

## Table des matières

Remerciement .....	01
Résumé .....	02
Table des matières .....	03
La Liste des figures .....	04
La Liste des tableaux .....	0
Introduction générale .....	04
<b>Chapitre 1 : Chaîne logistique et réseaux de distribution</b>	
1.1. Introduction .....	08
1.2. La chaîne logistique (Supply Chain –SC).....	08
1.1.1. Définition de la chaîne logistique (Supply Chain –SC) .....	08
1.2.2. Processus principaux de la chaîne logistique .....	09
1.2.3. Les flux de la chaîne logistique .....	10
1.2.3.1. Le flux d'information .....	11
1.2.3.2. Le flux physique .....	11
1.2.3.3. Le flux financier .....	11
1.2.4. Les fonctions de la chaîne logistique .....	11
1.2.4.1. L'approvisionnement .....	12
1.2.4.2. La production .....	12
1.2.4.3. Le stockage .....	12
1.2.4.4. Distribution et transports .....	13
1.2.4.5. Le processus vente .....	13
1.3. La distribution .....	13
1.3.1. Le canal de distribution .....	14
1.3.2. Le circuit de distribution .....	15
1.3.3. Réseau de distribution .....	16
1.4. La gestion des stocks au niveau d'un réseau de distribution .....	18
1.4.1. Le sur-stockage .....	19
1.4.2. La rupture de stock .....	19

1.5. Le transport dans les réseaux de distribution .....	19
1.5.1. Les modes de transport .....	20
1.5.1.1. Le transport ferroviaire .....	20
1.5.1.2. Le transport maritime .....	21
1.5.1.3. Le transport routier .....	22
1.5.1.4. Le transport aérien .....	23
1.6. Conclusion .....	24

## **Chapitre 2 : Présentation de l'entreprise formulation du problème**

1.1. Introduction.....	25
1.2. Présentation de l'entreprise.....	25
1.2.1. Chaîne de production LIT-MAG .....	25
1.2.2. La structure de l'entreprise .....	26
1.2.3. Le réseau de distribution LIT-MAG .....	27
1.3. Description du problème .....	29
1.4. Problématique .....	29
1.4.1. Hypothèses .....	30
1.4.2. Formulation du problème .....	30
1.4.3. Notations dans le système .....	31
2.4.4 Modélisation de problématique .....	32
2.4.4.1 partie01 : Modélisation de problématique sans l'échange entre les entrepôts .	32
2.4.4.2 partie02:Modélisation de problématique avec l'échange entre les entrepôts .	36
2.5 Conclusion .....	38

## **Chapitre 3 : Evaluation de réseau de transport**

3.1 Introduction .....	39
3.2 Qu'est-ce que LINGO ? .....	39
3.2.1 Formulez facilement vos problèmes .....	39
3.2.2 Les éléments d'un modèle LINGO .....	40
3.2.3 Traduction des notations mathématiques en une syntaxe LINGO .....	44
3.3 Simulation du modèle mathématique .....	45
3.4 Résultats obtenues .....	45

<b>3.4.1</b>	L'étude de la première partie (comparaison entre les deux cas) .....	<b>47</b>
<b>3.4.1.1</b>	Données du réseau étudié .....	<b>47</b>
<b>3.4.1.2</b>	Les résultats des simulations du premier cas .....	<b>52</b>
<b>3.4.1.3</b>	Les résultats des simulations du deuxième cas .....	<b>55</b>
<b>3.4.2</b>	Comparaison entre les deux cas: .....	<b>55</b>
<b>3.4.3</b>	L'étude de la deuxième partie .....	<b>56</b>

## La liste des figures

### Chapitre 01

<b>Figure 1.1</b> : Représentation d'une chaîne logistique.....	<b>09</b>
<b>Figure 1.2</b> : Processus principaux de la chaîne logistique .....	<b>10</b>
<b>Figure 1.3</b> : Modélisation des flux d'une chaîne logistique .....	<b>10</b>
<b>Figure 1.4</b> : canal ultra court .....	<b>14</b>
<b>Figure 1.5</b> : court.....	<b>14</b>
<b>Figure 1.6</b> : long .....	<b>15</b>
<b>Figure 1.7</b> : Les circuits de distribution .....	<b>15</b>
<b>Figure 1.8</b> : Réseau de distribution .....	<b>16</b>
<b>Figure 1.9</b> : Divergente .....	<b>17</b>
<b>Figure 1.10</b> : Convergente .....	<b>17</b>
<b>Figure 1.11</b> : Séquentielle ou linéaire .....	<b>18</b>

### Chapitre 02

<b>Figure 2.1</b> : structure de l'entreprise .....	<b>26</b>
<b>Figure 2.2</b> : Le réseau de distribution LIT-MAG .....	<b>27</b>
<b>Figure 2.3</b> : le réseau de distribution de l'entreprise LIT-MAG .....	<b>28</b>
<b>Figure 2.4</b> : le réseau de distribution de l'entreprise Lit Mag dans le premier cas ....	<b>34</b>
<b>Figure 2.5</b> : le réseau de distribution de l'entreprise Lit Mag dans le deuxième cas..	<b>36</b>
<b>Figure 2.6</b> : le réseau de distribution de l'entreprise Lit-Mag avec les échanges entre les dépôts .....	<b>37</b>

### Chapitre 03

<b>Figure 3.1</b> : Espace de programmation .....	<b>42</b>
<b>Figure 3.2</b> : fenêtre représente une boîte d'état .....	<b>45</b>
<b>Figure 3.3</b> : Rapport des solutions .....	<b>46</b>

<b>Figure:3.4:</b> le réseau de distribution de l'entreprise Lit-Mag avec les échanges entre les dépôts .....	<b>46</b>
<b>Figure 3.5:</b> la demande des produits pour chaque entrepôt .....	<b>47</b>
<b>Figure3.6:</b> les coûts de transport .....	<b>49</b>
<b>Figure 3.7:</b> les coûts de transport .....	<b>51</b>
<b>Figure 3.8:</b> Représente la quantité des produits livrée vers les entrepôts dans le premier cas .....	<b>54</b>
<b>Figure 3.9:</b> Représente la quantité des produits livrée vers les entrepôts dans deuxième cas.....	<b>56</b>
<b>Figure 3.10 :</b> Représente le profit total et le coût total dans les deux cas .....	<b>58</b>
<b>Figure3.11 :</b> représente la quantité produit livrée entre les entrepôts eux-mêmes	<b>59</b>
<b>Figure 3.12 :</b> Représente le profit total dans les deux parties .....	<b>61</b>

## **Liste des tableaux**

<b>Le tableau 3.1 : notation mathématique .....</b>	<b>42</b>
<b>Tableau 3.2 : la demande pour chaque entrepôt .....</b>	<b>45</b>
<b>Tableau3.3 : représente la capacité de chaque camion dans le premier cas .....</b>	<b>46</b>
<b>Tableau3.4: représente la capacité de chaque camion dans le deuxième cas .....</b>	<b>47</b>
<b>Tableau 3.5 : représente les coûts de transport (DA) .....</b>	<b>48</b>
<b>Tableau 3.6 : représente les coûts de transport (DA) .....</b>	<b>49</b>
<b>Tableau 3.7: Quantité des produits livrée vers les entrepôts dans le premier cas ....</b>	<b>51</b>
<b>Tableau 3.8: Quantité produit livrée vers les entrepôts dans deuxième cas .....</b>	<b>54</b>
<b>Tableau 3.9 : comparaison entre le profit total et le coût total pour les deux cas ....</b>	<b>56</b>
<b>Tableau 3.10 : coûts de transport associés au déplacement entre les entrepôts eux-mêmes (DA) .....</b>	<b>58</b>
<b>tableau3.11 : Quantité produit livrée entre les entrepôts eux-mêmes.....</b>	<b>59</b>
<b>Tableau 3.12 : comparaison entre le profit total pour les deux parties .....</b>	<b>61</b>

## Introduction générale :

Aujourd'hui les entreprises industrielles évoluent dans un environnement très concurrentiel et très compétitif. Les industriels sont toujours sollicités à innover en optimisant l'organisation de leurs entreprise à prendre les bonnes décisions au bon moment.

Dans l'économie actuelle, presque tous les produits doivent passer par une série de déplacements entre un lieu de production quelconque, des dépôts et des consommateurs. Ces déplacements enchaînent des coûts.

La réduction des coûts de revient est un problème auquel sont confrontés de nombreuses entreprises, cette minimisation du coût se fait par la minimisation des charges parmi ces charges : la réduction des prix des quantités de matières premières, l'optimisation de l'utilisation des équipements, l'utilisation optimal des ressources et la réduction des coûts de transport ,....etc.

Dans ce travaille on s'intéresse au problème du transport au sein d'un réseau de distribution, ce problème est un problème complexe qui permet d'attirer l'attention de monde car il est applicable dans un contexte réel.

Cette notion de transport dans les réseaux de distribution demeure une problématique qui s'intéresse plusieurs chercheurs.

Donc la diminution de coût de transport dépend de la distance à parcourue et de la quantité transportée c'est pour cela qu'il faut bien adapter le moyen de transport le plus rentable.

Notre défi dans ce travail est de déterminer le choix de moyen de transport en fonction de la demande au niveau de chaque centre de distribution qui permet de minimise le coût de transport dans le réseau tout en assurant la satisfaction des commandes clients.

## **Chapitre 1 : Chaîne logistique et réseaux de distribution**

<b>1.1. Introduction .....</b>	<b>08</b>
<b>1.2. La chaîne logistique (Supply Chain –SC .....</b>	<b>08</b>
<b>1.1.1. Définition de la chaîne logistique (Supply Chain –SC) .....</b>	<b>08</b>
<b>1.2.2. Processus principaux de la chaîne logistique.....</b>	<b>09</b>
<b>1.2.3. Les flux de la chaîne logistique .....</b>	<b>10</b>
<b>1.2.3.1. Le flux d’information .....</b>	<b>11</b>
<b>1.2.3.2. Le flux physique .....</b>	<b>11</b>
<b>1.2.3.3. Le flux financier .....</b>	<b>11</b>
<b>1.2.4. Les fonctions de la chaîne logistique .....</b>	<b>11</b>
<b>1.2.4.1. L’approvisionnement .....</b>	<b>12</b>
<b>1.2.4.2. La production .....</b>	<b>12</b>
<b>1.2.4.3. Le stockage .....</b>	<b>12</b>
<b>1.2.4.4. Distribution et transports .....</b>	<b>13</b>
<b>1.2.4.5. Le processus vente .....</b>	<b>13</b>
<b>1.3. La distribution .....</b>	<b>13</b>
<b>1.3.1. Le canal de distribution .....</b>	<b>14</b>
<b>1.3.2. Le circuit de distribution .....</b>	<b>15</b>
<b>1.3.3. Réseau de distribution .....</b>	<b>16</b>
<b>1.4. La gestion des stocks au niveau d’un réseau de distribution .....</b>	<b>18</b>
<b>1.4.1. Le sur –stockage .....</b>	<b>19</b>
<b>1.4.2. La rupture de stock .....</b>	<b>19</b>
<b>1.5. Le transport dans les réseaux de distribution .....</b>	<b>19</b>
<b>1.5.1. Les modes de transport .....</b>	<b>20</b>
<b>1.5.1.1. Le transport ferroviaire .....</b>	<b>20</b>
<b>1.5.1.2. Le transport maritime .....</b>	<b>21</b>
<b>1.5.1.3. Le transport routier.....</b>	<b>22</b>
<b>1.5.1.4. Le transport aérien .....</b>	<b>23</b>
<b>1.6. Conclusion .....</b>	<b>24</b>





## 1.1. Introduction

Le progrès technologique et la concurrence actuelle des entreprises exigent l'amélioration continue des biens et des services aux seins d'une chaîne logistique. Dans ce cadre plusieurs entreprises tentent a externalisé leur fonction comme la livraison gratuite, le service après-vente...etc. toute en minimisant le cout de dépense. C'est pour cette raison que dernières décennies, la chaîne logistique ont incitée de plus de chercheur a le développé.

Dans ce chapitre, nous établissons une définition de la chaîne logistique Nous nous intéressons aussi aux quelques Structures possibles et fonctions de la chaîne logistique, ainsi nous avons bien présenté les concepts relatifs aux réseaux de distribution et la gestion de stock au niveau d'un réseau de distribution.

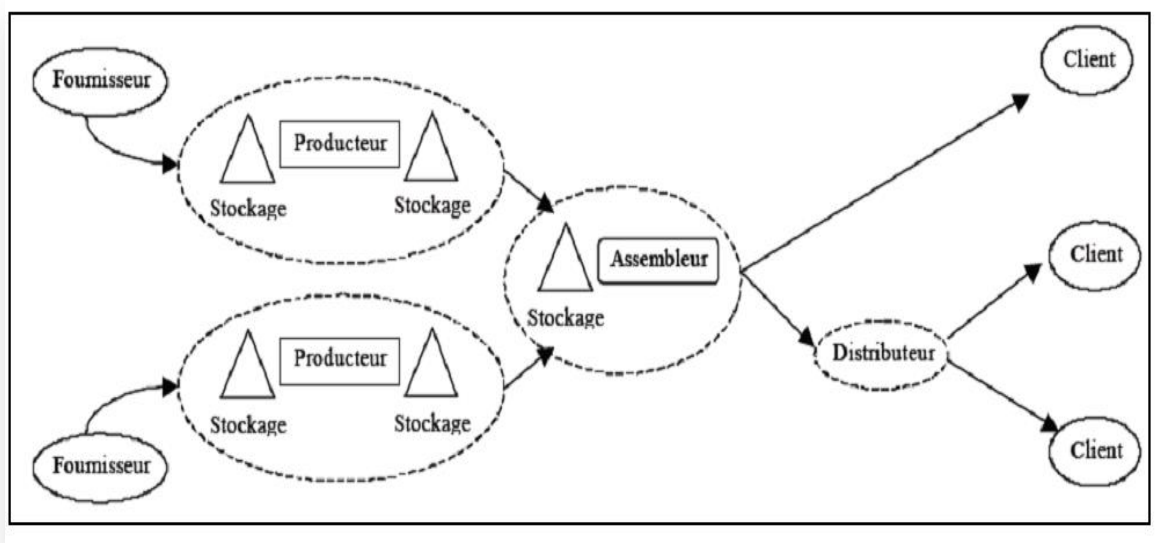
## 1.2.La chaîne logistique (Supply Chain –SC)

### 1.2.1. Définition de la chaîne logistique (Supply Chain –SC)

Une chaîne logistique est un réseau d'organisations qui contribuent aux différents processus et activités, à travers les interactions en amont et en aval, apportant une valeur ajoutée sous la forme de produits et de services pour les clients finaux. D'un point de vue conceptuel, une chaîne logistique peut être considérée comme une succession de processus d'approvisionnements, de fabrication, de distribution et de vente d'un produit, depuis le premier des fournisseurs jusqu'au client final. [01]

Une chaîne logistique est donc constituée de fournisseurs, de centres de production, d'entrepôts de stockage, de centres de distribution et de points de vente, le tout traversé par un flux physique qui transforme progressivement les matières premières et composants en produits finis.

Le terme « chaîne logistique » vient de l'anglais Supply Chain qui signifie littéralement « chaîne d'approvisionnement » (**Figure 1.1**).



