République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université A. Mira de Béjaia

Faculté des Sciences Exactes

Département de Recherche Opérationnelle

MÉMOIRE DE FIN DE CYCLE

en vue de l'obtention du diplôme de Master en Recherche Opérationnelle

Théme

Planification et application des méthodes de résolution du probléme de transport dans l'entreprise ONAB Nutrition

Présenté par :

M^r **SEKOUR Ali**

M^r **MEZIANI Brahim**

Devant le jury composé de :

Présidente :	M^{me} L. YOUNSI	U. A/Mira Béjaia
Promoteur :	M^r K. KABYLE	U. A/Mira Béjaia
Examinateur :	M^r S. ZIANI	U. A/Mira Béjaia
Invité :	M^{me}N. BELAIDI	EPE ONAB.

Année Universitaire 2018 – 2019

REMERCIEMENTS

Nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir accordé santé, courage et la volonté pour accomplir ce modeste travail.

Nous tenons également à remercier notre encadreur M^r ***K.KABYLE*** pour l'aide et l'assistance qu'il nous a fourni afin de nous permettre de mener à bien et à terme ce mémoire de fin de cycle, et qu'il nous soit permis de leur exprimer notre profonde reconnaissance.

Notre gratitude s'adresse à l'ensemble du personnelle de l'***EPE ONAB***, en particulier notre encadreur *Madame* ***BELAIDI Naima***et tous l'équipage de département de gestion des stocks et spécialement à ***Abdelwahab*** et ***BENFARES Djamel*** pour la patience et le professionnalisme dont elle a fait preuve.

Nous exprimons notre grand respect aux honorables membres de jury qui ont a acepté d'évaluer ce travail.

Nous tenons tout simplement à exprimer notre profonde gratitude à tous ceux qui nous ont soutenus de prés ou de loin durant tout notre cursus et espérons que ce mémoire servira de guide pour les promotions à venir.

A. Sekour et B. Meziani

DÉDICACE

Je tiens à dédier travail à :

***M**es chers parents qui sont tout sacrifés pour moi ;*

***M**es frères et Ma soeur ;*

***T**oute ma famille ;*

***L**a personne la plus chère au coeur Mounia ;*

***M**on binôme Brahim ;*

***T**ous mes amis(es) et mes collègues de la recherche opérationnelle 2018/2019.*

Ali

DÉDICACE

Je Dédie Ce Travail à :

M*es chers parents pour leur amour et leur aide ;*

M*es frères et ma soeur ;*

T*oute ma famille ;*

M*on binôme Ali ;*

A *Tous mes amis(es) et mes collègues de la recherche opérationnelle 2018/2019.*

Brahim

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

INTRODUCTION GÉNÉRALE

La Recherche Opérationnelle (RO) est la discipline des mathématiques appliquées qui traite l'optimalité des ressources dans l'industrie. Depuis une dizaine d'années, le champ d'application de la RO s'est élargi à des domaines comme l'économie, la finance, le marketing et la planification d'entreprise. Plus récemment, la RO a été utilisée pour la gestion des systèmes de santé et d'éducation, pour la résolution de problèmes environnementaux.

La Recherche Opérationnelle est née pendant la Seconde Guerre mondiale des efforts conjugués d'éminents mathématiciens (dont von Neumann, Dantzig, Blackett) à qui il avait été demandé de fournir des techniques d'optimisations des ressources militaires. Le premier succès de cette approche a été obtenue en 1940 par le physicien Patrick Blackett qui a résolu un problème d'implantation optimale de radars de surveillance. Le qualificatif " opérationnelle " vient du fait que les premières applications de cette discipline avait trait aux opérations militaires. La dénomination est restée par la suite, même si le domaine militaire n'est plus le principal champ d'application de cette discipline, le mot "Opérationnelle" prenant alors plutôt le sens d' "éffectif" . Ce sont donc ces mathématiciens qui ont créé une nouvelle méthodologie caractérisée par les mots clés Modélisation et Optimisation.

Le premier problème de Recherche Opérationnelle a été étudié par Monge en 1781 sous le nom du problème des déblais et remblais. Considérer n tas de sable, devant servir à combler m trous. Notons a_i a masse du i^{me} tas de sable et b_j a masse de sable nécessaire pour combler le j^{me} trou. Quel plan de transport minimise la distance totale parcourue par le sable ?
Au quotidien, des problèmes combinatoires complexes, particulièrement, relatifs à la gestion des ressources des systèmes étudiés émergent lors des phases de planification et de gestion. Ces problèmes présentent des caractéristiques communes en termes de problématiques et de contraintes, liées à une forte limitation des ressources disponibles, du temps et à la dynamique des systèmes.
De plus en plus, les approches de résolution de ces problèmes font appel aux méthodes et techniques issues des domaines de la Recherche Opérationnelle et de l'intelligence artificielle. Parmi ces problèmes on cite les problèmes d'affectation et de transport.

Le transport des marchandises est plus généralement ce que l'on appelle la logistique sont des sujets qui préoccupent plusieurs catégories d'acteurs, dont les décideurs qui ont imaginé des mesures spécifiques pour améliorer le bilan environnemental et économique de ce secteur important pour le développement.

Toute entreprise qu'elle que soit sa taille, son domaine d'activité est amenée à faire face à des problèmes de gestion au quotidien. Les responsables d'entreprises d'aujourd'hui savent que la gestion efficace et l'exploitation d'information sont la clé du succès des affaires et sont un moyen indispensable pour créer un avantage concurrentiel.

Dans l'conomie industrielle, rare oú un produit arrive à être consommé par son utilisateur final sans l'intervention du transport. Presque tous les produits doivent passer par une série de déplacements entre les lieux de production quelconques, des dépôts et des consommateurs. Naturellement, ces déplacements entraînent des coûts et cela conduit les industriels à calculer au plus juste leurs coûts de transport afin de satisfaire la demande des clients en menant une stratégie de réduction des frais de distribution. Ceci est le cas de l'entreprise ONAB, plus précisément l'unité de Béjaia. Ce projet a pour but de créer une application permettant de résoudre le problème d'affectation et le problème de transport. L'utilisateur qui va bénéficier de ce service disponible dans notre application va pouvoir trouver la solution optimale de ces deux problèmes.

Ce mémoire est structuré comme suit :

Dans le premier chapitre,nous définissons quelques éléments fondamentaux de la théorie des graphes et de la programmation linéaire.

Le deuxième chapitre est dédié à la description de l'entreprise et sa politique de distribution, afin de donner au lecteur un aperçu sur le fonctionnement de l'entreprise ONAB.

Le troisième chapitre est consacré à la détermination et la définition du problème de transport classique, affectation, et présentons les algorithmes d'optimisation qui vont être utilisés pour la résolution de quelques problèmes.

Le dernier chapitre est consacré à la résolution du problème d'optimisation dans l'entre-prise ONAB en utilisant le langage MATLAB , Les résultats obtenus et leurs interprétations sont relatés à la fin de ce chapitre.

Ce mémoire s'achève par une conclusion, où nous mettrons l ?accent sur les perspectives de recherches induites par notre travail.

CHAPITRE 1

GÉNÉRALITÉS

Introduction

Pour résoudre de nombreux problèmes concrets, on est amenés à tracer sur papier des petits dessins qui représentent (partiellement) le problème à résoudre. Bien souvent, ces petits dessins se composent des lignes continues reliant deux à deux certains de ces points. On appelle ces dessins des graphes, qu'on définit avec plus de détails dans ce chapitre. Et d'autre part, plusieurs de ces problèmes peuvent être résolut avec l'utilisation de la programmation mathématique ou plus précisément la programmation linéaire ce qui nous ramène à détailler sur ce concept et donner un échantillon de problème résolus avec (problème du transport, problème d'ordonnancement, problème d'affectation...

Enfin, nous présenterons quelques définitions et classifications sur la complexité des algorithmes et problèmes. L'objectif de ce chapitre est de rappeler quelques notions de bases de la théorie de graphes, et des points généraux de la programmation linéaire qui seront utilisés par la suite dans le traitement de notre problématique.

1.1 Quelques notions de la théorie des graphes

La théorie des graphes est un très vaste domaine tant du point de vue des recherches fondamentales que de celui des applications. Elle s'est alors développée dans diverses disciplines telles que la chimie (isomères), la biologie, les sciences sociales (réseaux de transports), gestion de projets, informatique (topologie des réseaux, complexité algorithmique, protocoles de transferts), la physique quantique, etc. Depuis le début du 20^{me} siècle, la théorie des graphes constitue une branche à part entière des mathématiques, a connu un grand regain d'intérêt pour les informaticiens, vont plutôt chercher à concevoir des algorithmes efficaces pour résoudre des problèmes faisant intervenir des graphes (recherche du plus court chemin, problème d'ordonnancement, recherche d'un arbre couvrant, ...etc.). Tout ceci forme un ensemble très vaste, dont nous n'aborderons que quelques aspects, essentiellement de nature algorithmique (problèmes d'affectation et de transport).

1.1.1 Graphe orienté et non orienté, graphe valué

Les graphes sont des outils irremplaçables pour modéliser et résoudre de nombreux problèmes concrets. En effet, ils permettent, d'une part de guider l'intuition lors d'un raisonne-ment, d'autre part de se rattacher aux résultats connus de la théorie des graphes. Nous les définissons succinctement ci-dessous et illustrons leur intérêt par quelques exemples.

1.1.1.1 Graphe orienté

Un **graphe orienté** G est un couple (X, U), où X est un ensemble dont les éléments sont appelés sommets et U une partie de X dont les éléments sont appelés arcs. La figure 1.1 montre un exemple d'un graphe orienté[12].

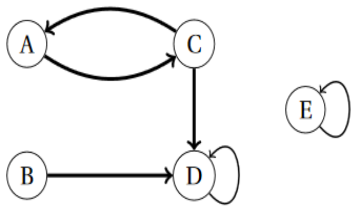


FIGURE 1.1 – Graphe orienté à 5 sommets

1.1.1.2 Graphe non orienté

Un **graphe non orienté** G est un couple (X, E), où X est un ensemble dont les éléments sont appelés sommets et E un sous-ensemble de parties de X contenant chacune au plus 2 éléments et dont les éléments sont appelés arêtes[12] .

Remarque 1. *On notera n le nombre de sommets d'un graphe et m son nombre d'arcs(ou d'arêtes).*

1.1.2 Graphe valué

Un graphe valué $G = (X, U, v)$ est un graphe (X, U) (orienté ou non orienté) muni d'une application $v : U \longmapsto \mathbb{R}$. L'application v est appelée valuation du graphe. On peut étendre cette valuation en posant $\forall (x; y) \in X^2, \ \ v(x; y) = +\infty \quad si(x; y) \notin U$ [8].

1.1.3 Graphe partiel, sous-graphe

1.1.3.1 Sous-graphe

Soit $G = (X, U)$ un graphe. Le sous-graphe associé au sous-ensemble A de X est le graphe G_A défini par : $G_A = (A, U_A)$ avec U_A l'ensemble des arcs de G ayant les deux .Le sous-graphe associé à $A = \{C, D, E, F, G\}$ de graphe la figure 1.4 .

1.1.3.2 Graphe partiel

Un graphe partiel G' de G est un graphe ayant même ensemble de sommets que G et dont l'ensemble des arcs est inclus dans l'ensemble des arcs de G : $G' = (X, U')$ avec U' sous-ensemble de U.

Remarque 2. *Un sous-graphe partiel est un sous-graphe d'un graphe partiel.*

1.1.3.3 Extrémité initiale et terminale (successeur et prédécesseur)

Soit un arc (i, j), i est dit extrémité initiale de (i, j) et j extrémité terminale de (i, j). On dit aussi que j est un successeur de i, et i un prédécesseur de j. L'arc (i, j) est dit incident vers l'extérieur en i et vers l'intérieur en j.

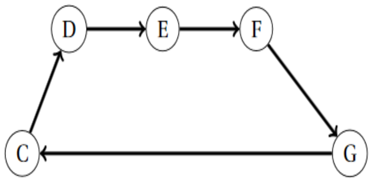


FIGURE 1.2 – Sous -graphe orienté à 5 sommets

Définition 1. *Un arc de G de la forme* (i, i) *est appelé une boucle. Pour un arc* $u = (i, j)$*, le point* i *est son extrémité initiale, et le point* j *son extrémité terminale [3].*
on dit que j *est un successeur de* i *s'il existe un arc ayant son extrémité initiale en* i *et son extrémité terminale en* j *. L'ensemble des successeurs de* i *se note* $\Gamma_G^+(i)$.
De même, on dit j *est un prédécesseur de* i *s'il existe un arc de la forme* (j, i)*. L'ensemble des prédécesseurs de* i *se note* $\Gamma_G^-(i)$.
L'ensemble des sommets voisins de i *se note*

$$\Gamma_G(i) = \Gamma_G^+(i) \cup \Gamma_G^-(i)$$

On note $\Gamma^+(i)$ *l'ensemble des successeurs de* i ,$\Gamma^-(i)$ *l'ensemble des prédécesseurs de* i,$d^+(i)$ *le demi-degré extérieur de* i*, c'est-à-dire le cardinal de* $\Gamma^+(i)$*, et* $d^-(i)$ *le demi-degré intérieur de* i*, c'est-à-dire le cardinal de* $\Gamma^-(i)$.

1.1.3.4 Degré d'un sommet

Le degré d'un sommet est le nombre d'arcs incidents en ce sommet. Quand il n'y a pas de boucle en un sommet, c'est-à-dire d'arc dont l'extrémité initiale se confond avec l'extrémité terminale, son degré est la somme de son demi-degré intérieur et de son demi-degré extérieur dans le graphe de la figure 1.3 on a $\Gamma^-(E) = \{A, D\}, d^?(E) = 2, d^-(A) = 0, d(c) = 4, \Gamma^+(E) = \{C\}, d(E) = 1, d^+(A) = 3, d(B) = 4.$

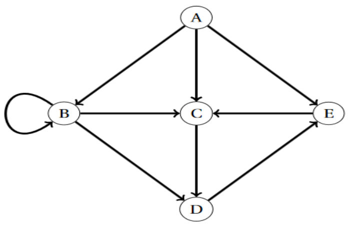


FIGURE 1.3 – Graphe orienté G et degré de ses sommets

1.1.4 Chemins, circuits

1.1.4.1 Chemins

Un chemin de x_0 à x_p est une suite de sommets $\{x_0, x_1, ..., xp\}$, telle que les arcs (x_0, x_1) ,(x_1, x_2) ,... , (x_{p-1}, x_p) appartiennent au graphe. La valeur d'un chemin est alors la somme des valuations des arcs de ce chemin. La longueur d'un chemin est son nombre d'arcs [12].

Le sommet x_0 est appelé extrémité initiale du chemin et le sommet x_p, extrémité terminale.

Un chemin est dit :
- **Simple,** s'il passe une seule fois par chacun des arcs qu'il emprunte.
- **Élémentaire,** s'il passe une fois par chaque sommets qu'il traverse.
- **Hamiltonien,** s'il passe une seule fois par chaque sommet de graphe .
- **Eulérien,** s'il passe une seule fois par chaque arcs du graphe.

Sur le graphe de la figure (1.4) la valeur du chemin $\{s, 1, 2, 4, p\}$ est 26 et sa longueur 4.

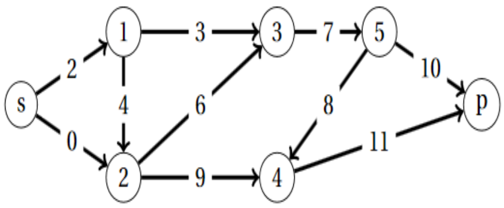


FIGURE 1.4 – Graphe valué à 7 sommets

1.1.4.2 Circuit

Un circuit est un chemin dont l'extrémité initiale se confond avec l'extrémité terminale.

1.1.4.3 Descendant, ascendant

Un sommet j est un **descendant** d'un sommet i s'il existe un chemin allant de i à j ou si $i = j$; on dit alors que i est un **ascendant** de j.

1.1.4.4 Source, puits

Une **source** s est un sommet ascendant de tous les autres sommets, un **puits** p, un sommet descendant de tous les autres sommets. Note : Un synonyme de source (resp.puits) est racine(resp. antiracine).

1.1.5 Chaînes, cycles

1.1.5.1 Chaîne

Une chaîne est une suite d'arcs $\{u_1, u_2, ..., u_p\}$ telle qu'une extrémité de l'arc u_i $(2 \leq i \leq p-1)$ est commune avec l'arc u_{i+1} , alors que l'autre extrémité est commune avec l'arc u_{i-1}. La longueur d'une chaîne est son nombre d'arcs.
Sur la figure 1.5, (AB)(BC)(GC)(FG)(EF)(DE) est une chaîne. Une chaîne peut être "vue" comme une suite de sommets telle que deux sommets consécutifs soient liés par un arc, certains arcs peuvent être parcourus dans le sens de la chaîne (sens +), les autres arcs dans le sens opposé (sens -).

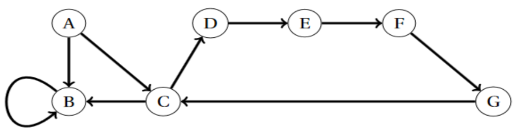


FIGURE 1.5 – Graphe orienté à 7 sommets

1.1.5.2 Cycle

Un cycle est une chaîne dont l'extrémité initiale se confond avec l'extrémité terminale.

1.1.6 Connexité

Un graphe $G = (X, U)$ est connexe si $\forall i, j \in X$, il existe une chaine entre i et j. On appelle composante connexe le sous-ensemble de sommets tels qu'il existe une chaine entredeux sommets quelconques. Un graphe est connexe s'il comporte une composante connexe maximale et une seule. Chaque composante connexe d'un graphe est un graphe connexe.

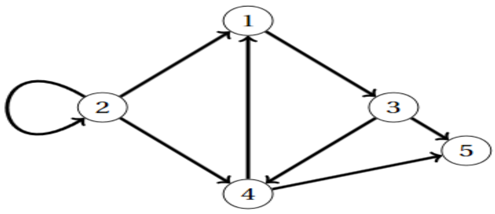


FIGURE 1.6 – Graphe orienté à 5 sommets

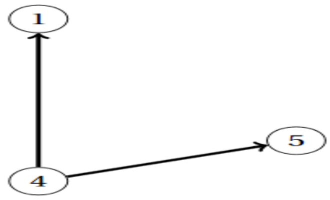


FIGURE 1.7 – Sous-graphe à 3 sommets

1.1.6.1 Graphe partiel

Un graphe partiel $G^{'}$ de G est un graphe ayant même ensemble de sommets que G et dont l'ensemble des arcs est inclus dans l'ensemble des arcs de G : $G^{'} = (X, U^{'})$ avec $U^{'}$ sous-ensemble de U.
sur la figure 1.7 est rapporté un graphe partiel du graphe de la figure 1.6.

1.1.7 Graphe biparti

Un graphe est dit **biparti** s'il existe une partition de son ensemble de sommets en deux sous-ensembles U et V telle que chaque arête ait une extrémité dans U et l'autre dans V .

1.1.7.1 Couplage

Un couplage est un ensemble d'arcs tel que deux arcs de cet ensemble n'ont pas d'extrémité commune [20] .

1.1.7.2 Flot dans un réseau

On considère un réseau, i.e., un graphe $G = (X, U)$ connexe, sans boucle et asymétriques,avec capacité sur les arcs qu'on note c_{ij}, possédant une entré s et une sortie p.
Un flot est une attribution à chaque arc d'une valeur $f_{ij} \geq 0$ vérifiant :
- qu'on ne dépasse pas la capacité de l'arc : $f_{ij} \leq c_{ij}, \quad \forall (i, j) \in U$.
- ce qui arrive à un sommet est égal à ce qui en part :

$$j \in X/\{s, p\}, \qquad \sum_{(i,j)\in U} f_{ij} = \sum_{(i,k)\in U} f_{ik}$$

Remarque 3. *Dans un flot, ce qui part de s est égal à ce qui arrive dans p , et c'est la valeur du flot*

$$\nu(f) = \sum_{(s,j)\in U} f_{sj} = \sum_{(i,p)\in U} f_{ip}$$

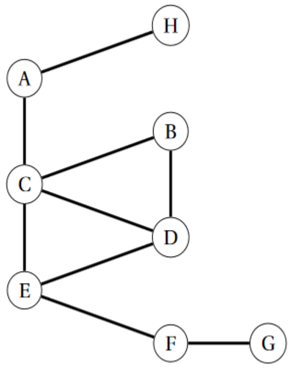


FIGURE 1.8 – Couplage à 4 sommet

Remarque 4. *Si pour tout arc la valeur du flot est inférieure ou égale à la capacité de l'arc alors on dit que le flot est* ***réalisable****.*

1.1.8 Réseau de transport

Un réseau de transport est un graphe fini, sans boucle comportant une entrée E_1 (source)et une sortie S_p (puits), telles que : depuis E_1 il existe un chemin vers tout autre sommet E_k et de tout sommet E_k il existe un chemin vers E_p. Tout arc $u = (x, y)$ est valué par un entier positif $c(u)$ nommé capacité de l'arc $u = (x, y)$, qui présente une capacité de transport associée à la liaison figurée par cet arc (Ex. tonnages disponibles sur des bateaux,des camions, ...)

1.2 Notions sur la programmation linéaire et quelques problèmes classiques

On dit qu'un programme mathématique est présenté sous forme d'un programme linéaire(noté :PL) lorsque sa fonction-objectif et ses contraintes sont linéaires.

Un problème de programmation linéaire consiste à minimiser (ou à maximiser) une fonction linéaire sous certaines contraintes linéaires. Ainsi, une forme d'un programme linéaire dans le cas d'une minimisation, est la suivante :

$$(P) = \begin{cases} min \quad f(x) \\ sous \quad contraintes : \\ g_i(x) \leq, i = 1, ..., M \\ x = (x_1, x_2, ..., x_N) \in \mathbb{R}^N \end{cases}$$

où f et g_i sont des fonctions linéaires avec des variables $x_1, x_2, ..., x_N$. La fonction f est appelée fonction-objectif ou fonction-économique et les conditions posées représentent les contraintes du problème (P). Une solution du problème (P) est un vecteur qui permet de satisfaire toutes les contraintes. Cependant, une solution peut être réalisable ou admissible, si elle permet de satisfaire une majorité de contraintes du problème (P). Le coût d'une solution est la valeur de la fonction-objectif f.

