic variable on column one unit
                x2(ieliminate1,n+1)=x2(ieliminate1,n+1)-1;% decrease the number of the basic variable on row one unit
            end
        end
    end
end
% Control the constructing loop path
for j=1:n
    for i=1:m
        if (x2(i,n+1)==0 || x2(i,n+1)==2) && (x2(m+1,j)==0 || x2(m+1,j)==2)

```

```

        break;
    else
    end
end
end
end
end
%% Make +/- sign on basic variables in the loop path (x2)
% 1. Add - sign on basic variable on row(imax) and on basic variable on
% column (jmax)
for j=1:n
    if (x2(imax,j)~=0 && x2(imax,j)<inf && x2(imax,n+1)==2)

        jneg=j;
        x2(imax,jneg)=(-1)*x2(imax,j);
        x2(m+1,jneg)=1;
        x2(imax,n+1)=1;
        for i=1:m
            if (x2(i,jneg)>0 && x2(m+1,jneg)==1)
                ineg=i;
            end
        end

    end
end
for p=1:n
    for j=1:n
        if (j~=jneg && x2(ineg,j)>0) && (x2(ineg,n+1)==2)

            jneg1=j;
            x2(ineg,jneg1)=(-1)*x2(ineg,jneg);
            x2(ineg,n+1)=1;
            x2(m+1,jneg1)=1;

            for i=1:m
                if (x2(i,jneg1)>0 && x2(m+1,jneg1)==1)
                    ineg1=i;
                    ineg=ineg1;
                    jneg=jneg1;
                end
            end

        end
    end
end
% Control loop
if jneg1==jmax
    break
end
end
%% Search the net smallest negative basic variable in the loop path
small=inf;
for j=1:n
    for i=1:m
        if x2(i,j)<0
            if abs(x2(i,j))<small
                small=abs(x2(i,j));
            end
        end
    end
end
end

% Construct the loop path
x3=zeros(m,n);
for j=1:n
    for i=1:m
        x3(i,j)=x2(i,j);
    end
end
end
%% Add the smallest value to the positive basis variable and subtract to the negative basic variable
for i=1:m
    for j=1:n
        x3(imax,jmax)=small;
        if x3(i,j)~=0
            if x3(i,j)<0

```



```

        degen2=0;
    end
    %% Corrective Degeneracy
    if degen2==1
        numdegen2=numbasic-countxMOD11;
        iterationDegen2=0;
    for A=1:numdegen2
        iterationDegen2=iterationDegen2+1;
        %% Construct the u-v variables
        udual2=zeros(m,1);
        vdual2=zeros(1,n);
        for i=1:m
            udual2(i)=inf;
        end
        for j=1:n
            vdual2(j)=inf;
        end
        udual2(1)=0;
        for i=1:1
            for j=1:n
                if x(i,j)>0
                    vdual2(j)=c(i,j)-udual2(i);
                end
            end
        end
        for j=1:1
            for i=1:m
                if x(i,j)>0
                    iu=i;
                    if udual2(iu)~=inf
                        vdual2(j)=c(i,j)-udual2(iu);
                    else
                        if vdual2(j)~=inf
                            udual2(iu)=c(i,j)-vdual2(j);
                        end
                    end
                end
            end
        end
        end
        for k=1:m*n
            for i=1:m
                if udual2(i)~=inf
                    iu=i;
                    for j=1:n
                        if x(iu,j)>0
                            vdual2(j)=c(iu,j)-udual2(iu);
                        end
                    end
                end
            end
            for j=1:n
                if vdual2(j)~=inf
                    jv=j;
                    for i=1:m
                        if x(i,jv)>0
                            udual2(i)=c(i,jv)-vdual2(jv);
                        end
                    end
                end
            end
        end
        countu2=0;
        countv2=0;
        for i=1:m
            if udual2(i)<inf
                countu2=countu2+1;
            end
        end
        for j=1:n
            if vdual2(j)<inf
                countv2=countv2+1;
            end
        end
        if (countu2==m) & (countv2==n)
            break
        end
    end
end

```

```

end
%% Find the non-basic cells
unx2=zeros(m,n);
for j=1:n
    for i=1:m
        if x(i,j)==0
            unx2(i,j)=udual2(i)+vdual2(j)-c(i,j);
        end
    end
end
%% Search maximum positive of udual+vdual-c(i,j) to reach a new basic variable
maxunx2=0;
for j=1:n
    for i=1:m
        if unx2(i,j)>=maxunx2
            maxunx2=unx2(i,j);
            imax2=i;
            jmax2=j;
        end
    end
end
%% Count the number of basic variable on each and row
for j=1:n
    sumcol=0;
    for i=1:m
        if x(i,j)>0
            sumcol=sumcol+1;
        end
    end
    x(m+1,j)=sumcol;
end
for i=1:m
    sumrow=0;
    for j=1:n
        if x(i,j)>0
            sumrow=sumrow+1;
        end
    end
    x(i,n+1)=sumrow;
end
%% Construct the equipvalent x matrix
x12=zeros(m+1,n+1);
for j=1:n+1
    for i=1:m+1
        x12(i,j)=x(i,j);
    end
end
%% Eliminate an entering variable for adding a new one
for j=1:n
    for i=1:m
        if (x(i,j)==r || x12(i,j)==r)

            x12(i,j)=0;
        end
    end
end
% Add a new entering variable to x1 matrix
for j=1:n
    for i=1:m
        x12(imax2,jmax2)=r;
    end
end
end
% Seaching and adding the entering point for corrective action
for i=1:m
    if i~=imax2
        if x1(i,jmax2)>0
            ienter2=i;
            for j=1:n
                if j~=jmax2
                    if x1(ienter2,j)>0 && x1(imax2,j)==0
                        jenter2=j;
                    end
                end
            end
        end
    end
end

```

```

        end
    end
end
x1(imax2,jenter2)=r;
x(imax2,jenter2)=r;
end
end% End of degen2==1;

end% End of q=1:n;
%% Checking degeneracy
countxMODI2=0;
for j=1:n
    for i=1:m
        if x(i,j)>0
            countxMODI2=countxMODI2+1;
        end
    end
end
%% Total cost
ZMODI=0;
for j=1:n
    for i=1:m
        if x(i,j)>0
            ZMODI=ZMODI+x(i,j)*c(i,j);
        end
    end
end
if countxMODI2<numbasic
    disp('Degeneracy in solution of MODI');
end
if maxunx==0
    disp('Total cost of MODI');
    disp(ZMODI);
    disp('Occupied matrix of MODI');
    disp(x);
else
    disp('Reviewed Loop');
end
end
toc

```