

Université Abderrahmane Mira de Bejaia

Faculté des Sciences Economiques Sciences de Gestion et Sciences Commerciales

Département des Sciences Economiques



## Mémoire de fin de cycle

En vue d'obtention du diplôme de Master en Sciences Economiques

Option: Economie de Transport.

**Thème:**

*L'optimisation des couts de transport par les méthodes de la  
théorie des graphes, cas de l'entreprise Danone*

**Réalisé par:**

**BOUDADA Salim**

**BOUABOUD Amazigh**

**Encadré par:**

**M<sup>me</sup>: MIZI ALLAOUA Lynda**

**M<sup>me</sup>: HAMADOUCHE Naima**

**Membres de jury :**

**Président : D<sup>r</sup> MECHERI Kheira**

**Examineur: M<sup>lle</sup> GHELAB Fouzia**

**Année universitaire  
2016-2017**

# *Remerciements*

*Nous tenons à remercier avant tout DIEU le tout puissant pour nous avoir donné la volonté et le courage afin de réaliser ce travail.*

*Nous remerciment les plus sincères s'adressent spécialement à nos deux encadreur M<sup>me</sup> MIZI ALLAOUA et M<sup>me</sup> HAMADOUCHE pour leurs conseils, leurs orientations durant notre travail.*

*Notre reconnaissance s'adresse aussi à tous le personnel de l'entreprise DANONE.*

*Nous présentons également nous remerciments aux membres de jury qui nous font l'honneur d'évaluer notre travail.*

## *Dédicaces*

### *Je dédie ce travail*

- *A mes très chère parents qui ont toujours été présent à mes cotés pour me soutenir et m'encourager durant toute les années d'étude.*
- *A ma très chère épouse Katia qui, grâce à elle, j'ai eu la volonté et le courage de poursuivre mes études.*
- *Sans oublier mes grands parents maternel, que dieu vous réserve santé et longue vie.*
- *A la mémoire de mes grands parent paternel que dieu, les accueille dans son éternel paradis.*
- *A mes très chères sœurs Ines, Cyria, Massine, Silia et son époux Lhadî et mon chère frère Assallas.*
- *A ma grande famille du plus petits aux plus grands.*
- *A mes beaux parents et belles sœurs pour leurs encouragements*
- *A mes chères amis et tous qui ont participé de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail.*

*Amazigh*

## *Dédicaces*

- *A la mémoire de mon cher frère Khaled puisse Dieu lui accueillir dans son vaste paradis.*
- *Et à toute ma famille et tous mes amis.*

*Salim*

# Sommaire

<b>Introduction générale.....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I : Généralité.....</b>	<b>3</b>
<b>Section 1 : cadre théorique de la logistique d'entreprise.....</b>	<b>3</b>
<b>Section 2 : La chaîne logistique et le transport .....</b>	<b>14</b>
<b>Chapitre II : cadre théorique sur la théorie des graphes .....</b>	<b>26</b>
<b>Section 1 : introduction à la théorie des graphes.....</b>	<b>26</b>
<b>Section 2 : les méthodes d'optimisation par la théorie des graphes.....</b>	<b>35</b>
<b>Chapitre III : Le cas pratique.....</b>	<b>43</b>
<b>Section 1 : Présentation de l'organisme d'accueil DANONE.....</b>	<b>43</b>
<b>Section 2 : application des algorithmes de dijkstra et Kruskal.....</b>	<b>52</b>
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>66</b>

# Liste des figures

<b>Figure N°01</b> : les fonctions de la logistique.....	7
<b>Figure N°02</b> : la logistique en amont et en aval dans une entreprise de production.....	8
<b>Figure N°03</b> : les différents types de la logistique.....	10
<b>Figure N°04</b> : représentation de la chaîne logistique.....	15
<b>Figure N°05</b> : le principe du cross-docking.....	22
<b>Figure N°06</b> : le cercle vertueux du transport.....	25
<b>Figure N°07</b> : la ville de Königsberg.....	27
<b>Figure n°08</b> : La zone industrielle Taharacht lieu d'implantation de Danone.....	45
<b>Figure N°09</b> : Organigramme général Danone Djurdjura Algérie (DDA).....	47
<b>Figure n°10</b> : Schéma représentant la fabrication du yaourt ferme et brassé.....	48
<b>Figure n°11</b> : Les gammes de l'entreprise Danone Djurdjura.....	49
<b>Figure n°12</b> : Plan de masse de l'entreprise DDA.....	51
<b>Figure n°13</b> : Plan d'extension du centre d'expédition.....	52
<b>Figure N°14</b> : implantations des dépôts de Danone.....	53



*Introduction générale*

# Introduction générale

---

## Introduction générale

Le secteur de la logistique s'est fortement développé ces dernières années et devient un acteur majeur de l'organisation économique actuelle, il est donc clair que le bon fonctionnement de l'entreprise repose essentiellement sur la maîtrise de ses flux physiques, pour cela, la logistique est devenue de plus en plus une connaissance et la maîtrise de la logistique qui va déterminer sa performance.

Comme l'a expliqué Jean-René EDIGHOFFER « la logistique regroupe l'ensemble des activités ayant pour but la mise en place, au moindre coût d'une quantité déterminée de produits, à l'endroit et au moment où la demande existe »<sup>1</sup>

Une des manifestations les plus évidentes des activités logistiques est la croissance du transport de marchandises en raison de l'expansion du commerce mondial. La mondialisation de l'industrie, notamment des activités de planification, d'approvisionnement, de fabrication et de commercialisation a abouti à une plus grande complexité du commerce et un développement des réseaux de transports.

La logistique est la source de nombreux coûts que l'on appelle usuellement coût logistique, transporter sur des grandes et moyennes distances des quantités très importantes des produits engendre des coûts de transport pouvant représenter un pourcentage important du prix de revient du produit. Toute variation à la baisse ou à la hausse des coûts de transport vient immédiatement améliorer ou dégrader la marge, d'où l'importance de la réduction de ces coûts. De ce fait, l'optimisation des coûts de transport est devenue un facteur clé dans la réussite de toute entreprise.

Un problème de transport est un programme de minimisation du coût de transport. C'est un problème qui s'inscrit dans la lignée de programmes linéaires, il a pour but d'acheminer au moindre coût des marchandises depuis M origines vers N destination.

## La problématique et la méthodologie de recherche

### Problématique

L'objectif de notre travail est d'étudier les différentes méthodes qui nous permettent de formuler et de résoudre un problème de transport au niveau de l'entreprise de production Danone.

Dans ce contexte, la présente étude a pour objectif de répondre à la problématique suivante :

---

<sup>1</sup> EDIGHOFFER J.R, précis de gestion d'entreprise, édition Nathan, 2004, p80.



# Introduction générale

---

Est-ce-que les mixtes destinations ont un impact sur les couts de transport dans l'entreprise Danone ?

De cette question centrale, on peut dégager des questions auxiliaires :

-La distance vers les mixtes destinations joue-t-il un rôle sur la variation des couts de transport ?

- le réseau routier de distribution vers les clients peut-i-il influencer le coût de transport ?

Afin de répondre au mieux notre problématique, nous avons émis les hypothèses suivantes :

**Hypothèse 1** : le choix parfait d'un réseau de distribution permet d'optimiser le cout de transport.

**Hypothèse 2** : optimiser la distance par le choix des plus courts chemins contribue à minimiser les coûts de transport.

## Méthodologie de l'étude

L'étude se basera sur un certain nombre d'outils et de méthodes qui faciliteront le recueil d'information vers leur traitement. Il s'agira de la recherche documentaire, des entretiens avec des personnes chargées du transport puis des observations directes dans le terrain.

Afin d'infirmer ou de confirmer nos hypothèses, nous avons scindé notre travail à trois chapitres.

-Dans le premier chapitre se veut un chapitre introductif au travail de mémoire. Nous y relatons les différents concepts liés à la chaîne logistique et supply chain management (SCM), ainsi que sur le transport et sa place au sein de la chaîne logistique, jugés utiles, voire essentiels pour la construction progressive de notre problématique et les réponses à apporter.

-Dans le second chapitre nous allons traiter les notions de base de la théorie des graphes ainsi que les différentes méthodes d'optimisation par les graphes, et les détails de la méthode choisie.

- Le dernier chapitre est l'application des méthodes choisies et l'analyse des résultats.



*Chapitre I : Généralités sur la  
logistique*

## **Introduction**

La logistique est une formule essentielle et primordial pour les entreprises, la maîtrise des différents flux logistique est un facteur clé pour le bon fonctionnement de l'entreprise à fin d'atteindre son objectif principal qui est de livrer des produits à ses clients en quantité demandée dans le lieu demandé à la date demandée et aux moindres coûts.

Ce premier chapitre se divise en deux sections, la première basée sur le cadre théorique de la logistique dans l'entreprise. La deuxième section présente la supply chain et le transport, en insistant sur la place du transport routier et ces différentes offres qui existent.

## **Section 1 : cadre théorique de la logistique d'entreprise**

### **1. Bref historique**

Terme logistique vient du mot grec << LOGISTIKOS>> qui signifie l'art du raisonnement et du calcul. On cite souvent la définition d'origine militaire : « le terme logistique désigne l'art de combiner tous les moyens de transport, de ravitaillement, et de logement des troupes. »<sup>1</sup>

Ce terme s'est ensuite répandu, dans le milieu industriel notamment, pour évoquer principalement la manutention et les transports des marchandises. Jusqu'aux années 70, la logistique n'avait que peu d'importance dans la gestion des entreprises, elle est considérée comme une fonction secondaire, limitée aux tâches d'exécutions dans des entrepôts et sur les quais d'expéditions. Ensuite, la logistique est comprise comme un lien opérationnel entre les différentes activités de l'entreprise, assurant la cohérence et la fiabilité des flux-matières, en vue de la qualité du service aux clients tout en permettant l'optimisation des ressources et la réduction des coûts.

La logistique devient, au milieu des années 90, une fonction globalisée voire mondialisée de gestion du flux physique dans une vision complète de la chaîne clients/fournisseurs, et constitue véritablement une nouvelle discipline du management des entreprises. « La logistique globale » représente ainsi l'ensemble des activités internes ou externes à l'entreprise qui apportent de la valeur ajoutée aux produits et des services aux clients (Courty, 2003).<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> SOHIER.J, La logistique : Comprendre la démarche logistique, ses répercussions sur la question, Vuibert, 3<sup>ème</sup> édition, Paris, 2002, p. 3.

<sup>2</sup> COLIN.J, Notes de cours : La logistique : Histoire et perspectives, Université Aix-Marseille II, 1996, p. 1-5.

## 2. Définitions de la logistique

De nos jours, plusieurs définitions de la logistique ont fait l'objet de la littérature. D'après le dictionnaire Larousse, il existe deux définitions pour la logistique : il y a l'adjectif qui correspond à l'ensemble des opérations permettant aux armées de vivre, de se déplacer, de combattre et d'assurer les évacuations et le traitement médical du personnel. La deuxième finalité de la logistique, signifie, quant à elle l'ensemble de méthodes et de moyens relatifs à l'organisation d'un service, d'une entreprise, etc..... et comprenant les manutentions, les transports, les conditionnements et parfois les approvisionnements.

Nous allons citer quelques définitions qui nous paraissent les plus importantes et qui marquent l'évolution du concept de la logistique

La première définition, qui date de 1948, a été formulée par le comité de définition de l'American Marketing Association : « La logistique concerne le mouvement et la manutention de marchandises du point de production au point de consommation ou d'utilisation ».<sup>3</sup>

Nous pouvons dire qu'à cette période, et comme la définition l'affirme, la logistique ne concerne que les activités physiques de la phase de distribution.

En 1979, Daniel Tixié a proposé la définition suivante : « La logistique est l'ensemble des activités ayant pour but la mise en place, au moindre coût, d'une quantité de produits, à l'endroit et au moment où une demande existe. La logistique concerne donc toutes les opérations déterminant le mouvement des produits tel que localisation des usines et entrepôts, approvisionnement, gestion physique des encours de fabrication, emballage, stockage, gestion des stocks, manutention et préparation des commandes, transport et tournées de livraison ».<sup>4</sup>

Dans leur ouvrage, « La logistique dans l'entreprise, vers un management plus compétitif », Colin, Mathe et Tixié (1981) ont proposé la définition suivante : « La logistique est le processus stratégique par lequel l'entreprise organise et soutient son activité. A ce titre, on peut déterminer et gérer les flux matériels et informationnels afférents, tant internes qu'externes, en amont qu'en aval. »<sup>5</sup>

---

<sup>3</sup> TIXIER.D et al. , La logistique d'entreprise : vers un management plus compétitif, Paris, Dunod, 2<sup>ème</sup> édition,1981,P. 30 .

<sup>4</sup> TIXIER.D et al. , La logistique au service de l'entreprise : moyens, mécanismes et enjeux, Paris, Dunod, 3<sup>ème</sup> édition, 1988.

<sup>5</sup> TIXIER.D et al. , La logistique d'entreprise : vers un management plus compétitif, Paris, Dunod, 2<sup>ème</sup> édition,1981,P. 32 .

### ➤ Synthèse des définitions

La logistique est une partie des activités d'une chaîne logistique (supply chain). Elle concerne la planification, l'exécution et le contrôle du flux efficient du stockage de produit, de la gestion de l'information relative à ces fonctions depuis le fournisseur de la matière première jusqu'à la consommation finale.

Enfin, pour conclure cette explication du terme logistique, il est essentiel d'évoquer que la logistique comporte deux domaines de préoccupations. Il faut donc distinguer entre la logistique d'amont et la logistique d'aval : La logistique d'amont s'occupe de l'organisation des flux d'approvisionnement de l'entreprise (énergie, commande et achat de la matière première et produits semi-fini) qui sont utilisés par les chaînes de production. La logistique d'aval, par contre, a pour rôle la distribution physique des produits qui ont été commandés auprès du service commercial par divers clients. Elle intègre ainsi le packaging, le respect des délais de livraison et se prolonge par le service après-vente, qui gère le retour de produits non conformes.<sup>6</sup>

### 3. Les fonctions logistiques

La fonction logistique prend en charge la gestion des flux de marchandise et s'intéresse à leurs environnements. L'environnement est constitué, pour la logistique les ressources (humaines, carburant, énergie...etc.), des biens nécessaires à la réalisation de la prestation logistique (machine, entrepôts, outillage...etc.), et des services (fourniture, transport, système d'information, emballage ...etc.).

Ainsi, en vue d'arriver à ses fins, elle est appelée à occuper au sein de l'entreprise les fonctions suivantes :<sup>7</sup>

- ✓ **organisation des flux** : définir les flux entre son entreprise et ses fournisseurs d'une part, ses clients d'autre part, définir les flux entre les différents sites (production, stockage, distribution, commercialisation) au sein même de l'entreprise.
- ✓ **planification** : en fonction des besoins des clients, des contraintes des fournisseurs et des moyens dont dispose l'entreprise (ressource humaine et moyens de production), planifier (à court, moyen, long terme) la production, stockage, l'expédition et livraison des marchandises.

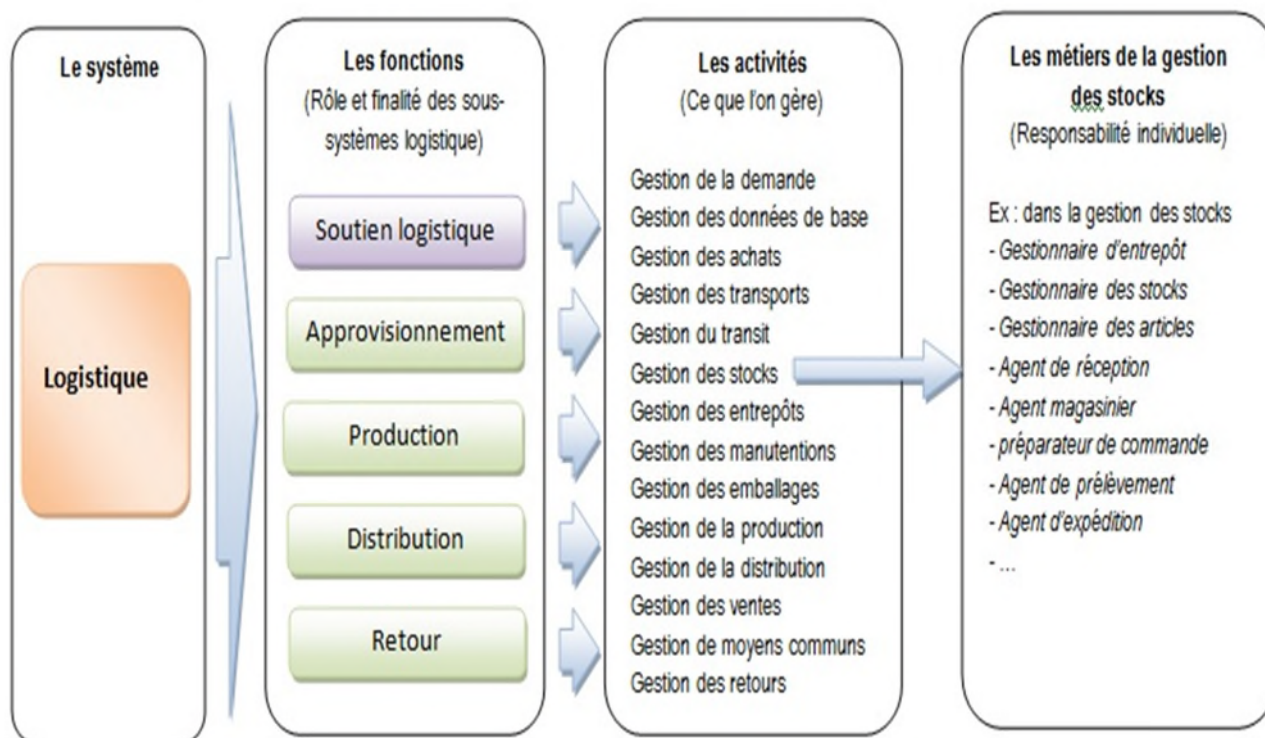
---

<sup>6</sup> CHARKAOUI. A, Notes de cours: Systèmes logistiques : la logistique à travers son histoire, Ecole Supérieure de Gestion, Marrakech, 2004.

<sup>7</sup> MOUACI et REMACI, Optimisation des couts de transport cas SOVAC-BOUIRA, Mémoire Master : logistique et distribution, université de Bejaia. 2016.

- ✓ **Achat** : identifie et choisir les fournisseurs possibles par composant, négocier et optimiser les conditions d'achat (prix, qualité, délais), engager des relations de partenariat avec ses fournisseurs afin de les faire progresser dans le même rythme que son entreprise.
- ✓ **approvisionnement** : assurer la mise à dispositions des composants nécessaires à l'outil de production, en fonction des besoins des clients.
- ✓ **production** : c'est un maillon de la chaîne logistique puisque les opérations de transformation des produits mettent en œuvre des moyens humains (effectif), matériels (machines) et techniques dont les flux sont à planifier.
- ✓ **distribution** : organise et piloter la mise à disposition des composants aux unités de production, et de produit finis auprès des clients. Ces flux physiques intègrent le transport (mer, route, air, fer) et manutention (manuelle ou automatisée).
- ✓ **soutien logistique** : maintenir chez le client le produit vendu en état de fonctionnalité au travers du service après-vente, et donc mettre à dispositions des pièces de rechange, maîtriser le retour des composants usagés, ainsi que leur destruction au recyclage.

Il existe une interaction très forte entre la logistique et l'ensemble des autres départements de l'entreprise. La logistique est donc menée à gérer des interfaces entre de nombreuses entités (à l'intérieur et l'extérieur de l'entreprise), aux intérêts divergents. Son rôle est celui d'un médiateur devant proposer des solutions logistiques optimales dans l'intérêt de l'entreprise.

**Figure N°01** : les fonctions de la logistique.

**Source** : MOUZAOUIM et RAMDANI.N, Essai d'analyse de l'impacte de la logistique sur la distribution des produits de l'entreprise, Mémoire Master : logistique et distribution, université de Bejaia. 2015.

A travers ses fonction, la logistique mène plusieurs activités arbitrairement subdivisées comme : activités « amonts » (de la production à l'entrepôt) ; activités « aval » (de l'entrepôt à la consommation) et activités « retours » (de la consommation à la production).

### 3.1 Les activités en amont :

Elles comprennent :<sup>8</sup>

- le développement et la recherche de ressource d'approvisionnement, dans ou à l'extérieur de l'entreprise clients, par l'établissement de relation avec des fabricants (dénommés producteurs, industriels, fournisseur ou sous-traitants) ; des prestataires de services (appelés sous-traitants ou encore commissionnaires de transport ou transporteurs).
- l'approvisionnement qui induit la notion de « commande », de bons commande (à l'extérieur) ou de « demandes, bons ou ordres de fabrication ou de livraison, ...etc. » (à l'intérieur) et de fournisseurs.