Une solution optimale du problème (P) est la solution qui minimise $f(x)$ parmi l'ensemble de toutes les solutions admissibles. Dans ce cas, on parle d'un optimum global.

D'autre part, on dit qu'un programme mathématique est présenté sous forme d'un programme linéaire en nombres entiers (noté : $PLNE$) lorsque les valeurs des variables du programme linéaire sont des nombres entiers. A noter qu'un programme mathématique peut aussi être présenté sous la forme d'un programme linéaire mixte (noté : PLM). Ce dernier,est obtenu lorsque certaines du problème sont entières et d'autres pas.

1.2.1 Formes matricielles classiques et conventions

Notons par$x = (x_1, x_2, ..., x_n)^T$ le vecteur des variables. $b = (b_1, b_2, ..., b_m)^T$ le second membre des contraintes,$c = (c_1, c_2, ..., c_n)^T$ le vecteur coût et A la matrice $m \times n$ des a_{ij}.

$$Form\ \ canonique := \begin{cases} min\ \ Z(x) = cx \\ Ax \leq b \\ x \geq 0. \end{cases}$$

$$Form\ \ standard := \begin{cases} min\ \ Z(x) = cx \\ Ax = b \\ x \geq 0. \end{cases}$$

La forme canonique avec des contraintes $\leq$ s'utilise dans la représentation graphique, et la forme standard avec des contraintes égalité s'utilise dans la résolution algébrique.

1.2.2 Interprétation économique

Un programme linéaire a une interprétation économique très large :
- Un acteur économique qui exerce n activités avec des intensités x_j à déterminer.
- Ces activités utilisent m ressources.
- La quantité a_{ij} de ressources i nécessaires pour exercer l'activité j avec une intensité x_j.
- On connait le profit (en maximisation) et le coût (en minimisation). c_j Correspond a une intensité x_j de l'activité j.

1.2.3 Problème de transport

Soit A une quantité de marchandises à partir de m origines vers n destinations. Au niveau de chaque origine i il y a une disponibilité de a_i articles. La demande de la destination j est de d_j. Le coût unitaire de l'expédition entre l'origine i et la destination j est C_{ij}. Le problème est de déterminer le plan de transport qui minimise le coût total en tenant de l'offre et la demande.

1. **Variable de décisions :**
   x_{ij} : La quantité à expédier de l'origine i ,$i = 1, ..., m$, vers la destination j, $j = 1, ..., n$.
2. **Contraintes :**
   (a) Disponibilité
   $$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = a_i \qquad a_i > 0 \qquad i = 1, ..., m$$
   (b) Demande
   $$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} = b_j \qquad b_j > 0 \qquad j = 1, ..., n$$
3. **Fonction objectif :**
   $$min\ \ Z = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} C_{ij} x_{ij}$$

1.2.4 Problème d'affectation

Le problème d'affectation est un cas particulier du problème du transport dans lequel chaque source est affecté à une seule destination. Étant donné n tâches et n ouvriers .Une affectation consiste à affecter la tâche i à l'ouvrier j de façon :
- Chaque ouvrier j ait une seule tâche.
- Chaque tâche i est attribuée à un seul ouvrier .

Le coût affectation d'une tâche i à un ouvrier j est C_{ij}. Le problème d'affectation consiste à trouver une affectation de coût minimum.

1. **Variable de décisions** sont :

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & Si\ la\ tche\ i\ est\ affecter\ \ l'ouvrier\ j, \\ 0 & Sinon, \quad 1 \leq j \leq n. \end{cases}$$

2. **Contraintes :**
   (a) Le nombre d'ouvriers affectés à la tâche i est 1

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = 1 \qquad i = 1, ..., m.$$

   (b) Le nombre de tâche auxquelles est affectés l'ouvrier j est 1

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} = 1 \qquad j = 1, ..., n$$

3. **Fonction objectif :**

$$min\ \ Z = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} C_{ij} x_{ij}$$

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté quelques notions de base sur la théorie des graphes et de la programmation linéaire qu'on va utiliser dans la suite de notre projet.

CHAPITRE 2

VUE SUR L'ENTREPRISE

Introduction

Ce chapitre a pour objectif de décrire l'Entreprise ONAB de Bejaia afin de valoriser son potentiel structurel et fonctionnel, car il est nécessaire d'avoir une vision claire et objective sur le métier tel qu'exercé par l'ONAB, ce qui est un préalable indispensable à l'approche analytique qui suivra.

2.1 Présentation de l'organisme d'accueil

L'office National d'Aliments de Bétail (ONAB), Organisme de l'Etat, spécialisé dans l'importation des produits céréalier (Mais et Soja). Sa fonction régie par un organigramme de fonction au but de satisfaire le marché national au profit des agents économiques de nature de transformateur en aliments de bétail. Il se représente comme l'instrument de l'Etat permettant la mise en oeuvre d'une politique nationale en matière de production animale,aussi il est reconnu comme un véritable leader dans les activités de nutrition animale et de production avicole, il s'est vu assigne trois missions essentielles qui sont :la production et la commercialisation des aliments composées, l'organisation et le développement de l'agriculture et l'intervention dans les circuits de commercialisation des viandes. Dans ce chapitre nous allons présenter l'unité ou on a effectué notre stage, son historique, ces différentes activités principales, son organigramme, ainsi que ses déférents services.

2.1.1 Groupe Industriel ONAB "entreprise mère"

Avant de présenter l'unité portuaire de Bejaia liée à l'entreprise économique ONAB Trade,nous devrons d'abord connaître le groupe industriel ONAB dont le sièges situe à Alger en étudiant son évolution historique, son organigramme, ses objectifs et ses missions.

2.1.2 Historique

L'évolution du groupe industriel ONAB a passé par plusieurs étapes :

2.1.2.1 Création de l'ONAB

L'office national d'aliments de bétails ONAB est créé par l'ordonnance N° 69-19 du 03 Avril 1969.

2.1.2.2 Restructuration de 1981

La mise en oeuvre du décret N° 81-196 du 15 août 1981, portant la restructuration organique de l'ONAB avec le maintien de l'ONAB par un statu de l'office "office national des aliments du bétails ", qui a pour mission d'assurer la gestion directe des activités trading, la production et la commercialisation des aliments de bétails en Algérie par le biais de quatre 04 unités sur le territoire national (unité portuaire d'Oran, d'Alger, de Bejaia et de Skikda),ainsi que la fabrication et la commercialisation des conditionnements minéraux vitaminés(CMV) par le biais de deux complexes EL-HAROUCHE à l'Est et TLILET à l'Ouest.

Cette restructuration de 1981 à aussi engendré l'émergence de six offices régionaux parle décret de N° 81 du 15 août 1981 qui sont réparti comme suit : trois offices régionaux de viande (ORVIC/Center, ORVIO / Ouest, ORAVIE / Est) et trois offices régionaux de l'aviculture(ORAVIC / Centre, ORAVIO / Ouest, ORAVIE / Est).

2.1.2.3 Passage à l'autonomie en 1997

Dès le début de l'année 1997 et au terme d'un acte reçu en étude nationale du 15 avril 1997 l'ONAB est transformée à une entreprise public économique (EPE). Sous la forme d'une société par action (SPA), avec un capital d'un milliard de dinars. Avec cette autonomie l'ONAB est devenue une entreprise industrielle chargée de produire un aliment composé de qualité avec obligation de résultat financier.

2.1.2.4 Restructuration de 1998 et la création du groupe industriel ONAB

L'évènement principal qui a marqué l'exercice 1998 en ce qui concerne l'ONAB est la restructuration des entreprises publiques de la filiale aliment de bétails et de l'aviculture avec la création du groupe industriel ONAB, qui dépendait à cette époque du holding agrodivers et actuellement de la société de gestion de participation de l'Etat (SGP PRODA) , sous tutelle du ministère de l'agriculture et de développement rural.

2.1.3 Présentation

Le groupe industriel ONAB est né en 1998 de la restructuration des entreprises publiques régionales de la filière avicole (ORAC, ORAVIO ET ORAVIE), et la filière nutrition animale. Ce groupe est restructuré dans le but de faire face à la concurrence dans un marché entièrement ouvert dans le cadre d'une nouvelle politique des pouvoirs publics, il dispose de toutes les activités de la filière avicole faisant de lui un groupe intégré. Ses filiales spécialisées activent dans les domaines de l'importation et l'approvisionnement des matières premières,la production d'aliments de bétails (avicole et ruminants) et de conditionnements minéraux vitaminés, la production d'intrants avicoles (oeufs à couver chair et ponte, poussin chair etponte, poulettes futures pondeuses, la production de poulet de chair et d'oeufs de consommation, l'abatage et la transformation, la maintenance et le froid.

Les différentes activités de ce groupe se réalisent dans environ 150 unités et centres de production répartis en fonction des zones de production finale de consommation, regroupés en 24 filiales (sociétés par actions) et totalisant un effectif de 7500 travailleurs.

Le groupe ONAB est organisé dans un objectif d'encadrement plus poussé des activités de la filière tant sur le plan de maîtrise des coûts de production que sur celui de la qualité, ainsi s'est attelé à mettre en oeuvre une stratégie d'action coordonnées visant : la coordination interne des expériences et des compétences existants sur tous les plans et particulièrement sur celui de la qualité de ses produits amélioration des performances techniques et économiques permettant la création d'avantage concurrentiels qui sont :

- Les investissements résolus de l'aval de la filière avicole à savoir la vente au détail de ses produits par le déploiement d'un réseau de magasins et par un développement des élevages en poulet de chair et des approvisionnements dans le cadre de partenariats d'élevages.
- Le développement plus affiné des produits de nutrition animale, notamment des aliments granules et de nouveaux produits, par la modernisation des usines de production.

En fin, la stratégie de la recherche de partenariat qui vise en définitive internationaux, mais aussi à des coûts en rapports avec les normes en vigueurs, ainsi elle vise à valoriser d'avantage le potentiel économique à la disposition du groupe et de ses filiales pour la meilleure synergie possible.

2.1.4 Filiales du groupe ONAB

Les filiales du groupe ONAB sont : Le groupe Avicole Centre (GAC), Le groupe Avicole Est(GAE), Le groupe Avicole Ouest (GAO), ONAB Trading, ENIMI, Premix Est, Premix Ouest.

2.1.5 Produits de l'ONAB

2.1.5.1 Produit Trade

L'EPE ONAB TRADE dispose d'une équipe de traders qui a acquis grâce au suivi de la place de la bourse de Chicago une solide expérience en la matière. Elle assure les approvisionnements en matière première de toutes ses filiales, notamment le maïs et le tourteau de soja qui occupent une place importante tant en quantité qu'en valeur. Pour renforcer l'efficience de ses approvisionnements, ONAB a conclu plusieurs partenariats, notamment avec CNAN Groupe pour le transport des matières, et l'ENACT pour le contrôle de la qualité.

2.1.5.2 Produit aliment

La liste des produits Aliment se compose de plusieurs filières qui sont : les filières volaille,Ruminants, Dinde, Divers, CMVA, CMV, poisson qui appartient à nutrition animale et la filière chair qui appartient à l'abattage et transformation.

2.1.5.3 Produit d'aviculture, abattage et transformation

- **Produits avicoles :**
  - **Filières Ponte**
    Les structures du Groupe ONAB détiennent pour la filière ponte 90 % des capacités de production, des facteurs de production, des parentaux ponte à la poulette démarrée et 20 % de la production d'oeufs de consommation.
  - **Filière Chair**
    Pour la filière chair, le Groupe ONAB détient près de 60% des capacités de production de facteurs de production (OAC - poussin chair),5% des capacités d'engraissement et un potentiel de capacités d'abattage de 22.000 tonnes de viande blanche et 2.200 tonnes de produits de charcuterie par an.
- **Produits issus de l'abattage et transformation :**
  Les abattoirs du Groupe ONAB produisent une gamme variée de produits, à partir de recettes élaborées à leur niveau, et dans le plus grand respect des normes d'hygiène.En plus du poulet prêt à la cuisson, la gamme de produit de charcuterie des sociétés des abattoirs est très étendue. Elle débute par "les classiques "tels que le cachir,pâté de volaille en boite et en boudin et autre salami ; mais compte aussi d'autres produits plus raffinés, comme la galantine, réalisée à partir des parties nobles du poulet(cuisses et bréchet), ou encore la ballottine à la fine saveur fumée.

2.1.5.4 Produit de prestation

- **Prestations du laboratoire**
  Plus de cent (100) déterminations analytiques Physico-chimiques, Microbiologiqueset Biochimiques peuvent être réalisées actuellement par l'Unité Laboratoire sur une large gamme de produits agro-alimentaires (Céréales, Corps gras, Produits laitiers,Eaux et Boissons gazeuses, Aliments des animaux,...). Ces contrôles permettent de garantir et de s'assurer que les produits commercialisés ne présentent aucun danger pour la santé des animaux et des consommateurs tels que les agents pathogènes et les facteurs de détérioration des produits.
- **Prestations de la maintenance industrielle**
  Outre la maintenance des équipements de fabrication agroalimentaire, l'ENIMI dis-pose de deux Unités spécialisées dans les travaux tous corps d'état (prestation d'analyse, et maintenance industrielle).

2.1.5.5 Partenaires de L'ONAB

- **Régulation du Marché Avicole (relation triangulaire)**
  Cette relation est l'instrument visant à la régulation du marché avicole par la mise en place d'un système conventionnel entre l'ABATTOIR AVICOLE et les ELEVEURS.
- **Régulation du Marché Agricole**
  Conformément aux orientations du MADR, le Groupe ONAB sous l'égide de la SGPPRODA est en charge de programmes visant la réduction des factures d'importations des matières premières rentrant dans l'alimentation de bétail. Ces programmes attachent une grande importance au développement des cultures agricoles. Dans un premier temps, le Groupe ONAB a lancé les cultures de maïs et de luzerne.

2.1.6 Organisation de l'ONAB

Dès son passage à l'autonomie en avril 1997, l'EPE ONAB SPA fait l'objet d'une restructuration mise en oeuvre durant l'année 1998. Ce processus se caractérise par l'émergence d'un groupe Industriel dont l'EPE SPA est la société mère. Aujourd'hui l'EPE ONAB assure une gestion de portefeuille de sept filiales dont l'EPEONAB TRADE.

Avec un effectif de 7 500 ployés et un potentiel de production important, le Groupe Industriel ONAB se présente comme un véritable leader dans la filière avicole. Les Groupes Avicoles Régionaux exercent une mission de gestion de portefeuille représentée par l'activité avicole à travers leurs différentes SPA Avicoles dans les filières Chair et Ponte dont trois(03) sociétés des Abattoirs et une gestion directe de l'activité aliments composés (UAB : Unité d'Aliments de Bétail).

2.1.7 Organigramme du Groupe Industriel ONAB

Le Groupe Industriel ONAB est créé par un statut de Société par Action qui appartient à 100% de ses actions à la SGP PRODA, qui est gérée par un directoire et un conseil de surveillance et il est constitué de Trois (03) Groupes Avicoles régionaux, et chaque groupe dé-tient en gestion directe Huit (08) Unités d'aliments de bétails et en gestion du portefeuille,Huit (08) Entreprises dans le domaine avicole et abattage et ces groupes régionaux sont des Sociétés Par Action, que le groupe industriel ONAB détient à 80% et les 20% appartiennent à la SGP PRODA, et on remarque aussi dans la figure N° 1 que le Groupe industriel ONAB détient à 100% d'actions, les SPA Remix Est et Ouest qui produisent des CMV "Condiments Minéraux Vitaminés "destinées comme complément aux aliments de bétails, l'ENIMI qui est une filiale de maintenance industrielle et l'ONAB Trade qui est une filiale à 100% de ses action appartiennent au groupe Industriel ONAB.

L'organigramme de l'entreprise Publique économique ONAB se présente comme suit :

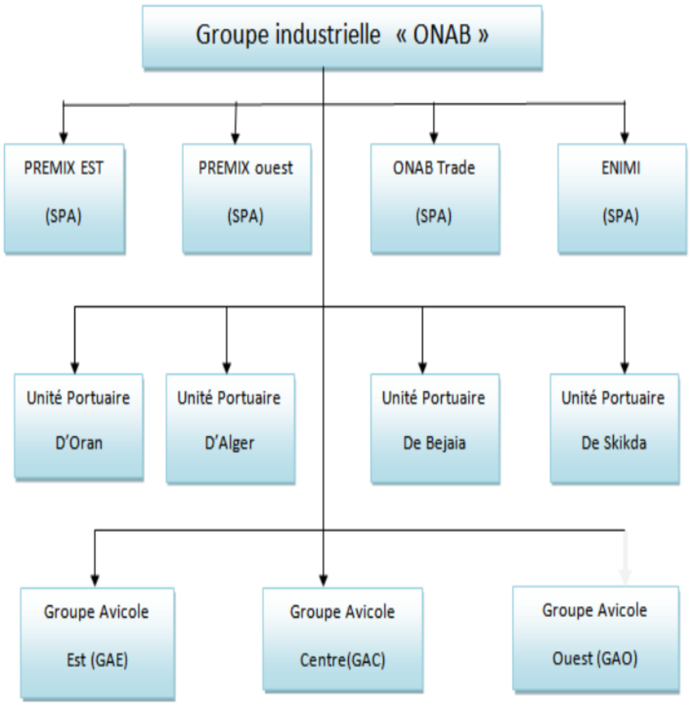


FIGURE 2.1 – Organigramme de l'entreprise Publique économique ONAB

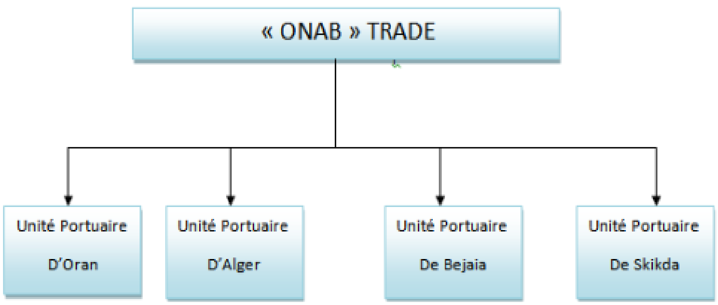


FIGURE 2.2 – Organisation des structures de l'ONAB Trade

2.2 ONAB Trade

L'entreprise publique économique ONAB Trade est une filiale du groupe industriel ONAB,créé le 01/01/2007 avec un capital de quatre cent vingt millions de dinars (420.000.000.00DA), son siège social (direction générale) se situe à Alger, son statut c'est une société par ac tion gérée par un conseil d'administration et un président directeur général et elle est composée de quatre 04, unités portuaires (Bejaia, Alger, Oran et Skikda) en gestion directe. (la figure numéro 9 ci-dessous) :

2.2.1 Objectifs de l'ONAB

Les objectifs de l'ONAB Trade sont déterminés dans le cadre des objectifs global du groupe industriel ONAB et ils se déterminent comme suit :

- Développer son activité par la meilleure prospection du marché international afin d'approvisionner les filiales du groupe industriel ONAB par des matières premières de rapport qualité prix.
- De rentabiliser son outil de travail par l'optimisation de l'utilisation de ses moyens de transport de marchandises, de manutention et d'air de stockage.
- De mise à niveau de ses moyens humains pour l'amélioration de ses performances de management.
- De conquérir les parts du marché pour approvisionner en matière première les fabrications d'aliments de bétail (fabricants privés) en dehors du Groupe Industriel ONAB.
- L'utilisation rationnelle de ses ressources financières afin de maintenir ses équilibres et de veiller à la réalisation des résultats financier positifs.

2.2.2 Missions de L'ONAB

L'ONAB Trade est une filiale du groupe Industriel ONAB, il représente l'instrument de l'Etat qui permet la mise en oeuvre de la politique nationale en matière de production animale,s'est vu assignée plusieurs missions dont les principales sont :

- L'importation, la production et la commercialisation de facteurs de production avicoles et de viandes rouges ;
- La production et la commercialisation des aliments composés ;
- Diffuser les techniques d'utilisation des aliments industriels ;
- L'organisation et le développement de l'agriculture industrielle.

2.2.3 Unité Portuaire de Bejaia (UP Bejaia)

Après l'identification du l'Entreprise mère ONAB, nous allons maintenant présenter l'Unité Portuaire de Bejaia en exposant son historique et son évolution géographique, les différents moyens dont elle dispose (matériels et humains), sa mission, son organigramme et la définition des départements qui s'y rattachent.

2.2.3.1 Historique et Situation Géographique

L'Unité Portuaire de Bejaia a été créé par le décret N° 81/196 du 15 Août 1981, c'est une Unité commerciale fournisseur des Unité régionales en Aliment de Bétail. Elle a pour finalité la revente en l'état des quantités programmées de matières premières importées répondant aux caractéristiques techniques arrêtées dans le cahier des charges.

L'UP Bejaia se situe à l'Arrière Port, limitée à l'Ouest par la Société Nationale des Indus-tries Chimiques (SNIC), au Nord par le Port de Bejaia et au Sud par la Société Nationale dePlastique et de Caoutchouc (ENPC). L'unité portuaire de Bejaia ONAB Trade est devenue aujourd'hui ONAB Nutrition, ce changement concerne seulement sa nomination, son statut juridique est resté le même.