**Figure 1.1** : Représentation d'une chaîne logistique [02]

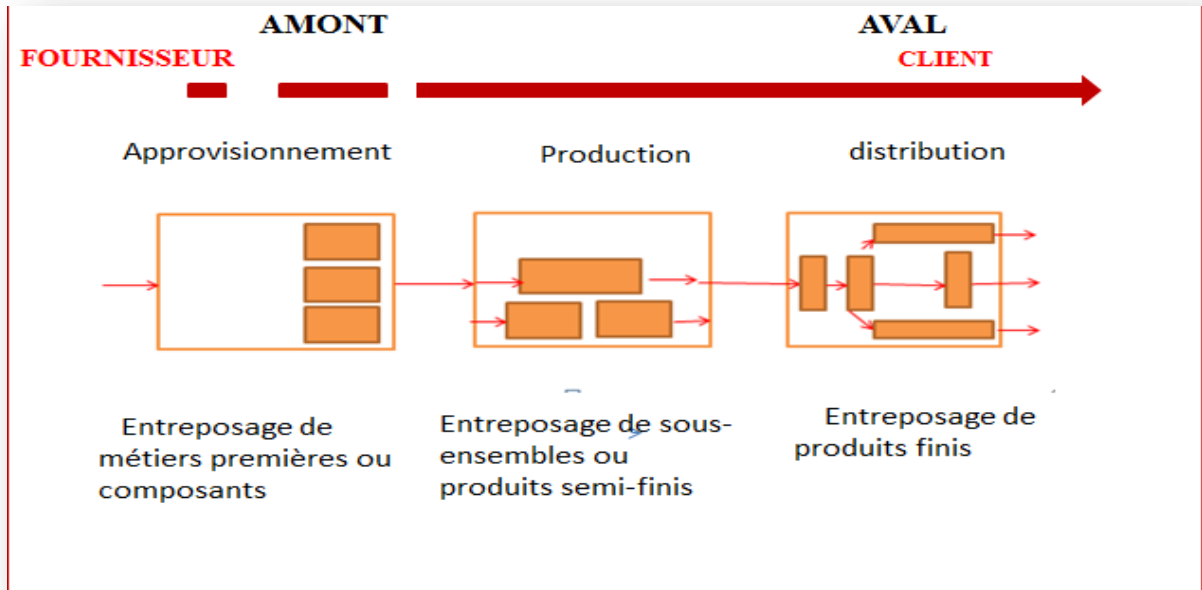
## 1.2.2. Processus principaux de la chaîne logistique

D'une façon plus globale, selon Beamon (1998), on peut distinguer dans une chaîne logistique deux processus de base : (1) un processus amont (processus de production) qui couvre la planification de la production et des approvisionnements, la fabrication et enfin la gestion des stocks et (2) un processus aval (processus de distribution) couvrant la planification et la gestion des réseaux de distribution ainsi que le transport et la livraison des produits finis (*logistic*).

Le premier processus concerne l'approvisionnement, la production de biens ou de services et l'entreposage des matières premières, produits intermédiaires et produits finis au sein de l'entreprise.

Le deuxième processus fixe la manière dont les produits sont acheminés de l'entreprise jusqu'aux détaillants et clients finaux. Ces produits peuvent soit être directement livrés soit transiter par des centres de distribution. Ce processus inclut la gestion d'entrepôt et de dépôt, le transport et la livraison.

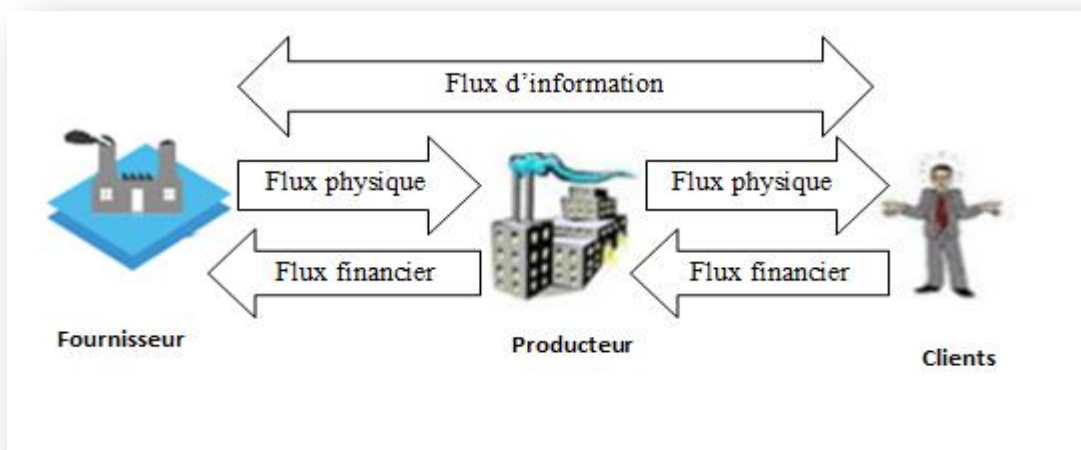
Entre les différents partenaires d'une chaîne logistique, circulent trois catégories de flux : le flux physique ou de marchandises venant de l'amont vers l'aval, le flux financiers venant de l'aval vers l'amont et le flux d'information circulant dans les deux sens. Ce travail de recherche s'intéresse plus particulièrement aux flux d'information [03] (**Figure1.2**).



**Figure1.2 :** Processus principaux de la chaîne logistique

### 1.2.3. Les flux de la chaîne logistique

Nous détaillons ici les trois flux traversant une chaîne logistique : flux d'information, physique et financier (**Figure1.3**).



**Figure1.3 :** Modélisation des flux d'une chaîne logistique

### 1.2.3.1. Le flux d'information

Le flux d'information représente l'ensemble des transferts ou échanges de données entre les différents acteurs de la chaîne logistique. Il s'agit en premier lieu des informations commerciales, notamment les commandes passées entre clients et fournisseurs. Une commande comprend généralement la référence du produit, la quantité commandée, la date de livraison souhaitée et le prix éventuellement négocié lors de la vente. D'autres éléments peuvent s'ajouter à cette liste : la liste des options désirées pour le produit, la fréquence de livraison si besoin, ...

Mais les entreprises s'échangent aussi des informations plus techniques : paramètres physiques du produit, gammes opératoires, capacités de production et éventuellement de transport, informations de suivi des niveaux de stock [04].

Le flux d'information est de plus en plus rapide grâce aux progrès des TIC.

### 1.2.3.2. Le flux physique

Le flux physique est constitué par le mouvement des marchandises transportées et transformées depuis les matières premières jusqu'aux produits finis en passant par les divers stades de produits semi-finis.

Flux physique résulte de la mise en œuvre des diverses activités de manutention et de transformation des produits quel que soit leur état. Le flux physique est généralement considéré comme étant le plus lent des trois flux.

### 1.2.3.3. Le flux financier

Le flux financier concerne toute la gestion pécuniaire des entreprises : ventes des produits, achats de composants ou de matières premières, mais aussi des outils de production, de divers équipements, de la location d'entrepôts, et bien sûr du salaire des employés. Le flux financier est généralement géré de façon centralisée dans l'entreprise dans le service financier ou comptabilité, en liaison toutefois avec la fonction production par les services achats et le service commercial. [05]

## 1.2.4. Les fonctions de la chaîne logistique

Fonctions de la chaîne logistique Ganeshan et Hrisson définissent une chaîne logistique comme étant «le réseau des moyens de production et de distribution qui assurent les tâches

d'approvisionnement en matières premières, la transformation de ces matières premières en produits semi finis et en produits finis, et la distribution de ces produits finis aux clients ».

De la définition ci-dessus on distingue que les fonctions d'une chaîne logistique vont de l'approvisionnement, la production, le stockage, la distribution et la vente.

### **1.2.4.1. L'approvisionnement**

Les matières et les composants approvisionnés constituent de 60% à 70% des coûts des produits fabriqués dans une majorité d'entreprises. Réduire les coûts d'approvisionnement contribue à réduire les coûts des produits finis [06].

Le processus approvisionnement se concentre sur la fourniture de tous les composants nécessaires à la fabrication. Deux grandes phases sont ici à distinguer. La première phase consiste à sélectionner les fournisseurs de l'entreprise.

Le décideur a besoin d'identifier les fournisseurs potentiels à choisir pour alimenter les différentes usines en matières premières, en composants et en produits semi-finis. La seconde phase du processus approvisionnement consiste à passer les commandes des composants à ces fournisseurs en fonction de la production à réaliser.

Il s'agit aussi de vérifier que ces composants sont livrés dans de bonnes conditions. Le processus approvisionnement regroupe ainsi toutes les relations avec les fournisseurs pour assurer les niveaux de stocks en composants nécessaires et suffisants pour la fabrication [07].

### **1.2.4.2. La production**

C'est l'étape principale de la chaîne logistique qui consiste à donner naissance à des produits ou services à partir de matières premières. Le processus de production doit garantir et assurer une productivité pendant la phase de fabrication.

Les méthodes utilisées pour la gestion de la production cherchent à améliorer le flux des produits dans les ateliers de fabrication à travers la planification et l'ordonnancement, la détermination de la taille optimale des lots de production, la détermination des séries économiques [08].

### **1.2.4.3. Le stockage**

Le stockage inclut toutes les quantités stockées tout au long du cycle d'exploitation de l'entreprise (le stock de matières premières, le stock des composants, les stocks des en-cours et

finalement le stock des produits finis). Ici aussi se pose la question de l'équilibre à trouver entre une meilleure réactivité et la réduction des coûts. [09]

### 1.2.4.4. Distribution et transports

Processus qui intervient tout le long de la chaîne, en commençant par le transport des matières premières, a celui des composants entre les différentes usines, aux centres de stockage pour terminer dans des centres de distribution et finir par la livraison aux clients.

La distribution est généralement un élément intermédiaire d'une filière économique chargée du financement, du stockage, de la promotion et de l'acheminement des produits aux commerçants. La distribution englobe toutes les activités prenant en charge les commandes clients et leur livraison. Il inclut la gestion de la commande (entrée de commande et traitement), la gestion du transport et la livraison aux clients et reprend les questions d'optimisation des réseaux de distribution : l'organisation et le choix des moyens de transport, le choix du nombre d'étages (ou d'intermédiaires) dans le réseau de distribution ainsi que le positionnement des entrepôts et leur mode de gestion [10]

### 1.2.4.5. Le processus vente

Etape ultime à l'écoulement du produit fini assigné généralement à un service commercial qui se charge essentiellement à développer des relations envers le client (négociation des prix et des délais, enregistrement des commandes, ...) et par extension, recherche une meilleure connaissance du marché. [09]

## 1.3.La distribution

La distribution : c'est l'ensemble des moyens et opérations qui permettent d'acheminer une marchandise d'un point à un autre point en quantité suffisants, avec le choix requis, au bon moment.

Cette action se réalise soit à travers les centres de distribution soit directement des stocks des produits finis vers les clients.

Selon DIOUX ET DUPUIS (2009) la distribution est le chemin suivi par un produit ou un service, depuis la production jusqu'à la consommation, en regroupant l'ensemble des personnes ou des entreprises que l'on appelle les intermédiaires. Ces derniers constituent les éléments de base du canal de distribution de l'entreprise.

La distribution fait appel à plusieurs fonctions selon la nature de produit et le mode de livraison adopté.

On peut les classer comme suit: canal de distribution, circuit de distribution, réseau de distribution.

### 1.3.1. Le canal de distribution

C'est une voie d'acheminement de bien de même nature pour aller du producteur au client final.

#### ➤ les types de canaux de distribution

a) **Ultra court (direct)** : il se caractérise par l'absence de tous les intermédiaires indépendants entre le producteur et le consommateur donc il permet d'acheminer de la marchandise directement du producteur aux clients (**Figure 1.4**).

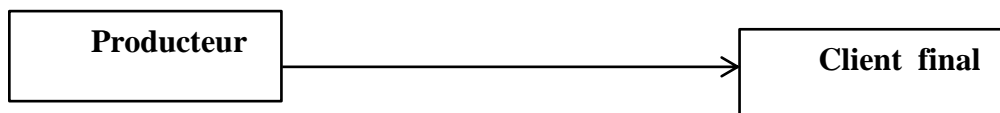


Figure 1.4 : canal ultra court

b) **Canal court** : qu'il nécessite un seul intermédiaire entre le producteur et le client final (**Figure 1.5**).



Figure 1.5: canal court



c) **Canal long** : c'est une configuration où il y a plusieurs intermédiaires permettant d'acheminer consécutivement le produit au client (**Figure 1.6**).

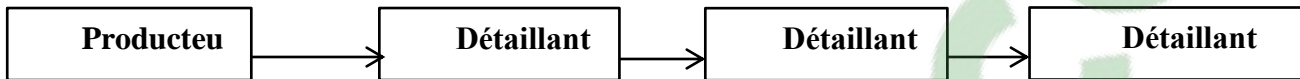


Figure 1.6 : canal long

### 1.3.2. Le circuit de distribution :

Le circuit de distribution se compose de l'ensemble des chemins (ou canaux)

Parcourus par un produit ou par une catégorie de produits (gamme) pour arriver au consommateur final [11] (**Figure 1.7**).

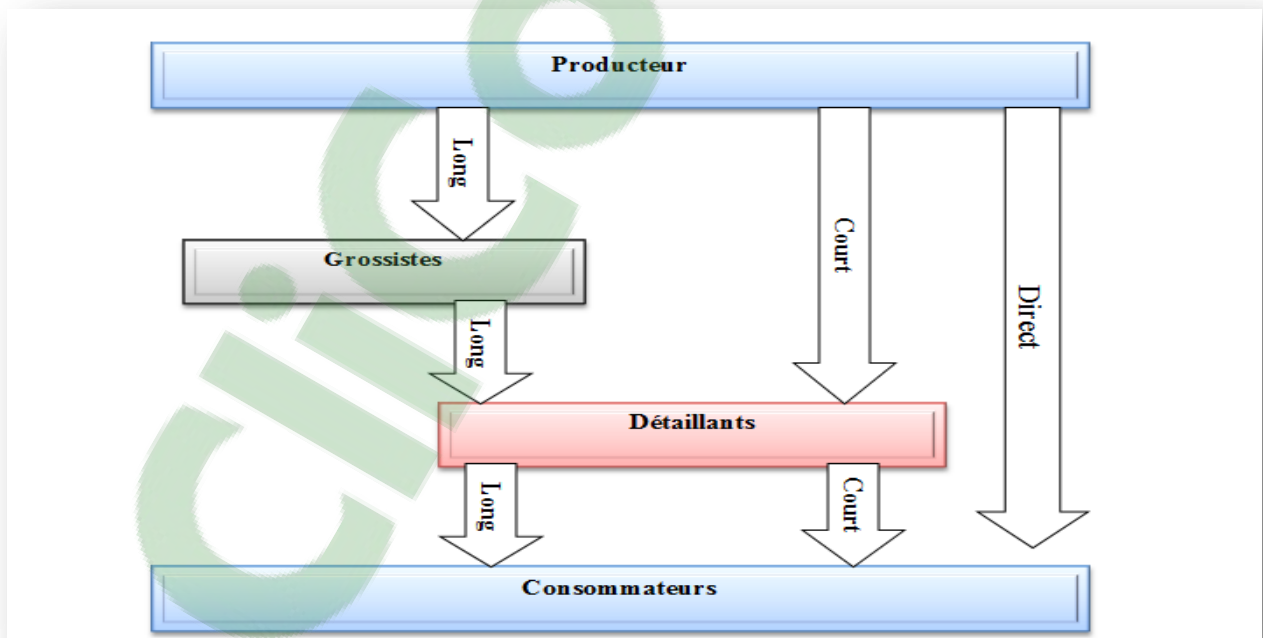


Figure 1.7 : Le circuit de distribution

## 1.3.3. Réseau de distribution

Un réseau de distribution est un système qui assure la distribution entre plusieurs acteurs (fournisseurs, usines, grossiste, entrepôts, détaillant...etc.), dispersés géographiquement sur des zones et reliés par des liaisons routière, ferroviaire ou aérien permettant d'acheminer les produits ou services du producteur aux consommateurs en utilisant un moyen de transport et une gestion de stock particulière (figure 1.8).