<sup>8</sup> NORIGEON.P, Notes de cours:Logistique et e-Business, P.6 .

- le transport amont et les prestations de douane pour acheminer les marchandises (produit fini ou matériaux, composant, etc.) Vers un point de stockage ou une plateforme de préparation de commande.

### 3.2 Les activités en aval

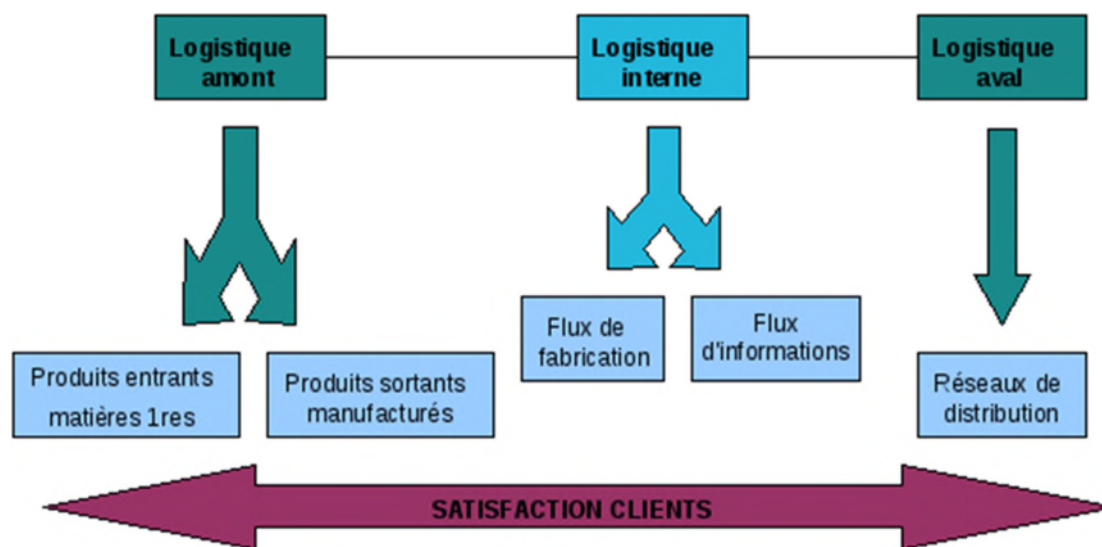
Celles-ci comprennent :<sup>9</sup>

-Le stockage en entrepôt (entreposage)

-Le suremballage (copacking), la constitution, le conditionnement et l'adressage, etc.

-La préparation de commande qui peut porter d'autres noms : « la répartition » pour les entreprises de secteur pharmaceutique, (en incluant sous cette dénomination le « stockage » et le « transport en aval ») ; « L'éclatement » pour les entreprises du secteur alimentaire frais (qui représente un seul passage à quai sans stockage, avec la répartition et chargement immédiat de véhicules).

**Figure N°02** : la logistique en amont et en aval dans une entreprise de production.



**Source** : notre propre perception

- Le transport aval (après le lieu de stockage), qui se décompose en « traction », c'est dire le transport jusqu'à un point de répartition ou d'éclatement ou de mise en tournées; « passage à quai », pour éclater, repartir ou mettre en tournées sur d'autres véhicules; « distribution », c'est-à-dire le transport de dernier kilomètre vers une entreprise (business to business) ou vers un particulier (business to consumer).

<sup>9</sup> NORIGEON.P, Notes de cours:Logistique et e-Business, P. 7.



#### **4. Les différents types de la logistique**

On peut distinguer plusieurs types de la logistique selon leurs objets et leurs méthodes : <sup>10</sup>

##### **A) La logistique d'approvisionnement**

Ce type de logistique permet à l'entreprise d'amener dans les unités les produits de base, composants et sous-ensembles nécessaires à la production.

##### **B) La logistique de production**

La logistique de production fait partie des fonctions transversales au sein de l'entreprise. Elle consiste à apporter aux unités de production de matériaux et composants nécessaires à la production. Le but est de tendre vers l'optimisation en améliorant les performances à chaque étape de production.

##### **C) La logistique de distribution**

Ce type de logistique consiste à contrôler la conformité des livraisons à l'arrivée aux magasins ainsi que la quantité et la qualité des palettes avant le départ de l'entrepôt, auditer la préparation des commandes, gérer quotidiennement les stocks, le chargement des marchandises, l'envoi, la réception et le conditionnement des colis. D'une manière générale elle consiste à apporter au consommateur final les produits dont il a besoin.

##### **D) La logistique de soutien**

Ce type de logistique concerne le service postérieur à la vente. Il a pour objectif d'assurer le maintien en condition opérationnelle d'un système technologique complexe phase d'exploitation. Il met en œuvre un ensemble de processus et de moyens (opération de maintenance, outillage...) nommés éléments de logistique de soutien.

##### **E) La logistique de service après-vente**

Cette activité est assez proche de la logistique de soutien, avec cette différence qu'elle est exercée dans un cadre marchand par celui qui a vendu un bien; on utilise assez souvent l'expression « management de service » pour désigner le pilotage de cette activité ; on notera cependant que cette forme de logistique tend de plus en plus souvent à être exercée par des spécialités de soutien.

---

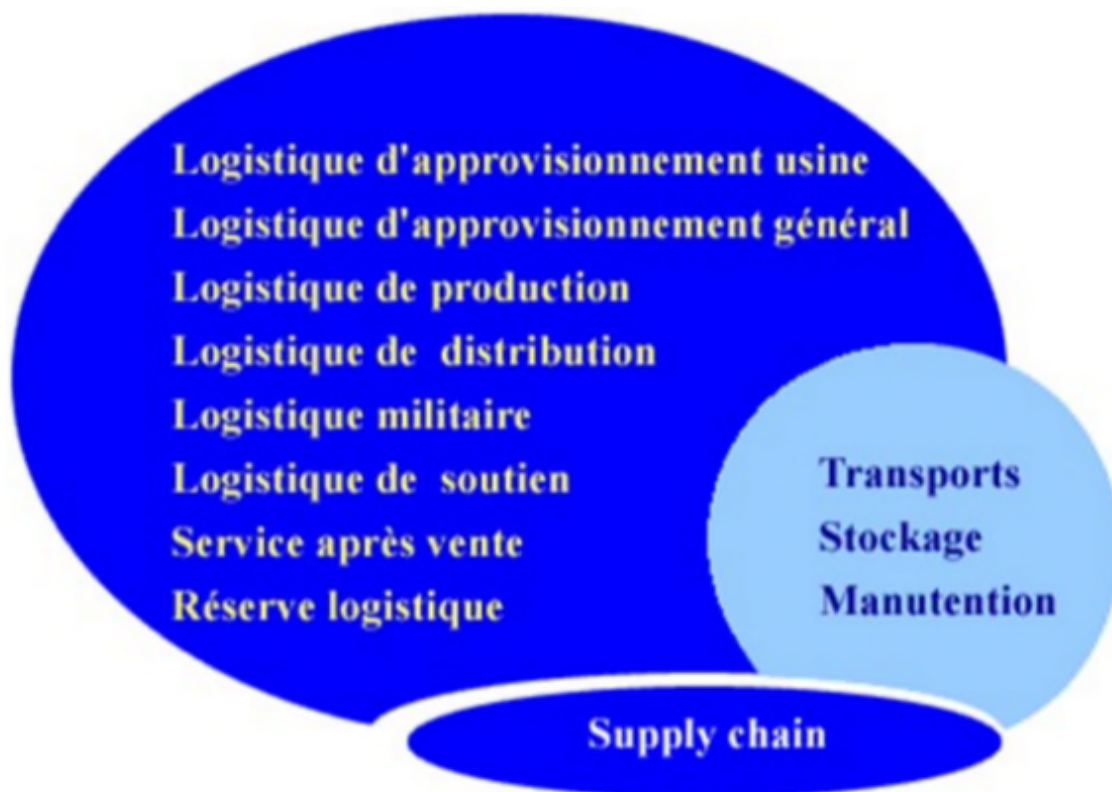
<sup>10</sup>PIMOR.Y et FENDER.M, logistique : Production Distribution et Soutien, Paris, Dunod, 5<sup>ème</sup> Edition, 1998, P. 4 .

## F) La Logistique inverse

Le terme « reverse logistics » peut être traduit en français par « logistique inverse » ou « logistique des retours ». Elle consiste à reprendre des produits dont le client ne veut pas ou qu'il veut faire réparer, ou encore à traiter des déchets industriels, emballage, produit inutilisables.

On constate que l'objectif commun à tous les types de la logistique cités ci-dessus et d'atteindre une haute performance du système concerné, en assurant une meilleure disponibilité à moindre coût avec une grande flexibilité lui permettant de s'adapter aux fluctuations éventuelles du marché.

**Figure N°03** : les différents types de la logistique.



**Source :** MENDIL.A et KEDJAR.L, La logistique de distribution: Optimisation des coûts de transport, Mémoire Master : Management des Organisations, université de Bejaia. 2015.

La figure N°02 ci-dessus présente les différents types de la logistique citée ci-dessus au sein d'une entreprise de production.

## 5. les moyens logistiques

Lorsque la production peut être acheminée directement vers le lieu de consommation, sans constitution de stock, le flux est dit « tendu » ; à l'inverse, le flux est dit « stocké » si la production décide de la quantité de marchandise transportée et produite, le flux est dit « poussé » au contraire, si la consommation décide de la quantité de marchandise transportée et produite, le flux est dit « tiré ».<sup>11</sup>

Après le transport des produits, il faudra les stocker. La constitution de stock peut s'appuyer sur différentes raisons : la spéculation, due à la volonté d'acheter une marchandise abondante, puis de la revendre en réalisant une plus-value, lorsque s'installera la pénurie (demande supérieure à l'offre) ; les obligations réglementaires, c'est à dire respecter les durées de quarantaines, par exemple, comme dans la production pharmaceutique ou cosmétique les contraintes commerciales, par exemple, attendre la venue à maturité d'un fruit, d'une fleur, d'un animal avant qu'il deviennent commercialisables; les contraintes de production, par exemple l'obligation de regrouper les différents composants d'un produit fini, avant de procéder à son assemblage, les nécessités financières, qui tiennent à ce que le transport est plus coûteux s'il est fréquent et s'il porte sur des tailles de lots plus petites; dans ce cas, il convient de vérifier s'il est moins cher de stocker, en construisant des entrepôts et en les faisant fonctionner, ou s'il est moins cher de transporter par lots de production.

Les moyens disponibles pour une optimisation de la logistique d'entreprise sont essentiellement des infrastructures (entrepôts, transports et de voies de communication), les systèmes et outils d'exploitation et d'externalisation.

### 5.1 L'infrastructure logistique

Elle a pour objet de mouvementer les flux matières, pour les acheminer des lieux de production jusqu'aux lieux de transformation, puis des lieux de transformation aux lieux de consommation. Ces trois lieux sont généralement disjoints.<sup>12</sup>

On peut distinguer les entrepôts et les plateformes selon leur rôle dans la chaîne logistique.

- Le magasin d'usine : il reçoit les livraisons des fournisseurs de matières premières et composants et les stocks vers les ateliers de fabrication. Il conserve en outre des quantités limitées d'en cours de fabrication ou de produits finis.

---

<sup>11</sup> EBEDE.E, Notes de cours: Initiation à la logistique, p. 11-15.

<sup>12</sup> MOUACI.M et REMACI.S, Optimisation des coûts de transport cas SOVAC-BOUIRA, Mémoire Master : logistique et distribution, université de Bejaia. 2016.

• L'entrepôt du fabricant : il reçoit des produits finis de l'usine ou du groupe et les distribue au niveau d'un pays. Certains produits peuvent donner lieu à du «post manufacturing» activité de conditionnement ou d'adaptation du produit qui ajoutent à l'entrepôt des ateliers.

• Le fabricant : il peut disposer aussi de plateformes ou d'entrepôts régionaux même si la tendance est pour l'instant à leur disparition progressive. On parle parfois de « centres de distribution ».

• Le distributeur : il peut avoir des plateformes de réception des expéditions et de ses fournisseurs et d'organisation des tournées de livraison aux surfaces de vente, la plateforme joue qu'un rôle de transit et l'on parle de « cross-docking ». Le distributeur peut sur une plateforme régionale regroupe les commandes de ses surfaces de vente d'une région et les allotir lui-même après réception des envois des fournisseurs. Il livre ensuite les Grands Magasins Spécialisés (GMS).

• Le transporteur : il transporte la marchandise depuis l'entrepôt du fabricant jusqu'à la surface de vente pour le compte du fabricant ou du distributeur. Il passera assez souvent par des plateformes de ramassage puis de distribution lorsque le chargement est de moins d'un camion. Cependant pour des produits consommés en grande quantité, la livraison peut se faire directement depuis l'usine.

• L'enseigne peut avoir des entrepôts spécialisés ou non : frais, surgelés, liquides, épicerie, bazar, textile, Service Après Vente (SAV), hygiène et beauté, import. Ces entrepôts reçoivent les marchandises des fabricants en quantité, souvent pour profiter de prix avantageux (promotion). Elles sont ensuite livrées aux Grands Magasins Spécialisés (GMS) soit directement soit par l'intermédiaire des plateformes régionales.

## 5.2 Les systèmes et outils d'exploitation

En plus des acquis infrastructurels, l'entreprise doit, en vue de la mise en œuvre pratique de sa démarche logistique, développer des systèmes d'exploitation ainsi que des outils et ressources nécessaires à une rentabilité optimale de son système logistique.<sup>13</sup>

• Le système d'exploitation : c'est la mise en place de systèmes de transit qui est une science étudiant les moyens de logistique internes a un site de production ou de distribution. Et consiste en un suivi des véhicules par satellites et comprends des systèmes informatiques de gestion des commandes, des productions, des stocks, des emplacements de stockage ;

---

<sup>13</sup> MOUACI.M et REMACI.S, Optimisation des coûts de transport cas SOVAC-BOUIRA, Mémoire Master : logistique et distribution, université de Bejaia, 2016.

des systèmes électroniques (système antivol) ; et des systèmes mécaniques (robotique industrielle, etc.)

- Les outils et les ressources pour exercer l'activité logistique intègrent autant les outils tels (des modules spécialisés des logiciels intègres, Warehouse Managements systems etc.) Que les ressources humaines (spécialistes en recherche de terrains stratégique pour construire des zones industrielles logistiques; spécialistes en immobilier et en construction ou en aménagements d'entrepôts de stockage ou de messagerie ; spécialistes des systèmes informatiques, spécialistes en gestion de ressources humaines ; spécialistes en matériel de transport, de manutention, de stockage, d'emballage, etc.) et les ressources financières.

## 6. L'externalisation

Les prestataires logistiques et les entreprises clientes peuvent aussi être arbitrairement classés en fonction du taux d'externalisation ou de prise en charge de la fonction logistique par un tiers, on distingue :<sup>14</sup>

- Les « 1PL » (First Party Logistics) : sous-traitance du transport ;
- Les « 2PL » (Second Party Logistics) : externalisation du transport et de l'entreposage
- Les « 3PL » (Third Party Logistics) : externalisation classique consiste à confier à un spécialiste la réalisation des opérations logistique la mise en place des outils, compétences et systèmes nécessaires, avec un objectif d'améliorer la performance (réalisation de tâches de plus en plus variées) ;
- Les « 4PL » (Fourth Party Logistics) : formule l'externalisation plus poussée ; le prestataire n'a plus en charge la distribution d'un produit sur une région donnée, mais l'optimisation d'une chaîne intégrant son client (le mot client a plusieurs acceptations, les clients du client et les fournisseurs).

En résumé, on peut dire que la logistique correspond à la gestion des flux financiers, informationnels, physiques que va rencontrer l'entreprise. La logistique est essentielle pour la firme, car c'est cette dernière qui va permettre l'optimisation des ressources et la réduction des coûts.

La logistique est une fonction essentielle pour l'entreprise si elle veut rester compétitive. En effet, c'est la connaissance et la maîtrise de celle-ci qui va déterminer sa performance.

---

<sup>14</sup> DIOMANDE.N, Le transport dans la stratégie de production des grandes entreprises, Diplôme d'Ingénieur des travaux publics, Boigny, 2007.

Les intervenants en logistique sont devenus plus dispersés et plus nombreux. A fin d'être plus performant, le système logistique a cherché à intégrer tous ces agents. C'est ainsi qu'est née la notion de Supply Chain qui sera traitée dans la seconde section.

## **Section 2 : La chaîne logistique et le transport**

La gestion de la chaîne logistique suppose de planifier et de contrôler les stocks et le transport comme une entité unique et intégrée, et ce, des fournisseurs jusqu'aux utilisateurs finaux.

### **1. La chaîne logistique**

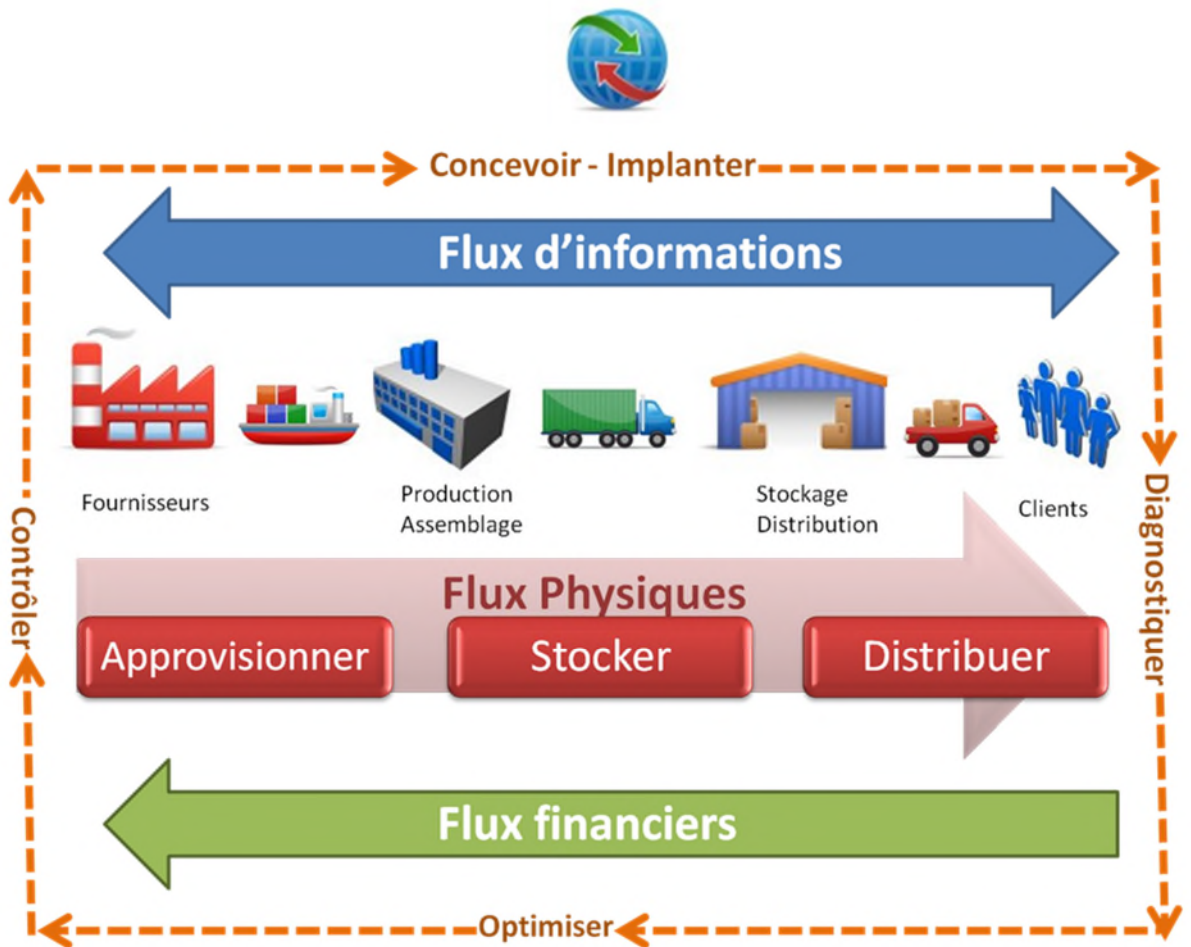
Plusieurs auteurs ont tenté depuis de nombreuses années de répondre à cette question. Les nombreuses définitions proposées dans la littérature sont là pour en témoigner. Chacune d'elles est généralement orientée par la sensibilité de l'auteur, et le domaine d'étude concerné. Pour cette raison, il n'existe pas une définition unique de la chaîne logistique, mais des définitions de la chaîne logistique. Nous en proposons quelques-unes : En 1993 la définition proposée est la suivante : « Un réseau d'installation qui assure les fonctions d'approvisionnement en matières premières, de transformation de ces matières premières en composants puis en produits finis, et de distribution du produit fini vers le client »<sup>15</sup>.