2.2.4 Mission de l'Unité Portuaire de Bejaia

L'Unité Portuaire de Bejaia est une Entreprise Commerciale chargée essentiellement du traitement de cargaisons homogènes (c'est-à-dire l'ensemble de produits de même nature)de Maïs jaune, le Tourteau de Soja en vrac et de Phosphate Bi calcique. Ainsi il se charge de leurs vente aux Unités de production d'Aliments de Bétails en gestion directe par les Groupes Avicoles régionaux GAC (Groupe Avicole Centre), GAE (Groupe Avicole Est), et le GAO (Groupe Avicole Ouest).
Cette revente se fait de deux (02) manières :

– Une vente directe (sous-palan) : L'enlèvement est effectué à partir du navire, il donne lieu à l'établissement d'un bon de livraison sur la base d'un bon de transfert.
– Une vente indirecte : L'enlèvement est effectué à partir du hangar de l'unité portuaire et donne lieu à l'établissement d'un bon de livraison sur la base d'un bon d'enlèvement. Dans tous les cas, le respect du programme d'enlèvement des matières convenu avec les filiales est un impératif majeur de régulation physique intragroupe industrie

2.2.4.1 Moyens de l'Unité Portuaire de Bejaia

Pour accomplir les différentes activités de réception de matières premières, de stockage,de vente et même de distribution, l'UP Bejaia a besoin de différents moyens (humains et matériel) pour accomplir ces taches, qui peuvent être illustrés comme suit :

1. **Moyens humains :** l'UP Bejaia dispose d'un effectif total de Quatre-Vingt-Dix-neuf(99) employés divisés en trois (03) catégories selon le degré socioprofessionnel (20 cadres,51 maîtres et 28 agent d'exécution).
2. **Moyens matériels :** Les moyens matériels dont elle dispose l'unité portuaire de Bejaia sont :
   – Dix Huit (18) camions lourds dont Dix (10) d'une capacité de vingt (20) tonnes, le reste d'une capacité de dix (10) tonnes qui servent à transporter la matière première du port (navire) vers le hangar de l'Unité.
   – Six (06) véhicules légers dont un (01) boxer, deux (02) Toyota, une (01) Nissan SUNNY et Deux (02) Nissan Navara double cabine qui sont au service des responsables de l'Entreprise et du personnel de l'Unité pour leurs divers déplacements en cas de besoin.
   – Quatre (04) engins chargeur à l'intérieur du hangar qui servent à charger les camions, deux (02) rétro-chargeurs qui sert à creuser le tourteau de soja au niveau de la cale du navire.
   – Trois (03) shooté (pelle mécanique) qui sert à nettoyer la cargaison au niveau du navire ou dans les hangars.
   – Neuf (09) vis sans fin dont trois (03) d'un hauteur de douze (12) mètres et six (06)de huit (08) mètres qui servent à mettre le Maïs sous forme de montagne.
   – Une chambre froide qui sert à conserver les matières premières sensibles au changement climatique.

L'unité est dotée de Trois (03) sites pour le stockage des matières premières qui sont comme suit :
– **Site Arrière port :**le site de l'arrière port occupe une Superficie total du 1.760,16 m^2,avec une capacité de stockage du 600 Tonnes, ce stocke est utilisé pour le stockage des sacs (phosphate bi-calcique).
– **Site Ihaddaden :**Le site d'Ihaddaden occupe une superficie totale du 10.059 m^2, avec une capacité de stockage du hangar de 9.000 Tonnes, utilisé pour le stockage du vrac Mais et Soja).
– **Site Aokas :** Le site Aokas a fait l'objet d'un transfert de l'actif physique de l'ex EPE Aokas liège Agglomère en liquidation au profit de l'EPE ONAB Trade par résolution du CPE n°12/123/26/03/2016, à titre gracieux. Ce site occupe une superficie totale de 60.288 m^2, il est composé de 4 hangar de stockage avec une capacité de stockage de 22.500 tonne répartie sur l'ensemble des hangars (hangar B : 7.000 Tonne, hangar C : 2.000 tonne, hangar D : 3.500 tonnes et le nouveau hangar : 20.000 tonnes) se site est utilisé pour le stockage du vrac (Mais et Soja).

2.2.5 Organigramme de l'Unité Portuaire de Bejaia

L'organigramme de l'Unité portuaire de Bejaia se présente comme suit :

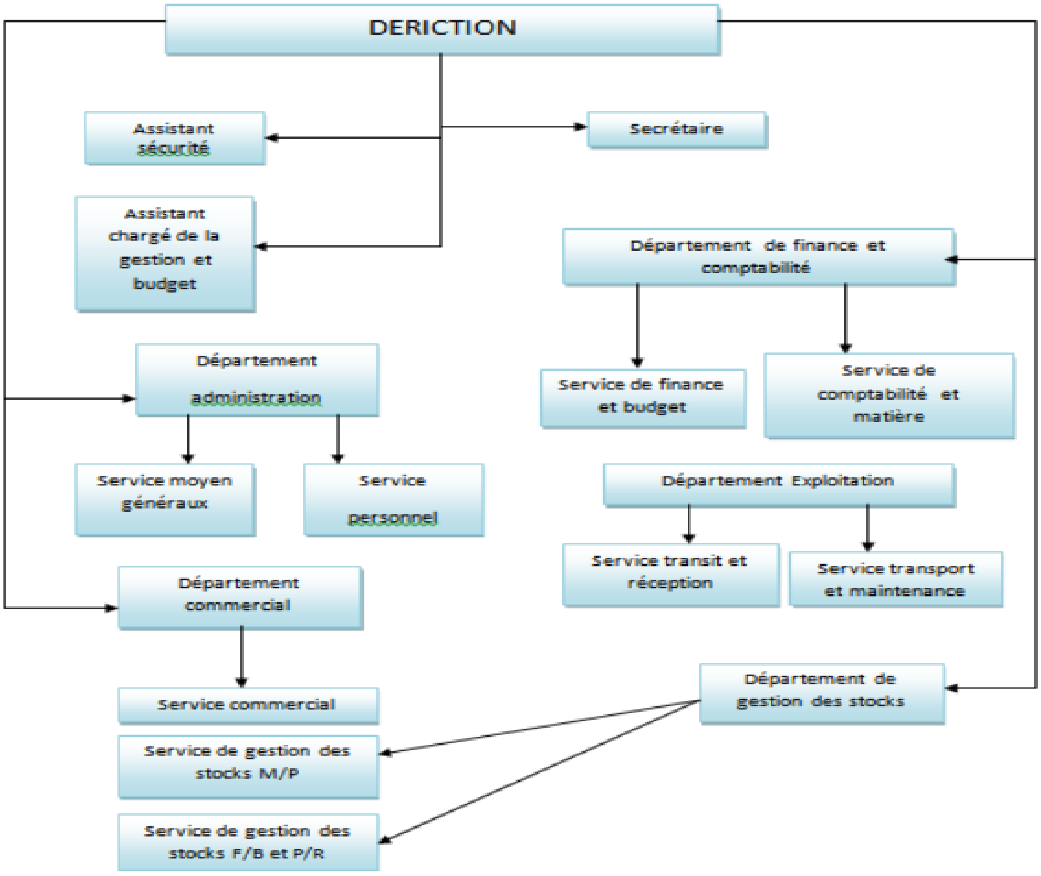


FIGURE 2.3 – Organigramme de l'entreprise Publique économique ONAB

CHAPITRE 3

MÉTHODES DE RÉSOLUTION DU PROBLÈME DE TRANSPORT

Introduction

Les modèles de transport intéressent un très grand nombre de problèmes de gestion parmi lesquels se trouvent évidemment les opérations de transport au sens habituel du terme, mais aussi d'autres types de questions analogues. D'une manière générale, on entendra par problème du transport tout problème d'optimisation du transfert entre points origine ou fournisseurs et points destination ou clients. Lorsque ces points matérialisent des lieux géographiques et lorsque l'objet du transfert est un ensemble de marchandises, il s'agit du problème de transport au sens strict. Mais il peut s'agir, également de personnel jouant le rôle de points origine, que l'on désire affecter dans les meilleures conditions à des fonctions vacantes jouant le rôle de point destinations. Tous ces problèmes, bien qu'appartenant à des domaines de la gestion très différents, sont susceptibles d'être traités à l'aide du même modèle, le modèle du transport, qui constitue une catégorie particulière de programmes linéaires. Il serait, bien entendu, possible de résoudre ces problèmes à l'aide des techniques de programmation linéaire (simplexe), mais la structure très spécifiques des problèmes du transport permet de recourir à des techniques particulières beaucoup plus légères. Nous envisagerons, dans la première section, la formalisation du modèle de transport, puis dans la seconde section, sa résolution. La troisième section sera consacrée aux extensions de ce modèle et à son utilisation dans d'autres domaines de la gestion.

3.1 Problème de transport

3.1.1 Position du problème

Le problème de transport peut être formulé ainsi : "des quantités données d'un même produit sont disponibles en plusieurs points-origines ; des quantités données de ce produit doivent être expédiées vers différents points-destination. Le cout de transport unitaire entre chacun des points-origine et chacun des points-destination étant connu, il s'agit de déterminer le meilleur programme de transport, c'est-à-dire celui qui minimise le cout total d'approvisionnement. Plus précisément, il convient de déterminer à partir de quel point-origine,chaque point-destination doit être alimenté, et ceci quelles quantités ". Ce problème peut être formalisé à l'aide d'un programme linéaire et comme tout programme linéaire, il peut être sous une forme primale ou sous une forme duale.

3.1.2 Modélisation d'un problème de transport

Nous considérerons le problème de transport simple dont l'objectif est de minimiser la fonction coût rattachée au transfert de différentes quantités d'une matière ou de particules à partir de m origines vers n destinations.
En notant par l'indice $i = \{1, 2, ..., m\}$ les origines et par $j = \{1, 2, ..., n\}$ destinations, nous pouvons présenter les paramètre :

- c_{ij} := coût de transfert d'une unité de l'origine i vers la destination j ;
- a_i :=quantité de matière disponible à l'origine i ;
- b_j :=quantité de matière disponible à la destination j.

3.1.2.1 Variables de décision

Les variables du modèle de programmation linéaire (PL) du problème de transport sont des entiers naturels représentant des unités transportées d'une source vers une destination.Les variables de décision sont les suivantes :
x_{ij} : quantité de matière transportait de l'origine i vers la destination j, ou $i \in \{1, 2, ..., m\}$ et $j \in \{1, 2, ..., n\}$.

3.1.2.2 Fonction objective

Le problème consiste à déterminer les quantités x_{ij} à transporter de façon que le coût total de transport $\sum_{i=0}^{m} \sum_{j=0}^{n} c_{ij} x_{ij}$ soit minimal.

La fonction objective contient des coûts associés à chacune des variables. C'est une minimisation de problème. Puisque nous supposons que la fonction coût total est linéaire, Le coût total de cette expédition est donné par $c_{ij} \times x_{ij}$. En sommant sur tout i et j, on obtient le coût global de transport pour tous les entrepôts[14].

3.1.2.3 Contraintes

Les contraintes sont les conditions qui obligent à satisfaire la demande et épuiser la disponibilité. Dans un Problème de transport, il existe une contrainte pour chaque sommet.

Posons :
a_i désigne une capacité d'une source (disponibilité) et b_j désigne le besoin d'une destination (demande).

Les contraintes sont :

- La disponibilité à chaque source doit être épuisée :

$$\sum_{j=0}^{n} x_{ij} = a_i,\ i \in \{1, 2, ..., m\};$$

- La demande à chaque destination doit être satisfaite :

$$\sum_{i=0}^{m} x_{ij} = b_j,\ j \in \{1, 2, ..., n\};$$

- La non négativité des quantités :

$$x_{ij} \geq 0, \forall i \in \{1, 2, ..., m\}\ et\ j \in \{1, 2, ..., n\}.$$

3.1.2.4 Formulation mathématique

$$\begin{cases} minZ &= \sum_{i=0}^{m}\sum_{j=0}^{n} c_{ij}x_{ij} \\ & \sum_{j=0}^{n} x_{ij} = a_i,\ i \in \{1,2,...,m\}; \\ & \sum_{i=0}^{m} x_{ij} = b_j,\ j \in \{1,2,...,n\}; \\ & a_i \in \mathbb{R}^+; \\ & b_j \in \mathbb{R}^+; \\ & x_{ij} \in \mathbb{R}^+, \forall (i,j) \in \{1,2,...,m\} \times \{1,2,...,n\}. \end{cases}$$

Il s'agit d'un programme linéaire avec $m \times n$ variables de décision,$m + n$ contraintes fonctionnelles et $m \times n$contraintes non négatives.
m : Nombre de sources.
n : Nombre de destinations.
a_i : Disponibilité de la i^{me} source.
b_j : Demande de la j^{me} destination .
c_{ij} : Coût unitaire de transport de la i^{me} source à la j^{me} destination .
x_{ij} : Quantité transportée de la i^{me} source à la j^{me} destination .

Une condition nécessaire et suffisante pour l'existence d'une solution réalisable au problème transport est que :

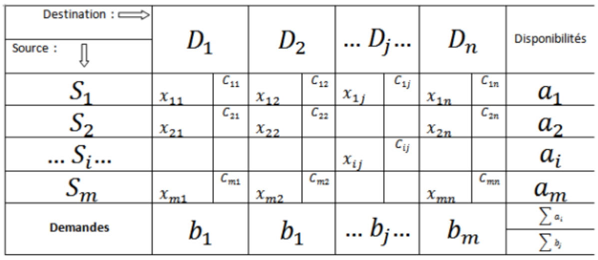
$$\sum_{i=0}^{m} a_i = \sum_{j=0}^{n} b_j, \qquad \forall (i,j) \in \{1,2,...,m\} \times \{1,2,...,n\}.$$

3.1.3 Tableau de transport

Le modèle d'un problème de transport peut être représenté sous forme de tableau concis avec tous les paramètres pertinents.

Le tableau de transport (Un problème de transport typique est représenté sous forme de matrice standard), où la disponibilité d'approvisionnement (a_i) à chaque source est affichée dans la colonne droite du tableau, et les demandes de destination (b_j) sont affichées dans la ligne inférieure.

Chaque cellule représente une voie, le coût de transport unitaire (c_{ij}) est indiqué dans le coin supérieur droit de la cellule, la quantité de matériel transporté est affichée au centre de la cellule, le tableau de transport exprime implicitement les contraintes de l'offre, de la demande et le coût de transport entre chaque source et destination.
La figure 3.1 présente présente la structure d'un tableau de problème de transport :



Destination : ⇨ / Source : ⇩	D_1		D_2		... D_j ...		D_n		Disponibilités
S_1	x_{11}	c_{11}	x_{12}	c_{12}	x_{1j}	c_{1j}	x_{1n}	c_{1n}	a_1
S_2	x_{21}	c_{21}	x_{22}	c_{22}			x_{2n}	c_{2n}	a_2
... S_i ...					x_{ij}	c_{ij}			a_i
S_m	x_{m1}	c_{m1}	x_{m2}	c_{m2}			x_{mn}	c_{mn}	a_m
Demandes	b_1		b_1		... b_j ...		b_m		$\sum a_i$ / $\sum b_j$

FIGURE 3.1 – Tableau de transport

3.1.4 Réseau de transport

Un réseau de transport (aussi appelé réseau de flot) est un graphe fini, orienté sans boucle où chaque arête possède une capacité et peut recevoir un flot (ou flux). Le cumul des flots sur une arête ne peut pas excéder sa capacité. Les sommets sont alors appelés des noeuds et les arêtes des arcs. Pour qu'un flot soit valide, il faut que la somme des flots atteignant un noeud soit égale à la somme des flots quittant ce noeud, sauf s'il s'agit d'une source (qui n'a pas de flot entrant), ou d'un puits (qui n'a pas de flot sortant). Un réseau peut être utilisé pour modéliser le trafic dans un réseau routier, la circulation de fluides dans des conduites,la distribution d'électricité dans un réseau électrique, ou toutes autres données transitant à travers un réseau de noeuds.

Graphiquement, le problème du transport est souvent visualisé comme un réseau avec m sommets sources, n sommets destinations et un ensemble de $m \times n$ "arcs orientés". Ceci est représenté dans la figure 3.2.

Dans la figure 3.2, il y a $x_1, x_2, ..., x_m$ sources et $y_1, y_2, ..., y_n$ destinations. Les arcs orientés montrent des flux de transport de source vers destination. Chaque destination est liée à chaque source par un arc, le nombre $c_{11}, c_{12}, ..., c_{mn}$ au-dessus de chaque arc représente le coût du transport sur cette route. Les problèmes avec la structure ci-dessus se posent dans de nombreuses applications. Par exemple, les sources pourraient être représenté des entrepôts,des puits,...etc , et les destinations pourraient représenté des populations, des clients,...etc.

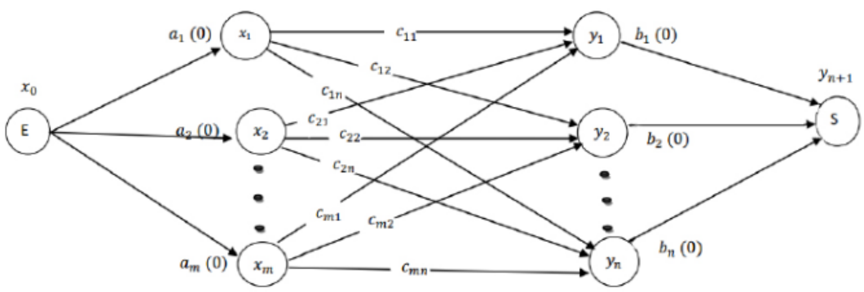


FIGURE 3.2 – Réseau de transport

- La dégénérescence existe dans un problème de transport lorsque le nombre de cellules remplies est inférieur à $(m + n - 1)$

La dégénérescence peut être observée soit lors de l'attribution initiale lorsque la première entrée dans une ligne où une colonne satisfait à la fois aux exigences de la ligne et de la colonne où lors de l'application d'une méthode de résolution de problème de transport,lorsque les valeurs ajoutées et soustraites sont égales.

Le transport avec m-origines et n-destinations peut avoir $(m+n-1)$ variables de base positives, sinon la solution de base dégénèrera, Donc à chaque fois que le nombre des cellules basiques est inférieur à $(m + n - 1)$, le problème du transport est dégénéré. Pour résoudre la dégénérescence, les variables positives sont augmentées par autant de variables à valeur nulle que nécessaire pour compléter les $(m + n - 1)$ variables de base.

•Si :

$$\sum_{i}^{m} a_i \neq \sum_{j}^{n} b_j$$

Ce problème du transport est connu comme un problème de transport non équilibré .
On distingue deux Cas :

$$\sum_{i}^{m} a_i \geq \sum_{j}^{n} b_j$$

- dans ce cas il faut introduire une destination fictive y_{n+1} e coût de transport égale à zéro entre x_i et y_{n+1}, $(i = 1, 2, ..., m)$ dont la demande :

$$b_{n+1} = \sum_{i}^{m} a_i - \sum_{j}^{n} b_j.$$

Où

$$\sum_{i}^{m} a_i \leq \sum_{j}^{n} b_j$$

- dans ce cas il faut introduire une source fictive x_{m+1} e coût de transport égale à zéro entre y_j et x_{m+1}, $(j = 1, 2, ..., n)$ dont la demande :

$$a_{m+1} = \sum_{j}^{n} b_j - \sum_{i}^{m} a_i.$$

3.2 Problème d'affectation

Le problème d'affectation appartient à une catégorie spéciale de programmes linéaires dans laquelle la fonction économique consiste à affecter un nombre de sources (ou origines) au même nombre de destinations à un coût minimum ou à un profit maximum. Ainsi,chaque source est associée à une et une seule destination.

Cette spécificité implique deux particularités à ce programme linéaire :
- La fonction économique correspond à une matrice carrée.
- La solution optimale est telle qu'il y a une seule affectation dans chaque colonne et chaque ligne.

Le problème d'affectation consiste à trouver les liens entre les éléments de deux ensembles distincts, de manière à minimiser un coût et à respecter les contraintes d'unicité de lien. Le problème d'affectation est un cas particulier du problème de transport dans lequel chaque source est affectée à une seule destination. Étant donnés n tâches et n ouvriers, une affectation consiste à affecter la tâche i à l'ouvrier j de façon :
- Chaque ouvrier j ait une et une seule tâche.
- Chaque tâche i est attribuée à un ouvrier.

L'affectation d'une tâche i à un ouvrier $j$coûte C_{ij}. Le problème d'affectation consiste à trouver une affectation de coût minimum.

3.2.1 Modélisation

On considère n tâches et n agents.

Pour tout couple (i, j) $(i = 1, ..., n; j = 1, ..., n)$ l'affectation de la tâche n à n entraîne un coût de réalisation noté c_{ij} $(c_{ij} \geq 0)$. Chaque tâche doit être réalisée exactement une fois et chaque agent peut réaliser une et une seule tâche. Le problème consiste à affecter les tâches aux agents, de façon à minimiser le coût total de réalisation et en respectant les contraintes de réalisation des tâches et de disponibilité des agents.

3.2.2 Formulation de problème

On peut donc modéliser le problème d'affectation sous la forme de programme linéaire standard :

- Les variables de décisions sont définit comme suit :

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & Si\ la\ tache\ i\ est\ affcte\ \ l'agent\ j, \\ 0 & Sinon \end{cases}$$

- Les contraintes du problème d'affectation s'écrivent donc simplement :

$$\sum_{j}^{n} x_{ij} = 1, \quad i = \overline{1, n}$$

(la ressource i doit être affectée à une et une seule activité).

$$\sum_{i}^{n} x_{ij} = 1, \quad i = \overline{1, n}$$

(l'activité j ne peut être affectée qu'à une et une seule ressource)

Les contraintes de ce problème se retrouvent dans de nombreuses applications mettant enjeu des problèmes d'allocation de ressources. Elles sont généralement appelées "contraintes d'affectation".