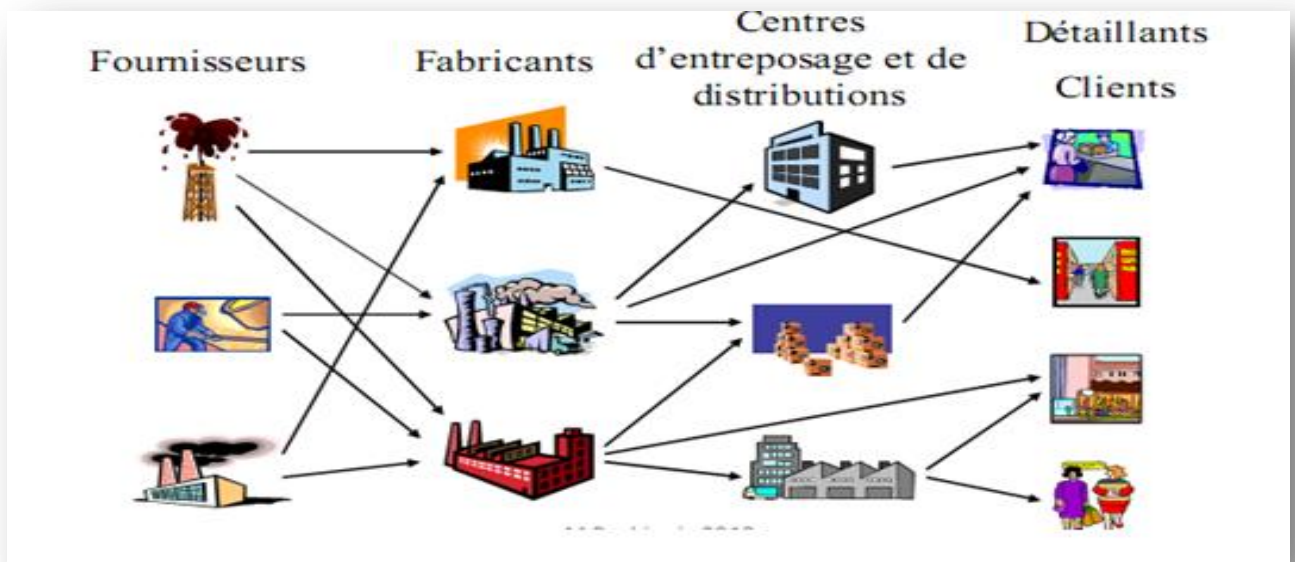
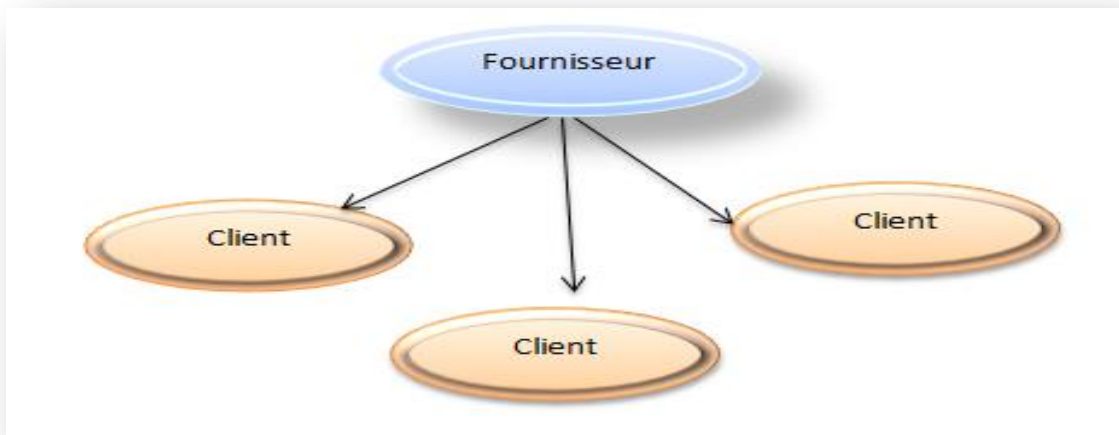


Figure 1.8: Réseau de distribution

La distribution des produits peut se faire de différentes configurations

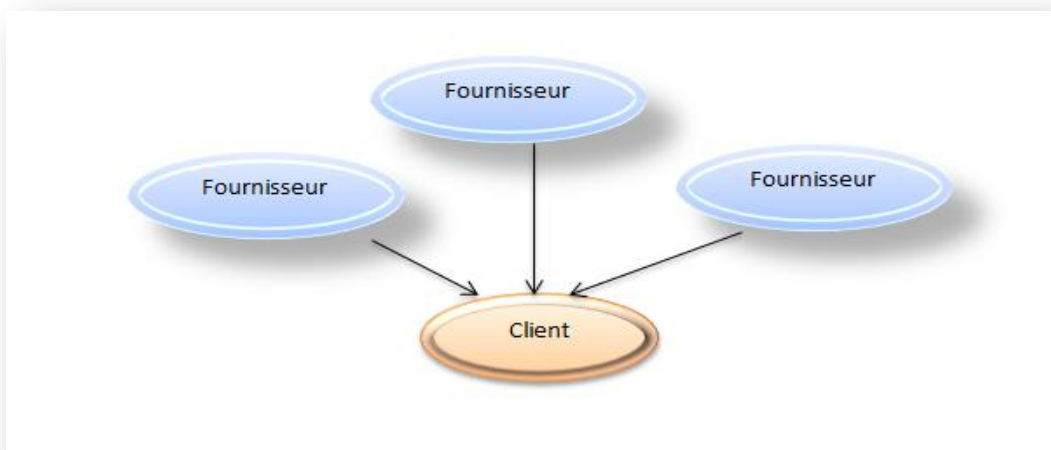
- **Divergente** : si un fournisseur alimente plusieurs clients ou un réseau de magasins. (Figure 1.9)



**Figure 1.9:** Divergente

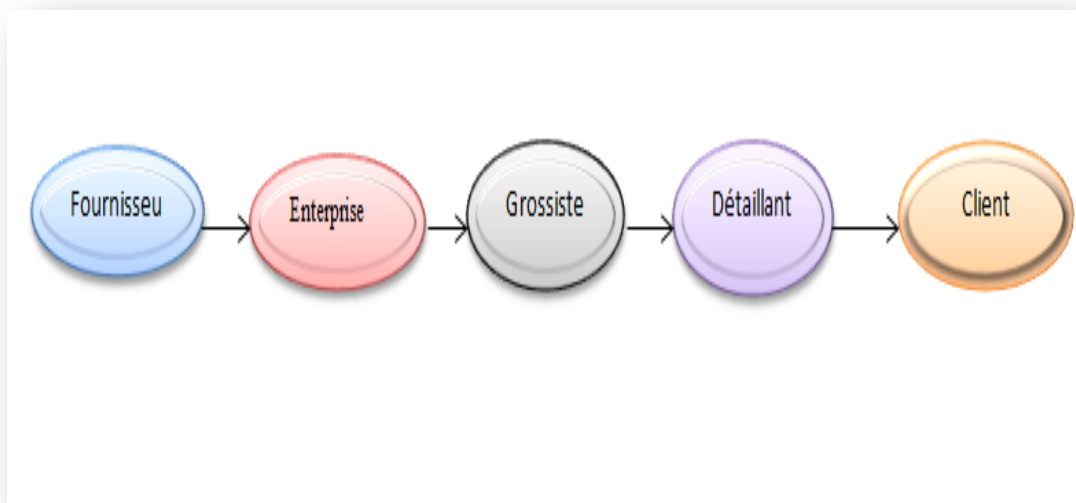
- **Convergente** : si un client est alimenté par plusieurs fournisseurs de différents réseaux de distribution. Cette structure est également présente dans les réseaux d'assemblage.

(Figure 1.10)



**Figure 1.10 :** Convergente

- **Séquentielle ou linéaire** : cette configuration est utilisée lorsqu'on effectue des visites uniques entre un client et un fournisseur ou lorsque le transfert s'effectue par un seul intermédiaire (**Figure 1.11**).



**Figure 1.11** : Séquentielle ou linéaire

### 1.4 La gestion des stocks au niveau d'un réseau de distribution

Un stock est une quantité de biens ou d'articles mis en réserve pour une utilisation future. Le stock est utilisé soit pour faciliter ou pour assurer la continuité de la production, soit pour satisfaire une demande intérieure formulée par l'un des services de l'entreprise, dans ce cas, on parle de stocks de matières premières, de fournitures ou de produits intermédiaires, ou alors pour assurer une demande extérieure provenant des clients (stocks de produits finis).

On peut dire que les stocks sont utiles et nécessaires pour assurer le bon fonctionnement de l'entreprise. [12]

Son objectif est de gérer les articles disponibles dans l'entreprise pour répondre aux besoins des clients. Ces besoins seront à satisfaire au bon moment, dans les bonnes quantités et d'une manière permettant la bonne utilisation du stock.

la gestion des stocks au niveau d'un réseau de distribution consiste à avoir suffisamment de marchandises en stock afin de pouvoir satisfaire le plus grand nombre de clients possible tout en évitant d'avoir trop de marchandises en stock, ce qui entraîne inévitablement une augmentation des coûts.

Donc une mauvaise gestion des stocks peut compromettre sérieusement les activités d'une entreprise à court-terme pour cela il faut trouver un compromis entre le niveau de stock (produit en sur stockage) et la satisfaction des clients (produit en rupture) afin de maximiser l'efficacité de l'entreprise.

**1.4.1 Le sur –stockage :** La création d'un stock se produit lorsque l'arrivée des marchandises est plus élevée que la sortie des marchandises.

**1.4.2 La rupture de stock :** elle, se produit lorsque les sorties de marchandises excèdent les entrées (la rupture de stock) donc la rupture du stock est la non capacité de satisfaire un besoin à l'aide du stock

### 1.5 Le transport dans les réseaux de distribution

Le transport, maillon indispensable de la chaîne logistique, assure la liaison entre les différents étages du système logistique, de l'approvisionnement à la distribution (fournisseurs-usines, inter-usines, usines-entrepôts et entrepôts-clients). Donc la fonction de transport au niveau d'un réseau de distribution consiste à préciser les destinations de distribution d'un entrepôt central vers un ensemble de clients mettant à disposition le bon produit, au bon endroit, au bon moment et au moindre coût.

Les entreprises exportatrices choisissent leur mode de transport en fonction du coût, du délai et de la sécurité. D'autres critères tels que la nature du produit, la qualité et le pays de l'acheteur détermineront le choix du mode de transport principal.

Alors Le transport de marchandises est une activité économique qui comprend tout mouvement de marchandises à bord d'un mode de transport qui peut être, ferroviaire, maritime, routier, aérien.

## 1.5.1. Les modes de transport

### 1.5.1.1. Le transport ferroviaire

Le transport ferroviaire s'effectue sur des voies ferrées, ce qui comprend: le train, le métro et le tramway.

il est considéré comme un mode de transport durable.



#### ❖ Les avantages et les inconvénients du transport ferroviaire

##### a) Les avantages

- Gros volumes
- Prix compétitifs [13]

##### b) Les inconvénients

- Temps de transit plus longs
- Taux d'avaries plus élevés [13]

## 1.5.1.2. Le transport maritime

Le transport maritime consiste à déplacer des marchandises ou des personnes pour l'essentiel par voie maritime. Ce mode de transport est le plus important pour le transport de marchandises (marine marchande)

Ce type de transport nécessite comme une moyenne de transport les bâtons.



### ❖ Les avantages et les inconvénients du transport maritime

#### a) Les avantages

- Peu polluant
- Alternative à la route bénéficiant de mesures politiques et légales incitatives
- Convient aux longues distances [13]

#### b) Les inconvénients

- Besoins de manutention et ruptures de charge
- Dépendance vis-à-vis de la route pour la partie finale du transport [13]

## 1.5.1.3. Le transport routier

Le transport routier est une activité réglementée de transports terrestres, qui s'exerce sur la route. Elle englobe à la fois le transport routier de personnes, le transport routier de marchandises...etc.

Dans ce type de transport nous utilisons les camions, les voitures.



### ❖ **Les avantages et les inconvénients du transport routier :**

#### a) Les avantages

- Moyen de transport direct
- Moins de manutention
- Flexibilité
- Délais de transit plus courts [13]

#### • Les inconvénients :

- Restriction sur les temps de conduite
- Saturation des infrastructures
- Moyen de transport polluant
- Pas recommandé pour les longues distances
- Augmentation des restrictions légales
- Prix moins compétitifs [13]



## 1.5.1.4. Le transport aérien

Le transport aérien est une activité économique et règlementée qui regroupe toutes les opérations de transport de marchandises de toutes sortes. Il est caractérisé par sa rapidité, par son niveau de sécurité, par sa régularité et sa fiabilité.



### ❖ **Les avantages et les inconvénients du transport aérien**

#### a) Les avantages

- Rapidité et adaptation : Pour les produits périssables, animaux...
- Sécurité pour la marchandise
- Régularité et fiabilité du transport
- Emballage peu coûteux
- Frais financiers et de stockage moindres : Adapté aux flux tendus
- Nombreuses zones géographiques desservies
- Avantage du Poids/Volume pour le tarif [14]

#### b) Les inconvénients

- Prix élevé
- Rupture de charges
- Saturation des infrastructures
- Gène des populations riveraines / survolées
- Consommation de kérosène ressource non renouvelable

- Pollution : Emission gazeuses (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>)
- Interdit à certains produits dangereux [14]

Le but de transport est l'acheminement d'un produit jusqu'à la bonne destination, dans les délais adéquats et en minimisant ses couts de transport.

### 1.6. Conclusion

Dans ce chapitre Tout d'abord, nous avons parlé de tout ce qui concerne la chaîne logistique  
Ensuite, nous avons étudié ce qu'on appelle la distribution et nous avons focalisé surtout sur le transport dans les réseaux de distribution.

ClicCours.com









## **Chapitre 2 : Présentation de l'entreprise formulation du problème**

<b>2.1</b>	<b>Introduction.....</b>	<b>25</b>
<b>2.2</b>	<b>Présentation de l'entreprise.....</b>	<b>25</b>
<b>2.2.1</b>	<b>Chaine de production LIT-MAG .....</b>	<b>25</b>
<b>2.2.2</b>	<b>La structure de l'entreprise .....</b>	<b>26</b>
<b>2.2.3</b>	<b>Le réseau de distribution LIT-MAG .....</b>	<b>27</b>
<b>2.3</b>	<b>Description du problème .....</b>	<b>29</b>
<b>2.4</b>	<b>Problématique .....</b>	<b>29</b>
<b>2.4.1</b>	<b>Hypothèses .....</b>	<b>30</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Formulation du problème .....</b>	<b>31</b>
<b>2.4.3</b>	<b>Notations dans le système .....</b>	<b>31</b>
<b>2.4.4</b>	<b>Modélisation de problématique .....</b>	<b>32</b>
<b>2.4.4.1</b>	<b>partie01 : multi produit-sans échange .....</b>	<b>32</b>
<b>2.4.4.2</b>	<b>partie02: multi produit-avec échange .....</b>	<b>36</b>
<b>2.5</b>	<b>Conclusion .....</b>	<b>38</b>



## 2.1.Introduction

La plupart des marchés sont aujourd'hui saturés et la concurrence est extrêmement rude entre les entreprises proposant des services/produits similaires. La compétitivité d'une entreprise passe donc aujourd'hui plus que jamais par sa capacité d'innover et de proposer de nouvelles méthodes lui permettant de faire face à cette concurrence et, surtout, d'en sortir gagnante.

Ce travail est divisé en deux parties : La première partie contient la présentation globale de l'entreprise et dans la deuxième partie nous allons faire une description détaillée de la problématique.

## 2.2. Présentation de l'entreprise

L'entreprise LIT-MAG (Literie Maghrébine) est une société spécialisée dans le domaine de la literie. Située à Tlemcen Algérie. Dotée d'une capacité de production de 400 matelas/ jour et d'un effectif de 110 employés. L'entreprise LIT-MAG est dédiée à la fabrication des matelas de différentes dimensions, ainsi que les oreillers et les couettes.

Une fois réalisation des produits ces derniers son envoyé vers des centres de distributions en respectant la demande de chaque centre et en utilisant un moyen de transport adapté à la quantité livré.

L'entreprise LIT-MAG est constituée de deux compartimente concaténés, le premier concerne l'atelier de production et le deuxième le réseau de distribution.

### 2.2.1. Chaîne de production LIT-MAG

Les produits réalisés par l'entreprise sont classés en trois catégories : une famille de matelas, une seconde famille qui contient : couette, draps et couvre lit et enfin la famille des oreillers et traversins. Dans la famille des matelas, on trouve une large variété de produits (matelas en mousse souple, matelas en mousse avec une grande résistance ou matelas injectés mousse et ressort) et une diversification de dimension. Ça peut aller d'un simple matelas pour bébé, au matelas deux places avec plusieurs dimensions [15]

La famille des couettes, draps et couvre lit est une spécialité très récente de l'entreprise. Elle consiste en la fabrication des couettes d'une et deux places, dans des formats multiples ainsi

que de voiles de rideaux et couvre-lits haut de gamme à dimensions multiples. Et enfin la production comprend la famille des oreillers et traversins de différentes dimensions

La réalisation de tels produits nécessite un certain nombre de matières premières comme : fils d'acier, colle, fil à coudre, tissu, ouate, ruban, fibre, grise, plastique d'emballage, produits chimiques...plus un savoir-faire des employés [15].