En 1995, la chaîne logistique présentée comme étant : « Une succession d'activités de création de valeur. Cette création repose sur un ensemble d'entreprises qui assurent l'extraction des matières premières, et la production, le grossiste, les détaillants et enfin le client final »<sup>16</sup>.

---

<sup>15</sup> RODRIQUE.T, Méthodes de modélisation et de d'optimisation par recherche à voisinages variable pour le problème de collecte et de livraison avec transbordement, thèse de doctorat : Sciences physique, université de bordeaux, 2014,p. 7.

<sup>16</sup> MOUACI.M et REMACI.S, Optimisation des coûts de transport cas SOVAC-BOUIRA, Mémoire Master : logistique et distribution, université de Bejaia. 2016.

**Figure N°04** : Représentation de la chaîne logistique

Source : DUPONCHEL.D, L'impact de la citoyenneté sur la gestion de la Supply Chain, Mémoire Master : logistique, université Paris 1, 2010.

La figure N°04 ci-dessus illustre une représentation des flux de la chaîne logistique. Elle permet de mettre en évidence les différents flux entre les agents de la chaîne logistique. Pour cela, il est essentiel de comprendre la circulation des informations, de constater que les échanges se font aussi bien dans un sens que dans l'autre sens.

En dehors des flux d'informations, il existe d'autres flux, eux aussi nécessaires pour que la collaboration se passe parfaitement : les flux financiers et les flux physiques. Ces derniers, sont également à double sens, se décomposent en plusieurs étapes principales telles que : l'approvisionnement, la transformation et la distribution. Ces flux représentés en double sens montrent qu'il peut y avoir des retours dans le cas d'un défaut ou encore d'une anomalie sur le produit.

Les flux financiers, quant à eux, ne font que remonter la chaîne car chacun des acteurs va être tenu de payer l'intervenant précédent sur la chaîne de l'offre.



De ce fait, il apparaît que l'interconnexion entre les différents maillons est essentielle au bon fonctionnement de la chaîne logistique. En effet, la sortie d'un maillon ou étage de la chaîne est généralement l'entrée d'un autre maillon qui apportera sa compétence à la réalisation du produit final. Pour rendre cela possible, il est nécessaire de transporter la matière d'un maillon à un autre. Le transport apparaît comme un processus essentiel de la chaîne logistique. Le transport dans le contexte de la chaîne logistique consiste à planifier, piloter et optimiser l'acheminement de la matière entre les lieux d'approvisionnement et de distribution avec des échanges possibles entre les différents sites de production.

## **2. Le rôle du transport dans la chaîne logistique**

Le transport des marchandises joue un rôle majeur dans une chaîne logistique, en effet les entités principales (fournisseurs, usines de distribution et clients finaux) qui se trouvent dans une chaîne logistique sont reliées entre elles par des connexions impliquant différents modes de transport. Pour P.Devernay qui considère le transport comme un moteur de recherche il a analysé comme suit « le cas de l'organisation des transports entre les fournisseurs, les entrepôts et les entreprises. Il a ajouté que le transport constitue le véritable "moteur" de cette logistique : sans une organisation de transport fiable, réactive, flexible et économique, la logistique devrait faire appel à des moyens coûteux en surfaces, manutention, magasinage et systèmes d'information, pour satisfaire les exigences de ses consommateurs. Si certaines de ces chaînes restent internes aux établissements bénéficiant de leurs propres unités de production, beaucoup remontent vers des fournisseurs multiples et variés, à travers des prestataires, dont les plus connus sont les transporteurs »<sup>17</sup>.

### **2.1. La place du transport routier**

La contribution du transport routier de marchandises au fonctionnement de la chaîne logistique est présentée dans cette partie suivant deux axes : sa domination par rapport aux autres modes de transport et son rôle majeur au niveau économique.<sup>18</sup>

Le transport routier de marchandises domine les autres modes de transport qui sont : le fluvial, le maritime, le rail, et l'aérien,

Cela s'explique par le fait, que les autres modes de transport de par leur nature ne sont pertinents que pour le transport de longues distances massifiées.

Tandis que le transport routier est généralement le seul de par sa nature à pouvoir desservir tout un territoire lorsque les infrastructures de ce réseau ont été préalablement développées. L'évolution technologique a aussi permis de développer des camions moins

<sup>17</sup> Organisation de Coopération et de Développement Économiques, Logistique des transports, 2002, p. 56 .

<sup>18</sup> TAKOUDJOU.T, Méthodes de modélisation et d'optimisation par recherche à voisinages variables pour le problème de collecte et de livraison avec transbordement, thèse de Doctorat : Productique, université de Bordeaux. 2014, p. 9 .



énergivores de tailles adaptées pour les différents espaces urbains. Ainsi, dans une situation de flux tendu, de réduction de stock, de transport à la demande, et de transport porte-à-porte, le transport routier s'avère être mieux adapté que les autres modes de transport.

## **2.2 Les offres de transport**

Plusieurs critères permettent de catégoriser les différentes offres de transport routier de marchandises.

Ces critères portent notamment sur : la taille des colis transportés, la complexité des prestations de transport offertes, la rapidité du transport, le mode de calcul du prix de transport et la pratique de rupture de charge<sup>19</sup>. Quelques offres de transport sont présentées et analysées ci-dessous :

### **2.2.1 L'affrètement**

Dans le cas de l'affrètement ou transport de lot complet, l'intégralité de la capacité d'un véhicule est utilisée pour satisfaire la demande de transport d'un client. Il n'y a pas de rupture de charge durant l'acheminement et le transport s'effectue directement d'un point à un autre.

### **2.2.2 Le groupage**

Le transport avec groupage a la spécificité d'exiger du transporteur qu'il ait recours à des plateformes pour effectuer le groupage et le dégroupage des marchandises. Le groupage consiste à ramasser des colis provenant de plusieurs expéditeurs pour plusieurs destinataires différents. Après cette phase, un transport par lot complet est effectué pour transporter les produits collectés de la plateforme de groupage à la plateforme de dégroupage. Dans la plateforme de dégroupage, l'organisation de la livraison des marchandises aux destinataires finaux est effectuée.

### **2.2.3 La messagerie**

La messagerie est axée sur le transport des colis de moins de trois tonnes. Les produits sont enlevés, groupés, dégroupés et distribués à leurs destinataires respectifs. La messagerie diffère du groupage par le fait que les enlèvements ne sont pas effectués à la demande, mais à heure fixe.

---

<sup>19</sup> TAKOUDJOU.T, Méthodes de modélisation et d'optimisation par recherche à voisinages variables pour le problème de collecte et de livraison avec transbordement, thèse de Doctorat : Productique, université de Bordeaux. 2014, p. 10-11.

D'autre part, le traitement des marchandises au sein des plateformes est effectué sans stockage.

#### **2.2.4 Transport express**

Le transport express assure le transport des colis d'un poids inférieur à trois tonnes, Dans son organisation, il est très proche de la messagerie. Il en diffère principalement par la garantie d'exécution du transport dans un délai contractuel exprimable en heure ou en demi-journée.

### **3. La gestion de la chaîne logistique**

L'objectif de la maximisation des performances d'une chaîne logistique engendre la nécessité d'un pilotage adapté de celle-ci, Ce pilotage aussi appelé gestion de la chaîne logistique est désigné dans la littérature anglaise par le terme SCM pour « supply Chain Management ». De nombreuses et diverses définitions existent pour la gestion de la chaîne logistique.

Elles dépendent du domaine d'étude auquel elles se rapportent. Nous présentons quelques définitions issues de la littérature.

La gestion de la chaîne logistique est « la démarche permettant l'intégration d'unités organisationnelles le long de la chaîne logistique et la coordination des flux physiques, informationnels et financiers dans le but de satisfaire le consommateur final et d'améliorer la compétitivité de la chaîne dans son ensemble »<sup>20</sup>.

« Un ensemble d'approches utilisées pour intégrer efficacement les fournisseurs, les producteurs, les distributeurs et les détaillants de façon à garantir la production et la distribution des produits finis au bon moment, au bon endroit, en bonne quantité, en respectant les exigences des clients finaux, et ce à moindre coût »<sup>21</sup>.

L'intérêt du Supply Chain Management (SCM) est de faciliter les ventes en positionnant correctement les produits en bonne quantité, au bon endroit, au moment où le client en a besoin et enfin à moindre coût. Le principal objectif du SCM est d'allouer efficacement les ressources de production, distribution, transport et d'information, en présence d'objectifs conflictuels, dans le but d'atteindre le niveau de service demandé par les clients au plus bas prix.

---

<sup>20</sup> STADTLER.H et KILGER.C, Supply chain management and advanced planning: concept, models, software, and case studies, 3<sup>ème</sup> édition, 2010, p. 13.

<sup>21</sup> SIMCHI-LEVI.D et KAMINSKEY.P, Designing and Managing the Supply Chain: concepts, strategies, and case studies, 2003, p. 12.

Ces définitions permettent de mettre en exergue une caractéristique principale de la gestion de la chaîne logistique en tant que moyen d'intégration de l'ensemble des partenaires que sont : les fournisseurs, les producteurs, les distributeurs et le client final. Cette intégration vise à l'optimisation des différentes fonctions de la chaîne logistique dans le but d'améliorer la compétitivité des entreprises.

### **3.1 La fonction distribution/transport**

La partie distribution dans la fonction transport/distribution consiste à écouler les produits finis vers les clients finaux. Elle nécessite l'exécution d'un ensemble d'activités et la gestion des réseaux de distributions telles que les plateformes de groupage/dégroupage. Les activités concernent respectivement la réception des commandes, la définition des délais de livraison, la planification des livraisons et l'expédition.

La partie transport dans la fonction distribution/transport se décompose en trois principales activités : le dimensionnement du réseau de transport, la planification des tournées, la gestion de la flotte de véhicules.

- Le dimensionnement du réseau de transport consiste par exemple à déterminer les nœuds ou sommets successifs du réseau de transport à visiter.
- La planification des tournées a pour objet la détermination des tournées d'une flotte de véhicules homogène ou hétérogène afin de satisfaire la demande d'un ensemble de clients. La demande peut consister en un transport point à point d'un objet à un autre, où d'une demande d'intervention (maintenance, réparation), etc. L'objectif est de déterminer pour chaque véhicule de la flotte une feuille de route qui permet, tout en satisfaisant les demandes des clients, de réduire les coûts de transport. La planification permet ainsi de faire de manière anticipatoire des arbitrages et équilibrages nécessaires en fonction de la capacité de transport disponible et du taux effectif du remplissage des véhicules.

Pour faire du transport un véritable vecteur de compétitivité et de performance, les décisionnaires doivent prendre plusieurs décisions qui sont d'ordres stratégiques, tactiques, opérationnels et temps réel.<sup>22</sup>

### **3.2 Le niveau de décision opérationnel**

Les décisions d'ordre opérationnelles relatives au pilotage des différentes fonctions de la chaîne logistique en général et du transport en particulier couvrent un horizon de quelques jours à environ une semaine.

---

<sup>22</sup> TAKOUDJOU.T, Méthodes de modélisation et d'optimisation par recherche à voisinages variables pour le problème de collecte et de livraison avec transbordement, thèse de Doctorat : Productique, université de Bordeaux. 2014, p. 14.

Il s'agit ici des décisions qui portent sur les tournées qui seront effectivement générées pour satisfaire les demandes de transport. Suite à l'occurrence d'un aléa ou à un événement perturbateur qui empêche l'exécution normale d'une tournée initialement prévue, il peut être nécessaire de reconfigurer une tournée de transport pour garantir une certaine performance.

La décision portant sur la nécessité d'une reconfiguration est dite « temps réel » et couvre un horizon de temps allant de la minute à 1 heure en fonction de la politique choisie.

En complément de la prise de décision ci-dessus présentée. Pour affiner, améliorer et gérer de manière efficace le transport, de nouvelles approches ont été proposées ou sont en cours mise en place. Pour nous en convaincre, nous nous proposons de présenter quelques-unes.<sup>23</sup>

#### **4. Les pratiques actuelles et les nouvelles tendances dans le transport**

Les nouvelles tendances observées dans l'organisation des transports sont d'ordre organisationnel ou technologique.

##### **4.1 L'externalisation des chaînes d'approvisionnements**

La tendance actuelle des entreprises est à l'externalisation de leurs chaînes d'approvisionnements. Par ce processus, elles se recentrent sur leur cœur de métier et sous-traitent les activités connexes, dont le transport. L'objectif est de réaliser des économies d'échelles sur le transport.

##### **4.2 La pratique de la mutualisation**

D'après le dictionnaire Petit Robert, la mutualisation consiste à « repartir à égalité entre les membres d'un groupe ». Déclinée au sens de la chaîne logistique, cette définition peut être perçue comme la mise en commun par plusieurs entreprises de leurs ressources afin d'optimiser une fonction particulière de leur chaîne logistique réciproque. Cette association peut être nécessaire en temps de crise ou dans un contexte de mondialisation ou de concurrence exacerbée pour accéder à un service ou atteindre un objectif inaccessible de façon individuelle.<sup>24</sup>

Au niveau du transport, cette tendance peut s'observer par une logique de mutualisation dans laquelle le transporteur, les expéditeurs et les destinataires mettent en commun leurs ressources mobiles (véhicules) et leurs infrastructures logistiques (entrepôts, plateformes).

---

<sup>23</sup> TAKOUDJOU.T, Méthodes de modélisation et d'optimisation par recherche à voisinages variables pour le problème de collecte et de livraison avec transbordement, thèse de Doctorat : Productique, université de Bordeaux. 2014, p. 15.

<sup>24</sup> Ipid. , p.16 .

Dans un tel contexte, les infrastructures logistiques ne sont plus uniquement des sites d'expédition et de réception, mais deviennent des points de transbordement.

Dans ces points, le groupage/ dégroupage ainsi que le transfert de produits entre véhicules différents sont autorisés si cela permet d'apporter de la flexibilité et une réduction des distances parcourues.

### 4.3 Le cross-docking

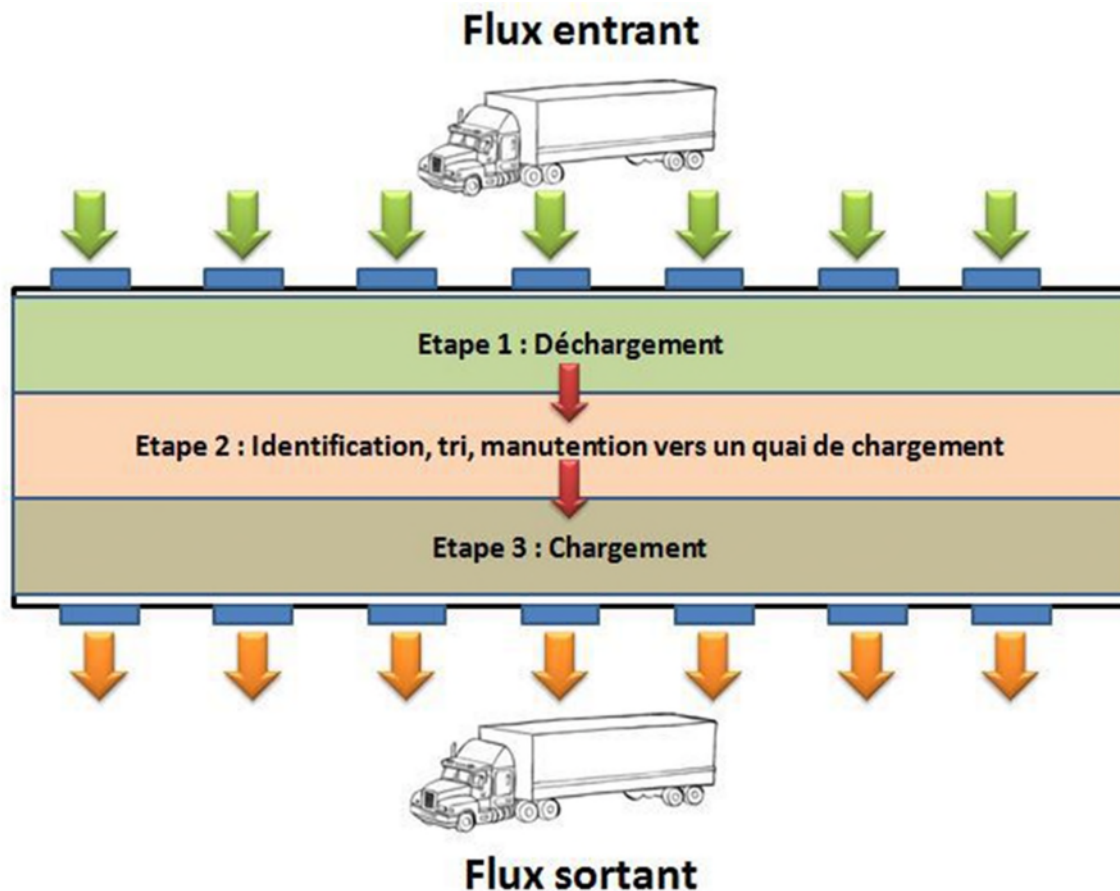
Le cross-docking (CD) <sup>25</sup>est une stratégie logistique dans laquelle les produits enlevés chez un ensemble de fournisseurs sont "consolidés" lors d'un passage par une plateforme logistique (ou entrepôts) avant d'être livrés en aval chez un ensemble de destinataires. La consolidation consiste à réceptionner vers l'entrepôt les produits provenant des différents véhicules les trier et les classer en fonction de leurs destinations finales.

Dans certains cas, les produits peuvent être momentanément stockés. Très souvent, l'entrepôt est aussi utilisé comme dépôt de véhicules. A cet effet, les véhicules chargés d'effectuer la collecte et la distribution des produits partent et rentrent à l'entrepôt.

Un certain nombre d'auteurs ont travaillé l'intérêt de pratiquer le cross-docking. Les avantages d'une telle pratique sont: la réduction du niveau des stocks, des coûts de production, et du coût de distribution ; économie de temps grâce à la réduction des délais d'approvisionnement ; l'augmentation de la durée des produits dans le rayon, l'augmentation en linéaire de la durée de vie des produits notamment lorsqu'il s'agit de produit frais. Le cross-docking présente néanmoins un ensemble d'inconvénients : une préparation minutieuse des palettes doit être effectuée en amont par le fournisseur pour faciliter la consolidation de celles-ci au cross-dock. Cela induit une charge supplémentaire de gestion.

---

<sup>25</sup> MARIE.C et BEAULIEU.M, Définition et analyse des conditions de succès du cross-docking, vol.10, 2<sup>ème</sup> édition, Canada, 2002.

**Figure N°05** : le principe du cross-docking.

**Source:** KRENG-VICTOR.B et CHEN.F, The benefits of a cross-docking delivery strategy: a supply chain collaboration approach, 2008, p.16.

#### 4.4 Le transbordement

Le transbordement représente l'action de transférer des marchandises ou des voyageurs d'un bateau, d'un train, d'un véhicule à un autre. Dans le transport routier de marchandises, le transbordement est effectué entre véhicules dans un but de flexibilité et de réduction de cout. La flexibilité découle du principe même du transbordement.<sup>26</sup>

En effet, en autorisant le transfert de marchandises entre véhicules, il est possible qu'une marchandise soit livrée par un véhicule qui ne l'a pas chargé en amont. Au moins deux raisons importantes peuvent justifier la pratique du transbordement : une panne du véhicule ayant collecté le produit peut nécessiter le transfert des marchandises qu'il transporte vers un autre véhicule. Une autre justification peut-être d'ordre économique voir écologique. En effet, dans une logique de planification des tournées de véhicules, le

<sup>26</sup> CARON.J, Stratégie de livraison directe dans une chaîne logistique internationale, thèse de Doctorat : Administration des affaires, université du Québec, Montréal, 2012, p. 73.

transbordement n'est autorisé que si cela permet de réduire le nombre de véhicules utilisés ou la distance parcourue. Dans ce cas, le transbordement est effectué de manière opportuniste. Le transbordement peut aussi être intéressant dans la réduction des kilomètres à vide.

Bien que pratiqué de manière plus importante par des compagnies de transport de courriers ou de colis, le transbordement peine à se développer.

A notre niveau de connaissance de la littérature, quelques raisons peuvent justifier ce fait : le coût de manutention lié au transfert des produits et la nécessité d'un outil d'aide à la décision pour aider les décideurs.

Le coût de manutention est élevé dans la mesure ou contrairement au cross-docking, les produits ne sont pas obligatoirement transférés en totalité ou en masse au point de transbordement. Il faut, localiser, décharger et recharger le bon produit, il faut ensuite aligner ou mettre à jour le système d'informations, etc. sur le plan décisionnel, cela peut poser des décisions de gestion aux décideurs qui doivent choisir parmi toutes les marchandises lesquelles transborder, à quelle date, et avec quels véhicules.

## **5. Le Transport Management System**

Le TMS<sup>27</sup> est un type de logiciel de gestion de transport de plus en plus utilisé par les entreprises et qui repose sur l'utilisation des NTIC (Nouvelles Technologies de l'Information et de Communication) est le TMS.