Le problème linéaire d'affectation s'écrit donc :

$$\begin{cases} minZ & = & \sum_{i=0}^{n} \sum_{j=0}^{n} c_{ij} x_{ij} \\ & & \sum_{j=0}^{n} x_{ij} = 1,\ i \in \{1, 2, ..., n\}; \\ & & \sum_{i=0}^{m} x_{ij} = 1,\ j \in \{1, 2, ..., n\}; \\ & & x_{ij} \in \{0, 1\}, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, n}. \end{cases}$$

mais :

Le problème consiste à affectée les tâches aux agents, de façon à minimiser le coût total de réalisation $\sum_{i=0}^{n} \sum_{j=0}^{n} c_{ij} x_{ij}$ et en respectant les contraints de réalisation des tâches et de disponibilité des agents.

Remarque 5. *Le problème d'affectation est dit non standard, si on a m agent est n tâches avec $m \neq n$. Maison peut transformé un problème non standard à un problème standard de la manière suivante :*

- *Si $m > n$ alors nous créons $m - n$ agents fictifs.*
- *Si $m < n$ alors nous créons $n - m$ tâches fictifs.*
  Le coût de transport de ces élément est égale à M (où $M > 0$).

Remarque 6. *Le problème d'affectation peut être résolu comme un problème de transport ou les $a_i = b_j = 1$ et les c_{ij} représentes les coût unitaires de transport.*

Remarque 7. *Le problème d'affectation peut être défini comme un problème de maximisation.*

$$MAXZ = \sum_{i=0}^{n} \sum_{j=0}^{n} c_{ij} x_{ij}$$

Ou le problème consiste à affecter n tâches aux n agents de quelle la rentabilités sera maximales, et sous les même contraintes du problème de minimisation.

3.2.3 Résolution du problème

Nous allons illustrer l'algorithme Hongrois pour la résolution du problème d'affectation.
L'algorithme hongrois ou méthode hongroise parfois appelé aussi algorithme de Kuhn-Munkres est un algorithme d'optimisation combinatoire, qui résout le problème d'affectation en temps polynomial, problèmes qu'on peut résumer de la manière suivante : considérant une matrice (appelée tableau de coûts), il faut choisir un seul élément par ligne et par colonne de façon à rendre la somme optimale (minimal ou maximal).

3.2.3.1 Algorithme Hongrois

Étape 1 : Création de la matrice des coûts à partir du problème.
Si aucun des lignes n'est égal au nombre de colonnes et vice versa, une rangée fictive doit être ajoutée. Le coût d'affectation pour les cellules fictives est zéro.

Étape 2 : Réduction de la matrice des coûts.

1. Soustrayez le plus petit élément dans chaque ligne.
2. Soustrayez le plus petit élément dans chaque colonne.
3. Chaque ligne et colonne ont maintenant au moins une valeur zéro.

Étape 3 : Réalisation d'une affectation dans la matrice des coûts.

1. Pour chaque ligne et / ou colonne, encadrer la valeur zéro pour dénoter une affectation.
2. Pour chaque valeur zéro encadré qui devient affecté, barrer tous autres zéros dans la même ligne et / ou colonne.
3. Répétez 1 et 2 jusqu'à ce que tous les zéros en lignes / colonnes soient affectées.

Étape 4 : Exécution d'un test d'optimalité.

1. Si le nombre de cellules d'affectation est égal au nombre de lignes / colonnes, c'est une solution optimale, le coût total associé à cette solution est obtenu en sommant les valeurs des coûts d'origines dans les cellules occupées.
2. Si aucune solution optimale n'est trouvée, passez à l'étape 5.

Étape 5 : Création des zéros supplémentaires.
Rayez les lignes horizontales et verticales pour couvrir tous les zéros du coût obtenu à partir de l'étape 3 en utilisant la procédure suivante.

1. Marquez ($*$) les lignes n'ayant pas de zéros encadrés.
2. Marquez ($*$) les colonnes ayant un zéro barré sur une ligne déjà marquée.
3. Marquez ($*$) les lignes ayant un zéro encadré dans une colonne marquée.
4. Rayez chaque colonne marquée et chaque ligne non marquée. Si le nombre de ligne rayée est égal au format de la matrice, la solution actuelle est la solution optimale, rayée est égal au format de la matrice, la solution actuelle est la solution optimale,sinon passez à l'étape 6.

Étape 6 : Amélioration de la nouvelle matrice des coûts.

1. Choisissez le plus petit élément du reste des cellules non rayées.
2. Soustrayez- ce plus petit élément de chaque élément des cellules non rayées.
3. Ajoutez-le à chaque élément des cellules rayées deux fois.Les éléments en cellules rayées une seule fois restent inchangés.

Étape 7 : Répétition des étapes.
Répétez l'étape 3 à 6 jusqu'à obtention d'une solution optimale.

3.2.3.2 Exemple d'application de l'algorithme Hongrois

Afin d'expliquer la démarche suivie, considérons l'exemple suivant :

Soit La société Beta possédant quatre ateliers : qu'on va nommer respectivement F, M, Let T, pour lesquels elle veut affecter quatre chef de service polyvalents, monsieur A, B, C et D.

– Les coûts d'affectation pour chaque liaison sont donnés par le tableau ci-dessous. Comment organiser l'affectation de façon à en minimiser le coût ?

	F	M	L	T
A	60	170	330	360
B	130	200	200	400
C	50	300	170	180
D	120	90	250	200

TABLE 3.1 – Matrice des coûts originaux

Première étape : Réduction des lignes : on crée une nouvelle matrice des coûts en choisissant le coût minimal sur chaque ligne et en le soustrayant de chaque coût sur la ligne.

	F	M	L	T	Réduit de
A	0	110	270	300	60
B	0	70	70	270	130
C	0	250	120	130	50
D	30	0	160	110	90

TABLE 3.2 – Réduction des lignes

Exemple : pour la première ligne (A) :

- Relation (A, F) : $60 - 60 = 0$.
- Relation (A, M) : $170 - 60 = 110$.
- Relation (A, L) : $330 - 60 = 270$.
- Relation (A, T) : $360 - 60 = 300$.

Deuxième étape : Réduction des colonnes : on crée une nouvelle matrice des coûts en choisissant le coût minimal dans chaque colonne et en le soustrayant de chaque coût dans la colonne

Troisième étape : Maintenant, il faut déterminer le nombre minimal de lignes nécessaires sur les lignes et les colonnes pour couvrir tous les zéros. Si ce nombre est égal au nombre de lignes (ou colonnes), la matrice est réduite ; aller à l'étape5.

	F	M	L	T
A	0	110	200	190
B	0	70	0	160
C	0	250	50	20
D	30	0	90	0
réduit de	0	0	70	110

Table 3.3 – Réduction des colonnes

Si ce nombre est inférieur au nombre de lignes (ou colonnes), aller à l'étape 4. Dans ce cas, le nombre minimal de lignes est de 3 qui est inférieur au nombre de ligne ou colonne (4), alors on passe à l'étape 4.

	~~F~~	M	L	T
A	~~0~~	110	200	190
~~B~~	~~0~~	~~70~~	~~0~~	~~160~~
C	~~0~~	250	50	20
~~D~~	~~30~~	~~0~~	~~90~~	~~0~~

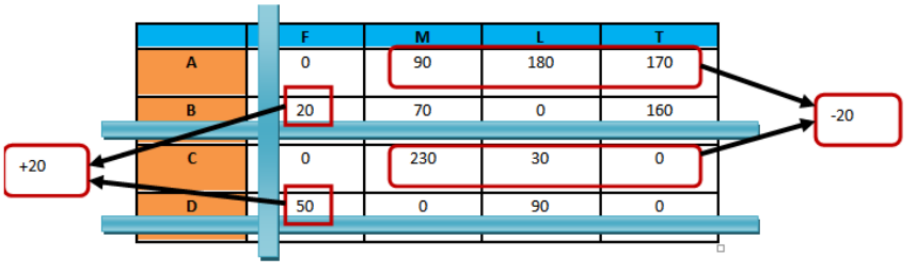
Table 3.4 – le nombre minimal de lignes nécessaires sur les lignes et les colonnes pour couvrir tous les zéros.

Quatrième étape : Premièrement, il faut trouver la cellule de valeur minimum non cou-verte par une ligne, puis, soustraire cette valeur de toutes les cellules non couvertes.Ensuite, ajouter cette valeur aux cellules situées à l'intersection de deux lignes.Et enfin, retourner à l'étape 3.

	~~F~~	M	L	T
A	~~0~~	110	200	190
~~B~~	~~0~~	~~70~~	~~0~~	~~160~~
C	~~0~~	250	50	$\boxed{20}$
~~D~~	~~30~~	~~0~~	~~90~~	~~0~~

Table 3.5 – Amélioration de la nouvelle matrice

La valeur minimum des cellules non couvertes est 20.
On soustrait 20 des cellules non couvertes et on l'ajoute aux cellules qui se trouvent à l'intersection des lignes, ceci nous donne le tableau suivant : Maintenant, le nombre minimal de ligne est égale à 4.



	F	M	L	T
A	0	90	180	170
B	20	70	0	160
C	0	230	30	0
D	50	0	90	0

TABLE 3.6 – Amélioration de la nouvelle matrice des coûts

	F	M	L	T
A	$\boxed{0}$	90	180	170
B	20	70	$\boxed{0}$	160
C	0	230	30	$\boxed{0}$
D	50	$\boxed{0}$	90	0

TABLE 3.7 – Affectation complète

	F	M	L	T
A	$\boxed{60}$	170	330	360
B	130	200	$\boxed{200}$	400
C	50	300	170	$\boxed{180}$
D	120	$\boxed{90}$	250	200

TABLE 3.8 – Affectation des valeurs constituant la solution optimale

Le coût optimale $= 60 + 200 + 180 + 90 = 530 \ \ UM$
On remarque que le couplage obtenu par le graphe biparti est parfait, tous les sommets sont saturés, donc l'affectation est totale et optimale.

La méthode hongroise est un algorithme d'optimisation combinatoire, une des méthodes privilégiées pour résoudre les problèmes d'affectation en temps polynomial, efficace et très rapide par rapport à la méthode du simplexe qui conduit à des tableaux très grands d'ordre (n) et la solution est fortement dégénérée : contient un nombre de variables soit (n).

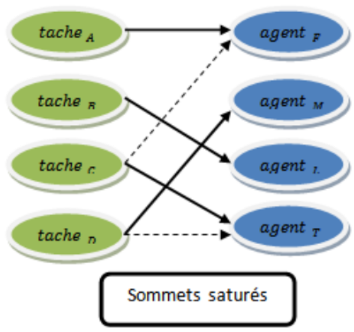


FIGURE 3.3 – Représentation de la solution optimale

3.3 Méthodes de résolution de du problème de transport

Le problème de transport est ainsi un programme linéaire et peut donc être résolu par des méthodes du simplexe (voir Balansky (1986) ou Arsham (1989)).

Comme toute application de la méthode du simplexe à la résolution de ce type de problème, nécessite une solution initiale de base. Sa détermination à partir de la forme standard n'est pas appropriée compte tenu de la structure des problèmes de transport. D'autres techniques plus simples et adaptées leurs sont appliquées. Nous pouvons citer la méthode du Coin Nord-Ouest et celle des coûts moindres [voir Taha (2009)]. Dans cette même optique, il existe des approches plus raffinées qui sont des méthodes d'approximation parmi lesquelles nous pouvons citer la méthode de Vogel.

Dans cette partie nous allons présenter deux méthodes graphique (Stepping Stone et distribution modifiée) pour la recherche de la solution optimale et les méthodes : Coin Nord-Ouest, coût minimum, approximation de vogel pour la recherche de la solution de base d'un problème de transport.

3.3.1 Structure de la résolution de problème de transport

Considérons un problème de transport impliquant m origines et n destinations. Étant donné que la somme des disponibilités d'origine est égale à la somme des demandes de destination, une solution réalisable existe toujours. La $(m+n)^{ime}$ contrainte est redondante et peut donc être supprimée. Cela signifie également qu'une solution de base réalisable pour un problème de transport peut avoir au plus $(m+n-1)$ composants strictement positifs,Sinon la solution dégénérera. Il est toujours possible d'assigner une solution réalisable initiale à un problème de transport. De telle sorte que les exigences des destinations soient satisfaites. Cela peut être réalisé soit par une inspection, soit par des règles simples. Nous commençons par imaginer que la table de transport est vide, c'est-à-dire initialement tout $x_{ij} = 0$. Les procédures les plus simples pour l'allocation initiale seront discutées dans la section suivante.

3.3.1.1 Solution de base réalisable

Définition 2. *On appelle solution de base une solution vérifiant les contraintes du problème et qui comporte exactement $(m-1)(n-1)$ flux nuls. Autrement dit; une solution admissible comportant $M = (m+n-1)x_{ij} > 0$, c'est-à-dire qu'une solution de base comporte$(m.n - M)$ zéros.*
Le graphe d'une solution de base est un graphe connexe sans cycle, c'est-à-dire un arbre comportant $N = m+n$ sommets soit $M = N - 1$ arcs.

Si le nombre d'allocations dans les solutions de bases réalisables est inférieur à $(m + n - 1)$,on appelle une solution de base dégénérée.

Théoréme 1. *Soit un problème de transport avec m producteurs et n consommateurs. Les cellules qui correspondent à un ensemble de $(m + n - 1)$variables ne contiennent aucune boucle si et seulement si les $m + n - 1$ variables forment une solution de base*

3.3.1.2 Solution optimale

Une solution réalisable (pas nécessairement de base) est considérée optimale si elle mini-mise le coût total du transport et si cette solution existe alors elle est unique.

Objectif : Lorsque la solution optimale est obtenue, nous calculons le coût total du transport et nous avons également transporté la quantité respective demandée à son destinataire.

3.3.1.3 Algorithme général de résolution de problème de transport

Les modèles de transport ne commencent pas à l'origine où toutes les valeurs de décision sont nulles, Ils doivent plutôt recevoir une solution de base réalisable initiale.

L'algorithme de résolution à un problème de transport peut se résumer en étapes suivantes :

Étape 1 : Formuler et configurer le problème sous la forme matricielle : La formulation du problème de transport est similaire à la formulation du problème PL. Ici, la fonction objective est le coût total du transport et les contraintes sont l'offre et la demande disponibles à chaque source et destination, respectivement.

Étape 2 : Obtenir une première solution de base réalisable . Cette solution de base initialepeut être obtenue en utilisant l'une des méthodes suivantes :

- Méthode de Coin Nord-Ouest.
- Méthode du Coût Minimum.
- Méthode d'approximation de Vogel.

La solution obtenue par l'une des méthodes ci-dessus doit satisfaire les conditions suivantes :

1. La solution doit être réalisable, c'est-à-dire qu'elle doit satisfaire toutes les contraintes de l'offre et de la demande.
2. Le nombre d'attribution positive (les cases allouées) doit être égal à $m + n - 1$, où m est le nombre de lignes et n est le nombre de colonnes.

La solution qui satisfait les conditions mentionnées ci-dessus est appelée une solution de base non dégénérée.

Étape 3 : Tester la solution de base initiale pour l'optimalité.
L'utilisation de l'une des méthodes suivantes pour tester l'optimalité de la solution de base initiale obtenue :

- Méthode Stepping Stone.
- Méthode de distribution modifiée.
- Méthode de simplexe adapté.

Si la solution est optimale arrêtez,**sinon** déterminez une nouvelle solution améliorée.

Étape 4 : Mise à jour de la solution. Répétez l'étape 3 jusqu'à atteindre la solution optimale.

3.4 Méthode de détermination de la solution de base

3.4.1 Méthode du COIN NORD-OUEST

3.4.1.1 Présentation

La méthode du coin nord-ouest est une méthode facile mais elle n'a pas de sens économique. Puisqu'elle consiste à affecter au coin nord-ouest de chaque grille la quantité maximum possible sans se préoccuper de l'importance du coût[6].

3.4.1.2 Règles de la méthode Coin Nord-Ouest

Lors de chaque étape, nous attribuons à la case la plus nord à l'ouest de la matrice des coûts la valeur maximale afin de saturer soit la ligne i_1 soit la colonne j_1 ; puis nous nous déplaçons d'une case vers la droite ou vers le bas.

L'idée de la méthode du Coin Nord-ouest est donc de remplir au maximum la case de la matrice des couts en haut à gauche, puis compléter sur la ligne ou la colonne de façon à atteindre l'offre ou la demande.

Cette procédure aboutit en général à une solution de base. Si à chaque choix d'une relation, on a épuisé une demande ou une disponibilité mais non les deux, (sauf pour la dernière), donc on a sélectionné $(m + n - 1)$ liaisons et obtenu $(m - 1)(n - 1)$ zéros.

3.4.1.3 Algorithme de la méthode Coin Nord-Ouest

Étape 1 : Amorcer la méthode avec la case située dans le coin supérieur gauche du tableau de transport.

Étape 2 : Attribuer le plus d'unités possible à la case courante en égalent (élément du coin Nord-ouest) à la petite valeur entre la disponibilité de la ligne et la demande de la colonne.déduire ces deux quantités de la valeur obtenue.

Étape 3 : Dans ce cas la disponibilité de la ligne ou la demande de la colonne sera égale à zéro.

- On répète l'étape 2 en utilisant toujours l'élément du coin nord-ouest de la matrice résultante, mais cette fois on ne considère pas la ligne ou la colonne déjà satisfaite jusqu'à ce que la solution initiale soit obtenue.

Étape 4 : La méthode s'arrête une fois effectuée l'attribution à la case située dans le coin inférieur droit.

3.4.1.4 Application

- exemple d'illustration

Nous considérons le problème de transport suivant : Une entreprise possède trois usines différentes et fournit quatre clients. On doit acheminer vers les clients le produit fabriqué.

Destinations / Origines	1	2	3	4	Offre
1	12	27	61	49	18
2	23	39	78	28	32
3	67	56	92	24	14
Demande	9	11	28	16	64

TABLE 3.9 – Problème de transport initial

On commence en haut à gauche par x_{11}, et on augmente x_{11} autant que possible : On élimine du tableau

Destinations / Origines	1	2	3	4	Offre
1					18
2					32
3					14
Demande	9	11	28	16	64

TABLE 3.10 – Problème de transport initial

la ligne ou la colonne saturée, on diminue de x_{11} la ligne ou la colonne non saturée et on continue cette procédure récursivement sur le reste du tableau ;

Destinations / Origines	1	2	3	4	Offre
1	9				9
2	-				32
3	-				14
Demande	-	11	28	16	64

TABLE 3.11 – Itération 1 de méthode CNO

Destinations / Origines	1	2	3	4	Offre
1	9	9	-	-	-
2	-	2	28		2
3	-	-	-		14
Demande	-	-	-	16	64

TABLE 3.12 – Itération 4 de méthode CNO

On continue avec ce qui reste du tableau, alors :

Destinations / Origines	1	2	3	4	Offre
1	9	9	-	-	-
2	-	2	28	2	-
3	-	-	-	14	-
Demande	-	-	-	-	64

TABLE 3.13 – Itération 5 de méthode CNO

La solution de base initiale donnée par cette méthode est :

$$x_{11} = 9,\ x_{12} = 9,\ x_{22} = 2,\ x_{23} = 28,\ x_{24} = 2,\ x_{34} = 14.$$

Le coût est de **3005** euros.

. La figure suivant est le graphe d'affectation complète :

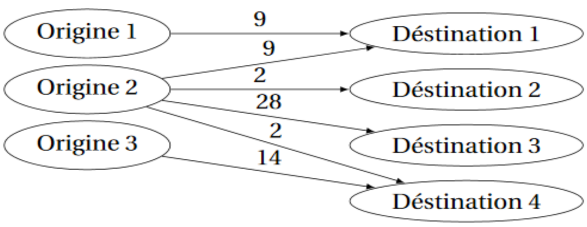


FIGURE 3.4 – Graphe d'affectation de la méthode du coin nord ouest

Remarque 8. *Cette méthode a pour elle l'avantage de fournir rapidement et aisément une solution de base mais l'inconvénient (puisqu'elle ne fait pas intervenir les coûts) est d'être en général assez loin de l'optimum donc de nécessiter ensuite de nombreuses étapes avant de l'atteindre, aussi elle assure que les variables assignées ne peuvent pas former de boucle .*

3.4.2 Méthode de coût minimum

3.4.2.1 Présentation

La méthode du Coût Minimum est une méthode pour calculer une solution de base réalisable d'un problème de transport où les variables de base sont choisies en fonction du coût unitaire du transport. La méthode du coût minimum trouve une meilleure solution de dé-part en se concentrant sur les coûts de transport les moins chers[6].

3.4.2.2 Règles de la méthode cout min

La méthode commence par affecter autant que possible à la case avec le coût unitaire de transport le plus petit. Ensuite, la ligne où la colonne satisfaite est dépassée et les montants de l'offre et de la demande sont ajustés en conséquence. Si à la fois une ligne et une colonne sont satisfaites simultanément, une seule est décalée, la même que dans la méthode du Coin Nord-Ouest, Ensuite, recherchez la case non décalée avec le coût unitaire le plus petit et répétez le processus jusqu'à ce qu'une ligne où une colonne exactement soit laissée hors traitement.

3.4.2.3 Algorithme de la méthode cout min

cette méthode ne diffère de la précédente que par le critère appliqué à l'étape (1), citée ici , les étapes (2), (3) et (4) restant les mêmes.

Étape 1 : Trouver la cellule (i, j), telle que C_{ij} est le plus petit coût de tout le tableau.

Étape 2 : Attribuer le plus d'unités possible à la case courante en égalent (élément du coin Nord-ouest) à la petite valeur entre la disponibilité de la ligne et la demande de la colonne.déduire ces deux quantités de la valeur obtenue.

Étape 3 : Dans ce cas la disponibilité de la ligne ou la demande de la colonne sera égale à zéro.

- On répète l'étape 2 en utilisant toujours l'élément du coin nord-ouest de la matrice résultante, mais cette fois on ne considère pas la ligne ou la colonne déjà satisfaite jusqu'à ce que la solution initiale soit obtenue.

Étape 4 : La méthode s'arrête une fois effectuée l'attribution à la case située dans le coin inférieur droit.

3.4.2.4 Application de la méthode du coût minimum

► exemple d'illustration

Nous considérons le problème de transport précédent.