### 2.2.2. La structure de l'entreprise

L'unité de production de l'entreprise literie Maghrébine est constituée principalement de trois zones telles qu'il est présenté par la figure suivante :

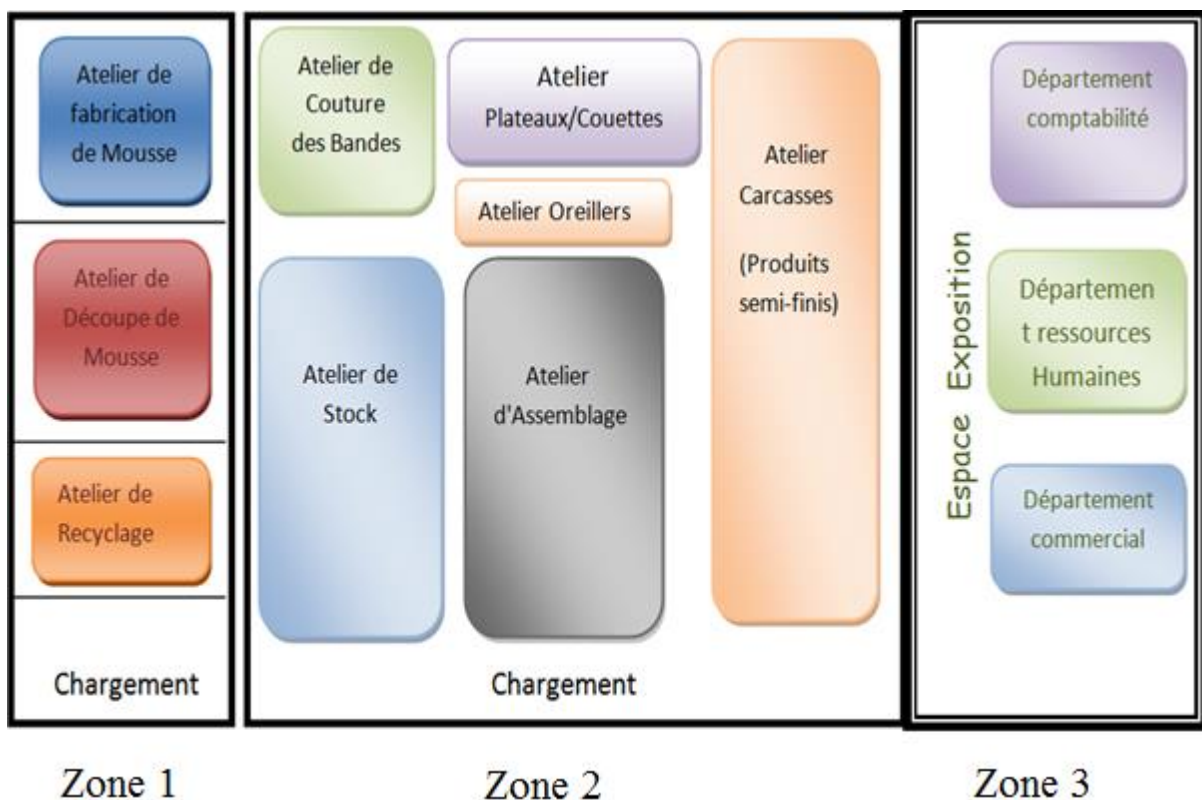


Figure 2.1 : structure de l'entreprise [15].

### 2.2.3. Le réseau de distribution LIT-MAG

Le réseau de distribution LIT-MAG (Literie Maghrébine) est constitué d'un entrepôt central situé à Tlemcen, et plusieurs centres de distribution localisés aux plusieurs wilayas sur le territoire national (Oran, Blida, Alger1, Alger2, Annaba), ces derniers sont séparé par des distances géographiques (**Figure11**).

Chaque centre à sa propre demande sur une variété de produits donnés.

Le produit passe par plusieurs étapes avant d'arriver au client final. Les centres de distribution alimentent des grossistes dans la région où chaque grossiste est connecté à un groupe de détaillants et chaque détaillant est connecté à un groupe de clients finaux,

Quand une commande est reçue à l'entreprise, les marchandises requises sont chargés dans des moyens de transport

Chaque moyen de transport visite un seul client et revient à l'entreprise.

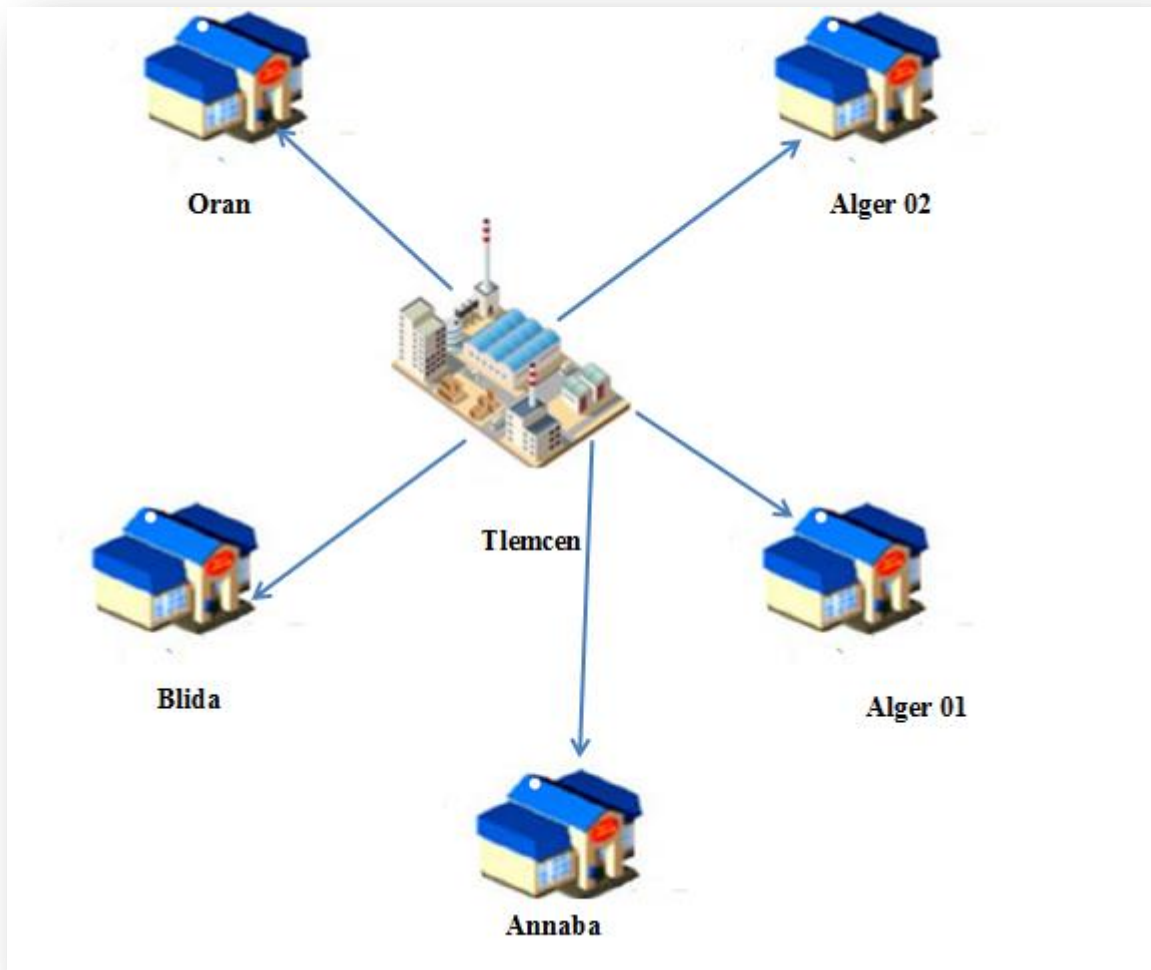
Voici une carte géographique des différentes villes de réseau de distribution de LIT-MAG



**Figure 2.2:** une carte géographique représente les différentes villes de réseau de distribution de LIT-MAG

## Chapitre II : Présentation de l'entreprise et formulation du problème

La distribution des produits vers les différentes entrepôts s'effectue tous les jours et pour un seul centre à la fois. Comme le montre la figure suivante :



**Figure 2.3:** le réseau de distribution de l'entreprise LIT-MAG

### 2.3. Description du problème

Notre problème réside principalement au sein d'un réseau de distribution composé d'un entrepôt central et plusieurs centres de distribution, ces derniers sont séparés par des distances géographiques.

Dans ce travail, nous allons résoudre le problème du transport et de livraison dans ce réseau de distribution ou Chaque centre à sa propre demande sur une variété de produits donnés.

L'objectif de notre travail est de trouver la meilleure distribution des produits au bon moment et dans les meilleures conditions qui minimise le coût de transport tout en satisfaisant la demande des clients.

### 2.4. Problématique

Comme mentionné précédemment notre problème consiste à la minimisation du coût de transport dans un réseau de distribution composé d'un entrepôt central et plusieurs centres de distribution identifié par leurs zones de localisation située sur le territoire algérien.

Plus clairement, nous allons étudier un entrepôt central et trois centres de distribution (Entrepôt 01, Entrepôt 02, Entrepôt03) ou Chaque centre à sa propre demande sur une variété de produits donnés.

Notre problème est constitué de deux parties:

La première partie concerne la distribution et la livraison des produits de l'entrepôt central vers les centres de distribution (Entrepôt 01, Entrepôt 02, Entrepôt03) et la deuxième partie concerne les échanges des produits entre le centre de distribution eux-mêmes.

Dans la première partie nous allons traiter deux cas:

Le premier cas chaque moyen de transport a la possibilité de transporter un seul type de produit.

Le second cas chaque moyen de transport a la possibilité de transporter les deux types de produits en même temps.

## Chapitre II : Présentation de l'entreprise et formulation du problème

---

Plus précisément le premier cas concerne la distribution et la livraison des produits de l'entrepôt central vers les centres de distribution (Entrepôt 01, Entrepôt 02, Entrepôt03) en utilisant deux camions de différentes capacités et de deux produits différents (produit1, produit2) ou chaque camion transporté un seul type de produit et le second cas aussi concerne la distribution et la livraison des produits de l'entrepôt central vers les centres de distribution (Entrepôt 01, Entrepôt 02, Entrepôt03) en utilisant deux camions de même capacité et de deux produits différents mais dans ce cas chaque camion peut transporter les deux types de produits en même temps.

Puis dans la deuxième partie nous allons proposer une amélioration pour la gestion de stock par l'échange des produits entre les centres de distribution (Entrepôt 01, Entrepôt 02, Entrepôt03) eux-mêmes

Donc notre but dans ce travail est double d'un côté en proposant l'utilisation des moyens de transport ont la possibilité de transporter différents types de produits entre l'unité de production et les différents centres de distribution puis en chaîne vers d'autre part qui concerne les échanges des produits entre les centres de distribution eux-mêmes. Tout en minimisant le coût de transport et en assurant la satisfaction des clients.

### 2.4.1. Hypothèses

Dans notre problème nous situons dans le cadre multi-produit (en prend deux produits différents p1 et p2), où les marchandises stockées par les distributeurs sont de différents types.

Dans notre modèle nous avons supposé que:

- Les quantités de produit initial de tous les centres sont nulles.
- L'entrepôt central a une capacité infinie (peut satisfaire tous les ordres des centres de distribution).
- les produits livrés sont de différents types
- La période de livraison est la même pour tous les centres de distribution.
- le coût de transport dépend de la distance parcourue.

### 2.4.2. Formulation du problème

les quantités commandées  $X(j, p)$  de l'entrepôt ( $j$ ) vers l'unité de production qui est utilisée pour satisfaire la demande local  $D(j, p)$  en utilisant un nombre fini de moyen de transport( $k$ ) notée  $N(j, k)$  qui a une capacité ( $cap$ ) et un cout de transport  $C(j, k, p)$ .

Notre problématique est constitué de trois cas tel que :

➤ **Premier cas**

La quantité livrée  $X(j, p)$  est égale à la demande  $D(j, p)$  ou le centre est en parfait équilibré.

➤ **Deuxième cas**

La quantité livrée  $X(j, p)$  est supérieure à la demande  $D(j, p)$  ou le centre est face à une situation de sur-stockage avec une quantité  $Q_s(j, p)$  en stock ou chaque article stocké est valorisé par un cout de stockage  $H(j, p)$ .

➤ **Troisième cas**

La quantité livrée  $X(j, p)$  est inférieure à la demande  $D(j, p)$  ou le centre est face à une situation de rupture de stock avec une quantité  $Q_r(j, p)$  et un cout de rupture  $R(j, p)$ .

### 2.4.3. Notations dans le système

- $j$  : l'ensemble des entrepôts.
- $k$  : l'ensemble des camions.
- $p$  : l'ensemble des produits.
- $Q_{r1}(j, p)$  : la quantité des articles en rupture avant l'approvisionnement pour le produit ( $p$ ).
- $Q_{s1}(j, p)$  : la quantité des articles de sur-stockage avant l'approvisionnement pour le produit ( $p$ ).
- $Q_{r2}(j, p)$  : la quantité des articles en rupture après l'approvisionnement pour le produit ( $p$ ).

## Chapitre II : Présentation de l'entreprise et formulation du problème

---

- $Qs_2(j, p)$  : la quantité des articles de sur-stockage après l'approvisionnement pour le produit (p).
- $Q_t(p, j, j')$  : la quantité des produits transportés d'un entrepôt à un autre.
- $C(j, k, p)$  : le coût de transport de l'usine à l'entrepôt (j) par le camion (k) pour le produit (p).
- $N(j, k, p)$  : le nombre de camion (k) pour le produit (p).
- $H(j, p)$  : le cout de sur-stockage par article par période (semaine) pour le produit (p).
- $k_1$  : l'ensemble de camion entre les entrepôts eux même.
- $Cout$  : le cout de transport entres les entrepôts.
- $X(j, p)$  : la quantité transportée de l'usine à l'entrepôt (j) pour le produit (p).
- $D(j, p)$  : la demande de l'entrepôt (j) pour le produit (p).
- $Cap(k)$  : la capacité de camion (k).
- $Cap_1$  : la capacité de camion ( $k_1$ ).
- $R(j, p)$  : le cout de rupture par article par période pour le produit (p).
- $Pa(p)$  : prix d'achat pour le produit (p).
- $Pv(p)$  : prix de vente pour le produit (p).
- Les variables de décision :  $Qs_1(j, p)$ ,  $Qr_1(j, p)$ ,  $Qr_2(j, p)$ ,  $Qs_2(j, p)$ ,  $X(j, p)$ .

### 2.4.4. Modélisation de problématique

#### 2.4.4.1 ,partie01 : multi produit-sans échange

❖ **le premier cas:** Modélisation de problématique avec deux camion de diffèrent capacité et de deux produit diffèrent où chaque camion transporté un seul type de produit.

Le modèle mathématique est constitué d'une fonction objective donnée par l'équation

III-1.1.cette dernière permet de maximiser le profit en tenant compte le cout de transport, le cout de sur-stockage et le cout de rupture.



➤ **La fonction objective**

$$\begin{aligned}
 \text{Max } Z. = & \sum_p \sum_j D_{jp} * (Pv_p - Pa_p) - \left( \sum_p \sum_j \sum_k (C_{jP}^K * N_{jkp} + \sum_j \sum_P H_{jp} * Qs2_{jp} \right. \\
 & \left. + \sum_j \sum_p R_{jp} * Qr2_{jp}) \right) \quad \text{III - 1.1}
 \end{aligned}$$

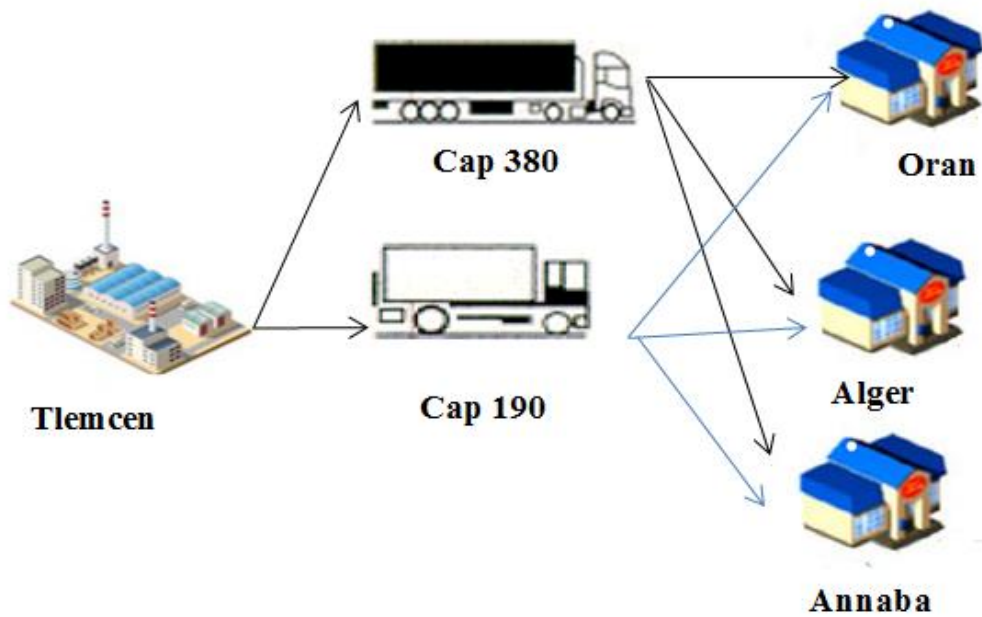
➤ **Les contraintes**

$$X_{jP} = \sum_k Cap_{kp} * N_{jkp} \quad \forall_j \forall_p \quad \text{III - 1.2}$$

L'équation III-1.2 assure que la quantité transportée pour chaque type de produit égale la capacité de camion utilisé.

$$X_{jp} + Qs1_{jp} - Qr1_{jp} - Qs2_{jp} + Qr2_{jp} = D_{jp} \quad \forall_j \forall_p \quad \text{III - 1.3}$$

L'équation III-1.3 assure que : les flux entrant doit égale les flux sortant plus stockage où rupture.