Les TMS ou systèmes de gestion de transport sont des logiciels d'aide à la décision qui permettent au décideur, de gérer le transport. Dans le détail, les TMS supportent de nombreux aspects liés à la gestion du transport : activité d'expéditions, document de travail, étiquetage des produits à transporter, facturation, etc. Les champs d'activités couverts par un TMS sont très variables et dépendent de la compagnie qui l'acquiert.

Certains champs peuvent être optionnels et certaines compagnies peuvent acheter plusieurs TMS pour assurer la gestion d'un ensemble d'activités.

Le TMS apporte une réponse à la plupart des questions posées par la gestion du transport suivant le niveau décisionnel considéré : stratégique, tactique, opérationnel, et temps réel.

---

<sup>27</sup> BREWER.A et BUTTON.K et HENSHER.D, A Handbook of logistic and supply chain management, New York, 2001, p.17.

Ainsi, sur le plan stratégique, le TMS aidera le décideur à faire des choix dans la conception du schéma optimal de transport, en mettant notamment l'accent sur le type et l'emplacement des plateformes logistiques. Sur le plan tactique le TMS fournit au décideur des outils de simulation pour tester par avance différents plans de transport, le choix de flux : direct ou par cross-docking. Sur le plan opérationnel, il s'agit de l'élaboration des tournées sur le court terme généralement quelques heures ou une journée. A chaque niveau décisionnel. L'ensemble des contraintes portant sur les véhicules et les clients sont prises en compte de manière précise. Sur le plan de l'exécution et du suivi, l'évolution des NTIC permet au TMS de suivre en temps réel l'exécution des tournées.

Un autre avantage non négligeable du TMS est son interaction possible avec le WMC (Warehouse Management System). Le WMC est à l'entrepôt ce que le TMS est au transport. Le WMC présente de nombreuses fonctionnalités qui sont : la gestion générale de l'entrepôt, la gestion des stocks, la réception des articles dans le site d'entreposage, la préparation et les expéditions de commandes. En intégrant le TMS avec le WMC, on peut optimiser le taux de remplissage des véhicules. Au niveau du cross-docking, le TMS communique au WMC les produits en cours d'arrivée dans l'entrepôt ce qui permet ainsi d'anticiper certaines actions telles que la préparation des emplacements de stockage ; le WMC peut également informer le TMS du temps nécessaire pour traiter des commandes de manière à ce que celui-ci les intègre dans son plan de routage. L'analyse de l'historique des préparations de commande du WMC peut permettre au TMS d'anticiper certains besoins de transport à moyen terme.

Toutefois, le TMS du fait de son large spectre d'applications peut être complexe à utiliser. Son coût élevé de l'ordre de plusieurs milliers d'euros à des dizaines de millions d'euros empêche son déploiement et son utilisation dans la plupart des entreprises de transport.

Les analyses précédemment effectuées tant sur la structuration des niveaux de décisions, les pratiques actuelles et les nouvelles tendances dans le transport concourent toutes à améliorer la performance du transport.

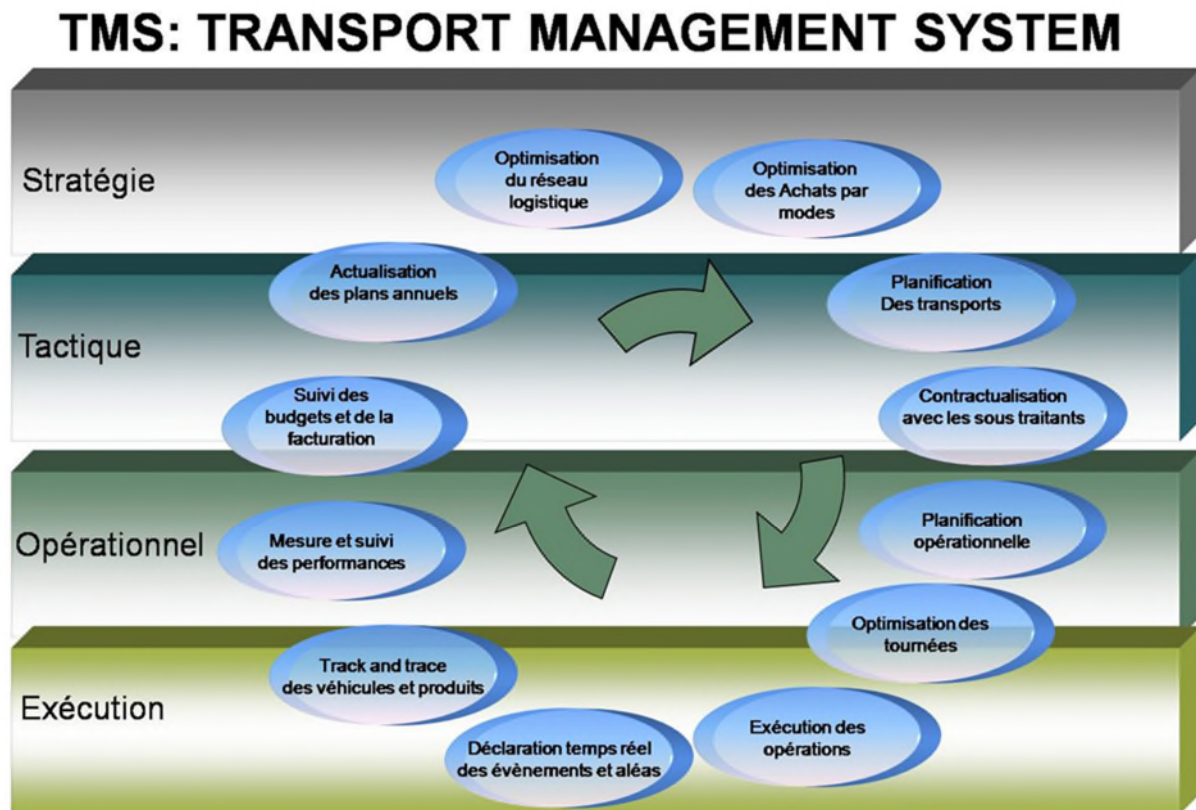
Nous nous proposons d'affiner cette analyse par la mise en œuvre d'indicateurs permettant la mesure de performance.

L'évaluation de la performance du transport est une tâche nécessaire pour améliorer son efficacité et par voie de conséquence celle de la chaîne logistique dans son ensemble. Cette évaluation nécessite dans le domaine du transport de disposer des informations sûres :



l'efficacité avec laquelle les matières premières sont transformées en service ou produits ; la façon dont les produits sont fournis aux clients et leur degré de satisfaction.

**Figure N°06:** le cercle vertueux du transport.




**Source :** MAMY.E, Notes de cours: la gestion des transports et les TMS, France, 2010, p. 14 .

### Conclusion :

Le but de ce premier chapitre était de préciser le poids de la logistique dans les entreprises modernes, la maîtrise des flux logistique est une nécessité absolue pour l'entreprise précisément les flux physique qui sont assurés par les différents modes de transport.

Le transport joue un rôle clé dans la performance de la chaîne logistique. En effet, il est le support du déplacement des flux physiques dans cette chaîne depuis l'acquisition des matières premières, jusqu'à la distribution du produit final aux clients ou consommateurs. Aujourd'hui, la maîtrise de l'activité du transport est une nécessité absolue pour des industries sujettes à une concurrence exacerbée et des problématiques environnementales et économiques.



*Chapitre II : cadre théorique sur la théorie  
des graphes*

## Introduction

Toute entreprise qu'elle que soit son domaine d'activité, elle est amenée à faire face à des problèmes de gestion au quotidien. On cite parmi ces problèmes, les coûts de transport qui nécessite l'usage des méthodes d'optimisation du transport qui interviennent pour améliorer la qualité et augmenter le profit.

Ceci souligne l'importance qu'occupe ce type de problème dans la gestion quotidienne de l'entreprise. C'est pour cette raison que le but de notre travail est de présenter la théorie des graphes, cette dernière nous aidera à optimiser les coûts de transport.

De ce fait, ce chapitre sera consacré à une présentation de quelque élément de base de la théorie des graphes, ainsi les différents algorithmes d'optimisation.

## Section 1 : introduction à la théorie des graphes

### 1. Historique

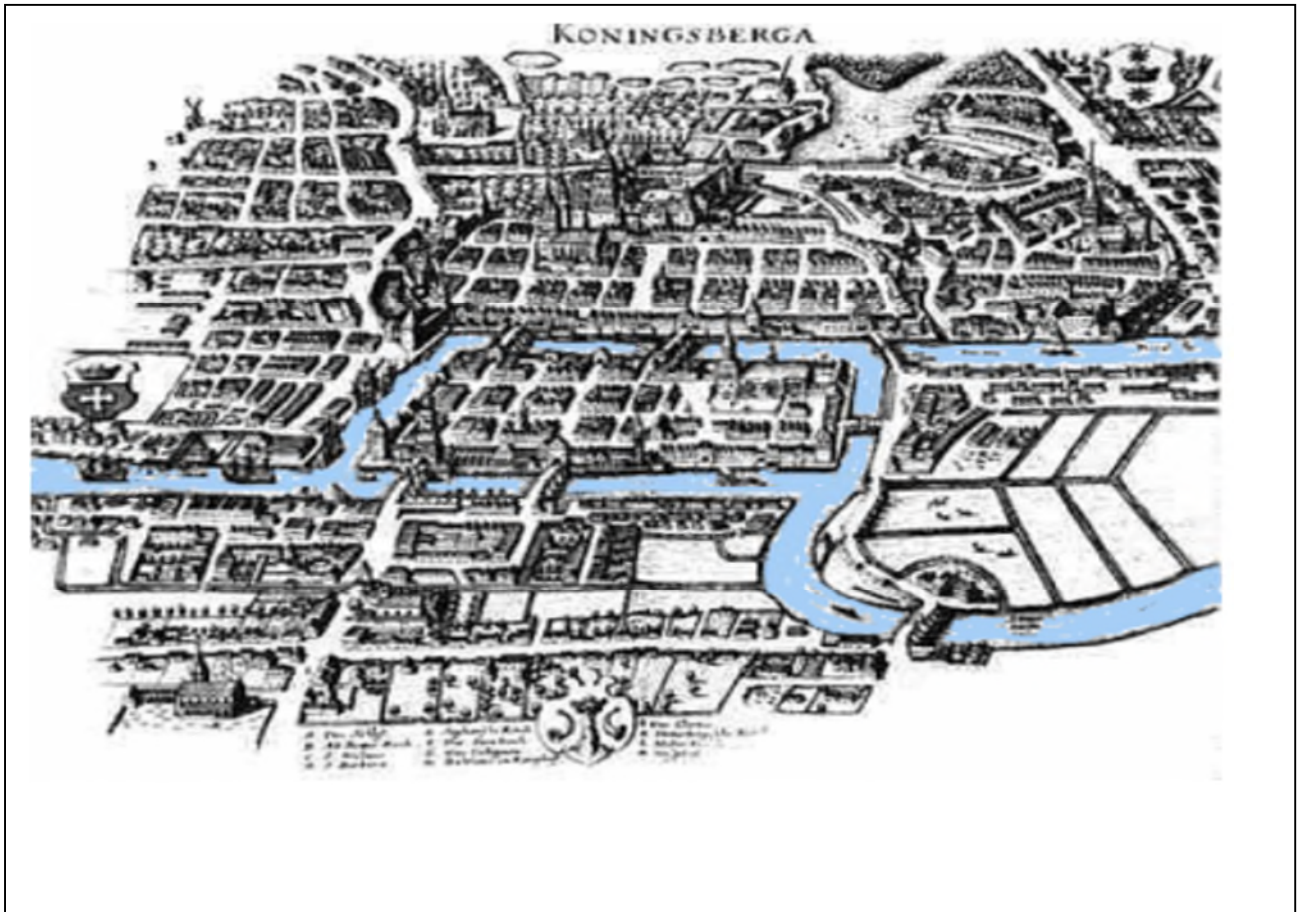
L'histoire de la théorie des graphes débute peut-être avec les travaux d'Euler au XVIII<sup>e</sup> siècle et trouve son origine dans l'étude de certains problèmes, tels que celui des ponts de Königsberg (les habitants de Königsberg se demandaient s'il était possible, en partant d'un quartier quelconque de la ville, de traverser tous les ponts sans passer deux fois par le même et de revenir à leur point de départ), la marche du cavalier sur l'échiquier ou le problème de coloriage de cartes. La théorie des graphes s'est alors développée dans diverses disciplines telles que la chimie, la biologie, les sciences sociales. Depuis le début du XX<sup>e</sup> siècle, elle constitue une branche à part entière des mathématiques, grâce aux travaux de König, Menger, Cayley puis de Berge et d'Erdős. De manière générale, un graphe permet de représenter la structure, les connexions d'un ensemble complexe en exprimant les relations entre ses éléments : réseau de communication, réseaux routiers, interaction de diverses espèces animales, circuits électriques. Les graphes constituent donc une méthode de pensée qui permet de modéliser une grande variété de problèmes en se ramenant à l'étude de sommets et d'arcs. Les derniers travaux en théorie des graphes sont souvent effectués par des informaticiens, du fait de l'importance qu'y revêt l'aspect algorithmique.

28

---

<sup>28</sup> ERIC.S, Notes de cours: Introduction à la théorie des graphes, Mars 2002, p. 2 .

Figure N°07: les 7 ponts de la ville de Königsberg.



*Source :* ERIC.S, Notes de cours: Introduction à la théorie des graphes, Mars 2002, p.1 .

## 2. Définitions et concepts de base

### 2.1 Un graphe

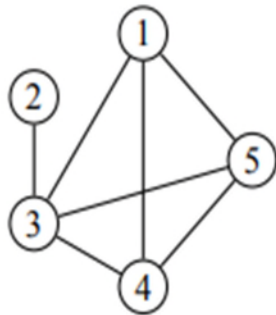
Un graphe fini  $G = (V, E)$  est défini par l'ensemble fini  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$  dont les éléments sont appelés **sommets** (vertices en anglais), et par l'ensemble fini  $E = \{e_1, e_2, \dots, e_m\}$  dont les éléments sont appelés **arêtes** (Edges en anglais). Une arête  $e$  de l'ensemble  $E$  est définie par une paire non ordonnée de sommets, appelés les extrémités de  $e$ . Si l'arête  $e$  relie les sommets  $a$  et  $b$ , on dira que ces sommets sont **adjacents**, ou **incidents** avec  $e$ , ou bien que l'arête  $e$  est **incidente** avec les sommets  $a$  et  $b$ .

On appelle **ordre** d'un graphe le nombre de sommets  $n$  de ce graphe<sup>29</sup>.

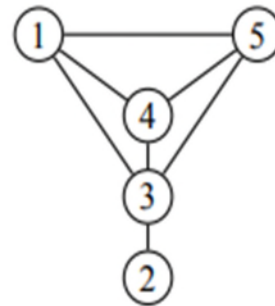
<sup>29</sup>DIDIER.M, Introduction à la théorie des graphes, CRM, cahiers N°6, 2012, p. 3 .

### 2.2 Représentation graphique

Les graphes tirent leur nom du fait qu'on peut les représenter par des dessins. À chaque sommet de  $G$ , on fait correspondre un point distinct du plan et on relie les points correspondant aux extrémités de chaque arête. Il existe donc une infinité de représentations d'un graphe. Les arêtes ne sont pas forcément rectilignes. Si on peut dessiner un graphe  $G$  dans le plan sans qu'aucune arête n'en coupe une autre (les arêtes ne sont pas forcément rectilignes), on dit que  $G$  est **planaire**. Le graphe  $G$  ci-dessus est planaire.<sup>30</sup>



Une représentation non planaire du graphe  $G$  (des arêtes se croisent)

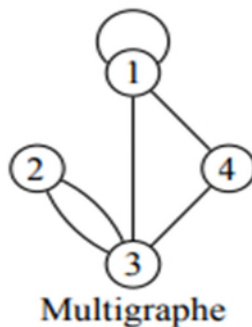


Une représentation planaire de  $G$

### 3. Quelques types de graphes

Un graphe est **simple** si au plus une arête relie deux sommets et s'il n'y a pas de boucle sur un sommet.

Un **multigraphe** est défini s'il existe une arête qui relie un sommet à lui-même (**une boucle**), ou plusieurs arêtes reliant les deux mêmes sommets.



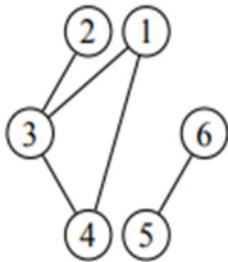
Multigraphe

<sup>30</sup> DIDIER.M, Introduction à la théorie des graphes, CRM, cahiers N°6, 2012, p.3 .

## Chapitre II : cadre théorique sur la théorie des graphes

Un graphe est **connexe** s'il est possible, à partir de n'importe quel sommet, de rejoindre tous les autres en suivant les arêtes.

Un graphe **non connexe** se décompose en **composantes connexes**. Sur le graphe ci-dessous, les composantes connexes sont  $\{1, 2, 3, 4\}$  et  $\{5, 6\}$ <sup>31</sup>.

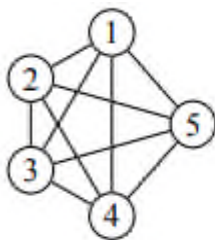


Graphe non connexe

$$V = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$$

$$E = \{\{1, 3\}, \{1, 4\}, \{2, 3\}, \{3, 4\}, \{5, 6\}\}$$

Un graphe est **complet**<sup>32</sup> s'il est simple et chaque sommet du graphe est relié directement à tous les autres sommets. Et il est noté par  $K_n$  ou  $n$  représente le nombre de sommet.

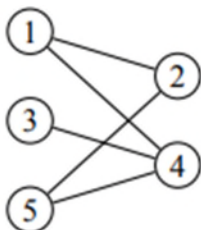


Graphe complet  $K_5$

$$V = \{1, 2, 3, 4, 5\}$$

$$E = \{\{1, 2\}, \{1, 3\}, \{1, 4\}, \{1, 5\}, \{2, 3\}, \{2, 4\}, \{2, 5\}, \{3, 4\}, \{3, 5\}, \{4, 5\}\}$$

Un graphe est **biparti**<sup>33</sup> si ses sommets peuvent être divisés en deux ensembles  $X$  et  $Y$ , de sorte que toutes les arêtes du graphe relient un sommet dans  $X$  à un sommet dans  $Y$  (dans l'exemple ci-dessous, on a  $X = \{1, 3, 5\}$  et  $Y = \{2, 4\}$ , ou vice versa).



Graphe biparti

$$V = \{1, 2, 3, 4, 5\}$$

$$E = \{\{1, 2\}, \{1, 4\}, \{2, 5\}, \{3, 4\}, \{4, 5\}\}$$

<sup>31</sup> CORMEN.T et LEISERSON.C et RIVEST.R, Introduction à l'algorithmique, éditions Dunond, 1997.

<sup>32</sup> BONDY.J et MURTY.U, Théorie des graphes, 2<sup>ème</sup> édition, 2007, p.16 .

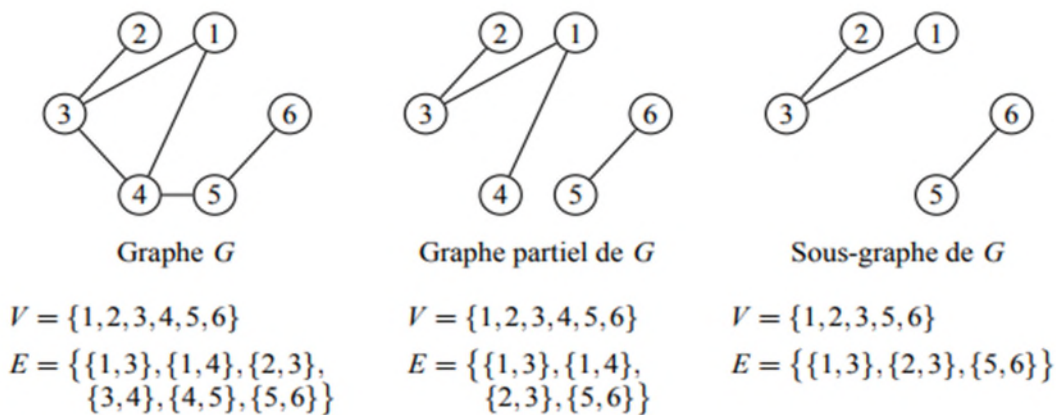
<sup>33</sup> GIVRY.S SCHIEX.T, Introduction à la théorie des graphes, 2013, p.9 .



## 3.1 Graphe partiel et sous-graphe

Soit  $G = (V, E)$  un graphe. Le graphe  $G' = (V, E')$  est un **graphe partiel** de  $G$ , si  $E'$  est inclus dans  $E$ . Autrement dit, on obtient  $G'$  en enlevant une ou plusieurs arêtes au graphe  $G$ .