Itération 1 : Trouver la cellule (i, j), telle que C_{ij} est le plus petit coût de tout le tableau.

$$minC_{ij} = 12, \quad \forall i = \overline{1,3}, \forall j = \overline{1,4}$$

Nous attribuons le plus d'unités possible à la case courante en égalent (élément du coin Nord-ouest) à la petite valeur entre la disponibilité de la ligne et la demande de la colonne,qui est (9).

Destinations / Origines	~~1~~	2	3	4	Offre
1	$\boxed{12}$ 9	27	61	49	~~18~~ 9
2	23 0	39	78	28	32
3	67 0	56	92	24	14
Demande	~~9~~ 0	11	28	16	~~64~~ 55

TABLE 3.14 – Itération 1 de méthode CM

<u>Itération 2 :</u> Nous trouverons la cellule (i, j), telle que C_{ij} est le plus petit coût de tout le tableau.

$$minC_{ij} = 24, \quad \forall i = \overline{1,3}, \forall j = \overline{1,4}$$

Nous attribuons le plus d'unités possible à la case courante en égalent (élément du coin Nord-ouest) à la petite valeur entre la disponibilité de la ligne et la demande de la colonne, qui est 14.
les tableaux suivant sont les tableaux des itération (2) et (3) :

Destinations / Origines	~~1~~	2	3	4	Offre
1	$\boxed{12}$ 9	27	61	49	9
2	23 0	39	78	28	32
~~3~~	67 0	56 0	92 0	$\boxed{24}$ 14	~~14~~ 0
Demande	~~9~~ 0	11	28	16 2	~~55~~ 53

TABLE 3.15 – Itération 2 de méthode CM

Destinations / Origines	~~1~~	2	3	4	Offre
~~1~~	$\boxed{12}$ 9	$\boxed{27}$ 9	61 0	49 0	~~9~~ 0
2	23 0	39	78	28	32
~~3~~	67 0	56 0	92	$\boxed{24}$ 14	0 0
Demande	~~9~~ 0	~~11~~ 2	28	16 2	~~55~~ 53

TABLE 3.16 – Itération 3 de méthode CM

Il ne reste que la ligne 2 et les colonnes 2, 3 et 4 , la case (2,4) et oú le coût minimum est le minimum et dans la dernière itération nous l'attribue le reste de la disponibilité qui est égale à 28 alors :

Destinations / Origines	~~1~~	2	3	4	Offre
~~1~~	$\boxed{12}$ 9	$\boxed{27}$ 9	61 0	49 0	~~9~~ 0
2	23 0	$\boxed{39}$ 2	78	$\boxed{28}$ 2	28 30
~~3~~	67 0	56 0	92 0	$\boxed{24}$ 14	0 0
Demande	~~9~~ 0	~~11~~ 0	28	~~2~~ 0	~~55~~ 28

TABLE 3.17 – Itération 4 de méthode CM

Destinations / Origines	~~1~~	2	3	4	Offre
~~1~~	$\boxed{12}$ 9	$\boxed{27}$ 9	61 0	49 0	~~9~~ 0
~~2~~	23 0	$\boxed{39}$ 2	$\boxed{78}$ 28	$\boxed{28}$ 2	~~28~~ 0
~~3~~	67 0	56 0	92 0	$\boxed{24}$ 14	0 0
Demande	~~9~~ 0	~~11~~ 0	~~28~~ 0	~~2~~ 0	~~55~~ 0

TABLE 3.18 – Dernière Itération de méthode CM

La figure suivant est le graphe d'affectation complète :

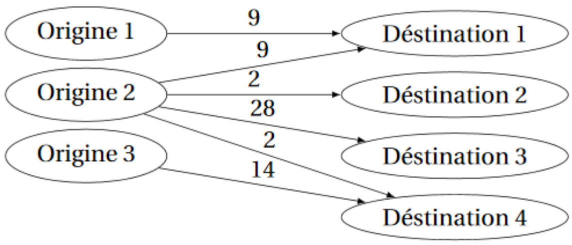


FIGURE 3.5 – Graphe d'affectation de la méthode du coût minimum

À l'aide de cet exemple, nous pouvons vérifier les affirmations formulées précédemment.Tout d'abord, en raison de la redondance, on trouve une solution réalisable de base initiale avec $(m + n - 1)$ variables, ici $3 + 4 - 1 = 6$. Ensuite, à chaque itération, une seule contrainte est satisfaite, ce qui se voit facilement sur le tableau. La dernière contrainte est automatique-ment satisfaite à la dernière itération ; donc, si après la quatrième itération l'une des origines ou des destinations avait eu une valeur non-nulle, cela aurait signifié qu'il n'existe pas de solution réalisable. Nous pouvons maintenant calculer le coût de transport total :

$$Z = 9(12) + 9(27) + 2(39) + 28(78) + 2(28) + 14(14) = 3005.$$

Il ne s'agit pas encore du coût minimum ; il sera déterminé lors de la recherche de la solution réalisable optimale.

3.4.3 Méthode des pénalités (balas-hummer)

3.4.3.1 Présentation

Cette méthode est basée sur le calcul des regrets. Le regret associé à une ligne ou à une colonne est la différence entre le coût minimum et le coût immédiatement supérieur dans cette ligne ou dans cette colonne. C'est une mesure de la priorité à accorder aux transports de cette ligne ou de cette colonne, car un regret important correspond à une pénalisation importante si on n'utilise pas la route de coût minimum[14].

Cette méthode, appelée aussi méthode de Vogel [13], fera intervenir les coûts unitaires de transport et sera donc, en général, assez proche de l'optimum.

le nombre de changements de base nécessaires pour arriver à une solution optimale est peu élevé (il arrive même assez fréquemment que la solution donnée par cette règle soit optimale).

3.4.3.2 Principe

D'abord, on calcule pour chaque rangée, ligne ou colonne, la différence entre le coût le plus petit avec celui qui lui est immédiatement supérieur.

Ensuite on affecte à la relation de coût le plus petit correspondant à la rangée présentant la différence maximum la quantité la plus élevée possible.Ce qui sature une ligne ou une colonne.

Et on reprendre le processus jusqu'à ce que toutes les rangées soient saturées.

Remarque 9. *La Méthode d'Approximation de Vogel (VAM) est connue aussi par :l'heuristique de Balas-Hammer /la Méthode de la différence maximum / la méthode de pénalité unitaire /la méthode des regrets maximaux successifs.*

Remarque 10. *La méthode VAM est basée sur la notion de coût de pénalité où de regret.*

Remarque 11. *Un coût de pénalité est la différence entre le coût de case le plus grand et le plus important d'une rangée (ligne où colonne).*

Remarque 12. *Dans VAM, la première étape consiste à développer un coût de pénalité pour chaque source et destination.*

Remarque 13. *Le coût de pénalité est calculé en soustrayant le coût de case minimum du coût de case supérieur suivant dans chaque rangée.*

3.4.3.3 Algorithme d'approximation de BALAS - HAMMER

Δ_l représente la différence entre le coût minimum et celui immédiatement supérieur sur une ligne. Δ_c représente la différence entre le coût minimum et celui immédiatement supérieur sur une colonne.

Étape 1 : Calculer les différences Δ_l et Δ_c pour chaque ligne et colonne.

Étape 2 : Sélectionner la ligne ou la colonne ayant le Δ_l ou Δ_c maximum.

Étape 3 : Choisir dans cette ligne ou colonne le coût le plus faible.

Étape 4 : Attribuer à la relation (i, j) correspondante le maximum possible de matière transportable de façon à saturer soit la destination soit la disponibilité.

Étape 5 : calculer la quantité résiduelle soit demande soit en disponibilité.

Étape 6 : Éliminer la ligne ou la colonne ayant sa disponibilité ou demande satisfaite.

Étape 7 : **SI** nombre de lignes ou colonnes > 2 retour en 2.**SINON** affecter les quantités restantes aux liaisons.

3.4.3.4 Appliquons la méthode de Balas-hammer

Nous considérons le tableau de problème de transport 3.1 .

Itération 1 :

Étape 1 : calculer les regrets Δ_c et Δ_l :
- la différence entre le coût de la ligne 1 $\Delta_{l1} = 27 - 12 = 15$;
- la différence entre le coût de la ligne 2 $\Delta_{l2} = 28 - 23 = 5$;
- la différence entre le coût de la ligne 3 $\Delta_{l3} = 56 - 24 = 32$,
- la différence entre le coût de la colonne 1 $\Delta_{c1} = 23 - 12 = 11$,
- la différence entre le coût de la colonne 2 $\Delta_{c2} = 39 - 27 = 12$,
- la différence entre le coût de la colonne 3 $\Delta_{c3} = 78 - 61 = 17$,
- la différence entre le coût de la colonne 4 $\Delta_{c4} = 28 - 24 = 4$.

Destinations / Origines	1	2	3	4	Offre	Δ_l
1	12	27	61	49	18	15
2	23	39	78	28	32	5
3	67	56	92	$\boxed{24}$	14	32
Demande	9	11	28	16	64	
Δ_c	11	12	17	4		

TABLE 3.19 – tableaux après le calcule des regret

Étape 2 : $max\{\Delta_{l1}, \Delta_{l2}, \Delta_{l3}, \Delta_{c1}, \Delta_{c2}, \Delta_{c3}, \Delta_{c4}\} = max\{15, 5, 32, 11, 12, 17, 4\} = 32$ on sélection la ligne 3.

Étape 3 : Le coût le plus faible de la ligne 3.
donc le coût le plus faible 24 de la colonne 4.

Étape 4 : Attribuer à x_{34} correspondante le maximum possible de matière transportable de façon à saturer soit la destination soit la disponibilité.
$x_{34} = min\{14, 16\} = 14$.
$b_3^{'} = b_3 - x_{34} = 0$.
$a_3 = a_4 - x_{34} = 2$.

Étape 5 : on calcule la quantité résiduelle soit demande soit en disponibilité, et on élimine donc la ligne 3.

Étape 6 : Il reste deux lignes et quatre colonnes, nous n'avons pas terminé, on revient à l'étape 1.

Itération 2 :

Étape 1 : calculer les regrets Δ_c et Δ_l :
- la différence entre le coût de la ligne 1 $\Delta_{l1} = 27 - 12 = 15$;
- la différence entre le coût de la ligne 2 $\Delta_{l2} = 28 - 23 = 5$;
- la différence entre le coût de la colonne 1 $\Delta_{c1} = 23 - 12 = 11$,
- la différence entre le coût de la colonne 2 $\Delta_{c2} = 39 - 27 = 12$,
- la différence entre le coût de la colonne 3 $\Delta_{c3} = 78 - 61 = 17$,
- la différence entre le coût de la colonne 4 $\Delta_{c4} = 49 - 24 = 21$.

Étape 2 : $max\{\Delta_{l1}, \Delta_{l2}, \Delta_{c1}, \Delta_{c2}, \Delta_{c3}, \Delta_{c4}\} = max\{15, 5, 11, 12, 17, 21\} = 21$ on sélection la colonne 4.

Étape 3 : Le coût le plus faible de la ligne 4.
donc le coût le plus faible 28 de la ligne 2.

Origines \ Destinations	1	2	3	4	Offre
1	12	27	61	49	18
2	23	39	78	28	32
~~3~~	~~67~~	~~56~~	~~92~~	~~24~~ 14	~~14~~ 0
Demande	9	11	28	~~16~~ 2	64

TABLE 3.20 – tableaux d'itération 1 de la méthode B-M

Étape 4 : Attribuer à x_{24} correspondante le maximum possible de matière transportable de façon à saturer soit la destination soit la disponibilité.
$x_{24} = min\{32, 2\} = 2.$
$b_2' = b_2 - x_{24} = 30.$
$a_4' = a_4 - x_{24} = 0.$

Étape 5 : on calcule la quantité résiduelle soit demande soit en disponibilité, et on élimine donc la colonne 4.

Étape 6 : Il reste deux lignes et trois colonnes, nous n'avons pas terminé, on revient à l'étape 1. Le nouveau tableau de transport ;

Origines \ Destinations	1	2	3	~~4~~	Offre	Δ_l
1	12	27	61	~~49~~	18	15
2	23	39	78	~~28~~ 2	~~32~~ 30	5
~~3~~	~~67~~	~~56~~	~~92~~	~~24~~ 14	0 0	
Demande	9	11	28	2 0	64	
Δ_c	11	12	17	21		

TABLE 3.21 – tableaux d'itération 2 de la méthode B-M

On continue de la même manière on trouve les tableau suivant :

Origines \ Destinations	1	2	3	~~4~~	Offre	Δ_l
~~1~~	~~12~~	~~27~~	$\boxed{61}$ 18	~~49~~	~~18~~ 0	15
2	23	39	78	~~28~~ 2	30	16
~~3~~	~~67~~	~~56~~	~~92~~	~~24~~ 14	0 0	
Demande	9	11	~~28~~ 10	0		
Δ_c	11	12	17			

TABLE 3.22 – tableaux d'itération 3 de la méthode B-M

Origines \ Destinations	1	2	3	~~4~~	Offre	Δ_l
~~1~~	~~12~~	~~27~~	~~61~~ 18	~~49~~	~~18~~ 0	
~~2~~	23 9	39 11	$\boxed{78}$ 10	~~28~~ 2	~~30~~ 0	16
~~3~~	~~67~~	~~56~~	~~92~~	~~24~~ 14	0	
Demande	~~9~~ 0	~~11~~ 0	~~10~~ 0	0		
Δ_c	23	39	78			

TABLE 3.23 – tableaux de dernière Itération de méthode B-M

La figure suivant est le graphe d'affectation complète :

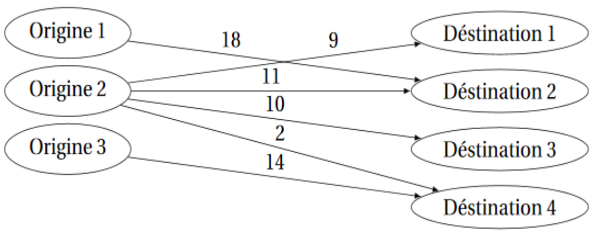


FIGURE 3.6 – Graphe d'affectation de la méthode du Balas-Hammer

Nous pouvons maintenant calculer le coût de transport total :

$$z = \sum_{i=0}^{m} \sum_{j=0}^{n} C_{ij} x_{ij} = 18(61) + 23(9) + 39(11) + 10(78) + 2(28) + 10(78) + 24(14) = 2906 \quad UM.$$

On obtient pas la même solution réalisable de base initiale qu'avec la deuxième méthode proposée.

3.5 Méthode d'optimisation de la solution de base

3.5.1 Méthode de Stepping-Stone

L'algorithme du Stepping-Stone sera un algorithme itératif (donc par étapes successives)visant à améliorer (donc faire baisser le coût global) une solution de base [6]. cette algorithme aussi est une métaheuristique qui tente itérativement d'améliorer la solution de base vers une solution optimale.

3.5.2 Déroulement de l'algorithme de Stepping Stone

L'algorithme de Stepping Stone consiste à modifier la solution de base vers une solution meilleure, donc à rendre non vide une case vide dans le tableau des quantités.

Définition 3. *On appelle coût marginal la quantité qui s'ajoute au coût globale lorsque on veut transporter une unité sur un arc de flux nul :*

$$\delta_{ij} = c_{ij} - (t_j - t_i)$$

avec $(t_j - t_i)$ est la tension de l'arc $(i,\ j)$.
t_i : S ?appelle le potentiel du sommet i de l ?arc (i, j).

Algorithme de stepping stone

Étape 1 : Déterminer une solution de base initiale.

Étape 2 : Calculer les coûts marginaux.**Si** tous les coûts marginaux sont positifs où nuls alors FIN. La solution est optimal, sinon passer à 3.

Étape 3 : Pour tous les coûts marginaux négatifs, chercher la chaine de substitution et déterminer la quantité maximum qui peut être déplacé et passer à (4).Alors le gain correspondant est égale au produit de cette quantité par le coût marginale.

Étape 4 : Retenir la chaine de substitution qui réalise la plus grande diminution du coût de transport, l'effectuer et revenir à (2).

Remarque 14. *On peut appliquer l'algorithme à n'importe quelle solution de base.*

Remarque 15. *la quantité (positive ou négative) qui s'ajoute au coût globale lorsque on veut transporter une unité sur un arc de flux nul.*

3.5.2.1 Détermination des potentiels

Pour calculer les potentiels on utilisera la relation suivante :
$\delta_{ij} = 0$ en d'autre terme il faut que $c_{ij} = (t_j - t_i)$ avec t_i e potentiel au sommet d'origine et t_j le potentiel au sommet de destination pour tout arc (i, j) :

- $t_j = c_{ij} + t_i$, pour calculer le potentiel d'une destination.
- $t_i = c_{ij} - t_j$, pour calculer le potentiel d'un origine.
- On utilisera le tableau des coûts limité aux cases où la quantité transitée est non nulle.
- On déterminera les potentiels de proche en proche : on commencera par une destination, puis une origine, puis une destination.

3.5.3 Appliquons la méthode de stepping-stone

Itération 1 :

Étape 1 : On initialise notre problème de transport donner par tableau 3.1

Étape 2 : À l'aide de la méthode de coin nord oust, on trouve la solution de base donner parle tableau 3.24 :

Origines \ Destinations	1	2	3	4	Offre
1	12 $\boxed{9}$	27 $\boxed{9}$	61	49	18
2	23	39 $\boxed{2}$	78 $\boxed{28}$	28 $\boxed{2}$	32
3	67	56	92	24 $\boxed{14}$	14
Demande	9	11	28	16	64

TABLE 3.24 – Tableau de la solution initiale

Étape 3 : calcule de coût marginaux. On calcule les potentiel d'abord, On pose $V_1 = 0$ et on trouve :
$U_1 + V_1 = 12$ alors $U_1 = 12$,
$U_1 + V_2 = 27$ alors $V_2 = 15$,
$U_2 + V_2 = 39$ alors $U_2 = 24$,
$U_2 + V_3 = 78$ alors $V_3 = 54$,
$U_2 + V_4 = 28$ alors $V_4 = 4$,
$U_3 + V_4 = 24$ alors $U_3 = 20$.
Les coût marginaux :
$C'_{ij} = C_{ij} - (U_i + V_j) \quad \forall i = \overline{1,3},\ \forall j = \overline{1,4}.$
$C'_{11} = 0, C'_{12} = 0, C'_{13} = 5, C'_{14} = -33, C'_{21} = 0, C'_{22} = 0, C'_{23} = 0, C'_{24} = 0,$
$C'_{31} = -47, C'_{32} = -21, C'_{33} = -18, C'_{34} = 0.$

On obtient le tableau suivant :

Destinations / Origines	1	2	3	4	Offre
1	12 0 $\boxed{9}$	27 0 $\boxed{9}$	61 $\underline{\underline{5}}$	49 -33	18
2	23 1	39 0 $\boxed{2}$	78 0 $\boxed{28}$	28 0 $\boxed{2}$	32
3	67 -47	56 -21	92 -18	24 0 $\boxed{14}$	14
Demande	9	11	28	16	64

TABLE 3.25 – Tableau des coût marginaux de l'itération 1

On a trouver que la valeur maximale des coûts marginaux égale à 5 qui correspond à la case$(1, 3)$, alors on cherche un cycle qui distingue entre les élément qui entre la base et les éléments qui sort de cette base.

Le cycle est composer des cases $(1, 3)$, $(2, 3)$, $(2, 2)$ et $(1, 2)$.
On obtient le tableau suivant :

On obtient le tableau suivant :

Destinations / Origines	1	2	3	4	Offre
1	12 $\boxed{9}$	27	61 $\boxed{9}$	49	18
2	23	39 $\boxed{11}$	78 $\boxed{19}$	28 $\boxed{2}$	32
3	67	56	92	24 $\boxed{14}$	14
Demande	9	11	28	16	64

TABLE 3.26 – Tableau de l'itération 1

Pour l'itération 2 on calcule les coûts marginaux et après on calcule les potentielles. Nous obtiendrons les tableaux des coûts marginaux et de nouvelle solution :

Origines \ Destinations	1	2	3	4	Offre
1	12 0 $\boxed{9}$	27 -5	61 0 $\boxed{9}$	49 -38	18
2	23 $\underline{\underline{+6}}$	39 0 $\boxed{11}$	78 0 $\boxed{19}$	28 0 $\boxed{2}$	32
3	67 -48	56 -21	92 -18	24 0 $\boxed{14}$	14
Demande	9	11	28	16	64

TABLE 3.27 – tableaux coûts marginaux d'itération 2

Origines \ Destinations	1	2	3	4	Offre
1	12	27	61 $\boxed{18}$	49	18
2	23 $\boxed{9}$	39 $\boxed{11}$	78 $\boxed{10}$	28 $\boxed{2}$	32
3	67	56	92	24 $\boxed{14}$	14
Demande	9	11	28	16	64

TABLE 3.28 – tableaux de nouvelle solution d'itération 2

Dans l'itération finale on passe par les même étapes précédentes (étape 1,...,étape 6) et on obtiendra les tableaux suivant ou on peut percevoir la solution optimale du problème posé (la solution optimale est encadre) :

Origines \ Destinations	1	2	3	4	Offre
1	12 -6	27 -5	61 0 $\boxed{18}$	49 -38	18
2	23 0 $\boxed{9}$	39 0 $\boxed{11}$	78 0 $\boxed{10}$	28 0 $\boxed{2}$	32
3	67 -48	56 -21	92 -18	24 0 $\boxed{14}$	14
Demande	9	11	28	16	64

TABLE 3.29 – Tableau des coût marginaux de l'itération finale et solution

Comme on a trouvé que toutes les coûts marginaux sont inférieur à 0 alors le critère d'optimalité est vérifier. On arrête le démouleront d'algorithme avec une solution optimale telle que :

$$x_{13} = 18, x_{21} = 9, x_{22} = 11, x_{23} = 10, x_{24} = 2, x_{34} = 14.$$

Nous pouvons maintenant calculer le coût de transport total :

$$z = \sum_{i=0}^{m} \sum_{j=0}^{n} C_{ij} x_{ij} = 18(61) + 23(9) + 39(11) + 10(78) + 2(28) + 10(78) + 24(14) = 2906.\ UM$$

Conclusion

Le problème de transport est un problème linéaire qui peut être représenté sous forme d'un graphe et qu'on peut le résoudre en utilisant les différentes méthodes de résolution des problèmes linéaires. La solution de base initiale est obtenue par la méthode Coin Nord-Ouest est très rapide mais ne fait pas intervenir les coûts, par contre les méthode de de coût minimum et Balas-Hammer fait intervenir les coûts c'est pour cela sont assez proche de l'optimum.