**Figure 2.4** : le réseau de distribution de l'entreprise Lit Mag dans le premier cas

- ❖ **Le deuxième cas:** modélisation de problématique avec deux camions de même capacité et de deux produits différents ou chaque camion peut transporter les deux types de produit en même temps

➤ **La fonction objective**

$$\begin{aligned} \text{Max } Z. = & \sum_p \sum_j D_{jp} * (Pv_p - Pa_p) - \left( \sum_j C_j * N_j + \sum_j \sum_P H_{jp} * Qs2_{jp} \right. \\ & \left. + \sum_j \sum_p R_{jp} * Qr2_{jp} \right) \quad \text{III - 2.1} \end{aligned}$$

➤ **Les contraintes**

$$2 * X_{j,p2} + X_{j,p1} = \text{Cap}_{kp1} * N_j \quad \forall_j \quad \text{III - 2.2}$$

L'équation III-2.2 : assure que Produit 2 est le double du produit 1 en termes de taille et que la quantité transportée des produits égale la capacité de camion utilisé.

$$X_{jp} + Qs1_{jp} - Qr1_{jp} - Qs2_{jp} + Qr2_{jp} = D_{jp} \quad \forall_j \quad \forall_p \quad \text{III - 2.3}$$

L'équation III-2.3 assure que : les flux entrant doit égale les flux sortant plus stockage où rupture.

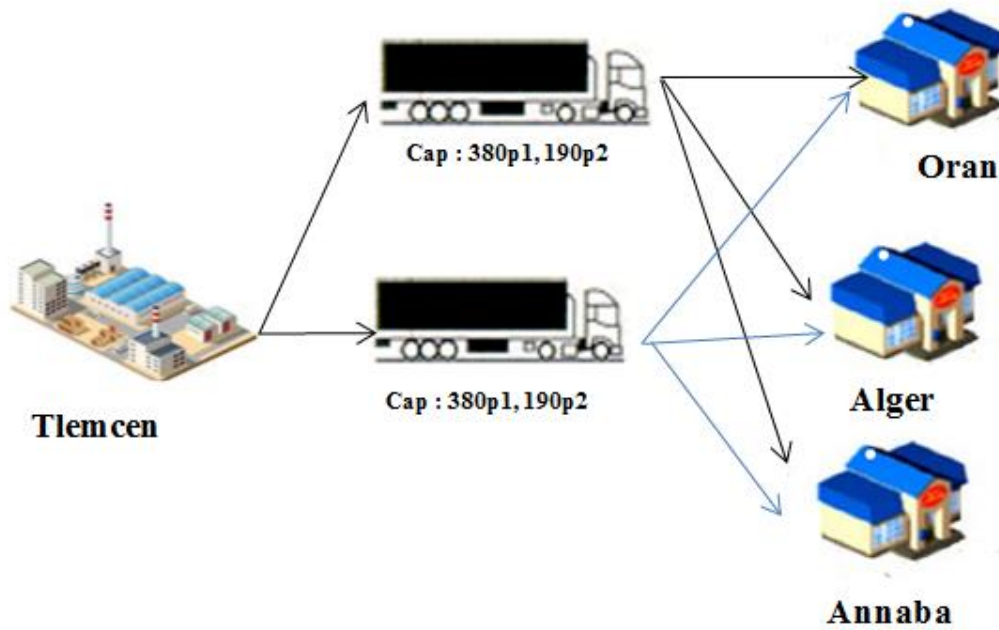


Figure 2.5 : le réseau de distribution de l'entreprise Lit Mag dans le deuxième cas

#### 2.4.4.2. partie02: multi produit-avec échange

Modélisation de problématique par l'échange des produits entre entrepôt

➤ **La fonction objective**

$$\begin{aligned} \text{Max } Z = & \sum_p \sum_j D_{jp} * (Pv_p - Pa_p) - \sum_j C_j * N_j - \sum_j H_{jp} * Qs_{2jp} - \sum_j R_{jp} * Qr_{2jp}) \\ & - \sum_p \sum_j \sum_{j' \neq j} Q_{pj'} * \text{cout} \quad \text{III - 3.1} \end{aligned}$$

➤ **Les contraintes**

$$2 * X_{j,p2} + X_{j,p1} = Cap_{kp1} * N_j \quad \forall_j \quad \text{III - 3.2}$$

L'équation III-3.2 : assure que Produit 2 est le double du produit 1 en termes de taille et que la quantité transportée des produits égale la capacité de camion utilisé.

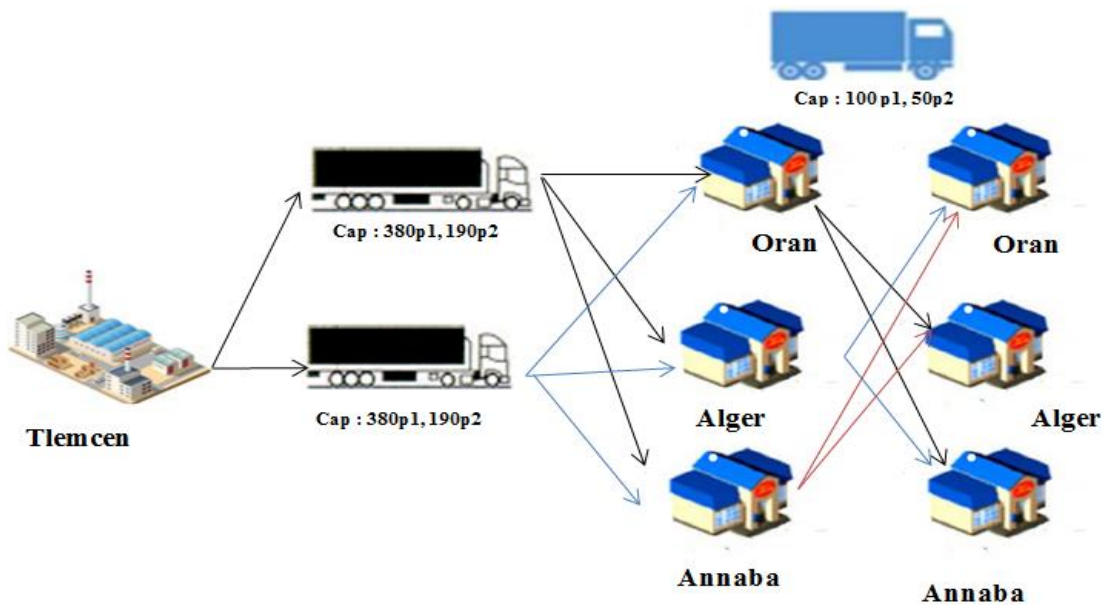
## Chapitre II : Présentation de l'entreprise et formulation du problème

$$2 * Q_{p2jj'} + Q_{p1jj'} = Cap_{p1} \quad \forall_j \forall_{j' \neq j} \quad \text{III} - 3.3$$

L'équation III-3.3 : assure que la quantité transportée des produits entre les entrepôts eux même des produits égale la capacité de camion utilisé.

$$\begin{aligned} X_{j,p} + Qs1_{j,p} - Qr1_{j,p} + \sum_{j1 \neq j} Qt_{pj1} - Qs2_{jp} + Qr2_{jp} - \sum_{j1 \neq j} Qt_{pj1} \\ = D_{jp} \quad \forall_j \forall_p \end{aligned} \quad \text{III-3.4}$$

L'équation III-2.3 assure que : les flux entrant doit égale les flux sortant plus stockage où rupture.



**Figure 2.6 :** le réseau de distribution de l'entreprise Lit-Mag avec les échanges entre les dépôts

### **2.5. Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons donné une vision générale sur l'entreprise literie Maghrébine LIT-MAG en spécifiant son réseau de distribution.

Ensuite on 'a défini notre problématique avec des différentes hypothèses et des paramètres utilisés pour la formulation de notre problème.

## **Chapitre 3 : Evaluation de réseau de transport**

<b>3.1</b>	<b>Introduction .....</b>	<b>37</b>
<b>3.2</b>	<b>Qu'est-ce que LINGO ? .....</b>	<b>37</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Formulez facilement vos problèmes .....</b>	<b>37</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Les éléments d'un modèle LINGO .....</b>	<b>38</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Traduction des notations mathématiques en une syntaxe LINGO .....</b>	<b>42</b>
<b>3.3</b>	<b>Simulation du modèle mathématique .....</b>	<b>43</b>
<b>3.4</b>	<b>Résultats obtenues .....</b>	<b>43</b>
<b>3.4.1</b>	<b>L'étude de la première partie: multi produit sans l'échange entre différents entrepôts.....</b>	<b>44</b>
<b>3.4.1.1</b>	<b>Données du réseau étudié .....</b>	<b>44</b>
<b>3.4.1.2</b>	<b>Résultats de simulation du premier cas .....</b>	<b>51</b>
<b>3.4.1.3</b>	<b>Résultats de simulation du deuxième cas .....</b>	<b>53</b>
<b>3.4.2</b>	<b>Comparaison entre les deux cas.....</b>	<b>56</b>
<b>3.4.3</b>	<b>L'étude de la deuxième partie : multi produit-avec l'échange entre différents entrepôts selon les besoins .....</b>	<b>57</b>
<b>3.4.3.1</b>	<b>Résultat de simulation de la deuxième partie .....</b>	<b>58</b>
<b>3.4.4.</b>	<b>Comparaison entre les deux parties .....</b>	<b>60</b>
<b>3.5</b>	<b>Conclusion .....</b>	<b>61</b>

### 3.1. Introduction

L'objectif principal de ce chapitre est d'évaluer les performances de l'approche proposée dans notre travail d'optimisation donc ce chapitre sera divisé en deux parties: la première partie contient la présentation de logiciel LINGO que nous allons utiliser pour la résolution de notre problématique et la deuxième partie concerne une présentation des résultats obtenus.

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

LINGO est un outil complet conçu pour formuler rapidement, facilement et efficacement les problèmes d'optimisation de modèles linéaires, non linéaires, quadratiques, de cônes du second degré et stochastiques.

LINGO met à votre disposition : un langage puissant et un environnement complet pour construire et éditer vos modèles, le tout complété d'un jeu de solveurs ultra-performant [16]



#### 3.2.1. Formulez facilement vos problèmes

LINGO vous fait gagner un temps précieux dans vos phases de développement : en effet,

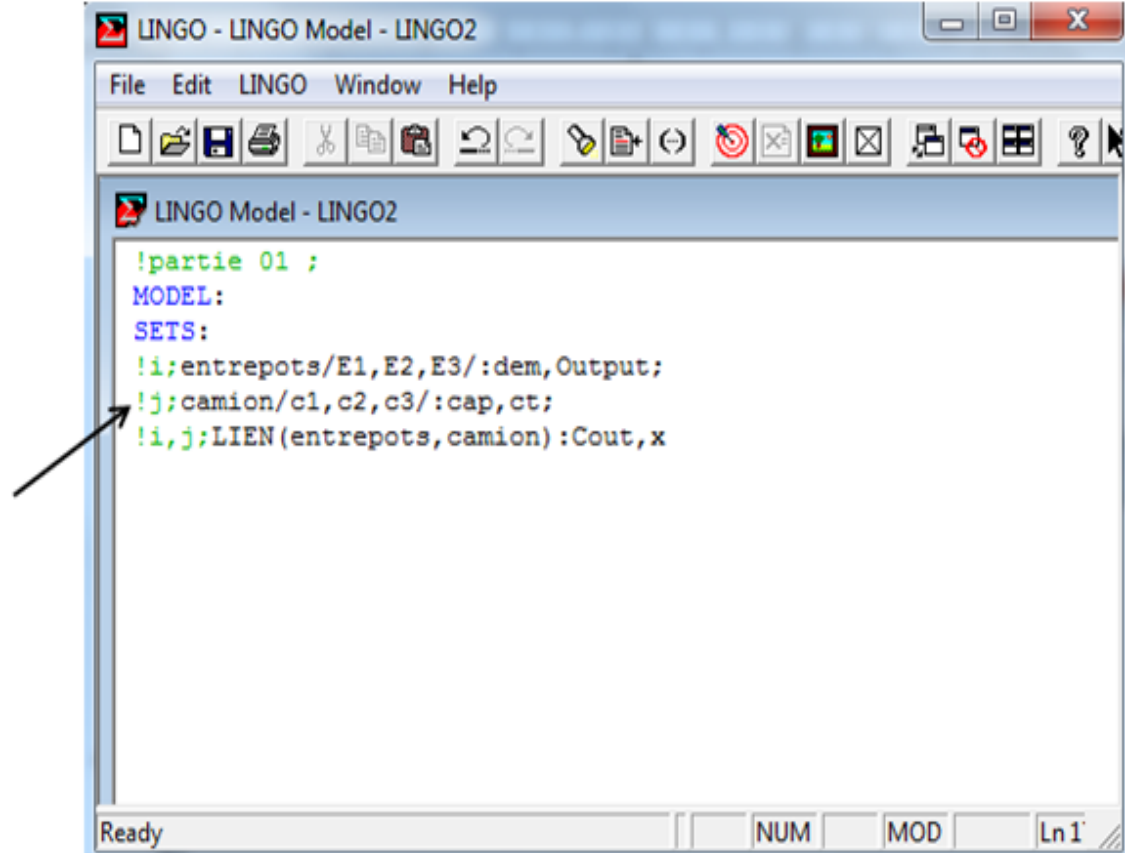


LINGO vous permet de formuler rapidement et facilement vos problèmes d'optimisation linéaire, non-linéaire ou en nombres entiers. Grâce à ses outils de modélisation, vos modèles sont exprimés de manière transparente à l'aide de sommes et de variables indicées. [16]

### 3.2.2. Les éléments d'un modèle LINGO

Un modèle LINGO est composé de quatre éléments essentiels qui sont les suivant:

- ❖ **Les Variables:** une variable représente une valeur qui varié durant l'évolution de l'algorithme .les variable peuvent être devisées en deux grandes catégories qui sont :
  - Les variables générales
  - Les variables binaires
  
- ❖ **Contraintes :** Ce sont des formules qui définissent les limites des valeurs des variables.
  