Pour un sous-ensemble de sommets  $A$  inclus dans  $V$ , le **sous-graphe** de  $G$  induit par  $A$  est le graphe  $G = (A, E(A))$  dont l'ensemble des sommets est  $A$  et l'ensemble des arêtes  $E(A)$  est formé de toutes les arêtes de  $G$  ayant leurs deux extrémités dans  $A$ . Autrement dit, on obtient  $G'$  en enlevant un ou plusieurs sommets au graphe  $G$ , ainsi que toutes les arêtes incidentes à ces sommets.<sup>34</sup>



## 3.2 Degrés

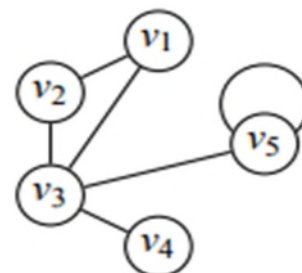
### 3.2.1 Degré d'un sommet

On appelle **degré** du sommet  $v$ , et on note  $d(v)$ , le nombre d'arêtes incidentes à ce sommet.

**Remarque :** Une boucle sur un sommet compte double arête. Dans un graphe simple, on peut aussi définir le degré d'un sommet comme étant le nombre de ses voisins (la taille de son voisinage).<sup>35</sup>

Dans le multigraphe ci-contre, on a les degrés :

$$\begin{aligned}
 d(v_1) &= 2 \\
 d(v_2) &= 2 \\
 d(v_3) &= 4 \\
 d(v_4) &= 1 \\
 d(v_5) &= 3
 \end{aligned}$$

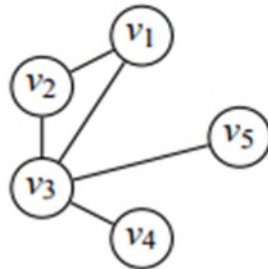


<sup>34</sup> COSTA.M, Notes de cours : Optimisation dans les graphes, Paris, 2014, p.6 .

<sup>35</sup> HAMROUNI.B, Désambiguïsation dans la typification de données textuelles à des fins d'analyses catégorielles, thèse de Doctorat : Mathématiques et informatique, université du Québec, 2008, p. 31.

### 3.2.2 Degré d'un graphe

Le degré d'un graphe est le degré maximum de tous ses sommets. Dans l'exemple ci-dessous, le degré du graphe est 4, à cause du sommet  $v_3$ .



Un graphe dont tous les sommets ont le même degré est dit **régulier**. Si le degré commun est  $k$ , alors on dit que le graphe est  $k$ -régulier.<sup>36</sup>

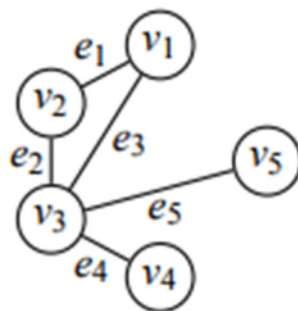
### 4. Chaînes et cycles

Une **chaîne** dans  $G$ , est une suite ayant pour éléments alternativement des sommets et des arêtes, commençant et se terminant par un sommet, et telle que chaque arête est encadrée par ses extrémités.<sup>37</sup>

**Remarque 1 :** On dira que la chaîne relie le premier sommet de la suite au dernier sommet.

**Remarque 2 :** La longueur d'une chaîne est le nombre d'arêtes de cette chaîne.

Le graphe ci-dessous contient entre autres les chaînes  $(v_1, e_1, v_2, e_2, v_3, e_5, v_5)$  et  $(v_4, e_4, v_3, e_2, v_2, e_1, v_1)$ .



On ne change pas une chaîne en inversant l'ordre des éléments dans la suite correspondante. Ainsi, les chaînes  $(v_1, e_3, v_3, e_4, v_4)$  et  $(v_4, e_4, v_3, e_3, v_1)$  sont identiques.

<sup>36</sup> HAMROUNI.B, Désambiguïsation dans la typification de données textuelles à des fins d'analyses catégorielles, thèse de Doctorat : Mathématiques et informatique, université du Québec, 2008, p. 32.

<sup>37</sup> LABELLE.J, Théorie des graphes, MODULO, Canada, 1981, p. 13.



## Chapitre II : cadre théorique sur la théorie des graphes

Un **cycle** dans  $G$ , est une suite ayant pour élément alternativement des sommets et des arêtes, commençant par un sommet et se terminant par le même sommet, autrement dit un cycle et une chaîne fermée.

### 5. Graphes eulériens

On appelle cycle eulérien<sup>38</sup> d'un graphe  $G$  un cycle passant une et une seule fois par chacune des arêtes de  $G$ . Un graphe est dit eulérien s'il possède un cycle eulérien. On appelle chaîne eulérienne d'un graphe  $G$  une chaîne passant une et une seule fois par chacune des arêtes de  $G$ . Un graphe ne possédant que des chaînes eulériennes est semi-eulérien.

Plus simplement, on peut dire qu'un graphe est eulérien (ou semi-eulérien) s'il est possible de dessiner le graphe sans lever le crayon et sans passer deux fois sur la même arête.

### 6. Graphes hamiltoniens

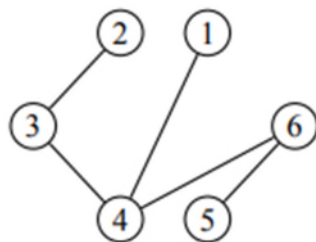
On appelle cycle **hamiltonien**<sup>39</sup> d'un graphe  $G$  un cycle passant une et une seule fois par chacun des sommets de  $G$ . Un graphe est dit hamiltonien s'il possède un cycle hamiltonien.

On appelle **chaîne hamiltonienne** d'un graphe  $G$  une chaîne passant une et une seule fois par chacun des sommets de  $G$ . Un graphe ne possédant que des chaînes hamiltoniennes est **semi-hamiltonien**.

### 7. Arbres

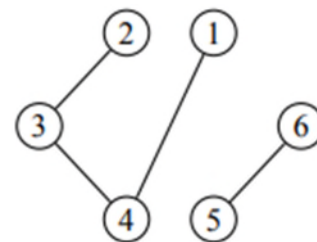
On appelle **arbre** tout graphe connexe sans cycle. Un graphe sans cycle mais non connexe est appelé une **forêt**<sup>40</sup>.

Une **feuille** ou **sommet pendent** est un sommet de degré 1.



Arbre

Les sommets 1, 2 et 5 sont les feuilles



Forêt

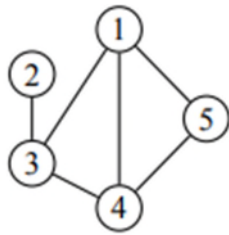
Les sommets 1, 2, 5 et 6 sont les feuilles

<sup>38</sup> BRETTO.A et al. , Eléments de théorie des graphes, Springer, paris, 2012, p. 50.

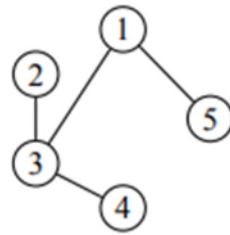
<sup>39</sup> Ipid., P. 55 .

<sup>40</sup> DIDIER.M, Introduction à la théorie des graphes, CRM, cahiers N°6, 2012, p. 24 .

### 8. Arbres couvrants



Graphe  $G$



Un arbre couvrant

Un **arbre couvrant**<sup>41</sup> (aussi appelé arbre maximal) est un graphe partiel qui est aussi un arbre.

### 9. Graphes orientés

En donnant un sens aux arêtes d'un graphe, on obtient un **digraphe**<sup>42</sup> (ou **graphe orienté**). Le mot « **digraphe** » est la contraction de l'expression anglaise « directed graph ». Un digraphe fini  $G = (V, E)$  est défini par l'ensemble fini  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$  dont les éléments sont appelés sommets, et par l'ensemble fini  $E = \{e_1, e_2, \dots, e_m\}$  dont les éléments sont appelés **arcs**.

Un arc  $e$  de l'ensemble  $E$  est défini par une paire ordonnée de sommets. Lorsque  $e = (u, v)$ , on dit que l'arc  $e$  va de  $u$  à  $v$ . On dit aussi que  $u$  est **l'extrémité initiale** et  $v$  **l'extrémité finale** de  $e$ .

#### 9.1 Degré d'un sommet d'un digraphe

Soit  $v$  un sommet d'un graphe orienté.

On note  $d^+(v)$  le degré extérieur du sommet  $v$ , c'est-à-dire le nombre d'arcs ayant  $v$  comme extrémité initiale.

On note  $d^-(v)$  le degré intérieur du sommet  $v$ , c'est-à-dire le nombre d'arcs ayant  $v$  comme extrémité finale. On définit le degré :<sup>43</sup>

$$D(v) = d^+(v) + d^-(v)$$

#### 9.2 Chemins et circuits

Un **chemin** conduisant du sommet  $a$  au sommet  $b$  est une suite ayant pour éléments alternativement des sommets et des arcs, commençant et se terminant par un sommet, et telle que chaque arc est encadré à gauche par son sommet origine et à droite par son sommet destination. On ne peut donc pas prendre les arcs à rebours. Sur le digraphe ci-après, on peut

<sup>41</sup> BONDY.J et MURTY.U, Théorie des graphes, 2<sup>ème</sup> édition, 2007, p. 618 .

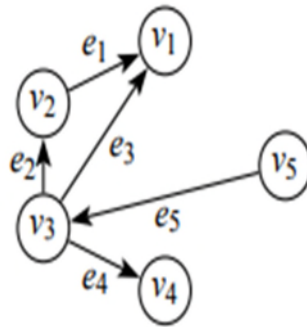
<sup>42</sup> HAMROUNI.B, Désambiguïsation dans la typification de données textuelles à des fins d'analyses catégorielles, thèse de Doctorat : Mathématiques et informatique, université du Québec, 2008, p. 30.

<sup>43</sup> DOLAMA.M, Contributiob à l'étude de quelques problemes de coloration de graphes, thèse de Doctorat : Informatique, université du Bordeaux 1, 2005, p. 11.

## Chapitre II : cadre théorique sur la théorie des graphes

voir par exemple le chemin  $(v_3, e_2, v_2, e_1, v_1)$ . Par convention, tout chemin comporte au moins un arc.

On appelle **distance** entre deux sommets d'un digraphe la longueur du plus petit chemin les reliant. S'il n'existe pas de chemin entre les sommets  $x$  et  $y$ , on pose  $d(x, y) = \infty$ . Par exemple, sur le digraphe ci-dessous,  $d(v_5, v_4) = 2$ ,  $d(v_4, v_5) = \infty$ ,  $d(v_3, v_1) = 1$ ,



Un **circuit** est un chemin dont les sommets de départ et de fin sont les mêmes. Le digraphe ci-dessus ne contient pas de circuit. Les notions de chemins et de circuits sont analogues à celles des chaînes et des cycles pour les graphes non orientés.<sup>44</sup>

### 9.3 Digraphe fortement connexe

Un digraphe est **fortement connexe**<sup>45</sup>, si toute paire ordonnée  $(a, b)$  de sommets distincts du graphe est reliée par au moins un chemin. En d'autres termes, tout sommet est atteignable depuis tous les autres sommets par au moins un chemin.

On appelle **composante fortement connexe** tout sous-graphe induit maximal fortement connexe (maximal signifie qu'il n'y a pas de sous-graphe induit connexe plus grand contenant les sommets de la composante).

<sup>44</sup> RIGO.M, Notes de cours : Théorie des graphes, Université de Liège, 2009, p. 22.

<sup>45</sup> MONTCOUQUIOL.G, Notes de cours : Théorie des graphes, Université d'Orsay, 2006, p. 37.

### Section 2 : les méthodes d'optimisation par la théorie des graphes

#### 1. Méthode 1 : Algorithme de Dijkstra

Edgser Wybe **Dijkstra** (1930-2002) a proposé en 1959 un algorithme de recherche de chemin minimum dans un graphe dont la complexité est en  $O(n)$ . Il est à noter que l'algorithme donne le plus court chemin de la source à tous les sommets du graphe, y compris, bien sûr au but.

##### 1.1 Explications

Soit  $G$  un graphe pondéré, orienté ou non.

###### *Initialisations*

Initialement, on place tous les sommets du graphe dans un tableau.

On affecte au sommet source  $S$  la valeur 0 et à tous les autres sommets la valeur "infini". En pratique, on choisira une valeur supérieure à toutes les évaluations<sup>46</sup>.

###### *Fonctionnement :*

Soit  $S_1$  le sommet de plus petit coefficient ; on note le sommet  $S_1$  comme terminé ; en pratique on rayera toutes les cases de la colonne de  $S_1$ .

Pour **tous** les sommets adjacents à  $S_1$  faire :

$c :=$  valeur de  $S_1$  + poids de l'arête reliant  $S_1$  à  $S_n$

Si  $c <$  valeur de  $S_n$  alors on écrit dans la case de  $S_n$  :  $c$  et  $S_1$  qui signifie que le chemin de coût  $c$  amène de  $S_1$  à  $S_n$

Sinon, recopier ce qui se trouvait dans la ligne précédente

compléter la ligne du tableau en recopiant les valeurs de la ligne précédente.

Recommencer tant qu'il existe des sommets non encore sélectionnés

La plus courte distance entre  $S$  et  $S_k$  se lit en "remontant" la chaîne.

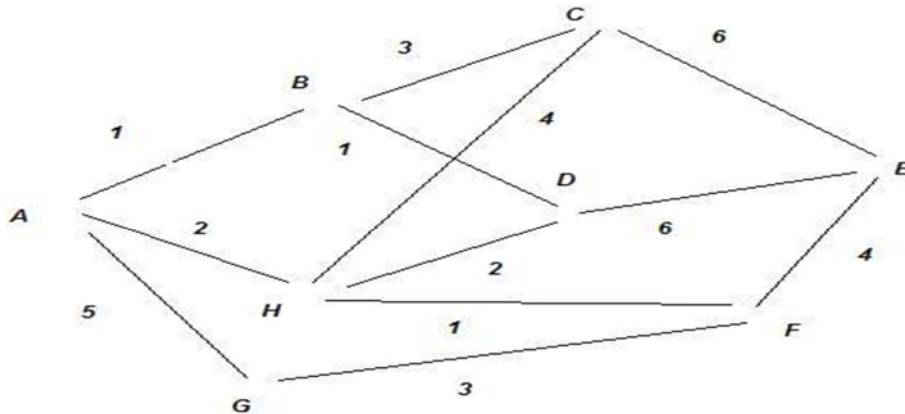
---

<sup>46</sup> WONG.T, Notes de cours : Algorithme de Dijkstra, Université du Québec, p. 1-16.

## Chapitre II : cadre théorique sur la théorie des graphes

**Exemples :** Pour commencer, appliquant l'algorithme sur un graphe :

Dans ce cas, on pourra écrire le fonctionnement de l'algorithme dans un tableau ; chaque case comportant d'une part la longueur pour atteindre le sommet de la colonne et d'autre part le sommet précédent. La longueur est minimum lorsque le reste de la colonne est colorié.



Le départ (source) est en A.

Dans chaque case du tableau, on indique d'une part la longueur du chemin venant de A, mais aussi de quel sommet on vient pour obtenir ce résultat

A	B	C	D	E	F	G	H
0	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf
	1-A	inf	inf	inf	inf	5-A	2-A
		4-B	2-B	inf	inf	5-A	2-A
		4-B		8-D	inf	5-A	2-A
		4-B		8-D	3-H	5-A	
		4-B		7-F		5-A	
				7-F		5-A	
				7-F			

## Chapitre II : cadre théorique sur la théorie des graphes

---

Pour aller de A à E, le chemin le plus court est de longueur 7, et :

E vient de F qui vient de H qui vient de A : A - H - F - E

On remarque que cet algorithme donne tous les plus courts chemins au départ de A

### 2. Méthode 2 : Algorithme de kruskal

L'algorithme de Kruskal permet de déterminer l'arbre couvrant de poids minimal dans un graphe pondéré positivement. Son principe de base est de représenter les classes de connexité par des ensembles. Au départ, on supprime toutes les arêtes, puis on ajoute celles de poids le plus petit possible nécessaire à unir tous les sommets dans une unique classe de connexité. Ceci se traduit par l'algorithme suivant :

Soit  $G=(X, U)$  avec  $|X|$  = nombre de sommets et  $|U|$ = nombre d'arêtes.

1) Classer les arêtes par ordre de longueur croissante ( $u_1, u_2, u_3, \dots, u_M$ )

2)  $T=\emptyset, i=1$

3) Si  $T+u_i$  est sans cycle ajouter  $u_i$  à  $T$ .

$T = T + \{u_i\}$

Sinon aller en 4.

4) Incrémenter  $i$  de 1.

Si  $|T| = N-1$  arrêter, sinon retourner en 2.

L'ensemble des arêtes gardées forme par construction un arbre couvrant. De plus on a gardé les plus petites arêtes nécessaires à la couverture du graphe : c'est l'arbre couvrant minimal<sup>47</sup>.

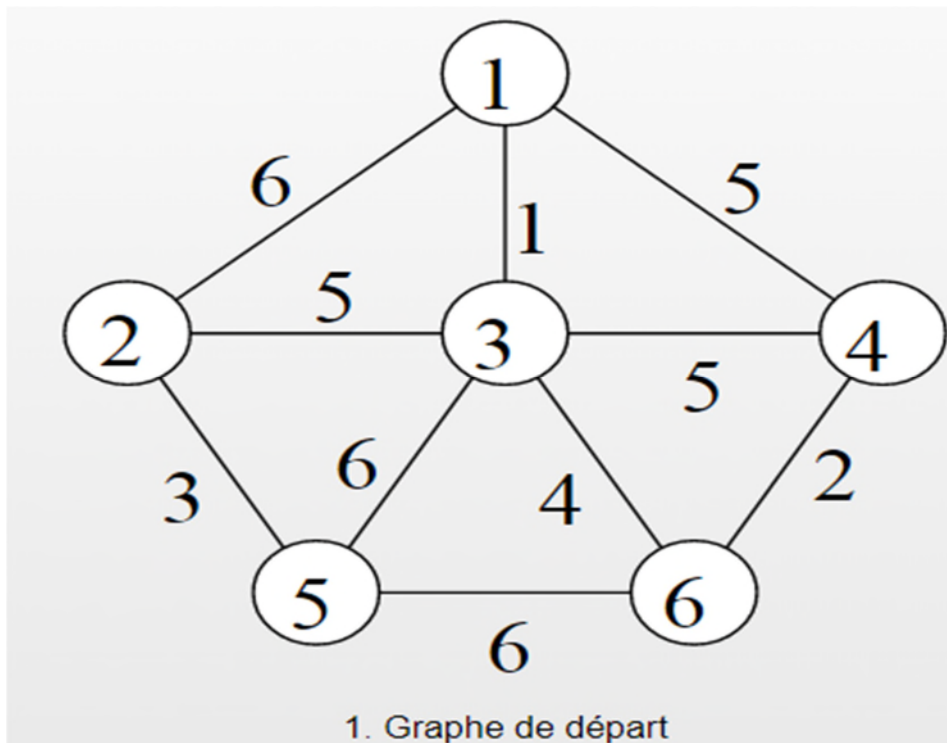
L'exemple détaille les différentes itérations de l'algorithme.

Exemple :

Soit  $G=(X, U)$  avec  $|X| =6$  et  $|U|= 10$

---

<sup>47</sup> BOURSE.Y, Notes de cours : Arbre couvrant minimal par la méthode de Kruskal, 2009, p. 2.



On a  $N=6$  sommets, un arbre comportant  $N-1$  arêtes, l'algorithme se termine lorsque l'on a incorporé  $N-1=6-1=5$  arêtes.