La méthode de Stepping-Stone peut être appliquée à n'importe quelle solution de base, elle consiste à modifier la solution de base admissible vers une solution meilleure optimale.

CHAPITRE 4

APPLICATION

Introduction

A l'heure actuelle, le maintien en compétitivité de l'ONAB dépend de sa rentabilité. Cette dernière se traduit par l'utilisation rationnelle des biens et moyens dont elle dispose, comme par exemple la conception d'un système de commercialisation intelligent de ses produits,puisque d'autres solutions comme l'augmentation du prix de vente des produits ou du prix de transport aident beaucoup plus la concurrence. De plus, ces alternatives sont généralement fixées par le marché.

Dans le cadre de la planification et de la gestion de la fonction de distribution, les responsables de l'entreprise ONAB appuient leurs décisions en matière de transport par des méthodes et outils scientifiques, qui permettent d'améliorer leur efficacité afin de satisfaire la demande de la clientèle. Partant du principe qu'il existe toujours une façon optimale d'accomplir chaque tâche, le principal objectif de ce travail est d'optimiser les coûts de transportation de maïs d'U.P.Bejaia vers tous ses clients interne sur le territoire nationale.

Dans cette section, nous essayerons d'appliquer les techniques du modèle de programmation linéaire de résolution du problème de transport au niveau de l'entreprise d'accueil "ONAB".

4.1 Position du problème

L'Unité Portuaire de Bejaia est une unité commerciale fournisseur des Unité régionales en Aliment de Bétail. Chargée essentiellement du traitement de cargaisons homogènes (c'est-à-dire l'ensemble de produits de même nature), de Maïs jaune, de Tourteau de Soja en vrac et de Phosphate Bi-calcique. Elle a pour finalité la revente en l'état des quantités programmées de matières premières. Ainsi, elle se charge de leur vente aux Unités de production d'aliments de Bétails en gestion directe par les Groupes Avicoles régionaux GAC (Groupe Avicole Centre), GAE (Groupe Avicole Est), et le GAO (Groupe Avicole Ouest).

- **<u>Clients de l'ONAB Nutrition :</u>**

L'ONAB Nutrition est un organisme étatique qui fourni ses produits aux Unités de production d'aliments de Bétails en gestion directe aux filiales de L'ONAB Nutrition, (les U.A.B),dans ce cas là, le transport se fait avec les moyens de l'entreprise. Concernant les autres clients qui sont des tiers (particuliers), le transport se fait avec leurs propre moyens.

L'Unité Portuaire de Bejaia à enregistrée plus de 125 clients, 23 clients sont des unités de production d'aliments de Bétails appartenant au groupes ONAB Nutrition (filiales du groupe) et plus de 100 clients sont des particuliers.

Pour cela, notre étude est concentrée sur le service du transport fourni pour les unités de productions d'aliments de bétails (les filiales de l'ONAB Nutrition) en matières premières.

- **Lieux de stockages :**

Parmi les taches principales de l'Unité Portuaire de Bejaia, on retrouve le traitement de cargaisons qui s'effectue d'une manière très délicate afin d'éviter les surestaries et de respecter le temps alloué par les contrats pour décharger la cargaison. Pour la bonne réalisation de cette mission, l'U.A.Bejaia doit disposer d'espace de stockage suffisant afin d'assurer cette contrainte.

L'Unité Portuaire de Bejaia dispose de deux (02) hangars appartenant à l'entreprise :

1. Hangar EREC (iheddaden Bejaia) avec une capacité de stockage de 12000 tonnes.
2. Hangar AOKAS (aokas Bejaia) avec une capacité de stockage de 33000 tonnes.

Afin de compléter son manque au niveau d'aire de stockage, l'Unité Portuaire de Bejaia procède à la location hangars ou de silos chez des particuliers et ceci, avec des prix de location vraiment importants :

1. Hangar U.P.B (appartenant au port de Bejaia), avec une capacité de stockage de(3000 - 5000) tonnes. La durée de location de cet hangar varie selon les besoins du port de Bejaia (un dépôt transit), pour cela, il doit être vidé dans les plus brefs délais ,(c'est un dépôt prioritaire vis-à-vis de la contrainte temps).
2. Hangar U.A.B EL-KSEUR (appartenant à l'Unité de production d'aliments de Bétails de EL-KSEUR, filiale du groupe ONAB Nutrition), avec une capacité de stockage de 7000 tonnes. Les frais de la location sont négligeables.
3. Hangar CAA (appartenant à un particulier), situé à la zone industrielle de EL-KSEUR,wilaya de Bejaia. Les frais de la location est une tarification d'un mois (il s'agit d'un dépôt prioritaire vis-à-vis du temps).
4. Deux (02) Hangars Beni-mansour (appartenant à des particuliers), situé à Tazmalt, wilaya de Bejaia. Les frais de la location est une tarification d'un mois (il s'agit de dépôts prioritaires vis-à-vis du temps).
5. Silos G.N.T (appartenant à un particulier), situé à la zone industrielle de TaharachteAkbou, wilaya de Bejaia. Les frais de la location est une tarification d'un mois qui est excessivement couteuses (il s'agit d'un dépôt prioritaire vis-à-vis du temps).

Remarque 16. *La location s'effectue selon le besoin, les frais de la location et la disponibilité des hangars.*

Le problème consiste alors à proposer pour l'Unité Portuaire de Bejaia une méthode scientifique afin de déterminer un plan de transport optimal de matière première (Maïs jaune,Tourteau de Soja et Phosphate Bi-calcique), à partir des différents lieux de stockage vers toutes les Unités de production d'aliments de Bétails (U.A.B) implantés dans différentes régions et qui ont passés leurs commandes au niveau du service commercial.

Cet objectif doit être satisfait en minimisant le coût de transport tout en respectant les contraintes de disponibilité des dépôts de stockage, les contraintes de demande des clients et la contrainte de la priorité des dépôts qui doivent être vidés en premier lieu afin de réduire les coûts de la location.

Pour bien expliquer la différence entre la méthode classique appliquée au sein de l'Unité Portuaire de Bejaia et la méthode scientifique proposée, on a étudié le cas du dernier navire de maïs jaune (M/V GIOVANNI TOPIC) comme exercice.

4.2 Récolte des données

Pour formuler notre problème, on doit assembler les informations suivantes :

1. la disponibilité des dépôts.
2. la demande des clients.
3. Le coût unitaire du transport de chaque dépôt vers chaque client.
4. la priorité des dépôts qui doivent être vidés en premier lieu.

Vu que la tarification de la location est une tarification d'un mois (30 jours), si le hangar ou le silo n'est pas vidé avant le trentième jour du contrat (le jour 30 du contrat), alors une nouvelle tarification d'un mois (30 jours) s'effectue directement le jour d' après. Pour faire face à la contrainte (4) de la priorité des dépôts, et afin de réduire les coûts de la location, on à opté pour la proposition suivante :

Proposition 1 :

- étape 1 : Classer et séparer les données par mois.
- étape 2 : Chercher un plan d'affectation optimal vers les dépôts qui sont prioritaires puis utiliser les résultats obtenus pour le reste de la résolution du problème.

- **Données récoltées auprès du département Gestion des Stocks :**

En ce qui concerne la récolte des données, on a eu recours au département Gestion des Stocks, dans le but de noter les dépôts utilisés et d'évaluer les quantités stockées dans chaque dépôt (l'offre) :

Dépôt (i)	Quantité stocké / tonne (S_i)
Hangar U.P.B	4721.8
Hangar CAA	2516.7
Hangar EL-KSEUR	14024.2
Hangar AOKAS	15095.4
Hangar EREC	92188.6

Table 4.1 – Liste des dépôts utilisés et des quantités prises part chaque dépôt.

- **Données récoltées auprès du département Gestion des Stocks :**

Afin d'identifier et d'analyser d'une façon plus précise les variations des coûts du transport, la liste des clients et les quantités demandées par chaque client, on a récoltées auprès du service commerciale la liste des clients traités durant le traitement du navire (M/V GIO-VANNI TOPIC).

Les quantités demandées durant chaque période et par chaque client et leurs adresses sont donnés dans les tableaux suivants :

Client (j)	*Adresse du client*
UAB BABA ALI	Route de Birtouta, Baba Ali Alger
UAB ATTATBA	Route de Blida Tipaza
UAB EL EULMA	Route de Batna El Eulma Sétif
UAB KOUBA	04 chemain de kouba alger
UAB K-E-B	BP N° 47 2-1 K EL BOUKHARI
UAB DJELFA	Zone industrielle Djelfa
UAB MSILA	Zone industrielle msila
UAB kh-maliana	BP N° 62 SIDI LAKHDAR K.MELIANA
UAB BOUGTOB	ROUTE DE BECHAR BP 78 El Bayadh, El Bayadh
UAB EL KSEUR	BP N°270 EL KSEUR BEJAIA
UAB REMCHI	ROUTE D'ORAN Sidi Brahim, Sidi Bel Abbes
UAB SIDI BRAHIM	Rahouia Tiaret
UAB RAHOUIA	route ben haroune aine bessam
UAB AIN BESSAM	Port d'Alger, Rue d'Angkor
UP ALGER	Rue du Port, Oran
UP ORAN	Route de Birtouta, Baba Ali Alger

Table 4.2 – Liste des clients et leur adresse.

Client	DEMANDE / TONNE 15/10/2018 au 14/11/2018	DEMANDE / TONNE 15/11/2018 au 14/12/2018	DEMANDE / TONNE 15/12/2018 au 07/01/2019
UAB BABA ALI	1347.8	3233.8	2277.2
UAB ATTATBA	538.6	0	0
UAB EL EULMA	2482.4	6186.4	1835
UAB KOUBA	2020.8	0	0
UAB K-E-B	7845.4	15432.6	5320
UAB DJELFA	2508.2	0	0
UAB MSILA	1873.4	2508.8	1986.6
UAB kh-maliana	2553.4	5085.6	3225.8
UAB BOUGTOB	0	3150.2	5983.8
UAB EL KSEUR	2430.8	2785	3180.8
UAB REMCHI	0	0	3614.2
UAB SIDI BRAHIM	0	0	1439.4
UAB RAHOUIA	0	0	555.6
UAB AIN BESSAM	4999.6	7823.2	6895.2
UP ALGER	8536.7	2531	3611
UP ORAN	0	2207.2	541.2
TOTAL	36707.5	50943.8	40465.8

Table 4.3 – Quantités demandées par mois par chaque client.

- **Coût unitaire du transport partant de chaque dépôt vers chaque client :**

Le coût uni-taire du transport est calculé selon la distance entre dépôt/client et un barème utilisé par l'Unité Portuaire de Bejaia.

ONAB Nutrition a fixé pour ses Unités Portuaires un barème de transport en Dinars/kilomètres dans une plateforme qui s'appelle (winvent) qui contient la rubrique appelé(Barème du transport), cette plateforme est utilisée par l'Unité Portuaire de Bejaia et permet aux responsables de dégager directement le coût unitaire du transport.

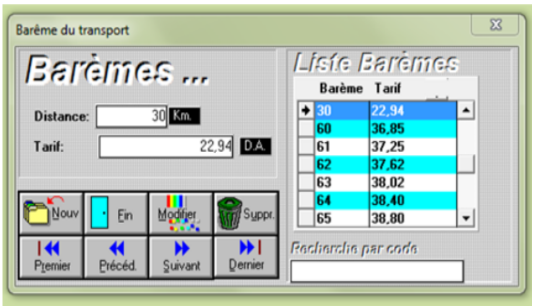


Figure 4.1 – Barème du transport

Les tableaux suivants représente les distances entre chaque dépôt et chaque client donnée par GPS les coûts unitaires de transports en Dinars/ kilomètre obtenus en utilisent le tableau de la figure 4.5 et le barème fixé :

client / hangar	TYPE	EREC	AOKAS	EL EKSEUR	CAA	EPB
BABA ALI	UAB	244	261	218	185	240
ATTATBA	UAB	273	327	285	250	269
EL EULMA	UAB	138	110	151	201	134
KOUBA	UAB	239	260	217	183	235
K-E-B	UAB	280	298	256	221	276
DJELFA	UAB	365	389	360	325	361
MSILA	UAB	206	220	178	143	202
kh-maliana	UAB	344	359	320	285	344
BOUGTOB	UAB	679	687	645	610	675
EL-KSEUR	UAB	25,9	46	0	2	25
SIDI BRAHIM	UAB	670	688	646	611	666
RAHOUIA	UAB	565	583	540	506	561
AIN BESSAM	UAB	169	179	137	102	165
UP ALGER	UP	243	261	219	185	239
UP ORAN	UP	646	633	621	568	642

Table 4.4 – Distances entre les dépôts et les clients.

client / hangar	TYPE	EREC	AOKAS	EL EKSEUR	CAA	EPB
BABA ALI	UAB	89.02	92.66	83.45	76.36	88.17
ATTATBA	UAB	95.24	106.82	97.81	90.31	94.38
EL EULMA	UAB	64.57	55.66	69.07	79.79	63.58
KOUBA	UAB	87.95	92.46	83.23	75.93	87.09
K-E-B	UAB	96.75	100.61	91.6	84.08	98.89
DJELFA	UAB	114.97	120.12	113.91	106.39	114.1
MSILA	UAB	80.87	83.88	74.87	66.55	80.01
kh-maliana	UAB	110.47	113.69	105.33	97.81	109.6
BOUGTOB	UAB	182.33	184.04	175.03	167.53	181
EL-KSEUR	UAB	22.94	36.85	0	0	22.94
REMCHI	UAB	198.41	202.27	193.05	185.55	197.6
SIDI BRAHIM	UAB	180	184.26	175.25	167.74	177
RAHOUIA	UAB	157.87	161.73	152.52	145.22	157
AIN BESSAM	UAB	72.93	75.08	64.57	53.02	72.07
UP ALGER	UP	88.8	92.66	83.66	76.36	87.95
UP ORAN	UP	175.25	172.46	169.88	158.52	174.4

Table 4.5 – Coût unitaire du transport de chaque dépôt vers chaque client.

- **<u>Plans de transport appliqués par l'Unité Portuaire de Bejaïa pour chaque mois :</u>**

L'unité Portuaire de Bejaia n'utilise aucune méthode scientifique pour obtenir un plan de transport, les tableaux suivant représentent les plans de transport appliqués par notre unité portuaire durant chaque mois et les coûts générés par ces plans :
- Du 15/10/2018 au 14/11/2018 :
Le tableau suivant représente les clients traité et le plan de transport appliqué durant cette période.

dépôt/client	BABA ALI	ATTATBA	EL EULMA	KOUBA	K-E-B	DJELFA	MSILA	kh-maliana	EL-KSEUR	AIN BESSAM	UP ALGER	OFFRE	L'écart
EPB	0	0	0	0	2414.2	550.6	0	0	0	0	1757	4721.8	0
CAA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2516.7	2516.7	0
EL KSEUR	812.6	0	218.4	0	2690.8	0	615.2	2553.4	2430.8	3872	671.8	14024.2	159.2
AOKAS	267.2	538.6	2264	2020.8	908.4	1957.6	0	0	0	0	2927.6	15095.4	4211.2
EREC	268	0	0	0	1832	0	1258.2	0	0	1127.6	663.6	92188.6	87039.2
DEMANDE	1347.8	538.6	2482.4	2020.8	7845.4	2508.2	1873.4	2553.4	2430.8	4999.6	8536.7	/	/

Table 4.6 – Plan du transport appliqué durant le premier mois

En utilisant le tableau 4.5 pour obtenir le coût unitaire du transport et le plan du transport appliqué durant la période en utilisant les données du tableau 4.6 du premier mois (du 15/10/2018 au 14/11/2018), on obtiens les coûts des transports dans le tableau suivant :

dépôt/client	BABA ALI	ATTATBA	EL EULMA	KOUBA	K-E-B	DJELFA	MSILA	EL-KSEUR	kh-maliana	AIN BESSAM	UP ALGER	Cout
EPB	0	0	0	0	231570,064	62873,014	0	0	0	0	154545,72	448988,798
CAA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	221368,932	221368,932
EL KSEUR	67811,47	0	15132,936	0	246531,096	0	46189,216	0	269077,292	251292,8	56202,788	952237,598
AOKAS	24766,768	57565,568	126761,36	186883,584	91430,46	235323,096	0	0	0	0	271359,244	994090,08
ECCE	26274,72	0	0	0	177300,96	0	101750,634	0	0	82483,94	58940,952	446751,206
								LE COUT DU	TRANSPORT	TOTAL	EST :	3063436,61

Table 4.7 – Coût de transport pour le plan appliqué du premier mois

Le coût total du transport du 15/10/2018 au 14/11/2018 est : ***3063436.61 DA***.
- Du 15/11/2018 au 14/12/2018 :
Le tableau suivant représente les clients traités et le plan du transport appliqué durant cette période.

Dépôt/client	BABA ALI	EL EULMA	K-E-B	MSILA	kh-maliana	BOUGTOB	EL KSEUR	AIN BESSAM	UP ALGER	UP ORAN	OFFRE	L'écart
EPB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EL KSEUR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	159.2	159.2
AOKAS	0	0	0	1250.6	2797.6	0	0	0	163	0	4211.2	0
ECCE	3233.8	6186.4	15432.6	1258.2	2288	3150.2	2785	7823.2	2368	2207.2	87039.2	40306.6
DEMANDE	3233.8	6186.4	15432.6	2508.8	5085.6	3150.2	2785	7823.2	2531	2207.2	/	/

Table 4.8 – Plan du transport appliqué durant le second mois

En utilisant le tableau 4.5 pour obtenir le coût unitaire du transport et le plan du transport appliqué durant la période en utilisant les données du tableau 4.8 du premier mois (du 15/11/2018 au 14/12/2018), on obtiens les coûts des transports dans le tableau suivant :

dépôt/client	BABA ALI	EL EULMA	K-E-B	MSILA	kh-maliana	BOUGTOB	EL KSEUR	AIN BESSAM	UP ALGER	UP ORAN	Cout
EPB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EL KSEUR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AOKAS	0	0	0	104900,328	318059,144	0	0	0	15103,58	0	438263,774
ECCE	287872,876	399455,848	1493104,05	101750,634	252755,36	574375,966	63887,9	570545,976	210278,4	386811,8	4376482,31
						LE COUT DU	TRANSPORT	TOTAL	EST :		4814746,09

Table 4.9 – Coût de transport pour le plan appliqué du second mois

Le coût total du transport du 15/11/2018 au 14/12/2018 est : ***4814746,09 DA***.

- Du 15/12/2018 au 07/01/2019 :
Le tableau suivant représente les clients traités et le plan du transport appliqué durant cette période.

dépôt/client	BABA ALI	EL EULMA	K-E-B	MSILA	kh-maliana	BOUGTOB	EL KSEUR	REMCHI	SIDI BRAHIM	RAHOUIA	AIN BESSAM	UP ALGER	UP ORAN	OFFRE	L'écart
EPB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EL KSEUR	0	0	0	0	0	0	159,2	0	0	0	0	0	0	159,2	0
AOKAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ECCE	2277,2	1835	5320	1986,6	3225,8	5983,8	3021,6	3614,2	1439,4	555,6	6895,2	3611	541,2	40306.6	0
DEMANDE	2277,2	1835	5320	1986,6	3225,8	5983,8	3180,8	3614,2	1439,4	555,6	6895,2	3611	541,2	/	/

Table 4.10 – Plan du transport appliqué durant le troisième mois

En utilisant le tableau de la figure 4.5 pour obtenir le coût unitaire du transport et le plan du transport appliqué durant la période en utilisant les données du tableau de la figure 4.10 du deuxième mois(du 15/12/2018 au 07/01/2019), on obtiens les coûts des transports dans le tableau suivant :

dépôt/client	BABA ALI	EL EULMA	K-E-B	MSILA	kh-maliana	BOUGTOB	EL KSEUR	REMCHI	SIDI BRAHIM	RAHOUIA	AIN BESSAM	UP ALGER	UP ORAN	cout
EPB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EL KSEUR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AOKAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ECCE	202716,344	118485,95	514710	160656,342	356354,126	1091026,25	69315,504	717093,422	259092	87712,572	502866,936	320656,8	94845,3	4519257,56
								LE	COUT	TOTAL	DU	TRANSPORT	EST :	4519257,56

Table 4.11 – Coût de transport pour le plan appliqué du troisième mois

Le coût total du transport du 15/12/2018 au 07/01/2019 est : ***4519257.56 DA.***

Le cout total du transport généré par ces plans du transport appliqués par l'Unité Portuaire de Bejaia afin de satisfaire les commandes de ses clients durant cet exercice est : $C^{T}_{ENTREPRISE}$ = ***12397440.26 DA***

4.3 Modélisation du problème

La recherche opérationnelle peut remédier à une large gamme de problème concernant la gestion organisationnelle optimale des ressources, il est généralement nécessaire de cerner et de bien comprendre le problème en question et de le modéliser sous forme mathématique.

Dans un tel contexte, notre travail a pour objectif de contribuer à l'amélioration du processus décisionnel dans la gestion du transport. Cette contribution passe par la proposition d'un ensemble d'algorithmes destinés à être intégrés dans un outil d'aide à la décision.