- ❖ **Les commentaires :** dans le modèle sont engagés avec un point d'exclamation ( ! ) et apparaissent vert (**figure3.1**)

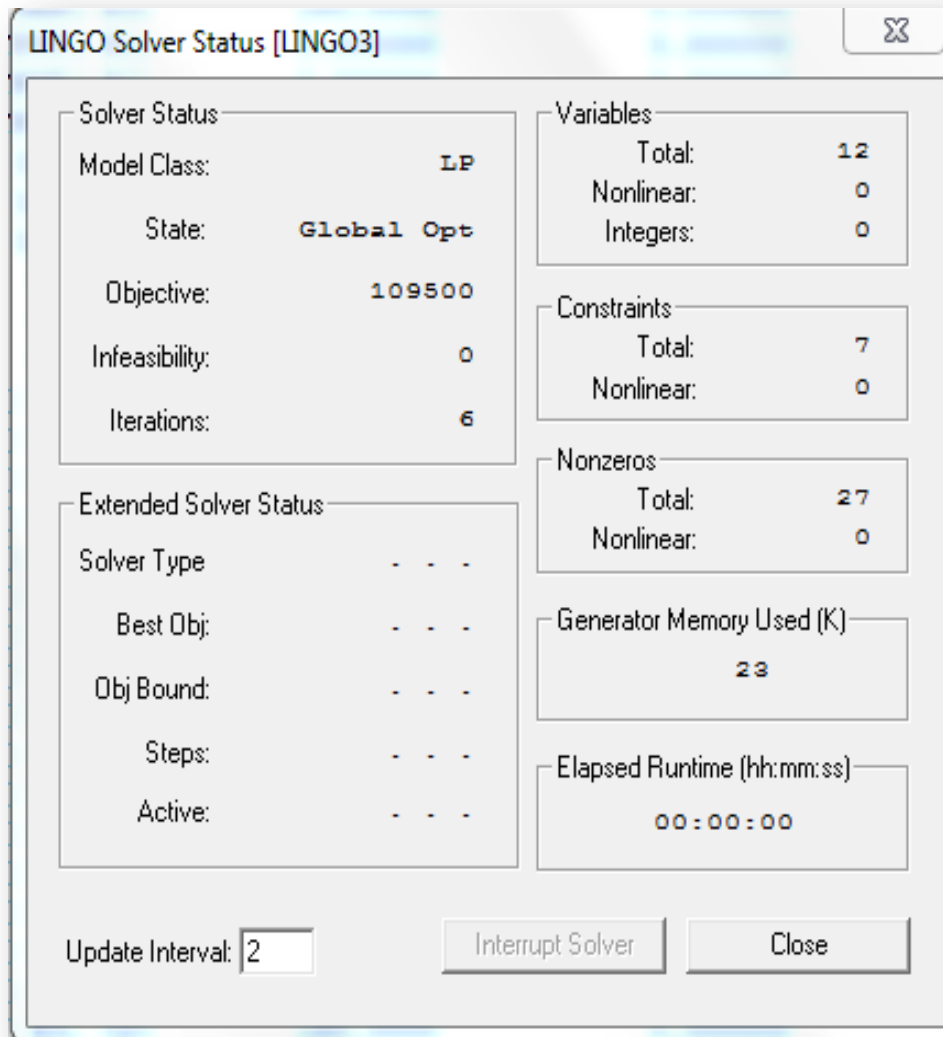


```
!partie 01 ;
MODEL:
SETS:
!i;entrepots/E1, E2, E3/:dem, Output;
!j;camion/c1, c2, c3/:cap, ct;
!i,j;LIEN(entrepots, camion) :Cout, x
```

**Figure 3.1** : Espace de programmation

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

La figure 3.2 : ci-dessous représente les différents résultats obtenus lorsqu'on exécute le programme

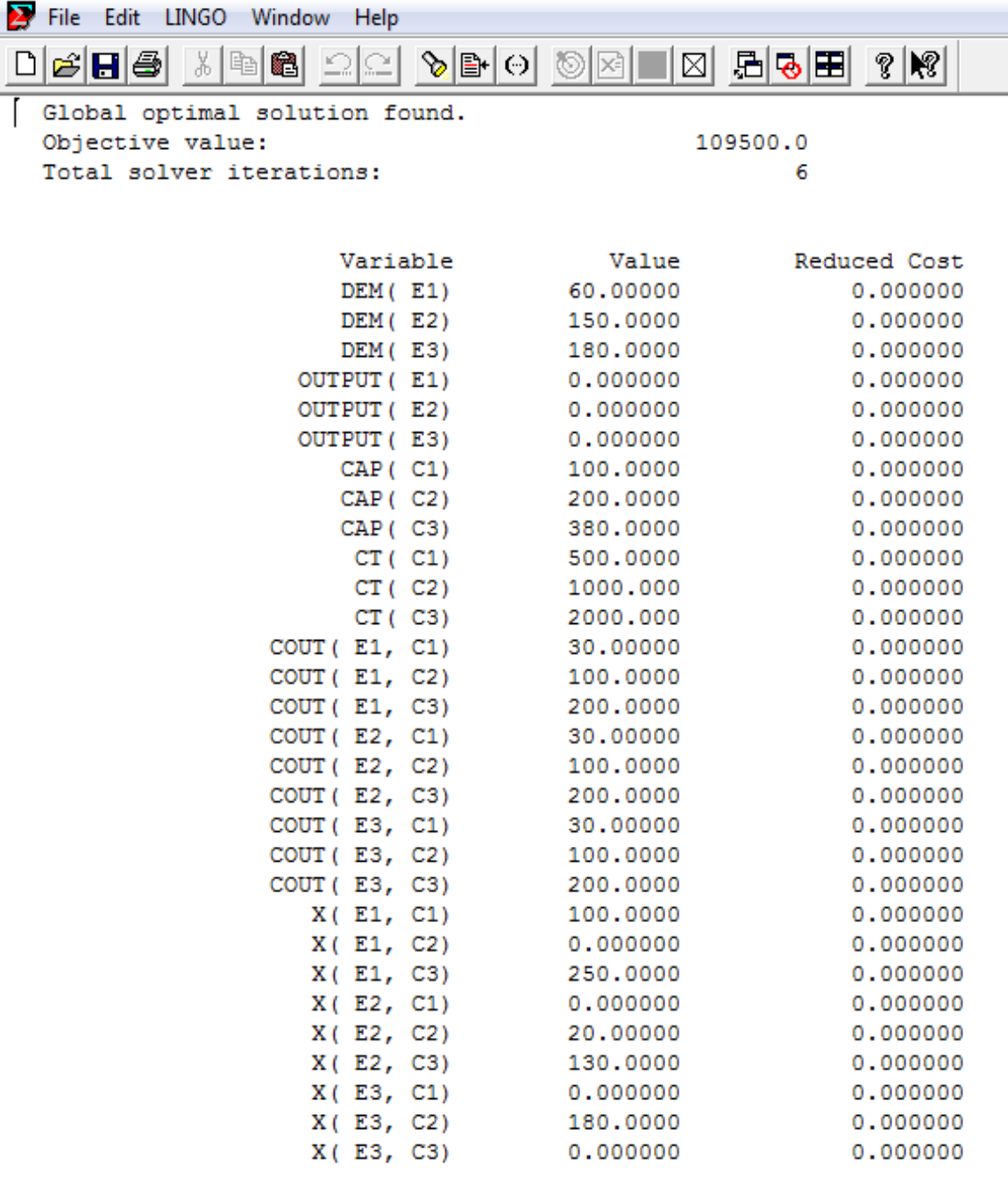


**Figure 3.2 :** fenêtre représente une boîte d'état

Cette fenêtre contient des informations sur le nombre des variables non-linéaire, nombre entier, et les variables totales du modèle, le nombre total de non-linéaire et les contraintes utilisées dans le modèle. Cette fenêtre détaille le classement du modèle (LO, QP, ILP, PNL, ...etc.), l'état de la solution actuelle (locale optimal ou global optimal, faisable ou non, etc.), la valeur de la fonction objective, l'infeasibilité du modèle, et le nombre d'itérations nécessaire pour résoudre le modèle.

## Chapitre III Evaluation de réseau de transport

La fermeture de la fenêtre précédente (figure 3.2) nous affiche la fenêtre de rapport de la solution (figure 3.3). Dans cette fenêtre on trouve les valeurs de chacune des variables qui vont produire la valeur optimale de la fonction objectif ) [17]



```
Global optimal solution found.
Objective value:                109500.0
Total solver iterations:        6

      Variable                Value                Reduced Cost
      DEM( E1)                 60.00000                0.000000
      DEM( E2)                 150.0000                0.000000
      DEM( E3)                 180.0000                0.000000
      OUTPUT( E1)              0.000000                0.000000
      OUTPUT( E2)              0.000000                0.000000
      OUTPUT( E3)              0.000000                0.000000
      CAP( C1)                 100.0000                0.000000
      CAP( C2)                 200.0000                0.000000
      CAP( C3)                 380.0000                0.000000
      CT( C1)                  500.0000                0.000000
      CT( C2)                 1000.000                0.000000
      CT( C3)                 2000.000                0.000000
      COUT( E1, C1)            30.00000                0.000000
      COUT( E1, C2)            100.0000                0.000000
      COUT( E1, C3)            200.0000                0.000000
      COUT( E2, C1)            30.00000                0.000000
      COUT( E2, C2)            100.0000                0.000000
      COUT( E2, C3)            200.0000                0.000000
      COUT( E3, C1)            30.00000                0.000000
      COUT( E3, C2)            100.0000                0.000000
      COUT( E3, C3)            200.0000                0.000000
      X( E1, C1)               100.0000                0.000000
      X( E1, C2)               0.000000                0.000000
      X( E1, C3)               250.0000                0.000000
      X( E2, C1)               0.000000                0.000000
      X( E2, C2)               20.00000                0.000000
      X( E2, C3)              130.0000                0.000000
      X( E3, C1)               0.000000                0.000000
      X( E3, C2)              180.0000                0.000000
      X( E3, C3)               0.000000                0.000000
```

Figure 3.3: Rapport des solutions

### 3.2.3. Traduction des notations mathématiques en une syntaxe LINGO

Afin de pouvoir proposer un modèle LINGO, nous devons savoir qui ce signifie certain notation

Le tableau 3.1 suivant traduit la notation mathématique à la syntaxe de LINGO

Notation mathématique	Syntaxe LINGO
Minimiser	Min=
Maximiser	Max=
Cout	Cout(i)
$\sum_j a_j$	@sum (a(j))
$\forall, a_j$	@for (a(j))

**Tableau 3.1** : notation mathématique

#### Les variables utilisées :

Il existe plusieurs variables sur LINGO les plus utilisées sont les suivants :

@GIN : permet de limiter la variable à une valeur entière.

@BIN : a pour objectif a de transformer la variable à une variable binaire.

@FREE : permet à une variable de prendre une valeur réelle, positive ou négative.

@BND : permet de définir les bornes les supérieur et inférieur spécifique à une variable.

Les syntaxes de différentes fonctions se présentent de la manière suivante :

- La syntaxe de la variable @GIN est : @GIN (nom de la variable)
- La syntaxe de la variable @BIN est : @BIN (nom de la variable)
- La syntaxe de la variable @FREE est : @FREE (nom de la variable)
- La syntaxe de la variable @BIN est : @BND (borne inf, nom de la variable, borne sup)

Nous allons utiliser LINGO pour résoudre notre problème et ceci pour plusieurs raisons :

- D'une part LINGO permet de traiter de milliers de variables et de contraintes en un temps rapide donc utilisable même si la taille du problème est grande
- D'autre part LINGO est un outil plus simple à utiliser par rapport à d'autres logiciels et dispose de plusieurs fonctionnalités [17]

### 3.3. Simulation du modèle mathématique

La simulation du modèle est faite à l'aide du logiciel LINGO sur un pc HP par les données de l'entreprise lit-Mag (literie Maghrébine) qui représente une des entreprises les plus avancées dans le domaine de la literie.

### 3.4. Résultats obtenus

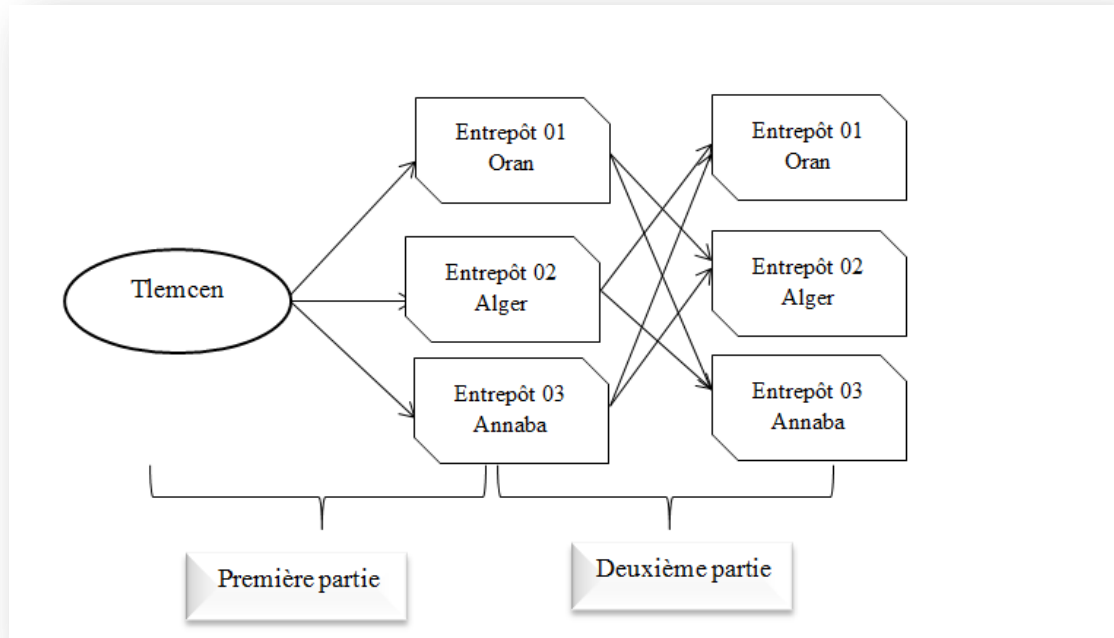
Avant de présenter les résultats obtenus, nous allons définir dans un premier temps les paramètres utilisés et fournis par l'entreprise lit-Mag (literie Maghrébine).

Dans notre modèle nous avons pris le cas de multi-produit (deux produits différents) donc les produits livrés ne sont pas identiques dans un réseau de transport composé d'un entrepôt central qui a une capacité infinie et trois centres de distribution (Entrepôt 01, Entrepôt 02, Entrepôt 03).

Donc pour évaluer l'impact du profit total de l'entreprise sur la performance globale nous allons étudier deux parties.

Dans la première partie nous avons comparé entre deux cas: Le premier cas chaque moyen de transport a la possibilité de transporter un seul type de produit et le second cas chaque moyen de transport a la possibilité de transporter les deux types de produits en même temps et dans les deux cas les échanges entre les centres ne sont pas autorisés.

Puis nous avons comparé entre la première partie et la deuxième partie où dans la deuxième partie nous avons autorisé les échanges des produits entre les différents centres de distribution.



**Figure:3.4:** le réseau de distribution de l'entreprise Lit-Mag avec les échanges entre les dépôts

### 3.4.1. L'étude de la première partie: multi produit sans l'échange entre différents entrepôts

(Comparaison entre les deux cas)

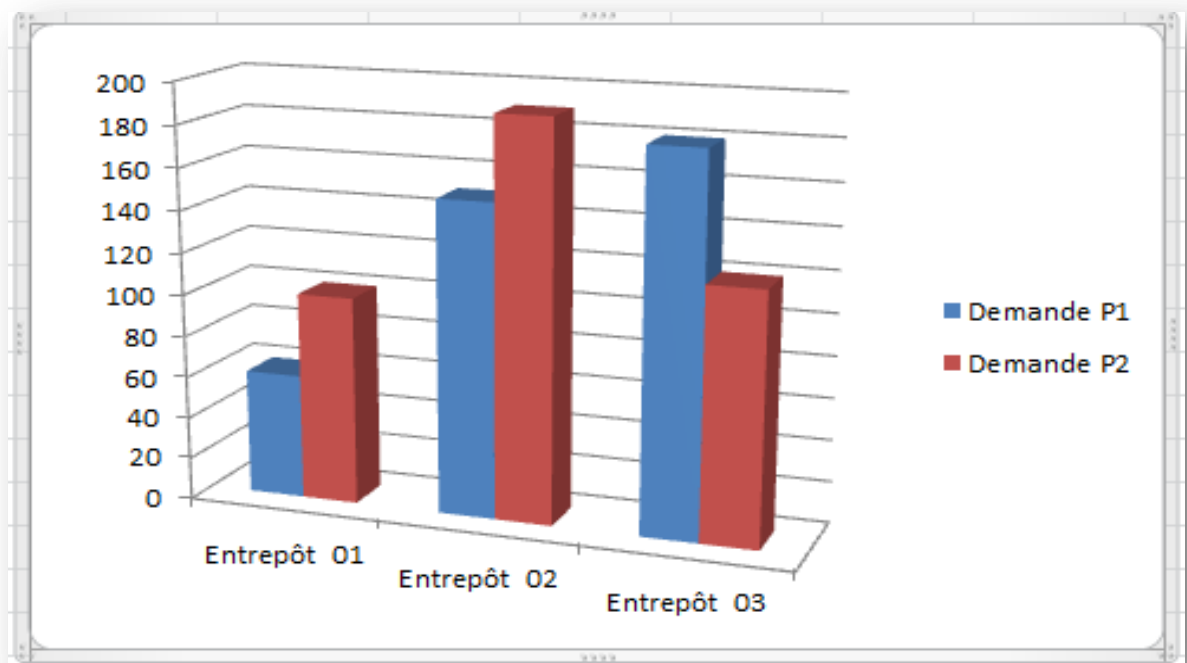
#### 3.4.1.1 Données du réseau étudié

##### ➤ Demande (pour les deux cas)

A partir des informations et l'historique de l'entreprise les demandes du produit par les différents centres de distribution (Entrepôt 01, Entrepôt 02, Entrepôt03) sont résumées dans le tableau ci-dessous (tableau3.2).