Initialisation :

1) Classer les arêtes par ordre de longueur croissante ( $u_1, u_2, u_3, \dots, u_M$ )

I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>U<sub>i</sub></b>	<b>(1,3)</b>	<b>(4,6)</b>	<b>(2,5)</b>	<b>(3,6)</b>	<b>(3,4)</b>	<b>(2,3)</b>	<b>(1,4)</b>	<b>(3,5)</b>	<b>(5,6)</b>	<b>(1,2)</b>
<b>P(U<sub>i</sub>)</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>

Soit T l'arbre recherché :  $T=\emptyset$  pour le moment

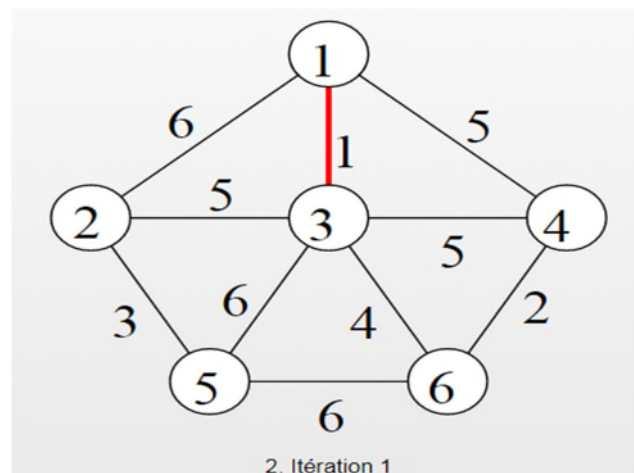
2)  $T=\emptyset$   $i:=1$   $U_1=(1,3)$

3)  $T+U_1$  est sans cycle, on ajoute  $U_1$  a T

$T=T+ \{U_1\}$  aller a 4

4) incrémenter i de 1

$T \neq N-1$  retourner en 2



## Chapitre II : cadre théorique sur la théorie des graphes

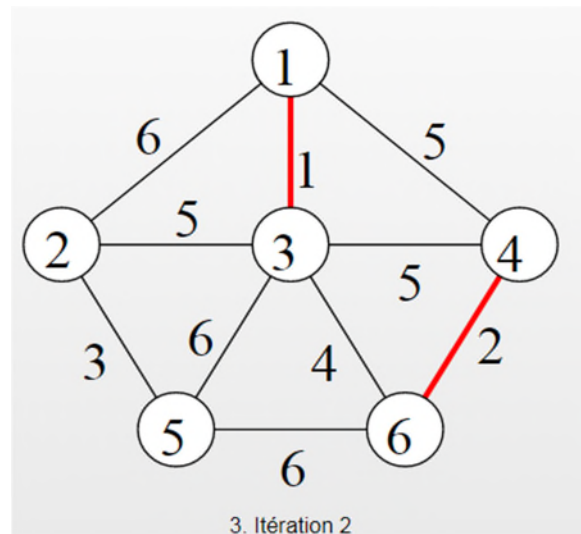
2)  $I := 2$      $U_2 = (4,6)$

3)  $T + U_2$  est sans cycle, on ajoute  $U_2$  a  $T$

$T = T + \{U_2\} = \{(1,3), (4,6)\}$

4) incrémenter  $i$  de 2

$T \neq N-1$  retourner en 2



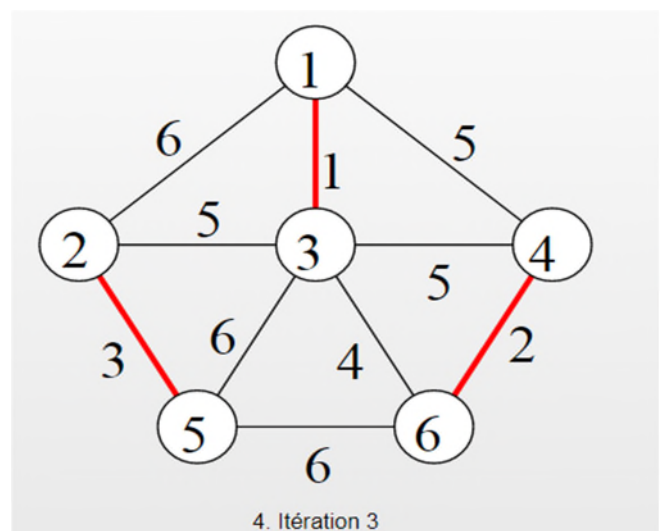
2)  $I := 3$      $U_3 = (2,5)$

3)  $T + U_3$  est sans cycle, on ajoute  $U_3$  a  $T$

$T = T + \{U_3\} = \{(1,3), (4,6), (2,5)\}$

4) incrémenter  $i$  de 3

$T \neq N-1$  retourner a 2



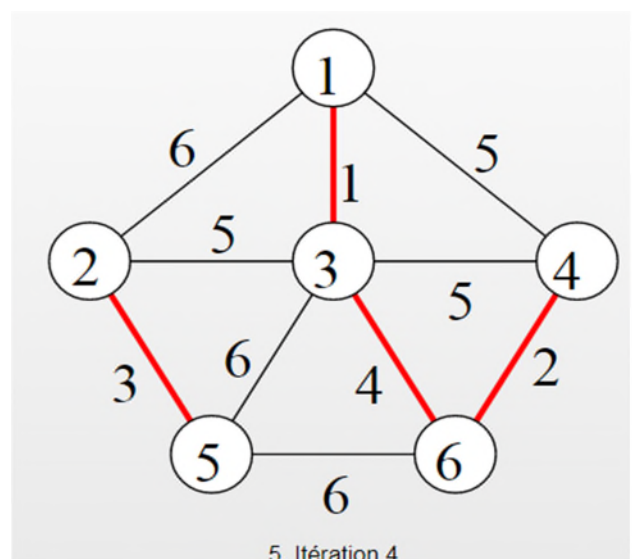
2)  $I := 4$      $U_4 = (3,6)$

3)  $T + U_4$  est sans cycle, on ajoute  $U_4$  a  $T$

$T = T + \{U_4\} = \{(1,3), (4,6), (2,5), (3,6)\}$

4) incrémenter  $i$  de 4

$T \neq N-1$  retourner a 2

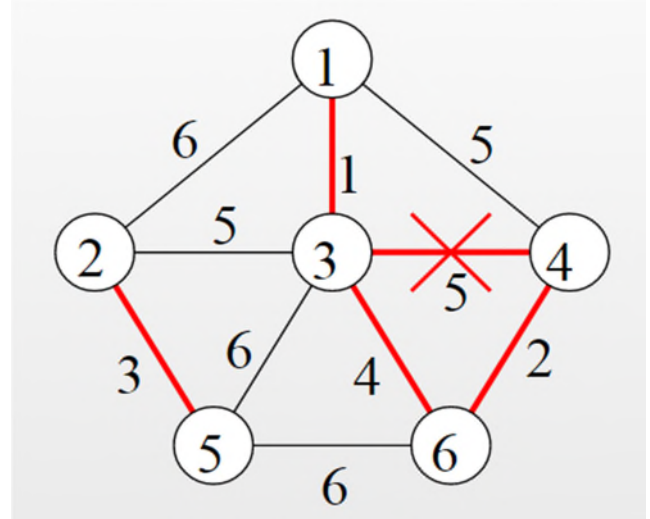




2)  $I := 5$   $U_5 = (3,4)$

3)  $T + U_5$  forme un cycle, ne pas ajouter  $U_5$  à  $T$

Retourner à 2



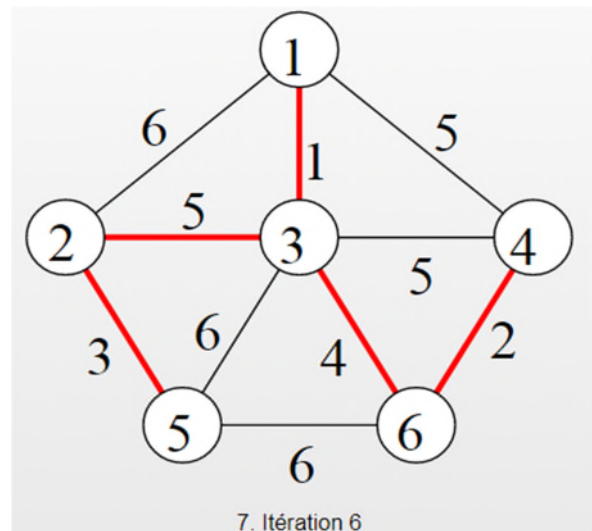
2)  $I := 6$   $U_6 = (2,3)$

3)  $T + U_6$  est sans cycle, on ajoute  $U_6$  à  $T$

$T = T + \{U_6\} = \{(1,3), (4,6), (2,5), (3,6), (2,3)\}$

4) incrémenter  $i$  de 6

$T = N-1$  l'algorithme s'arrête



### 3. Méthode 3 : Algorithme de Ford-Fulkerson

Ce problème d'optimisation peut être représenté par un graphe comportant une entrée (à gauche) et une sortie (à droite). Le flot représente la circulation de l'entrée vers la sortie d'où l'utilisation de cet algorithme dans les problèmes de réseaux. Les applications sont multiples : problèmes informatiques, routiers, ferroviaires, etc. Il s'applique également à tous les autres problèmes de transferts comme les importations/exportations, les flux migratoires, démographiques mais aussi sur les flux plus abstraits tels que les transferts financiers. Pour les données de très grande taille, il existe plusieurs algorithmes plus performants pour résoudre le même problème connu sous le nom de problème de flot maximum<sup>48</sup>.

<sup>48</sup> CORMEN.T et LEISERSON.C et RIVEST.R, Introduction à l'algorithmique, éditions Dunond, 2<sup>ème</sup> édition, 1994, p. 632.

### Exemple d'application :

Une société de fret dispose de trois centres : un à Paris, le deuxième à Lyon, le troisième à Marseille.

Trois destinations sont possibles : la Pologne, la Suède, la Grèce.

Chacun des centres de fret a une capacité maximale de transport ainsi qu'un stock initial de marchandises. De même, chaque pays d'arrivée a une demande maximale pour les importations.

L'algorithme de Ford-Fulkerson va permettre d'optimiser ces flux à l'aide d'un outil de modélisation mathématique. La structure sous-jacente est représentée par un graphe orienté dont le sommet de gauche symbolise le stock initial. Celui-ci est relié à chacun des premiers arcs ou arêtes.

### 4. Méthode 4 : Algorithme de Busacker et Gowen

L'algorithme de Busacker et Gowen centralisé permet de résoudre le calcul  $X$  à un coût minimal dans un graphe  $G=(V;E)$  où à chaque arc  $e$  de  $E$  est associé une capacité maximale  $C_e$  et un coût  $u$ . En effet, cet algorithme consiste à construire le graphe d'écart et ensuite à rechercher le chemin de coût minimal entre le nœud source  $s$  et le nœud de destination  $t$ . Si un chemin existe et que la capacité  $x$  à atteindre n'est donc pas réalisable, ainsi les variables et le graphe d'écart sont mis à jour. À l'opposé, l'algorithme de Busacker et Gowen recherche par étapes les flots attribués aux arcs appartenant au graphe orienté on procédant de la façon suivante<sup>49</sup> :

1. : rechercher le chemin de coût minimal  $\pi$  du graphe ;
2. : si l'addition des chemins précédemment calculées et la capacité du chemin est supérieure ou égale à la capacité  $\lambda$  désirée, alors l'algorithme se termine.
3. : sinon, le graphe est mis à jour quel que soit  $u$  appartenant à  $\lambda$  :
  - a) ajout d'un arc dans le sens opposé de la capacité égale à la différence entre le minimum de la capacité des arcs et du chemin de la capacité de l'arc courant ; et de coût négatif à celui dans le sens initial.

---

<sup>49</sup> BARKAOUI.K, Notes de cours : Algorithmes de graphes, P. 6.

## Chapitre II : cadre théorique sur la théorie des graphes

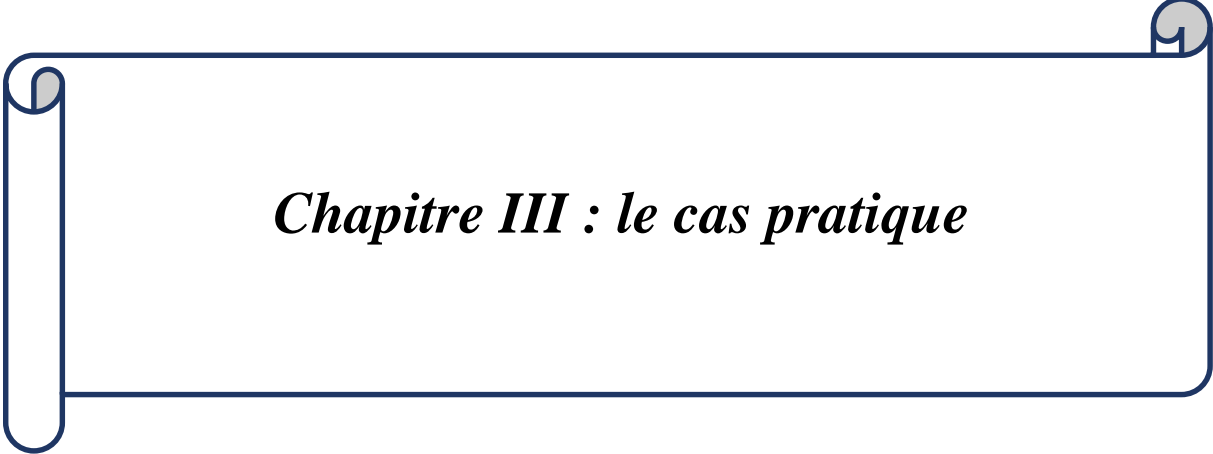
---

b) mise à jour de la capacité de l'arc qui est elle-même égale à la capacité de l'arc moins le minimum de la capacité des arcs du chemin.

4. : retour à l'étape 1.

### **Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons présenté en premier lieux les éléments de la théorie des graphes, ensuite nous avons présenté et expliqué les différents algorithmes, comme nous avons détaillé les différentes étapes de résolution de ses algorithmes.



*Chapitre III : le cas pratique*

## Introduction

Dans ce chapitre, nous essayerons de décrire l'entreprise Danone d'après son historique, son organisation, sa fiche technique. Ensuite nous allons faire une pratique des deux algorithmes (Dijkstra, Kruskal) qui nous permettent de résoudre le problème de l'optimisation des coûts de transport et on termine par une analyse des données.

### Section 1 : Présentation de l'organisme d'accueil DANONE

#### 1. Historique

L'unité de fabrication de produits laitiers Djurdjura est l'une des plus prestigieuses filiales du groupe Batouche, ce dernier en possède cinq.

C'est en 1984, que mûrit dans l'esprit du groupe Batouche, l'idée de création d'une petite unité de fabrication de yaourt dans la région d'Ighzer Amokrane avec des moyens très limités, l'unité n'a démarré qu'avec une remplisseuse de pots préformés d'une capacité de 1000 pots/h.

Afin de parvenir à supplanter ces rivaux et de faire face aux exigences de l'heure, aussi bien en quantité qu'en qualité, le groupe Batouche a modernisé l'équipement de l'unité et proclame comme devise pour son fonctionnement « *ceux qui ne travaillent pas, qui n'ont pas d'ambition, n'ont rien à faire au sein de l'entreprise* » avec des efforts colossaux et un travail acharné, l'unité a réussi à acquérir en 1986 une conditionneuse thermo formeuse d'une capacité de 4000 pots /heure.

En 1988, l'entreprise se dote d'un atelier de fabrication de fromage fondu et de camembert. En 1991, ce fut l'acquisition d'une ligne de production de crème dessert.

En 1993, une nouvelle conditionneuse est arrivée avec une capacité de production de 9000 pots/h

En 1995, l'entreprise Djurdjura sort carrément de son adolescence, par l'acquisition de deux conditionneuses 12000 et 9000 pots /heure.

En 1996, profitant de la création de la zone d'activité industrielle d'Akbou, ce groupe inaugure sa nouvelle unité.

En 1999, construction d'une deuxième usine de fabrication des produits laitiers (fromage fondu en portion 08 et 16, fromage à pâte pressée, camembert).

En octobre 2001, le leader mondial des produits laitiers frais « le groupe Danone » a conclu un accord de partenariat avec la laiterie Djurdjura, leader du marché algérien des produits laitiers frais (PLF) en prenant une participation de 51% dans la société « Danone Djurdjura Algérie SPA»(DDA).

2002 est une année consacrée à rénover le site d'Akbou et à mettre en place des outils industriels nécessaire à l'expansion future de la marque Danone ; ce fut l'année de son lancement.

En juin 2006, Danone devient actionnaire majoritaire (95%) de DDA.

Et les 5% restante reste pour l'ex propriétaire de l'entreprise «la famille battouche»<sup>50</sup>

---

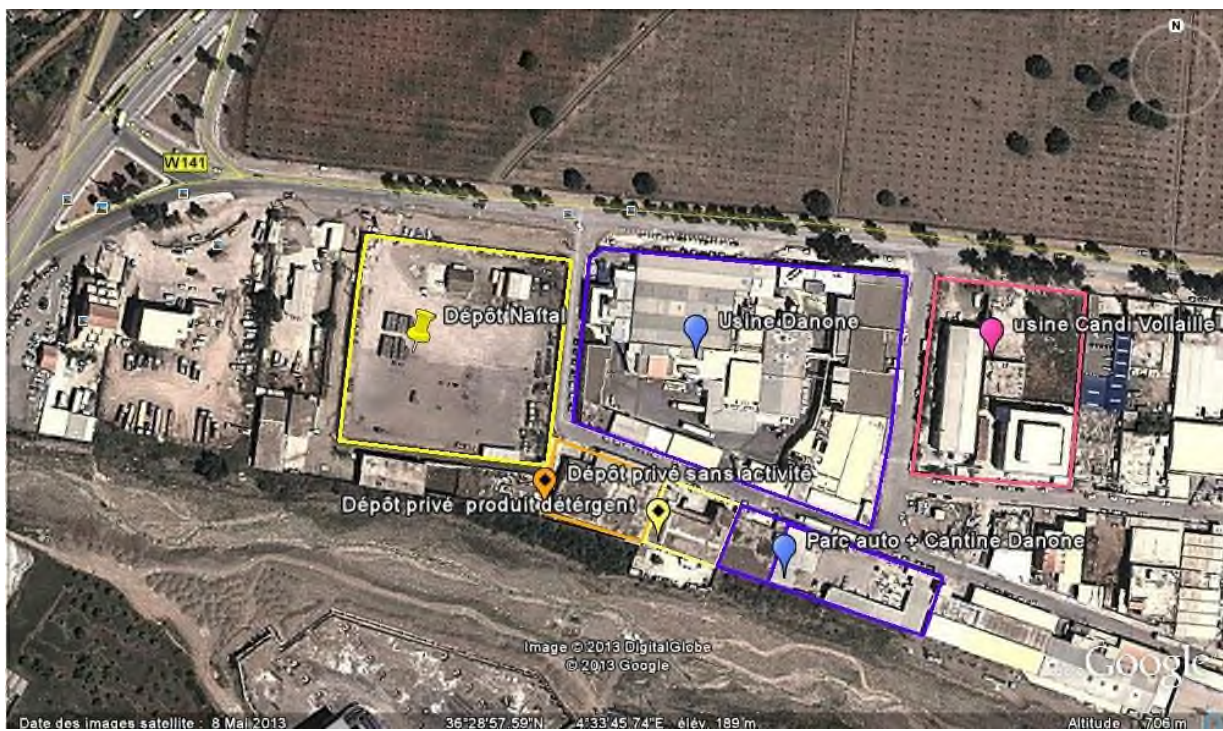
<sup>50</sup> Journal interne de DDA, decembre2012



## 2. Implantation géographique

Danone Djurdjura Algérie implanté dans la wilaya de Bejaia et la carte géographique de la wilaya de Bejaia indique l'endroit exact où se situe l'entreprise DDA.

Figure n°8 : La zone industrielle Taharacht lieu d'implantation de Danone



Source : Journal interne de DDA, decembre2012

Danone Djurdjura Algérie est implantée dans la zone industrielle de « Taharacht » ; en effet, cette situation géographique offre à l'entreprise une panoplie d'avantages dont le fait qu'elle est :

- Dans une zone industrielle « Taharacht », véritable carrefour économique de Bejaia, de quelques 50 unités de productions agroalimentaire et en cours d'expansion.
- à 2 Km d'une grande agglomération(Akbou).
- à quelques dizaines de mètres de la voie ferrée.
- à 60 Km de Bejaia ; chef-lieu de la région et pôle économique important en Algérie doté d'un port à fort trafic et un aéroport international reliant divers destinations (Paris, Marseille, Lyon, Saint Etienne et Charleroi).
- à 170 Km à l'est de la capitale Alger.
- par ailleurs, on trouve des acteurs économiques importants tels que Candia, Soummam, Ifri...etc.

### **3. Identification et forme juridique**

- ✓ Dénomination sociale : avant le partenariat, c'est le groupe Danone, la dénomination sociale de la société est Groupe Danone, qui est un groupe multinational qui se trouve un peu partout dans le monde entier et Danone Djurdjura Algérie est parmi ces filiales.
- ✓ Laiterie Djurdjura : sa dénomination sociale est Laiterie Djurdjura.

Après le partenariat la dénomination des deux sociétés est de : « Danone Djurdjura Algérie SPA ».