4.3.1 Déroulement de l'étude

Concernant les contraintes de la disponibilité, on a commencé par l'application de notre proposition (proposition 1) qui consiste à décomposer notre exercice en périodes bien précises (choisies selon les durées et les politiques de la location des dépôts), puis par l'application d'une méthode scientifique vu dans le chapitre (3).

4.3.2 Construction du modèle

On construit le modèle avec des notations et des indices utiliser dans les paramétrer et variables pour mieux comprendre et résoudre le problème considérer.
Comme indices on considéré :

- t : indice de période.
  Avec : $t = 0$ est l'indice de la période initiale.
- $p^{(t)}$: indice des dépôts prioritaire à la periode t.
- i : indice des dépôts.
- $s = \overline{1, p(t)}$: indice des dépôts de stockage en état prioritaire.
- $l = \overline{p(t) + 1, n}$: indice des dépôts de stockage en état standard.
- $j = \overline{1, m}$: indice des clients.
- T : indice de l'état final (terminal) $T \in [0, +\infty[$.

On prend comme Paramètres et variables :

- $x_{sj}^{(t)}$: la quantité a acheminé du dépôt prioritaire (s) vers le client (j) durant la période (t).
- $x_{lj}^{(t)}$: la quantité a acheminé du dépôt standard (l) vers le client (j) durant la période (t).
- $b_s^{(t)}$: l'offre du dépôt prioritaire (s) à la periode (t).
- $b_l^{(t)}$: l'offre du dépôt standard (l) à la periode (t).
- $d_j^{(t)}$: l'offre du dépôt standard (j) à la periode (t).
- $a_j^{(t)}$: la demande du client (j) à la période (t).
- c_{ij} : le coût unitaire du transport entre le dépôt (i) et le client (j) par tonne.

Fonction objectif :

Ce modèle a pour objectif de minimiser le coût de transport entre les dépôts de stockages et les clients.

$$min \quad Z = \sum_{i=0}^{n} \sum_{j=0}^{m} c_{ij} x_{ij}^{T} \tag{4.1}$$

Contraintes :

- La quantité acheminer à partir de dépôt prioritaire (s) vers le client (j) ne doit pas dépasser la capacité de dépôt (s) durant la periode (t).

$$\sum_{j=1}^{m} x_{sj}^{(t)} \leq b_s^{(t)}, \qquad \forall b_s^{(t)} > 0, \qquad \forall s = \overline{1, p^{(t)}} \tag{4.2}$$

- La quantité acheminé à partir du dépôt prioritaire (s) vers le client (j) ne doit pas dépasser la quantité demandé par le le client (j) durant la période (t).

$$\sum_{s=1}^{p^{(t)}} x_{sj}^{(t)} \leq a_j^{(t)}, \qquad \forall a_j^{(t)} > 0, \qquad \forall j = \overline{1, m} \tag{4.3}$$

- Actualisation de la demande des client (j) durant la période (t) afin de la satisfaire si elle n'est pas satisfaite.

$$d_j^{(t)} = a_j^{(t)} - \sum_{s=1}^{p^{(t)}} x_{sj}^{(t)}, \qquad \forall j = \overline{1, m} \tag{4.4}$$

– La quantité acheminé à partir de dépôt standard (l) vers le client (j) ne doit pas dépasser la capacité de dépôt (l) durant la période (t).

$$\sum_{j=1}^{m} x_{lj}^{(t)} \leq b_l^{(t)}, \qquad \forall l = \overline{p^{(t)}+1, n} \tag{4.5}$$

– Toutes les demandes des clients de la période (t) doivent être satisfaite.

$$\sum_{l=p^{(t)}+1}^{n} x_{lj}^{(t)} \geq d_j^{(t)}, \qquad \forall j = \overline{1, m} \tag{4.6}$$

– Actualisation de l'offre de chaque dépôt (i) afin de l'utiliser durant la période suivantes $(t+1)$.

$$b_i^{(t+1)} = b_i^{(t)} - \sum_{k=1}^{t} x_{ij}^{k}, \qquad \forall i = \overline{1, n}, \forall j = \overline{1, m} \tag{4.7}$$

– La quantité entière acheminée de dépôt (i) vers le client (j) durant la période initiale jusqu'à la période (t).

$$x_{ij}^{T} = \sum_{k=1}^{t} x_{ij}^{k}, \qquad \forall i = \overline{1, n} \tag{4.8}$$

Modèle mathématique :

$$\begin{cases}
min \;\; Z = \sum_{i=0}^{n} \sum_{j=0}^{m} c_{ij} x_{ij}^{T} \\
\\
\sum_{j=1}^{m} x_{sj}^{(t)} \leq b_s^{(t)}, \qquad \forall b_s^{(t)} > 0, \qquad \forall s = \overline{1, p^{(t)}}, \\
\sum_{s=1}^{p^{(t)}} x_{sj}^{(t)} \leq a_j^{(t)}, \qquad \forall a_j^{(t)} > 0, \qquad \forall j = \overline{1, m}, \\
d_j^{(t)} = a_j^{(t)} - \sum_{s=1}^{p^{(t)}} x_{sj}^{(t)}, \qquad \forall j = \overline{1, m}, \\
\\
\sum_{j=1}^{m} x_{lj}^{(t)} \leq b_l^{(t)}, \qquad \forall l = \overline{p^{(t)}+1, n}, \\
\sum_{l=p^{(t)}+1}^{n} x_{lj}^{(t)} \geq d_j^{(t)}, \qquad \forall j = \overline{1, m}, \\
b_i^{(t+1)} = b_i^{(t)} - \sum_{k=1}^{t} x_{ij}^{k}, \qquad \forall i = \overline{1, n}, \\
\\
x_{ij}^{T} = \sum_{k=1}^{t} x_{ij}^{k}, \qquad \forall i = \overline{1, n}, \\
s = \overline{1, p^{(t)}}, l = \overline{p^{(t)}+1, n}, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m} \\
x_{sj}^{(t)} \geq 0, x_{lj}^{(t)} \geq 0, \\
b_s^{(t)} > 0, b_l^{(t)} > 0, a_j^{(t)} > 0, d_j^{(t)} > 0.
\end{cases}$$

4.3.3 Résolution du problème

Actuellement, il existe en pratique des outils permettant de résoudre de tels problèmes.Mais évidement, la théorie montre combien il est difficile d'obtenir une solution optimale lorsque le modèle est limité en nombre de contraintes. L'outil informatique utilisé dans la recherche de solution du problème étudié est le MATLAB.

4.3.3.1 Présentation de MATLAB ('matrix laboratory')

MATLAB est un langage de programmation de quatrième génération émulé par un environnement de développement du même nom ; il est utilisé par la société 'The MathWorks', MATLAB permet de manipuler des matrices, d'afficher des courbes et des données, de mettre en oeuvre des algorithmes, de créer des interfaces utilisateurs, et peut s'interfacer avec d'autres langages comme le C, C++ et JAVA.

Les utilisateurs de MATLAB sont de milieux très différents comme l'ingénierie, les sciences et l'économie dans un contexte aussi bien industriel que pour la recherche.

4.3.3.2 Command Window

C'est le terminal dans lequel on doit taper les commandes et sur lequel on verra l'affichage des résultats. Une ligne commence toujours par » .De plus, Matlab supporte l'auto-complétion, c'est à dire que si vous connaissez le début d'une commande, vous pouvez n'entrer que les premières lettres et utiliser la touche Tab pour chercher parmi les commandes commençant ainsi.

4.3.3.3 Workspace

Dans cette fenêtre, on obtient la liste des variables connues par Matlab . Il est possible de double-cliquer sur une variable pour l'afficher. Un clic-droit sur les variables offre de nombreuses options telles que : Copiez, Collez, Supprimez etc.

4.3.3.4 Editor

La plupart de votre travail sous Matlab va consister à créer ou modifier des fichiers .m qui est le suffixe standard pour les procédures Matlab. Lorsque l'on réalise une tache sous Matlab, il est très souvent possible de le faire en utilisant uniquement la Command Window. Cependant lorsque cette tache devient plus complexe (plusieurs dizaines de ligne de code) ou que l'on souhaite pouvoir la transmettre à quelqu'un d'autre simplement, on utilise la fenêtre Editor. On crée un fichier .m qui peut être au choix un script ou une fonction(function en anglais). Un script est une suite de commande que l'on aurait tout aussi bien pu taper dans la Command Window. Une fonction permet d'étendre les possibilités au delà des fonctions préprogrammées par les développeurs de Matlab .

4.3.3.5 Help

Le menu d'aide de Matlab est une des bases de son succès. En effet, l'aide est essentielle lorsque l'on programme avec un langage de haut-niveau comme Matlab, où le nombre de fonctions est très important et la syntaxe est parfois complexe. Pour accéder à l'aide on peut au choix sélectionner une fonction et presser ***F1***, taper help Function Name ou utiliser les menus déroulants.

4.3.3.6 Fonction

Une fonction va permettre de rentrer des arguments en entrée et d'obtenir différentes variables en sortie.

4.3.3.7 Vecteurs

Passons maintenant à l'utilisation des vecteurs. Un vecteur sous Matlab est une collection de d'éléments du même type. Un vecteur pourra représenter des valeurs expérimentales ou bien les valeurs discrétisées d'une fonction continue.La méthode la plus simples pour définir un vecteur est de donner sa description explicite à l'aide de la commande [ ].

4.3.3.8 Matrices

Une matrice va se définir de façon similaire à un vecteur avec la commande [].

4.3.4 Étape de résolution

La résolution de notre problème est faite comme suite :

1. Décomposé le problème entière en sous problèmes principaux par période.
2. Construire le premier problème principal (période initiale).
3. Décomposé le problème principal en deux (2) sous problèmes selon la priorité des dépôts, allez à l'étape suivante.
4. Résoudre le premier sous problème qui consiste à vider les dépôts prioritaire en utilise l'offre totale des dépôts et la demande mensuelle des clients traités durent cette période, allez à l'étape suivante.
5. Utiliser et interpréter les résultats de l'étape 4 afin de construire le second sous problème en utilisent l'offre et la demande obtenus à l'étape 4, allez à l'étape suivante.
6. Résoudre le second sous problème, allez à l'étape suivante.
7. Utiliser et interpréter les résultats de l'étape 6 afin d'obtenir l'offre des dépôts qui restent, allez à l'étape suivante.
8. construire le problème principal de la période suivante.
   SI :la contrainte de la priorité est résolu (les dépôts prioritaire sont vide)**alors :**
   – Résoudre le problème obtenu à l'étape 8.
   – Utiliser et interpréter les résultats obtenu, allez a l'étape 8.
   alors :
   – Aller à l'étape 3.

Pour mieux comprendre les étapes de résolution on a l'organigramme suivant :

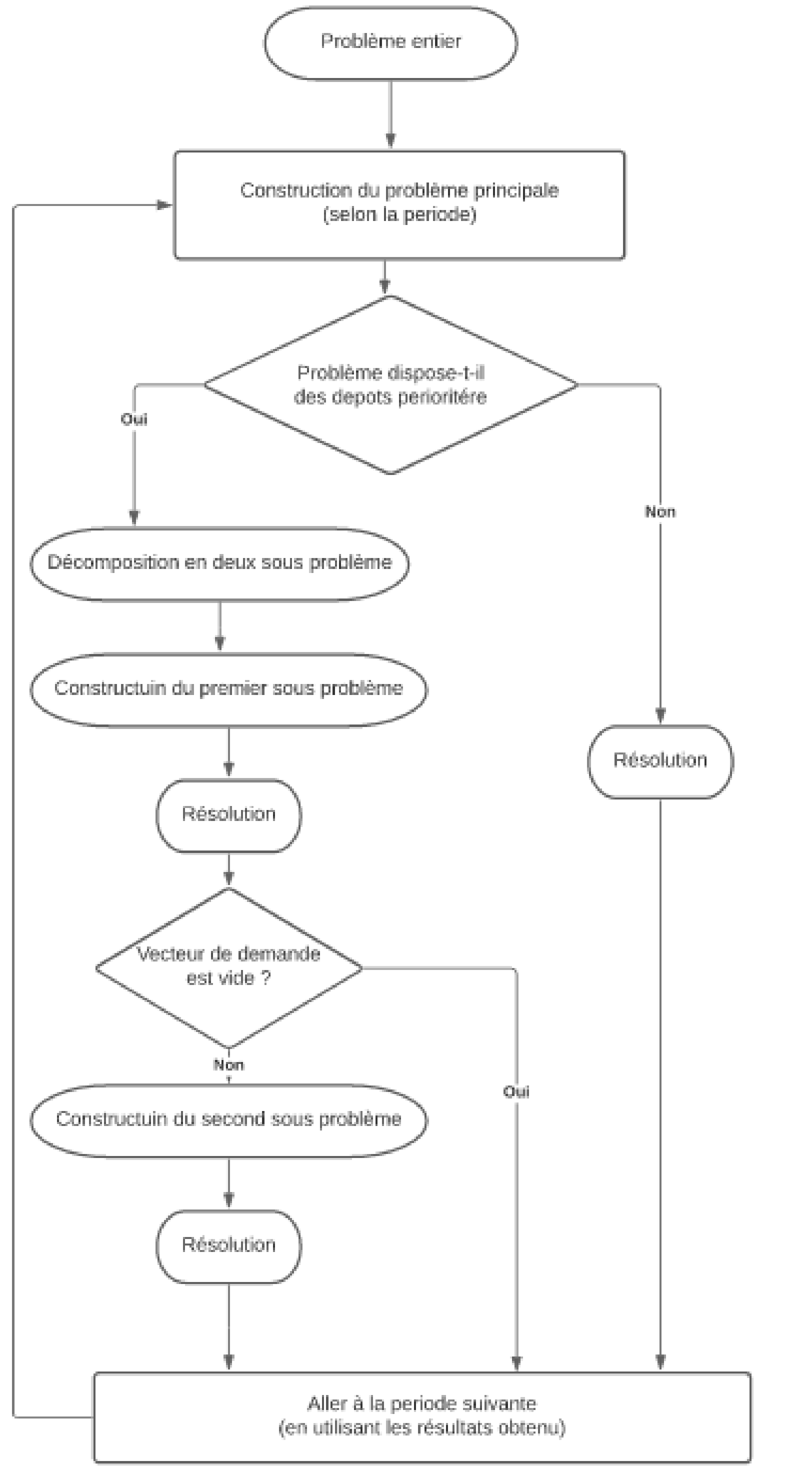


FIGURE 4.2 – Organigramme d'algorithme de résolution

Vu au nombre des étapes à suivre afin de faire face à toutes nos contraintes, on a fait appel à l'outil informatique en programment une méthode scientifique déjà présenté dans le chapitre (3) Qui est la méthode coût minimum sur le langage MATLAB.

-Du 15/10/2018 au 14/11/2018 :

dépôt/client	BABA ALI	ATTATBA	EL EULMA	KOUBA	K-E-B	DJELFA	MSILA	kh-maliana	EL-KSEUR	AIN BESSAM	UP ALGER	OFFRE
EPB	88,18	94,41	63,91	87,1	95,92	114,19	80,01	109,68	22,94	72,29	87,96	4721,8
CAA	76,58	90,33	79,79	76,15	84,09	106,45	66,88	97,85	0	53,02	76,58	2516,7
EL KSEUR	83,45	97,85	69,29	83,23	91,62	113,98	75,08	105,38	0	64,9	83,66	14024,2
AOKAS	92,69	106,88	55,99	92,48	100,65	120,21	83,88	113,76	36,85	75,3	92,69	15095,4
ECCE	98,04	95,27	65,23	87,96	96,78	115,05	80,87	110,54	22,94	73,15	88,82	92188,6
DEMANDE	1347.8	538.6	2482.4	2020.8	7845.4	2508.2	1873.4	2553.4	2430.8	4999.6	8536.7	/

Table 4.12 – Tableau du problème principal.

Pour la période initiale, les dépôts prioritaires sont le hangar E.P.B et le hangar C.A.A,pour cela on construit notre première sous problème comme suit :

dépôt/client	BABA ALI	ATTATBA	EL EULMA	KOUBA	K-E-B	DJELFA	MSILA	kh-maliana	EL-KSEUR	AIN BESSAM	UP ALGER	OFFRE
EPB	88,18	94,41	63,91	87,1	95,92	114,19	80,01	109,68	22,94	72,29	87,96	4721,8
CAA	76,58	90,33	79,79	76,15	84,09	106,45	66,88	97,85	0	53,02	76,58	2516,7
DEMANDE	1347.8	538.6	2482.4	2020.8	7845.4	2508.2	1873.4	2553.4	2430.8	4999.6	8536.7	/

Table 4.13 – Tableau du premier sous problème.

On injecte les données du tableau précédent sur notre programme défini sur MATLAB. Les résultats obtenus sont les suivants :

dépôt/client	BABA ALI	ATTATBA	EL EULMA	KOUBA	K-E-B	DJELFA	MSILA	kh-maliana	EL-KSEUR	AIN BESSAM	UP ALGER	OFFRE	L'écart
EPB	0	0	2291	0	0	0	0	0	2430.8	0	0	4721.8	0
CAA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2516.7	0	2516.7	0
DEPOT FICTIF	1347.8	538.6	191.4	2020.8	7845.4	2508.2	1873.4	2553.4	0	2482.9	8536.7	/	/
DEMANDE	1347.8	538.6	2482.4	2020.8	7845.4	2508.2	1873.4	2553.4	2430.8	4999.6	8536.7	/	/

Table 4.14 – Tableau des résultats du 1^{ier} sous problème.

Le tableau précédent résume les résultats obtenu par notre programme (le résultat de compilation MATLAB voir annexe). Après neuf(9) itération exécutées par notre programme, on obtient l'affectation optimal de ce première sous problème et on constate que l'écart de l'offre est nul pour les deux dépôts prioritaire (E.P.B et C.A.A), se qui signifie que les deux dépôts sont vidé durent cette période,mais par contre on constate que notre programme a créée un dépôt fictif, cela veut dire que la demande est plus grande que l'offre et on doit utiliser ces quantités qui restant à satisfaire durent la résolution du seconde sous problème.

Le cout généré par cette affectation de ce première sous problème de la période initiale est :

$$C_1^0 = 335615.8 \ \boldsymbol{DA.}$$

Le plant optimal de ce première sous programme est le suivent :

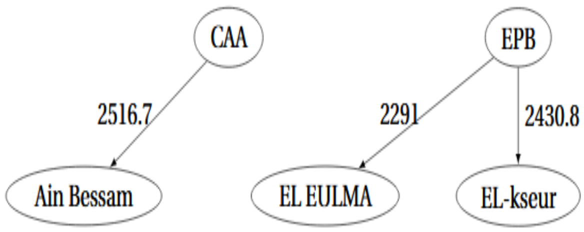


FIGURE 4.3 – Graphe représentant la solution optimale du 1^{ier} sous problème

Construction de seconde sous problème avec les dépôts qui restant et leurs quantités en utilisent les résultats de la solution précédente.

Avant de procédé à résoudre ce second sous problème on doit le réduire en maximum en enlèvent les dépôts qui ont leurs offre nul afin d'éviter la dégénérescence de la solution.

dépôt/client	BABA ALI	ATTATBA	EL EULMA	KOUBA	K-E-B	DJELFA	MSILA	kh-maliana	AIN BESSAM	UP ALGER	OFFRE
EPB	88,18	94,41	63,91	87,1	95,92	114,19	80,01	109,68	72,29	87,96	0
CAA	76,58	90,33	79,79	76,15	84,09	106,45	66,88	97,85	53,02	76,58	0
EL KSEUR	83,45	97,85	69,29	83,23	91,62	113,98	75,08	105,38	64,9	83,66	14024,2
AOKAS	92,69	106,88	55,99	92,48	100,65	120,21	83,88	113,76	75,3	92,69	15095,4
ECCE	98,04	95,27	65,23	87,96	96,78	115,05	80,87	110,54	73,15	88,82	92188,6
DEMANDE	1347.8	538.6	191.4	2020.8	7845.4	2508.2	1873.4	2553.4	2482.9	8536.7	/

TABLE 4.15 – Tableau du second sous problème

dépôt/client	BABA ALI	ATTATBA	EL EULMA	KOUBA	K-E-B	DJELFA	MSILA	kh-maliana	AIN BESSAM	UP ALGER	OFFRE
EL KSEUR	83,45	97,85	69,29	83,23	91,62	113,98	75,08	105,38	64,9	83,66	14024,2
AOKAS	92,69	106,88	55,99	92,48	100,65	120,21	83,88	113,76	75,3	92,69	15095,4
ECCE	98,04	95,27	65,23	87,96	96,78	115,05	80,87	110,54	73,15	88,82	92188,6
DEMANDE	1347.8	538.6	191.4	2020.8	7845.4	2508.2	1873.4	2553.4	2482.9	8536.7	/

TABLE 4.16 – Tableau du second sous problème sans les dépôts nul

On injecte les données du tableau précédent sur notre programme défini sur MATLAB. Les résultats obtenus sont les suivants :

dépôt/client	BABA ALI	ATTATBA	EL EULMA	KOUBA	K-E-B	DJELFA	MSILA	kh-maliana	AIN BESSAM	UP ALGER	OFFRE
EPB	88,18	94,41	63,91	87,1	95,92	114,19	80,01	109,68	72,29	87,96	0
CAA	76,58	90,33	79,79	76,15	84,09	106,45	66,88	97,85	53,02	76,58	0
EL KSEUR	83,45	97,85	69,29	83,23	91,62	113,98	75,08	105,38	64,9	83,66	14024,2
AOKAS	92,69	106,88	55,99	92,48	100,65	120,21	83,88	113,76	75,3	92,69	15095,4
ECCE	98,04	95,27	65,23	87,96	96,78	115,05	80,87	110,54	73,15	88,82	92188,6
DEMANDE	1347.8	538.6	191.4	2020.8	7845.4	2508.2	1873.4	2553.4	2482.9	8536.7	/

TABLE 4.17 – Tableau des résultats du second sous problème.