Paramètres	Demande de produit 01	Demande de produit 02
Entrepôt 01	60	100
Entrepôt 02	150	190
Entrepôt 03	180	120

**Tableau 3.2 :** la demande pour chaque entrepôt



**Figure 3.5:** la demande des produits pour chaque entrepôt



Chaque entrepôt passe une commande sur les deux produits (P1 et P2) sachant que la commande de chaque entrepôt est différente de l'autre.

- **La capacité du camion dans le premier cas est donnée par le tableau suivant :**

<b>Paramètres</b>	Camion1 (c1)	Camion2 (c2)
Capacité	380	190

**Tableau3.3 :** représente la capacité de chaque camion dans le premier cas

Dans le premier cas chaque camion est spécialisé pour le transfert d'un seul type de produit donc le premier camion spécialise pour le transfert de produit01 et le deuxième camion spécialisé pour le transfert de produit 02.

- **La capacité du camion dans le deuxième cas est donnée par le tableau suivant :**

<b>Paramètres</b>	Camion1 (c1)	Camion2 (c2)
Capacité	380	380

**Tableau3.4:** représente la capacité de chaque camion dans le deuxième cas

## Chapitre III Evaluation de réseau de transport

---

Dans le deuxième cas chaque camion peut transporter les deux types de produit en même temps sachant que le produit 2 est le double du produit 1 en termes de taille

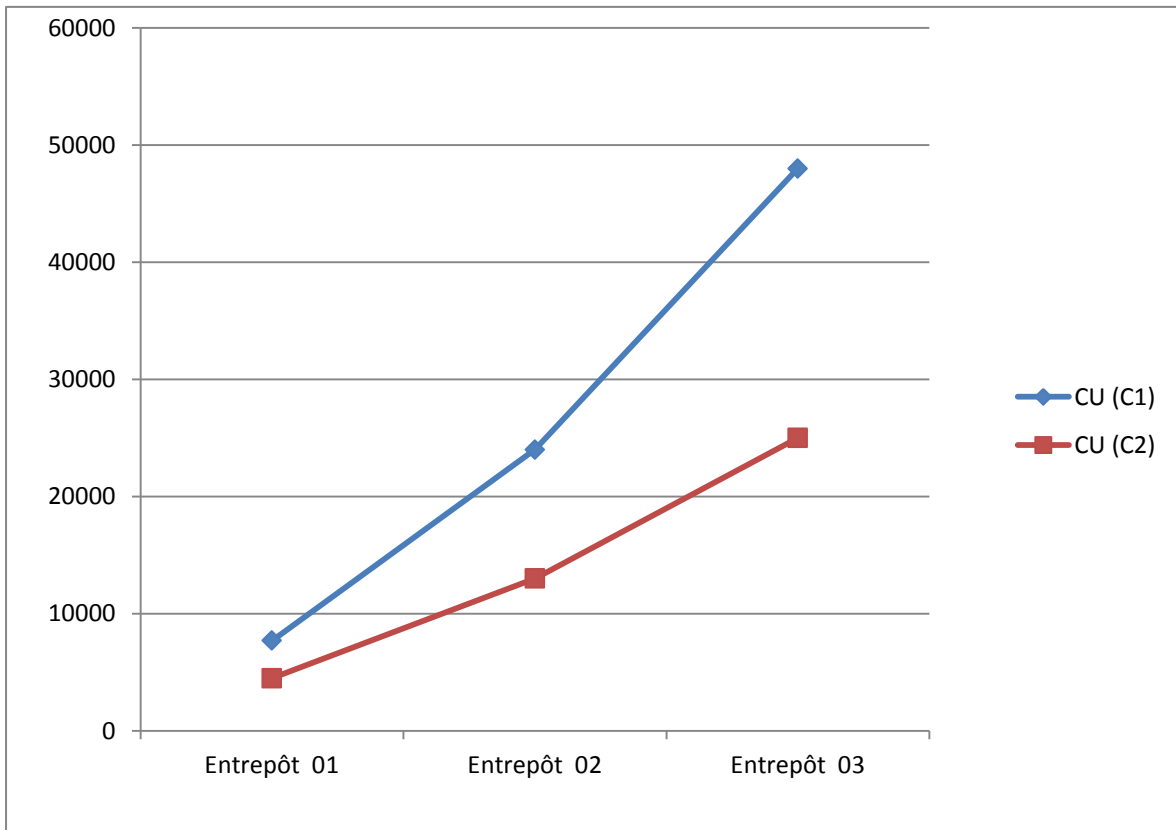
### ➤ Le coût de transport

Le coût de transport représente la dépense nécessaire pour acheminer un bien de son lieu de production à son lieu de consommation.

**Le tableau 3.5 représente les coûts de transport pour les deux camions dans le premier cas.**

Paramètres	Camion1 (c1)	Camion2 (c2)
Tlemcen-Oran (E1)	7700	4500
Tlemcen-Alger (E2)	24000	13000
Tlemcen-Annaba (E3)	48000	25000

**Tableau 3.5 :** représente les coûts de transport (DA)



**Figure3.6:** les coûts de transport

Dans le premier cas en utilisant deux camions de différent capacité et chaque camion transporter un seul type de produit.

Donc le coût de transport de premier camion est différent de coût de transport de deuxième camion par ce que le coût de transport relatif au type de moyen de transport utilisé.

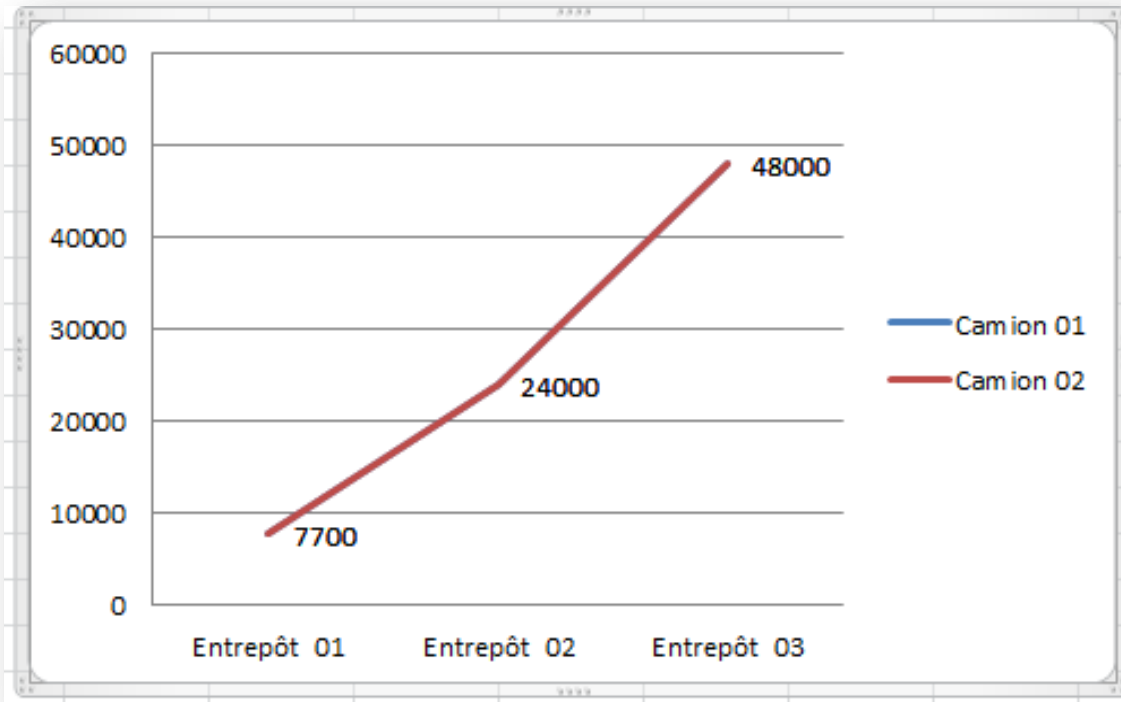
## Chapitre III Evaluation de réseau de transport

---

Le tableau 3.6 représente les coûts de transport pour les deux camions dans le deuxième cas

<b>Paramètres</b>	<b>Camion1 (c1)</b>	<b>Camion2 (c2)</b>
Tlemcen-Oran (E1)	7700	7700
Tlemcen-Alger (E2)	24000	24000
Tlemcen-Annaba (E3)	48000	48000

Tableau 3.6 : représente les coûts de transport (DA)



**Figure 3.7:** les coûts de transport

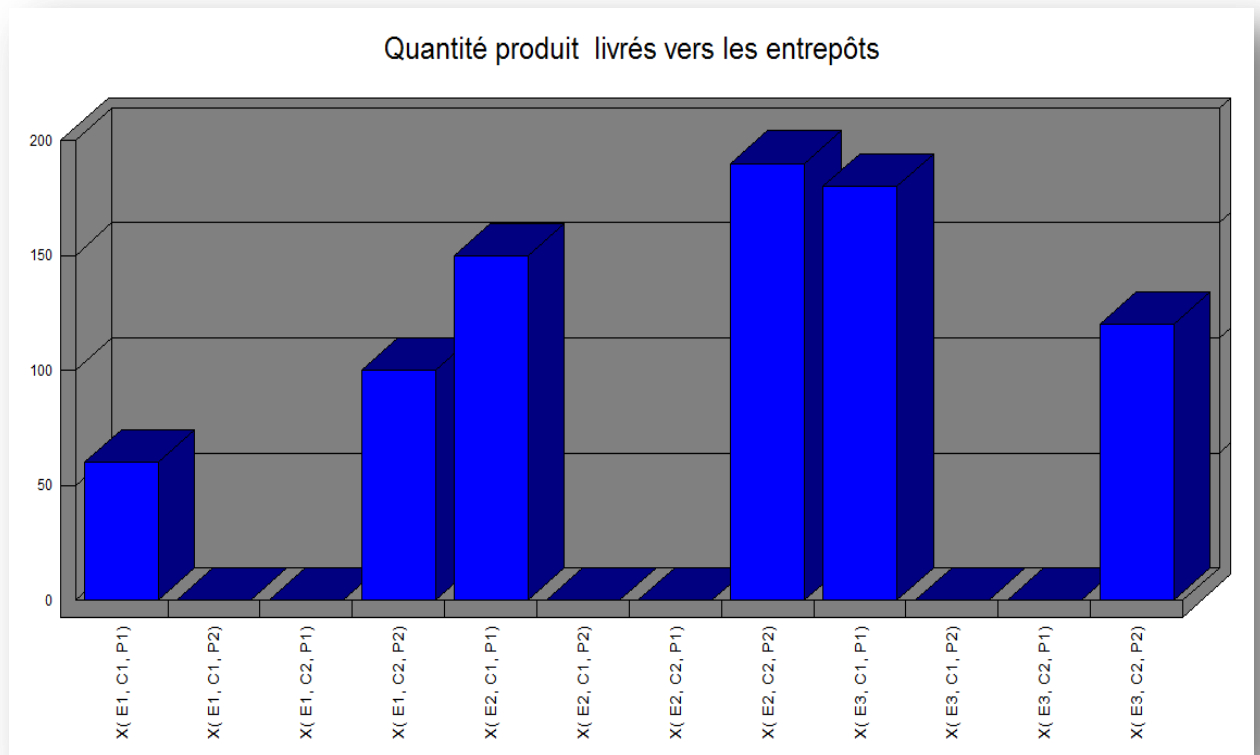
Dans le deuxième cas en utilisant deux camions de même capacité et chaque camion a la possibilité de transporter les deux types de produits

Donc le coût de transport de premier et deuxième camion est le même de.

### 3.4.1.2 résultats de simulation du premier cas :

	Quantité produit livrés
X (E1, C1, P1)	60
X (E1, C1, P2)	0
X (E1, C2, P1)	0
<sup>2</sup> X (E1, C2, P2)	100
X (E2, C1, P1)	150
X (E2, C1, P2)	0
X (E2, C2, P1)	0
X (E2, C2, P2)	190
X (E3, C1, P1)	180
X (E3, C1, P2)	0
X (E3, C2, P1)	0
X (E3, C2, P2)	120

**Tableau 3.7:** Quantité des produits livrée vers les entrepôts dans le premier cas



**Figure 3.8:** Représente la quantité des produits livrée vers les entrepôts dans le premier cas

Comme on le voit sur le tableau et la figure, chaque camion est spécialisé pour le transport d'un seul type de produit (camion01-produit01) et (camion02-produit02) vers les trois centres de distribution (Entrepôt 01, Entrepôt 02, Entrepôt03) et on remarque que la quantité de produit transporté par chaque camion permet de satisfaire la demande de l'entrepôt.

Le résultat d'optimisation nous donne un profit total égal à **1782750 DA**

Avant d'effectuer le second cas du problème nous avons calculé le coût total

## Chapitre III Evaluation de réseau de transport

---

La formulation suivante permet de calculer le cout total

$$\text{Min } Z. = \left( \sum_p \sum_j \sum_k (C_{jp}^k * N_{jkp}) + \sum_j \sum_p H_{jp} * Qs2_{jp} + \sum_j \sum_p R_{jp} * Qr2_{jp} \right)$$

Avec :

- C (j, k, p) : le cout de transport de l'usine à l'entrepôt (j) par le camion (k) pour le produit (p).
- Qr2 (j, p) : la quantité des articles en rupture après l'approvisionnement pour le produit (p).
- Qs2 (j, p) : la quantité des articles de sur-stockage après l'approvisionnement pour le produit (p).
- R (j, p) : le cout de rupture par article par période pour le produit (p).
- H (j, p) : le cout de sur-stockage par article par période (semaine) pour le produit (p).
- N (j,k, p) : le nombre de camion (k) pour le produit (p).

Donc Le résultat d'optimisation nous donne un coût total égal à : **8342000DA**

### 3.4.1.3. résultats de simulation du deuxième cas :

	Quantité produit livrés
X (E1, C1, P1)	60
X (E1, C1, P2)	100
X (E1, C2, P1)	0
X (E1, C2, P2)	0
X (E2, C1, P1)	150

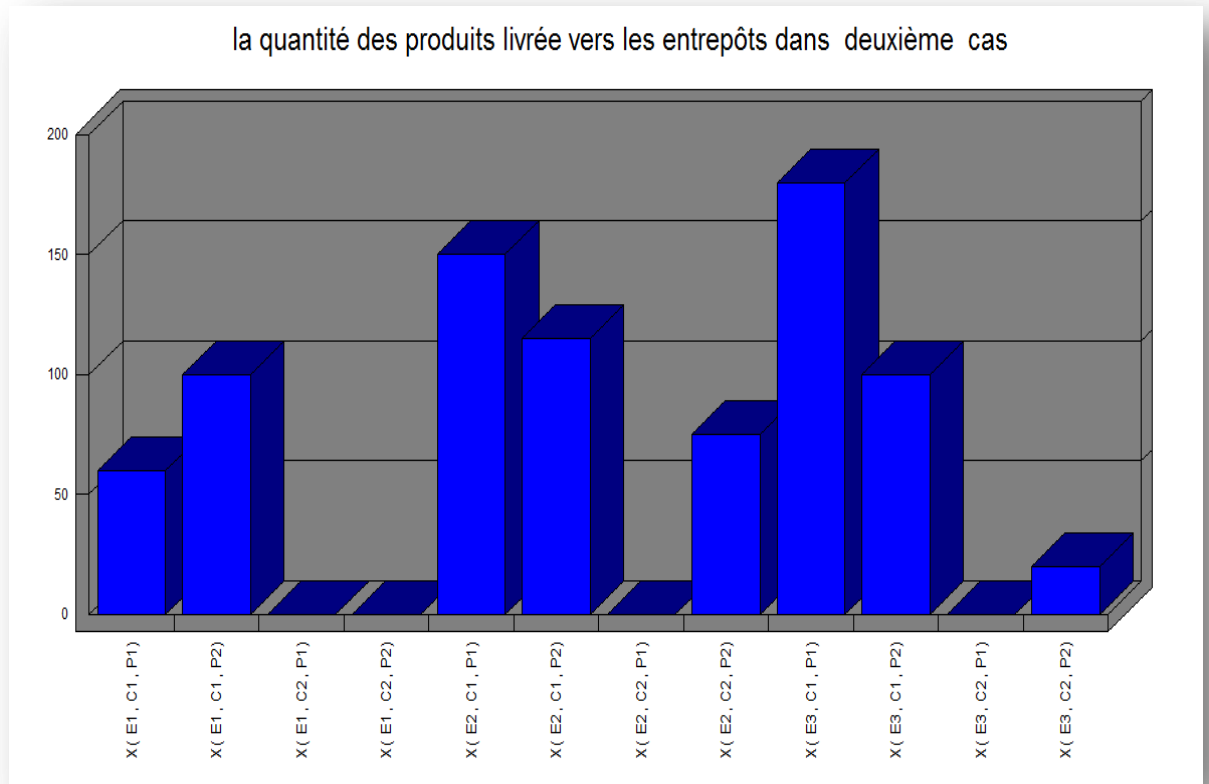


## Chapitre III Evaluation de réseau de transport

---

X (E2, C1, P2)	115
X (E2, C2, P1)	0
X(E2, C2, P2)	75
X (E3, C1, P1)	180
X (E3, C1, P2)	100
X (E3, C2, P1)	0
X (E3, C2, P2)	20

**Tableau 3.8:** Quantité produit livrée vers les entrepôts dans deuxième cas



**Figure 3.9:** Représente la quantité des produits livrée vers les entrepôts dans deuxième cas

Comme on le voit sur le tableau et la figure, chaque camion à la possibilité de transporter les deux produits en même temps (P01et P02) vers les trois centres de distribution (Entrepôt 01, Entrepôt 02, Entrepôt03) sachant que la quantité de produit transporter assure la satisfaction de la demande des clients.