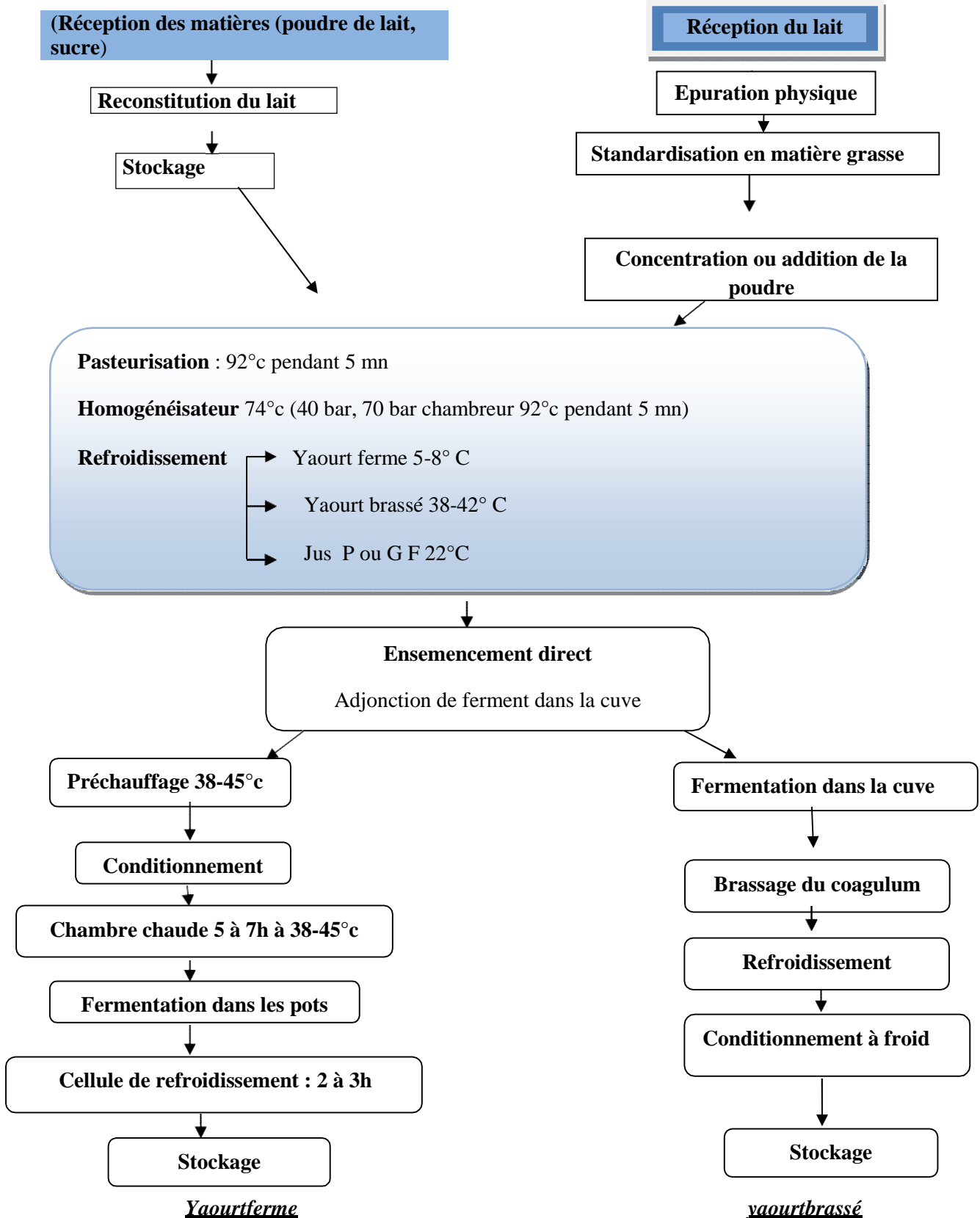
### **4. Organigramme générale de Danone DjurdjuraAlgérie**



**Figure N°09** : Organigramme général Danone Djurdjura Algérie (DDA)

5. La fabrication du yaourt ferme et brassé

Figure n°10: Schéma représentant la fabrication du yaourt ferme et brassé



*Source : Journal interne de DDA, decembre2012*

### 5.1 Les produits DDA

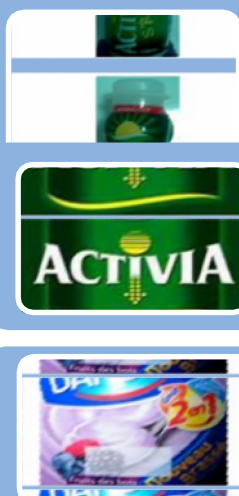
L'entreprise DDA offre sur le marché des produits laitiers frais regroupés dans des gammes spécifiques.

La figure ci-dessous rassemble l'ensemble de ses gammes et produits.

- ✓ Les gammes de l'entreprise Danone Djurdjura

**Figure n°11:** Les gammes de l'entreprise Danone Djurdjura

	<b>Gamme BEN 10 : elle se compose de BEN 10 Kocail</b>
	<b>Gamme YAOUMI : elle se compose de yaoumi fraise, abricot, banane.</b>
	<b>Gamme MINI PRIX : elle se compose de mini prix fraise et abricot</b>
	<b>Gamme FRUITS : elle se compose de fruits fraise et fruits de bois.</b>
	<b>Gamme DANETTE : elle se compose de Danette chocolat et caramel.</b>
	<b>Gamme DANA O GF/PF (Jus) : elle se compose d'orange/ananas, pêche/abricot, fruit exotique</b>
	<b>Gamme Danup : elle se compose de Danup fraise et tropico</b>
	<b>Gamme DANINO : elle se compose de Danino fraise et nature</b>



**Gamme ACTIVIA DRINK : elle se compose de activia drink caramel**

**Gamme ACTIVIA : elle se compose d'activia Miel/abricot, fraise, vanille, nature**

**Gamme CREMIX : elle se compose de cremix fraise, fruits des bois, abricot, nature**

Source : Journal interne de DDA, decembre2012

## 5.2 Les principaux concurrents de l'entreprise DDA

On peut partager la concurrence de marché laitier en deux groupes.

**5.2.1 Les concurrents indirects :** ils se regroupent dans le marché agroalimentaire qui sont une menace pour le marché des produits laitiers en général, (ex : les différentes boissons alcoolisées et non alcoolisées).

**5.2.2 Les concurrents directs :** on notera le nombre croissant des concurrents directs depuis l'ouverture du marché à l'économie mondiale et la diversité des modes d'implantation :

- Soummam (entreprises familiales) et les autres concurrents comme Hodna et Ramdy,
- Yoplait (sous licence),
- Candia (accord de franchise).

**Remarque :** Danone et Soummam sont les deux leaders nationaux des produits laitiers ; entre ces deux derniers, une concurrence acharnée pour l'occupation de la première place sur le marché et jusqu'à présent Soummam occupe cette place.

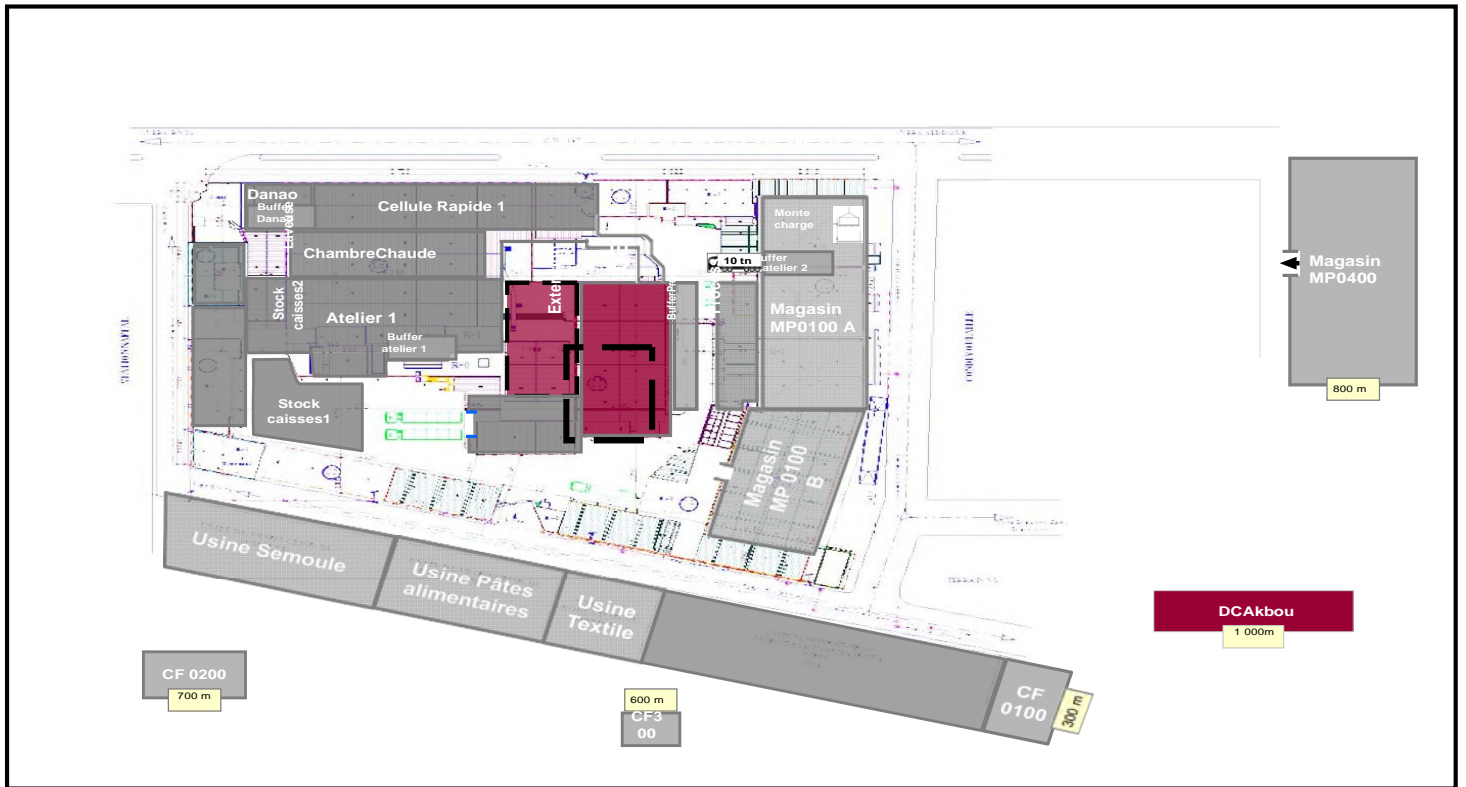
Figure n°12 : Plan de masse de l'entreprise DDA



Source : Journal interne de DDA, decembre2012

## 6. L'extension du centre d'expédition:

Figure n°13 : Plan d'extension du centre d'expédition



Source : Journal interne de DDA, decembre2012

## Section 2 : application des algorithmes de dijkstra et kruskal

Le choix de ces algorithmes est basé sur :

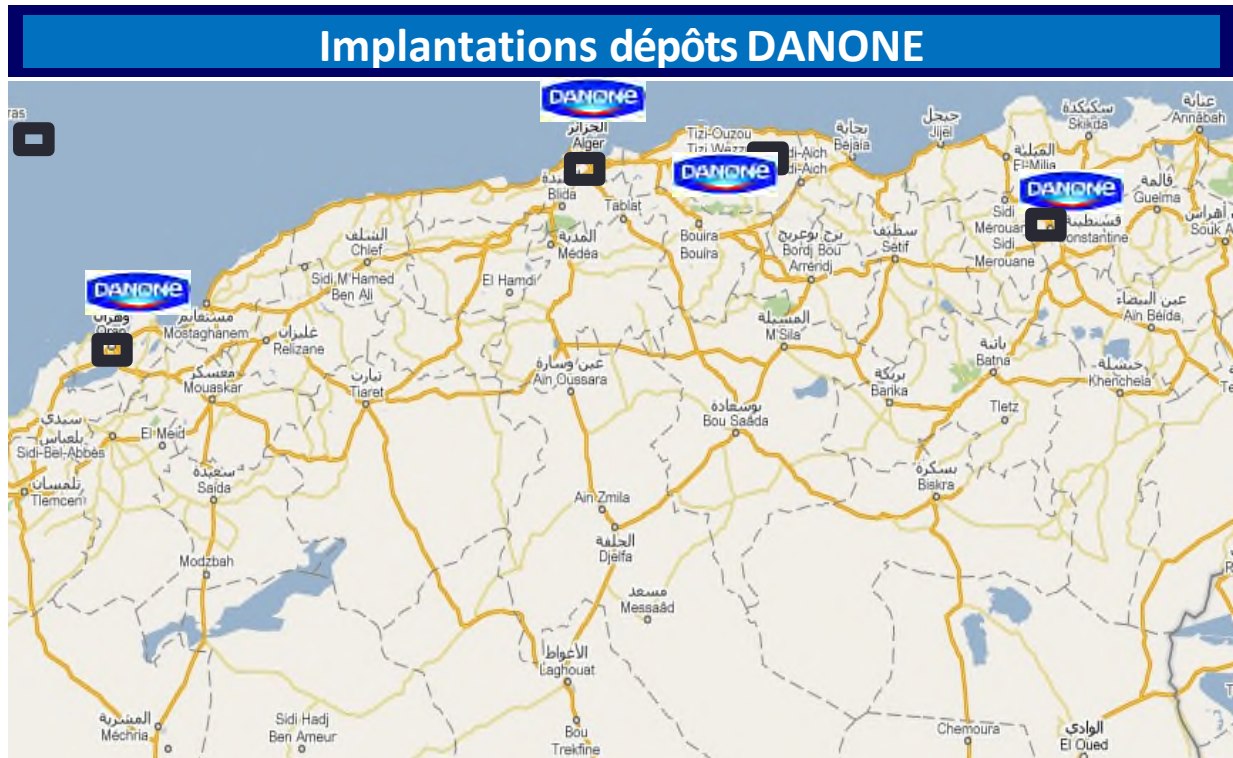
a) Algorithme de Dijkstra :

- Notre recherche minimise les coûts de transport et cela par la minimisation de la distance.
- L'entreprise Danone sous-traite les moyens de transport, le paiement du service est par rapport au kilométrage parcouru.
- L'algorithme de Dijkstra permet d'optimiser la distance entre l'entreprise Danone et ces dépôts.

b) Algorithme de Kruskal :

L'utilisation de l'algorithme de Kruskal sert à calculer un arbre couvrant minimum. Autrement dit c'est la recherche d'un graphe de poids minimum qui est connexe et sans cycle, ce qui permet à l'entreprise Danone d'avoir un réseau de distribution plus optimale.

Figure N°14 : implantations des dépôts de Danone

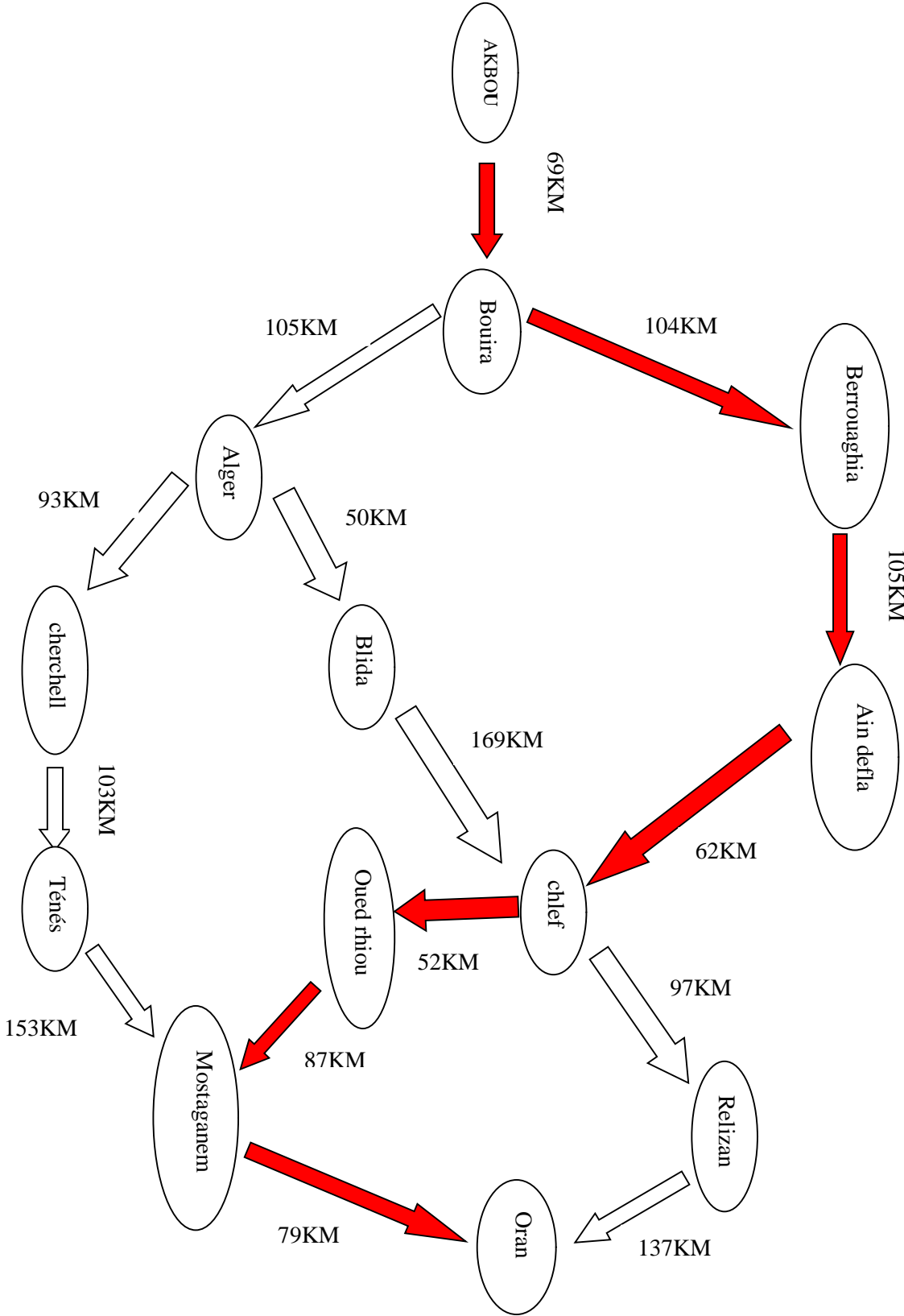


Source : Journal interne de DDA, decembre2012

### 1. Application de l'algorithme de dijkstra sur la destination d'Oran

Soit  $G=(V,E)$  un graphe dont les sommets sont les villes et les arcs sont les chemins qui relie chaque deux villes ensemble .





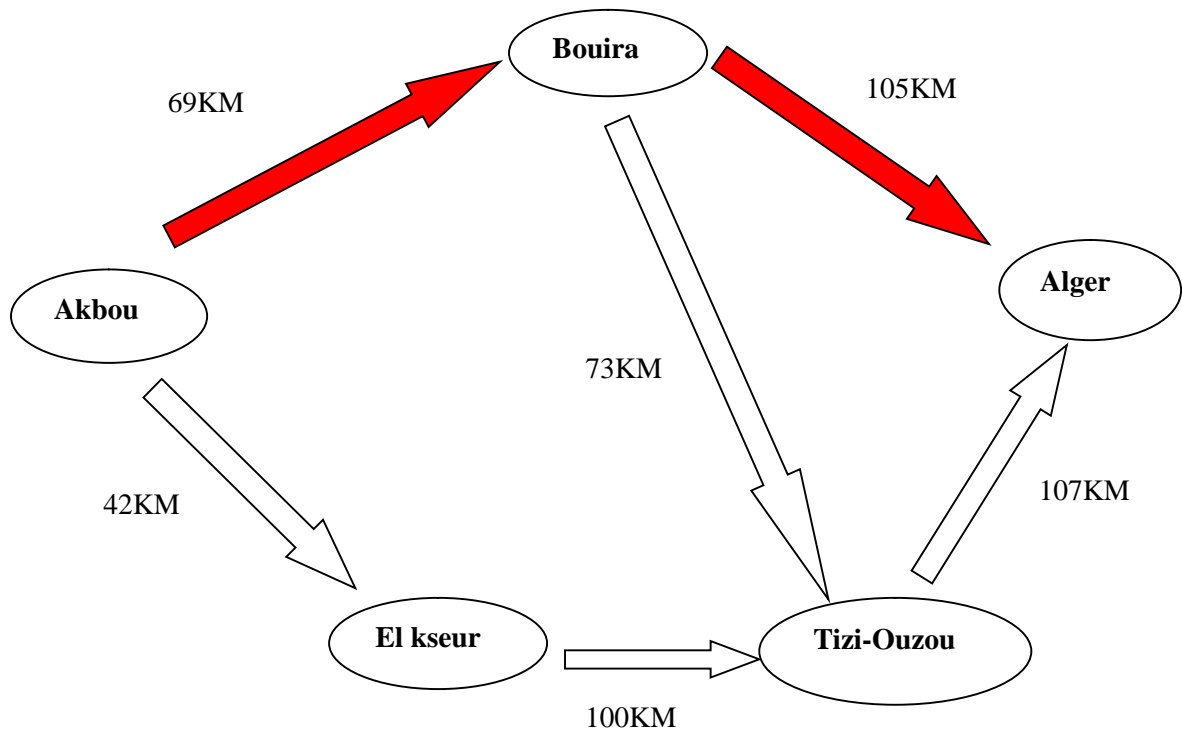
	Akbou	Bouira	Berruaghia	Ain defla	Chlef	Blida	Alger	Relizane	Oued Rhiou	Chrechel	Ténés	Mostaganem	oran
	0	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
BOUIRA 69 AKBOU	–	<u>69</u>	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
Berruaghia 173 Bouira	–	–	<u>173</u>	∞	∞	∞	174	∞	∞	∞	∞	∞	∞
Alger 174 Bouira	–	–	–	278	∞	∞	<u>174</u>	∞	∞	∞	∞	∞	∞
Blida 224 Alger	–	–	–	278	∞	<u>224</u>	–	∞	∞	267	∞	∞	∞
Chrechel 267 Alger	–	–	–	278	393	–	–	∞	∞	<u>267</u>	∞	∞	∞
Ain dfela 278 Berruaghia	–	–	–	278	393	–	–	∞	∞	–	370	∞	∞
Chlef 340 Ain defla	–	–	–	–	<u>340</u>	–	–	∞	∞	–	370	∞	∞
Ténés 370 Cherchel	–	–	–	–	–	–	–	437	392	–	<u>370</u>	∞	∞
Oued Rhiou 392 Chlef	–	–	–	–	–	–	–	437	<u>392</u>	–	–	523	∞
Relizaine 437 Chlef	–	–	–	–	–	–	–	<u>437</u>	–	–	–	479	∞
Mostaganem 479 Oran	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	<u>479</u>	574
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	558

D’après l’application de l’algorithme de Dijkstra sur la destination d’Oran venant d’Akbou le plus court chemin et :

Akbou, Bouira. Berrouaghia, Ain Defla, Chlef, OuedRhiou, Mostaganem, Oran.