Le tableau précédent résume les résultats obtenus par notre programme (le résultat de compilation MATLAB voire annexe). Après huit(8) itérations exécutées par notre programme, on obtient l'affectation optimale de seconde sous problème et on constate que l'écart de la demande est nul pour tous les clients, ce qui signifie que tous les clients sont servis dut cette période, mais par contre on constate que notre programme a créé un point de vente fictif, cela veut dire que l'offre est plus grande que la demande et on doit utiliser ces quantités qui restant dans ces dépôts afin de satisfaire les demandes des clients durent les périodes suivantes.

Le cout généré par cette affectation de ce second sous problème de la période initiale est :

$$C_2^0 = 2699444.504 \ \boldsymbol{DA.}$$

Le plant optimal de ce second sous problème est le suivent :

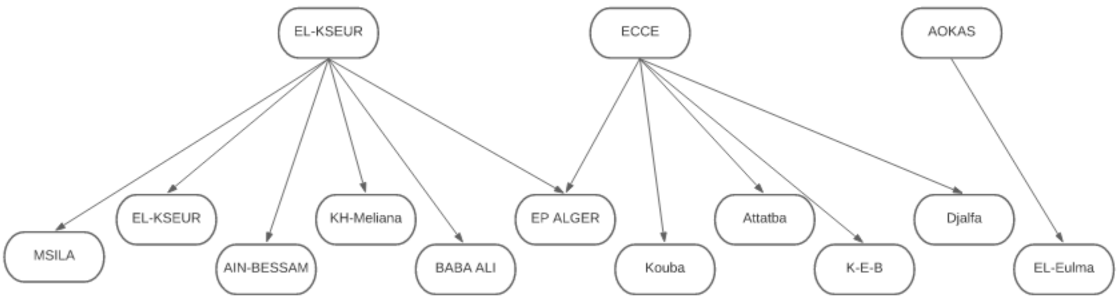


FIGURE 4.4 – Graphe représentant la solution optimale du 2^{me} sous problème

D'après le tableau (4.14) et (4.17), Le plant du transport optimal de la période du 15/10/2018 au 14/11/2018 est donné dans le tableau suit :

dépôt/client	BABA ALI	ATTATBA	EL EULMA	KOUBA	K-E-B	DJELFA	MSILA	kh-maliana	EL-KSEUR	AIN BESSAM	UP ALGER	OFFRE	L'écart
EPB	0	0	2291	0	0	0	0	0	2430.8	0	0	4721.8	0
CAA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2516.7	0	2516.7	0
EL KSEUR	1347.8	0	0	0	0	0	1873.4	2553.4	0	2482.9	5766.7	14024,2	0
AOKAS	0	0	191.4	0	0	0	0	0	0	0	0	15095,4	14904
ECCE	0	538.6	0	2020.8	7845.4	2508.2	0	0	0	0	2770	92188,6	76505.6
DEMANDE	1347.8	538.6	2482.4	2020.8	7845.4	2508.2	1873.4	2553.4	2430.8	4999.6	8536.7	/	/
L'écart	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	/	/

TABLE 4.18 – Tableau de transport optimale de la période du 15/10/2018 au 14/11/2018.

La figure suivante représente le plant du transport optimal proposé pour la période du 15/10/2018 au 14/11/2018.

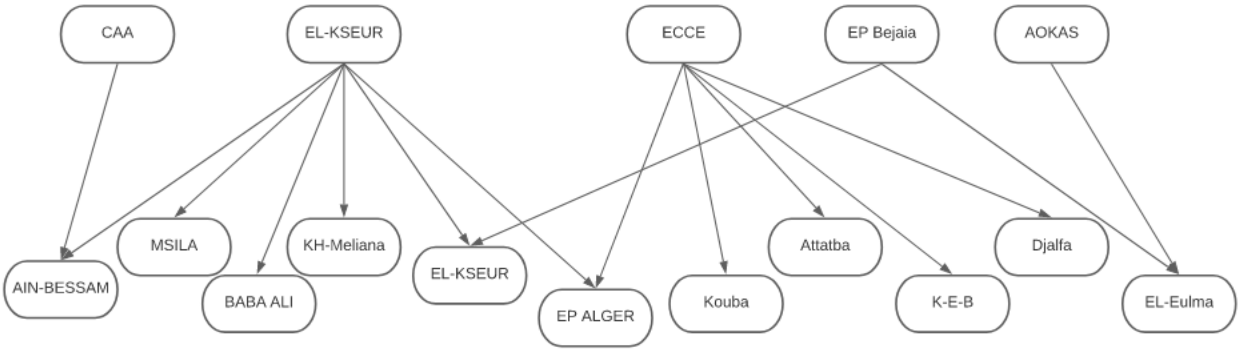


FIGURE 4.5 – Graphe d'affectation pour la période du 15/10/2018 au 14/11/2018.

Le coût total généré par ce plant optimal pour ce premier problème principal est :

$$C_T^0 = C_1^0 + C_2^0 = 3035060.304 \ \boldsymbol{DA.}$$

D'après l'étude qui a été menée pour cette période du 15/10/2018 au 14/11/2018, on remarque que tous les dépôts prioritaires sont vidé durent les premiers moises et tous les demandes des clients durent cette période est satisfaite, cela veut dire qu'on est arrivé à satisfaire toutes les contraintes avec un coût total optimal qui est :

$$C_T^0 = 3035060.304 \ \boldsymbol{DA.}$$

- Du 15/11/2018 au 14/12/2018

Le problème principale est le suivent :

Dépôt/client	BABA ALI	EL EULMA	K-E-B	MSILA	kh-maliana	BOUGTOB	EL KSEUR	AIN BESSAM	UP ALGER	UP ORAN	OFFRE
EPB	88,18	63,91	95,92	80,01	109,68	181	22,94	72,29	87,96	174,39	0
CAA	76,58	79,79	84,09	66,88	97,85	167,53	0	53,02	76,58	158,52	0
EL KSEUR	83,45	69,29	91,62	75,08	105,38	175,03	0	64,9	83,66	169,88	0
AOKAS	92,69	55,99	100,65	83,88	113,76	184,04	36,85	75,3	92,69	172,46	14904
ECCE	98,04	65,23	96,78	80,87	110,54	182,33	22,94	73,15	88,82	175,25	76505.6
DEMANDE	3233.8	6186.4	15432.6	2508.8	5085.6	3150.2	2785	7823.2	2531	2207.2	/

TABLE 4.19 – Tableau du problème principale du 15/11/2018 au 14/12/2018

Durent cette période on dispose plus de dépôts prioritaires et notre problème résumé est le suivant :

Dépôt/client	BABA ALI	EL EULMA	K-E-B	MSILA	kh-maliana	BOUGTOB	EL KSEUR	AIN BESSAM	UP ALGER	UP ORAN	OFFRE
AOKAS	92,69	55,99	100,65	83,88	113,76	184,04	36,85	75,3	92,69	172,46	14904
ECCE	98,04	65,23	96,78	80,87	110,54	182,33	22,94	73,15	88,82	175,25	76505.6
DEMANDE	3233.8	6186.4	15432.6	2508.8	5085.6	3150.2	2785	7823.2	2531	2207.2	/

TABLE 4.20 – Tableau du problème principale sans les dépôts prioritaires

On injecte les données du tableau précédent sur notre programme défini sur MATLAB. Les résultats obtenus sont les suivants :

Dépôt/client	BABA ALI	EL EULMA	K-E-B	MSILA	kh-maliana	BOUGTOB	EL KSEUR	AIN BESSAM	UP ALGER	UP ORAN	POINT VENTE FICTIF	OFFRE
AOKAS	3233.8	6186.4	0	0	0	0	0	0	0	2207.2	3276.6	14904
ECCE	0	0	15432.6	2508.8	5085.6	3150.2	2785	7823.2	2531	0	37189.2	76505.6
DEMANDE	3233.8	6186.4	15432.6	2508.8	5085.6	3150.2	2785	7823.2	2531	2207.2	/	/
L'écart	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	/	/

TABLE 4.21 – Tableau des résultats du problème principale

Le tableau précédent résume les résultats obtenu par notre programme (le résultat de compilation MATLAB voir annexe). Après quatre(4) itérations exécutées par notre programme, on obtient l'affectation optimale de seconde sous problème et on constate que l'écart de la demande est nul pour tous les clients, se qui signifie que tous les clients sont servies durent cette période, mais par contre on constate que notre programme a créée un point de vente fictif, cela veut dire que l'offre est plus grande que la demande et on doit utiliser ces quantités qui restant dans ces dépôts afin de satisfaire les demandes des clients durent les périodes suivantes.

Le coût généré par cette affectation optimale de la seconde période principale est :

$$C_T^1 = 4720721.444 \ \boldsymbol{DA.}$$

Le plant du transport optimal de ce second problème principale est le suivent :

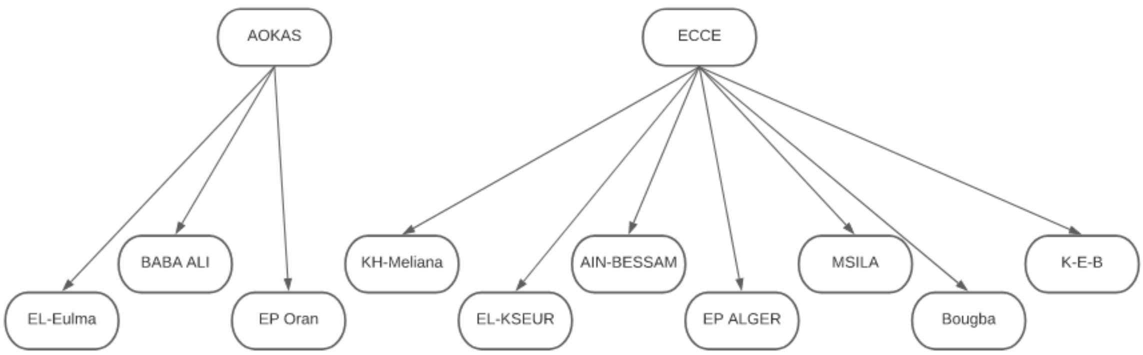


FIGURE 4.6 – Graphe d'affectation selon les résultats du problème principale

D'après l'étude qui a été menée pour cette période du 15/11/2018 au 14/12/2018, on remarque que tous les dépôts prioritaires sont vidé durent les premiers moises et tous les de-mandes des clients durent cette période est satisfaite, cela veut dire qu'on est arrivé à satisfaire toutes les contraintes avec un coût total optimal qui est :

$$C_T^1 = 4720721.444 \ \boldsymbol{DA.}$$

- Du 15/12/2018 au 07/01/2019 :

Le problème principal est le suivant :

dépôt/client	BABA ALI	EL EULMA	K-E-B	MSILA	kh-maliana	BOUGTOB	EL KSEUR	REMCHI	SIDI BRAHIM	RAHOUIA	AIN BESSAM	UP ALGER	UP ORAN	OFFRE
EPB	88,18	63,91	95,92	80,01	109,68	181	22,94	197,55	177	157	72,29	87,96	174,39	0
CAA	76,58	79,79	84,09	66,88	97,85	167,53	0	185,55	167,74	145,22	53,02	76,58	158,52	0
EL KSEUR	83,45	69,29	91,62	75,08	105,38	175,03	0	193,05	175,25	152,52	64,9	83,66	169,88	0
AOKAS	92,69	55,99	100,65	83,88	113,76	184,04	36,85	202,27	184,26	161,73	75,3	92,69	172,46	3276.6
ECCE	98,04	65,23	96,78	80,87	110,54	182,33	22,94	198,41	180	157,87	73,15	88,82	175,25	37189.2
DEMANDE	2277,2	1835	5320	1986,6	3225,8	5983,8	3180,8	3614,2	1439,4	555,6	6895,2	3611	541,2	/

TABLE 4.22 – Tableau du transport du troisième mois

Durent cette période on dispose plus de dépôts prioritaires et notre problème résumé est le suivant :

dépôt/client	BABA ALI	EL EULMA	K-E-B	MSILA	kh-maliana	BOUGTOB	EL KSEUR	REMCHI	SIDI BRAHIM	RAHOUIA	AIN BESSAM	UP ALGER	UP ORAN	OFFRE
AOKAS	92,69	55,99	100,65	83,88	113,76	184,04	36,85	202,27	184,26	161,73	75,3	92,69	172,46	3276.6
ECCE	98,04	65,23	96,78	80,87	110,54	182,33	22,94	198,41	180	157,87	73,15	88,82	175,25	37189.2
DEMANDE	2277,2	1835	5320	1986,6	3225,8	5983,8	3180,8	3614,2	1439,4	555,6	6895,2	3611	541,2	/

TABLE 4.23 – Tableau de transport avec seulement les dépôts restant

On injecte les données du tableau précédent sur notre programme défini sur MATLAB. Les résultats obtenus sont les suivants :

dépôt/client	BABA ALI	EL EULMA	K-E-B	MSILA	kh-maliana	BOUGTOB	EL KSEUR	REMCHI	SIDI BRAHIM	RAHOUIA	AIN BESSAM	UP ALGER	UP ORAN	OFFRE
AOKAS	1441.6	1835	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3276.6
ECCE	835.6	0	5320	1986,6	3225,8	5983,8	3180,8	3614,2	1439,4	555,6	6895,2	3611	541,2	37189.2
DEMANDE	2277,2	1835	5320	1986,6	3225,8	5983,8	3180,8	3614,2	1439,4	555,6	6895,2	3611	541,2	/

TABLE 4.24 – Tableau des résultats obtenu d'après Matlab

Le tableau précédent résume les résultats obtenus par notre programme (le résultat de compilation MATLAB voire annexe). Après deux(2) itérations exécutées par notre programme, les résultats obtenus indiquent que le problème étudié est équilibré, ce qui signifie que l'offre égale à la demande.

Le coût généré par cette affectation optimale de la seconde période principale est :

$$C_T^2 = 4498241.652 \ \boldsymbol{DA.}$$

Le coût total généré par notre étude est :

$$C_{Optimale} = C_T^0 + C_T^1 + C_T^2 = 12254023.4 \ \boldsymbol{DA.}$$

Le plant du transport optimal de ce problème principale est le suivent :

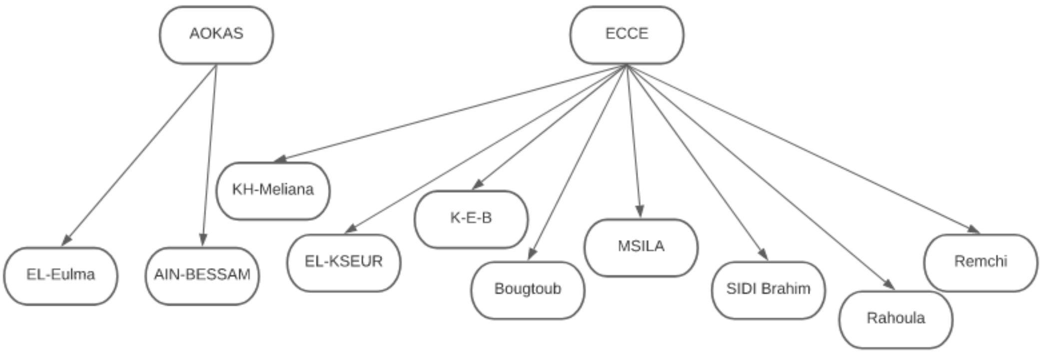


FIGURE 4.7 – Graphe optimal du troisième problème principale

Afin de bien illustrer la différence entre la méthode classique appliquée par l'Unité Portuaire de Bejaia et la méthode scientifique proposée, on à calculé l'écart entre les coûts générés par les deux méthodes :

$$C_{ENTREPRISE} - C_{Optimale} = 12397440,26 - 12254023.4 = 143416.86 \; \boldsymbol{DA.}$$

Conclusion

Cette étude nous à donner l'opportunité de nous familiariser au domaine de la recherche opérationnelle, ce domaine qui est la discipline des méthodes scientifiques pour aider à mieux décider et traiter les problèmes stratégiques et économiques, le problème du transport est l'un de ces problèmes classiques les plus connus, mais la complexité et la variation des contraintes de ce problème dans le domaine économique impliquent la recherche d'autres heuristiques et même des métaheuristiques plus efficaces pour la résolution. Ce qui rend difficile de tirer une conclusion définitive sur la résolution de ce type des problèmes.

Ce dernier chapitre est consacré à l'étude d'un cas réel, dont l'objectif est de minimiser les coûts de transport des produits céréalier au niveau de l'organisme de l'Etat L'Office National d'Aliments de Bétail (ONAB), exactement à l'Unité Portuaire de Bejaia, où on à fait une évaluation des performances aux méthodes appliquées par l'Unité Portuaire de Bejaia afin de satisfaire les demandes des U.A.B qui sont des filiales de groupe (ONAB).

D'après résultats obtenu par cette étude qui consiste à comparé les plants de transport appliqués par l ?Unité Portuaire de Bejaia et les plants générés par notre méthode, on suggère à l ?Unité Portuaire de Bejaia d'appliquer prochainement ces méthodes proposées et sur tous les produits stockés (Maïs jaune, de Tourteau de Soja et le Phosphate Bi-calcique) qui nous rassure une affectation à moindre coûts.

CONCLUSION GÉNÉRALE

La modélisation des problèmes du transport est devenue aujourd'hui un domaine de recherche très fertile. De nombreux chercheurs, mathématiciens et même informaticiens tentent actuellement de comprendre la dynamique de ces problèmes et de la modéliser formellement afin d'évaluer leurs performances. Ainsi, la plupart des applications de ces modèles sont très importantes, notamment d'un point de vue logistique car elles ont pour but de prévoir la résolution des problèmes au quotidien et dans les entreprises souvent difficiles à résoudre à cause de leurs tailles énormes. Ce qui a amené plusieurs chercheurs à développer de nouvelles approches permettant de remédier aux problèmes posés dans le cadre de résoudre ces problèmes.

Dans ce rapport, on s'est intéressé davantage à la modélisation et la résolution de problèmes de de transport équilibré par des différentes méthodes qui nous permettons d'obtenir une solution de base réalisable (Nord-Ouest, Coût minimum, Approximation de vogel), ensuite nous avons essayé d'expliquer l'optimisation d'une telle solution de base initiale parla méthode de stepping-stone, la méthode hongroise pour la résolution du problème de l'affectation.

Dans un premier lieu nous avons présenté quelques notions de base , puis quelques méthodes d'optimisation que nous avons appliquées au problème que l'entreprise ONAB faire face et enfin nous avons présentent le logiciel MATLAB qui nous a permet de résoudre via une application les problèmes de transport proposer par avant. À la fin nous pouvons dire que ce travaille représente une base de départ pour résoudre les problèmes généraux de transport.

BIBLIOGRAPHIE

[1] B. R. Tebbal mohamed. Étude de problème de rangement ouvert avec conflits.mémoire Master, 2016 M

[2] Claude Berge. Graphes et hypergraphes. North-Holland Pub. Co. 1973

[3] D. Tixier et H.Mathe et J. Collin, La logistique d'entreprise, Dunod, 1996, P 28

[4] Dodge Yadolah, Optimisation appliquée ,Editeur : Springer Livre ,2005

[5] Frédéric Meunier.INTRODUCTION À LA RECHERCHE OPÉRATIONNELLE. Université Paris Est, CERMICS, Ecole des Ponts Paristech .2016

[6] GONDRAN M., MINOUX M., Graphes et algorithmes, 4e édition, Lavoisier, 2009

[7] GONDRAN M. ; MINOUX M. " Graphes et Algorithmes" Eyrolles 1985

[8] JACQUES CARLIER, RECHERCHE OPÉRATIONNELLE : Optimisation Combinatoire, cours.

[9] Jacques TEGHEM, programmation linéaire, Editions ELLIPSES, Bruxelles 1996.

[10] Jin Y. Wang ,Operation Research I ,College of Management NCTU ,Fall 2008.

[11] K. MEGAR, K. MEKHNECH, Optimisation et gestion d'un parc du transport cas de laS.A.R.L Ibrahim et Fils, Editions universitaires Européennes, Août 2011.

[12] L. Ntaimo ,Transportation and Assignment Problems , INEN420 TAMU 2005.

[13] L.Wayne, Winston and Munirpallam Venkataramanan.Introduction to Mathematical Programming : Operations Research, Volume 1 4eme édition,2003

[14] S.Toati. Résolution de problèmes de bin packing a une dimension par la programmation dc. mémoire Master, Université abederrahmane Mira Bejaia, 2013/2014.

[15] Yves PIMOR, " logistique : production, distribution, soutien "édition DLINOD, 2. édition, paris, 2005, p 4.

[16] Y. Pimor, Michel Fender "logistique ; production, distribution, soutien ", DUNOD, 5^{me} édition

[17] Yves De Smet , Bernard Fortz,Algorithmique 3 et Recherche Opérationnelle ,2013-2014

Résumé

L'objective de ce travail est de montrer l'importance des coûts de transport et de la distribution de produits dans une entreprise économique. Elle peut être vue comme un problème dŠoptimisation et un facteur essentiel pour son développement. Nous avons étudié un cas réel dans lŠentreprise ONAB Nutrition, où on à étudié les performances de laméthode de distribution appliqué par l'Unité Portuaire de Béjaia. En particulier, notre objectif à travers cette étude est de mettre en oeuvre une stratégie de gestion qui va permettre à l'U.P.B d'exercer ses activité en satisfaisant toutes les contraintes à moindre coût.

Mots-clés :Recherche opérationnelle, théorie des Graphes, programmation linéaire, Optimisation combinatoire, logistique, problème du transport, problème d'affectation .

Abstract

The objective of this work is to show the importance of transportation costs and of product distribution in an economical enterprise. She can be seen as an optimization problem and an essential factor for its development. We studied a real case in ONAB Nutrition, where we have studied the performances of the method of distribution applied by the Port Unit from Bejaia. In particular, our goal through this study is to put implement a management strategy that will allow the U.P.B to carry out its activities by satisfying all the constraints at a lower cost.

keywords : Operations Research, Graph Theory, Linear Programming, Combinatorial optimization, logistics, transport problem, problem of assignment.