Le résultat d'optimisation nous donne un profit total égal à: **2404250 DA**

Le coût total est donné par la formulation suivante :

$$\text{Min } Z = \left( \sum_j C_j * N_j + \sum_j \sum_P H_{jp} * Qs_{2jp} + \sum_j \sum_P R_{jp} * Qr_{2jp} \right)$$

Donc le résultat d'optimisation nous donne un coût total égal à :  
**7720500DA**

### 3.4.2. Comparaison entre les deux cas:

Pour pouvoir effectuer la comparaison entre les deux cas

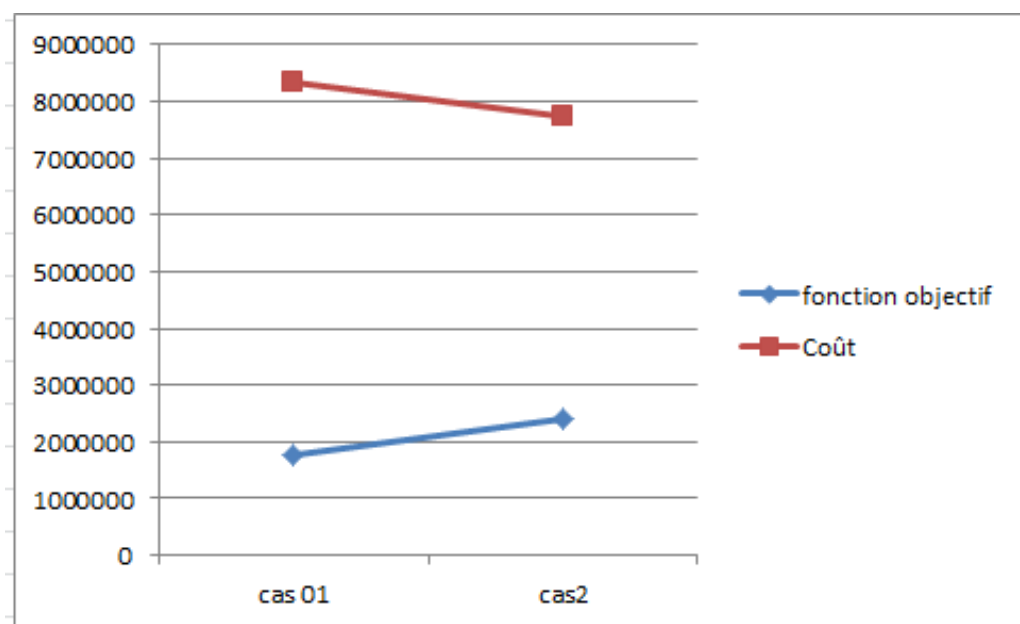
Le premier cas : Chaque camion est spécialisé pour transporter un seul produit

Le deuxième cas : chaque camion peut transporter deux produits en même temps nous avons utilisé les mêmes paramètres

Nous résumons les résultats obtenus dans le tableau ci-dessous (tableau 3.9)

	Le premier cas	Le deuxième cas	La différence
<b>Fonction objectif</b>	<b>1782750 DA</b>	<b>2404250 DA</b>	<b>621500 DA</b>
<b>Le coût total</b>	<b>8342000DA</b>	<b>7720500DA</b>	<b>621500 DA</b>

**Tableau 3.9 :** comparaison entre le profit total et le coût total pour les deux cas



**Figure 3.10 :** Représente le profit total et le coût total dans les deux cas

À partir de tableau et la figure on remarque une augmentation très importante de profit ce qui explique une diminution de cout total.

Cette amélioration est estimée à 621500 dinars algériens ceci explique une amélioration de la qualité de service.

Ce qui permet d'enduire que notre algorithme résoudre efficacement notre problématique.

### **3.4.3 L'étude de la deuxième partie : multi produit-avec l'échange entre différents entrepôts selon les besoins.**

Dans la deuxième partie les échanges entre les entrepôts sont autorisés et pour pouvoir effectuer la comparaison entre les deux parties nous avons utilisé les mêmes paramètres de demandes et les coûts de transport sachant que les coûts de transport associés au déplacement entre les entrepôts eux-mêmes résumes dans le tableau ci-dessous (tableau 3.10)

Centres	Oran	Alger	Annaba
Oran	0	100	250
Alger	100	0	150
Annaba	250	150	0

**Tableau 3.10** : coûts de transport associés au déplacement entre les entrepôts eux-mêmes (DA)

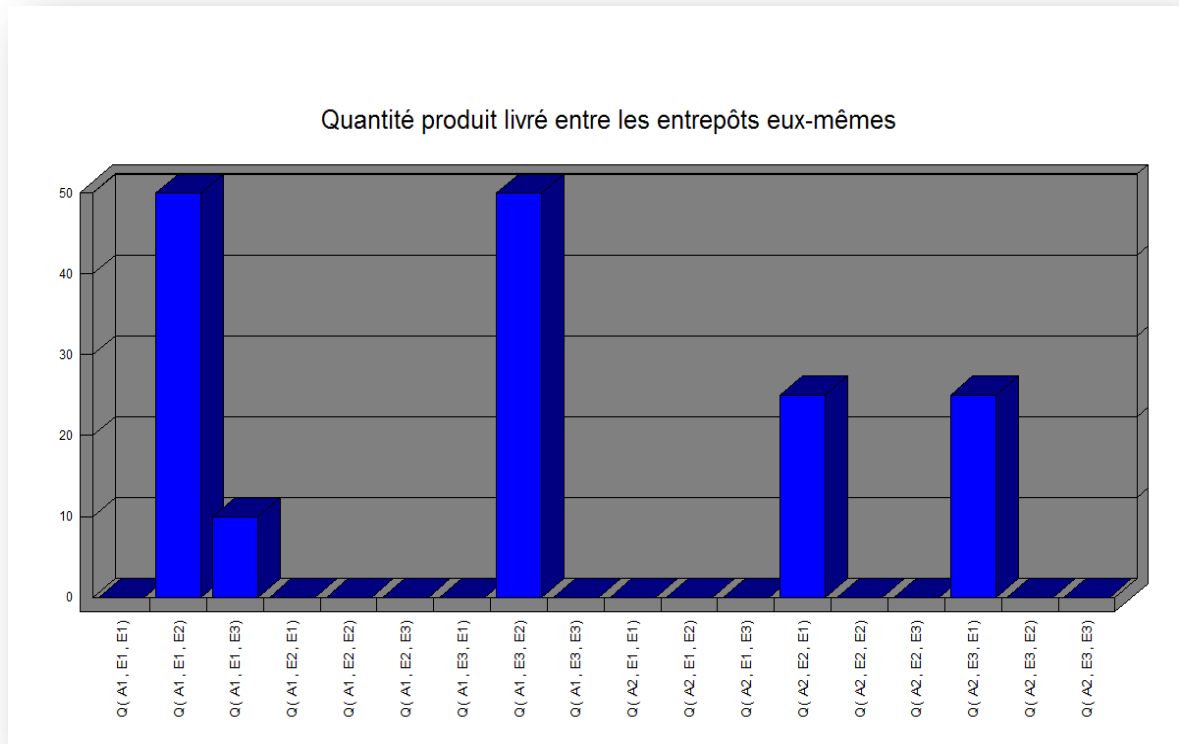
### 3.4.3.1 résultats de simulation de la deuxième partie :

	Quantité Q
Q (A1, E1, E2)	50
Q (A1, E1, E3)	10
Q (A1, E2, E1)	0
Q (A1, E2, E2)	0
Q (A1, E2, E3)	0

## Chapitre III Evaluation de réseau de transport

Q (A1, E3, E1)	0
Q (A1, E3, E2)	50
Q (A1, E3, E3)	0
Q (A2, E1, E1)	0
Q (A2, E1, E2)	0
Q (A2, E1, E3)	0
Q (A2, E2, E1)	25
Q (A2, E2, E2)	0
Q (A2, E2, E3)	0
Q (A2, E3, E1)	25
Q (A2, E3, E2)	0
Q (A2, E3, E3)	0

**tableau3.11** : Quantité produit livrée entre les entrepôts eux-mêmes



**Figure3.11** : représente la quantité produit livrée entre les entrepôts eux-mêmes

Comme on le voit sur le tableau et la figure l'échange des produits (p1 et p2) entre les entrepôts est autorisé

Le résultat de simulation nous donne un profit total égale à : **2863300**

#### 3.4.4. Comparaison entre les deux parties:

Pour pouvoir effectuer la comparaison entre les deux parties

**La première partie** : multi produit sans l'échange entre différents entrepôts

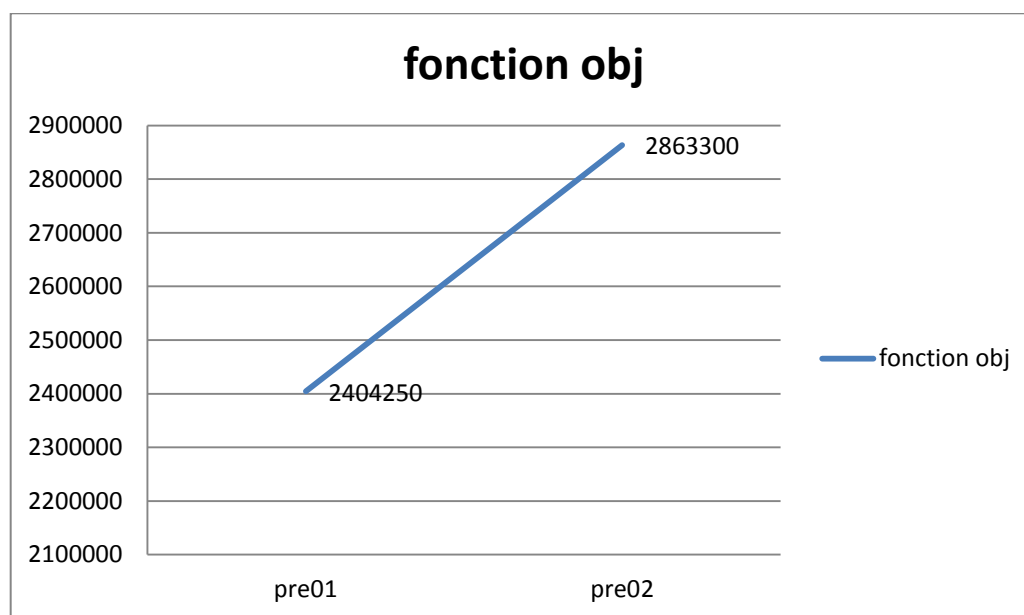
**La deuxième partie**: multi produit-avec l'échange entre différents entrepôts selon les besoins.

Nous résumons les résultats obtenus dans le tableau ci-dessous (tableau 3.11)

	Première partie	Deuxième partie	La différence
<b>Fonction objectif</b>	2404250	2863300	459050

**Tableau 3.12 :** comparaison entre le profit total pour les deux parties

Nous avons comparé entre le profit total de deuxième cas de la première partie avec le profit total de la deuxième partie par ce que lorsqu'on compare les deux cas de la première partie nous avons constaté que le second cas plus rentable que le premier cas.



**Figure 3.12 :** Représente le profit total dans les deux parties

À partir de tableau et de la figure on remarque une augmentation très importante de profit, Cette amélioration est estimée à **459050** dinars algériens ceci explique que notre algorithme résout efficacement notre problématique.



### **3.5. Conclusion:**

Dans ce chapitre nous avons donnée dans un premier temps un bref aperçu du logiciel LINGO qui permet de modéliser et optimiser le fonctionnement d'un grand nombre de systèmes productifs services puis nous avons analysé les résultats obtenus qui permirent d'évaluer l'efficacité de l'algorithme proposé.

## **Conclusion générale :**

Le transport joue un rôle intéressant dans les systèmes logistiques.

Dans ce cadre du mémoire nous avons étudié l'impact de coût de transport sur les systèmes logistiques dont l'objectif principal était de trouver la meilleure distribution des produits au bon moment et dans les meilleures conditions au sein de l'entreprise lithérienne Maghrébine qui est composée d'un entrepôt central et trois centres de distribution tout en maximisant le profit total et en minimisant le coût de transport.

Le problème formulé et modélisé sous le logiciel LINGO qui nous a permis d'évaluer les résultats.

Les résultats numériques que nous avons obtenus à l'aide du logiciel LINGO, nous ont permis d'évaluer l'efficacité de l'algorithme proposé et nous montre que la partie deuxième où l'échange entre centres est autorisé est nettement plus avantageux et plus rentable pour le réseau global.

## **Perspectives :**

Dans ce travail nous avons considéré principalement un réseau de distribution multi-produit.

## Références bibliographiques

[01] : Mollet H. Ballot E. Dutreuil J., Fontaine F., (2006). Système de production et de logistique. Ed. Hermès, Paris, 2006.

[02]: Lee et Billington, 1993: H.L. Lee et C. Billington. *Material management in decentralized supply chain*. Operation Research, Vol 41, No 5, 993.

[03]: Ali Mehrabikoushki. Partage d'information dans la chaîne logistique : "Evaluation des impacts sur la performance d'une chaîne logistique des modes de collaboration mis en oeuvre entre les partenaires et des informations échangées". Soutenance le 25 Septembre 2008 devant la Commission d'examen.p144

[04]: Dupuy et al. 2004 : C. Dupuy, V. Botta-Genoulaz et A. Guinet. Batch dispersion model to optimize traceability in food industry. Journal of Food Engineering, Special Issue on "Operational Research and Food Logistics", Vol. 70, Issue 3, pp 333-339, 2005

[05] : Julien Francois. Planification des chaînes logistiques : modelisation du systeme decisionnel et performance. Soutenu le 17 décembre 2007.191p

[06] : Ouzizi L., Planification de la production par co-décision et négociation de l'entreprise virtuelle, Thèse de doctorat, l'université de Metz, France (2005)

[07] : Boudahri F. Conception et Pilotage d'une Chaîne Logistique Agro-alimentaire. Application: produits de volaille dans la ville de Tlemcen, Thèse de doctorat, université Abou-Bekr Belkaïd Tlemcen, Algérie (2013)

[08] : Chardine –Baumann E., Modèles d'évaluation des performances économique, environnementale et sociale dans les chaînes logistiques, Thèse de doctorat, L'institut national des sciences appliquées de Lyon, France, (2011).

[09] : BOUNIF Mohamed Elhadi. Optimisation à base de simulation pour le développement des systèmes décisionnels.p112

[10] : Tounsi J, Modélisation pour la simulation de la chaîne logistique globale dans un environnement de production PME mécatroniques, Thèse de doctorat, Université de Savoie, (2009).

[11] : Isabelle de SUTTER, UV : GE15 Initiation à la création et la gestion d'une entreprise Innovante, Une Composante du Marketing-Mix LA DISTRIBUTION (the place), Email : [i.desutter@wanadoo.fr](mailto:i.desutter@wanadoo.fr),p47

[12] : <http://rahliasma.tripod.com/cgi-bin/Chapitre%20II%20SECTION%20I.pdf>.

[13] : <http://www.faq-logistique.com/Comparaison-modes-transport.htm>

[14] : <https://www.marketing-etudiant.fr/exposes/t/le-transport-aerien.php>

[15] : TRIQUIL 2015.Gestion des stocks dans un réseau de distribution approvisionnement et échanges. Décembre 2015

[16] : <http://www.ritme.com/fr/product/lingo/description>

[17] : BELKAID.F. Polycop recherche opérationnel sous LINGO.2015