## 2. Application de l’algorithme de dijkstra sur la destination Alger

Soit  $G=(V,E)$  un graphe dont les sommets sont les villes et les arcs sont les chemins qui relie chaque deux villes ensemble .



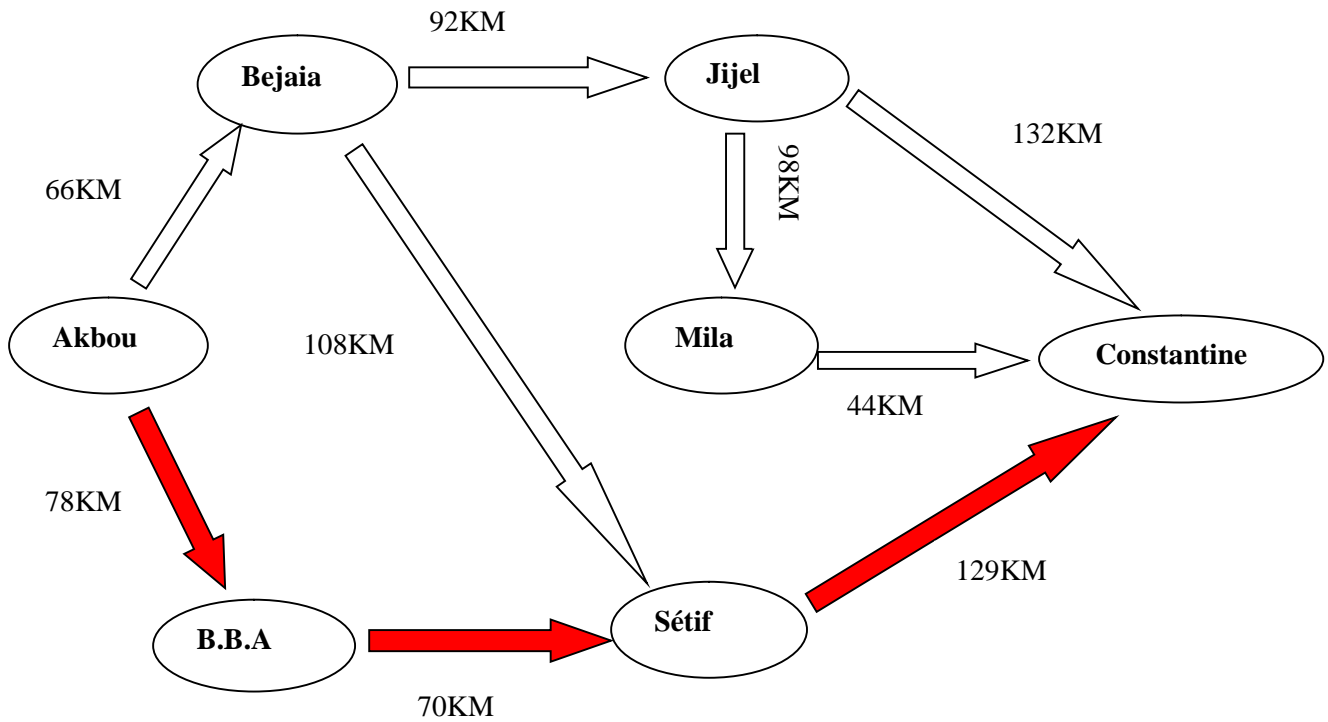
	Akbou	El kseur	Bouira	Tizi-ouzou	Alger
	0	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
El kseur 42 Akbou	-	<u>42</u>	69	$\infty$	$\infty$
Bouira 69 Akbou	-	-	<u>69</u>	142	$\infty$
Tizi-ouzou 142 Bouira	-	-	-	<u>142</u>	174
Alger 174 Akbou	-	-	-	-	<u>174</u>

D'après l'application de l'algorithme de Dijkstra sur la destination d'Alger venant d'Akbou, le plus court chemin et :

Akbou, Bouira, Alger.

**3. Application de l’algorithme de Dijkstra sur la destination Constantin:**

Soit  $G=(V, E)$  un graphe dont les sommets sont les villes et les arcs sont les chemins qui relie chaque deux villes ensemble.



	Akbou	Bejaia	B B A	Jijel	Mila	Setif	Constantin
	0	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
Bejaia 66 akbou	-	<u>66</u>	78	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
B B A 78 Akbou	-	-	<u>78</u>	158	$\infty$	174	$\infty$
Setif 148 B B A	-	-	-	158	$\infty$	<u>148</u>	$\infty$
Jijel 158 Bejaia	-	-	-	<u>158</u>	$\infty$	-	277
Mila 256 Jijel	-	-	-	-	<u>256</u>	-	277
-	-	-	-	-	-	-	277

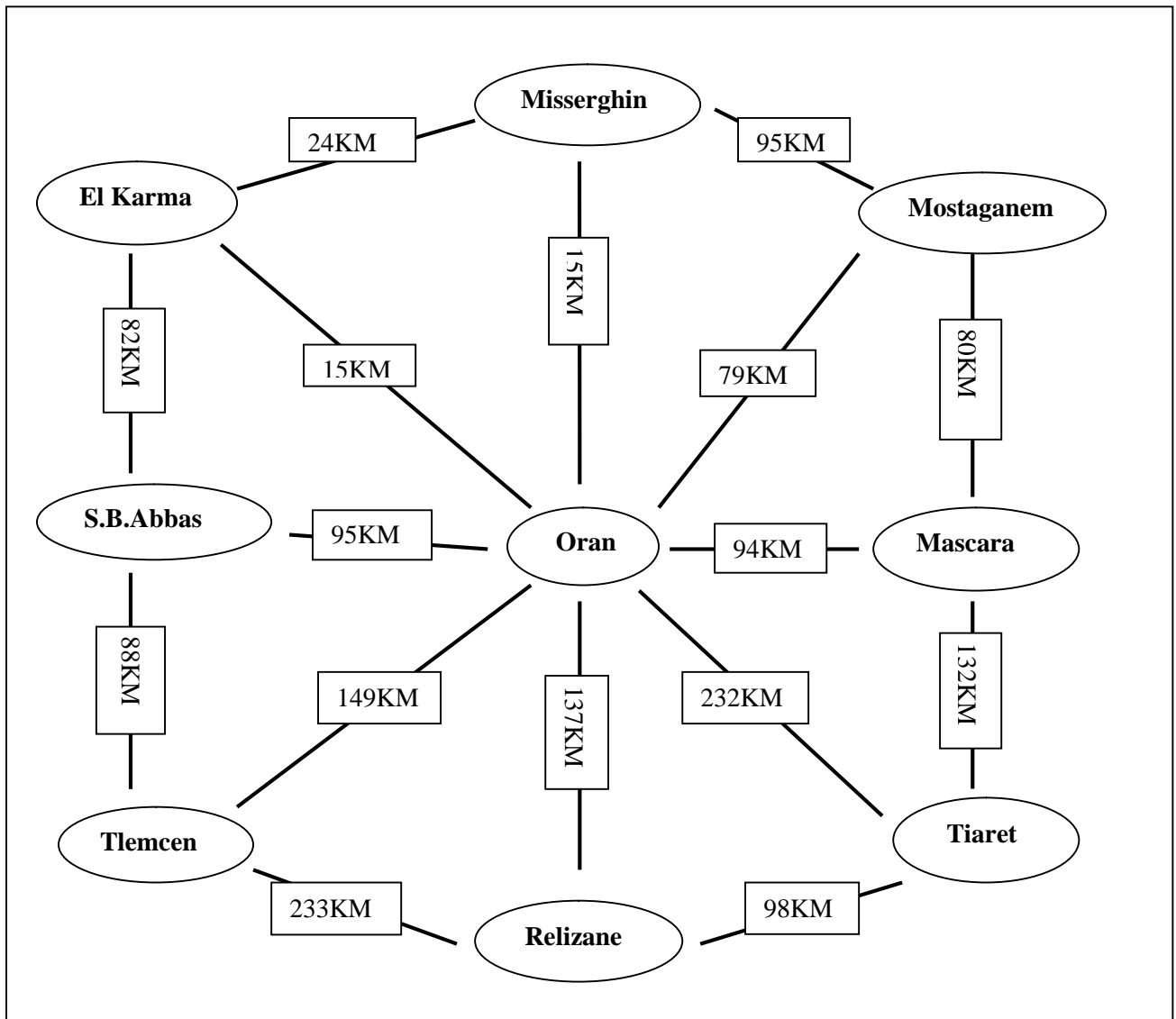
D’après l’application de l’algorithme de Dijkstra sur la destination Constantin venant d’Akbou le plus court chemin et : Akbou, B-B-A, Sétif, Constantin.

**4. Application de l'algorithme de Kruskal sur les clients de dépôt d'Oran**

En voir ci-dessus un tableau qui nous montre des clients de chaque dépôt :

Depot	Clients
AKBOU	BOUDOUAOU
	TLEMCEN
	BATNA
	BISKRA
	LAGHOUAT
	M'SILA
	BOUSSAADA
	BOUIRA
	TOUGOURT
	JIJEL
	SETIF
	BEJAIA
	BBA
	TIZI OUZOU
	TIARET
	DJELFA
ORAN	ORAN MESRGIN
	ORAN ELKARMA
	RELIZANE
	SIDI BEL ABBAS
	MOSTGHANEM
	TIARET
	AIN TEMOUCHENT
	MASKARA
	TLEMCEN

dépôt	clients
CONSTANTINE	ANNABA
	CHELGHOUUM ELAID
	TEBASSA
	SOUK AHRAS
	KHENCHELA
	MILA
	GUELMA
	OUM EL BOUAKI
	SKIKDA
	CONSTANTINE
TASSALA	CHELEF
	BLIDA
	AIN DEFLA
	TISSEMSSILT
	MEDEA
	TIERET
	TLEMCEN
	MOSTGHANEM
	KOUBA
	BORJ ELKIFAN



Soit  $G(V, E)$  avec  $V$ =sommets sont les villes et  $E$ =arêtes son les routes qui relie chaque deus sommet ensemble.

*Initialisation :*

1) classer les arêtes par ordre de longueur croissant :

i	E <sub>i</sub>	P(E <sub>i</sub> )
1	(Oran, El karma)	15KM
2	(Oran, Misserghin)	15KM
3	(El karma, Misserghin)	24KM
4	(Oran, Mostaganem)	79KM
5	(Mostaganem, Mascara)	80KM
6	(El Karma, S.B.Abbas)	82KM
7	(S.B.Abbas, Tlemcen)	88KM
8	(Oran, Mascara)	94KM
9	(S.B.Abbas, Oran)	95KM
10	(Misserghin, Mostaganem)	95KM
11	(Relizane, Tiaret)	98KM
12	(Mascara, Tiaret)	132KM
13	(Oran, Relizane)	137KM
14	(Oran, Tlemcen)	149KM
15	(Oran, Tiaret)	232KM
16	(Tlemcen, Relizane)	233KM

Soit T l'arbre recherché : T=∅ pour le moment

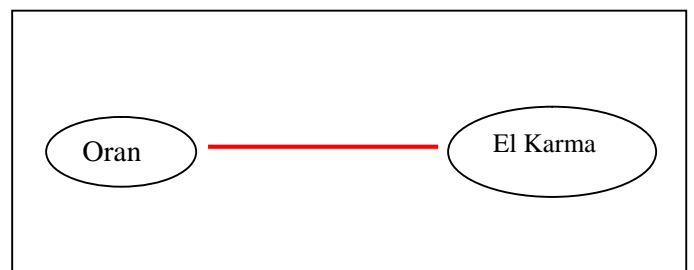
2) T=∅ i :=1 E<sub>1</sub>= (Oran, El Karma)

3) T+E<sub>1</sub> est sans cycle, on ajoute E<sub>1</sub> à T

T= T+ {E<sub>1</sub>} allé à l'étape 4

4) incrémenter i de 1

T≠N-1 retourner a l'étape 2



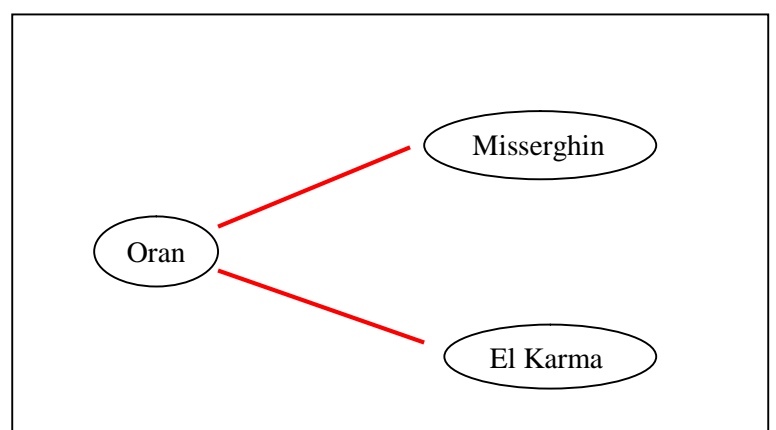
2) i :=2 E<sub>2</sub>= (Oran, Misserghin)

3) T+E<sub>2</sub> est sans cycle, on ajoute E<sub>2</sub> à T

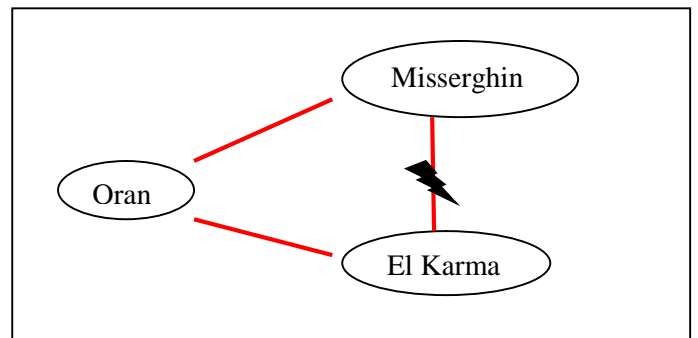
T=T+ {E<sub>2</sub>} aller a l'étape 4

4) incrémenter i de 2

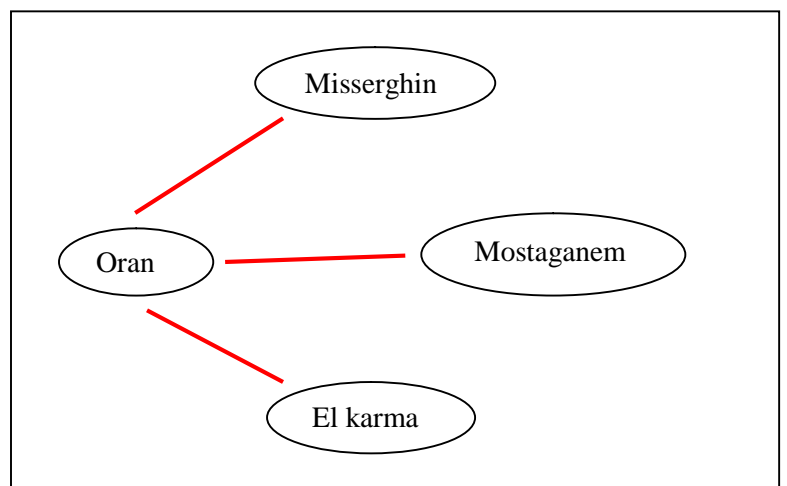
T≠N-1 retourner a l'étape 2



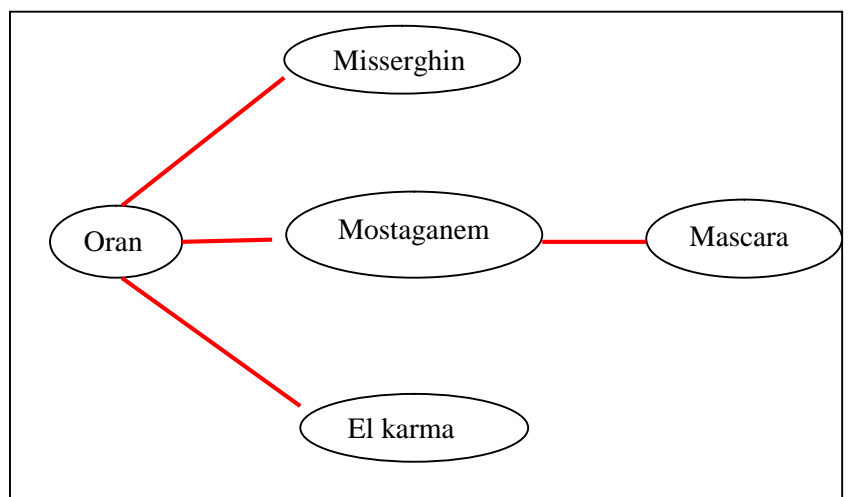
- 2)  $i := 3$   $E_3 = (\text{El Karma, Misserghin})$
- 3)  $T + E_3$  forme un cycle, ne pas ajouter  $E_3$  a  $T$
- Retourner a l'étape 2



- 2)  $i := 4$   $E_4 = (\text{Oran, Mostaganem})$
- 3)  $T + E_4$  est sans cycle, on ajoute  $E_4$  a  $T$
- $T = T + \{E_4\}$  aller a l'étape 4
- 4) incrémenter  $i$  de 4
- $T \neq N-1$  retourner a l'étape 2



- 2)  $i := 5$   $E_5 = (\text{Mostaganem, Mascara})$
- 3)  $T + E_5$  est sans cycle, on ajoute  $E_5$  a  $T$
- $T = T + \{E_5\}$  aller a l'étape 4
- 4) incrémenter  $i$  de 5
- $T \neq N-1$  retourner a l'étape 2





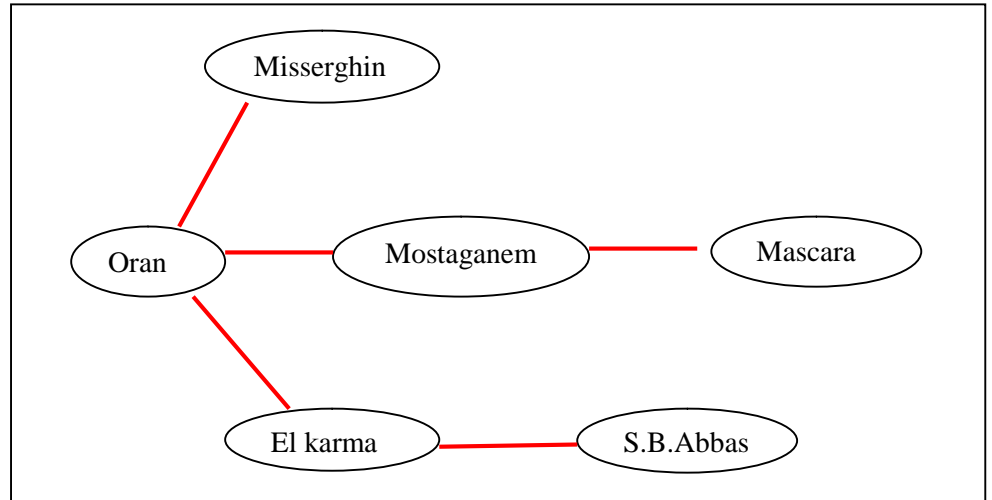
2)  $i := 6$   $E_6 = (\text{El karma}, \text{S.B.Abbas})$

3)  $T + E_6$  est sans cycle, on ajoute  $E_6$  à  $T$

$T = T + \{ E_6 \}$  aller à l'étape 4

4) incrémenter  $i$  de 6

$T \neq N-1$  retourner à l'étape 2



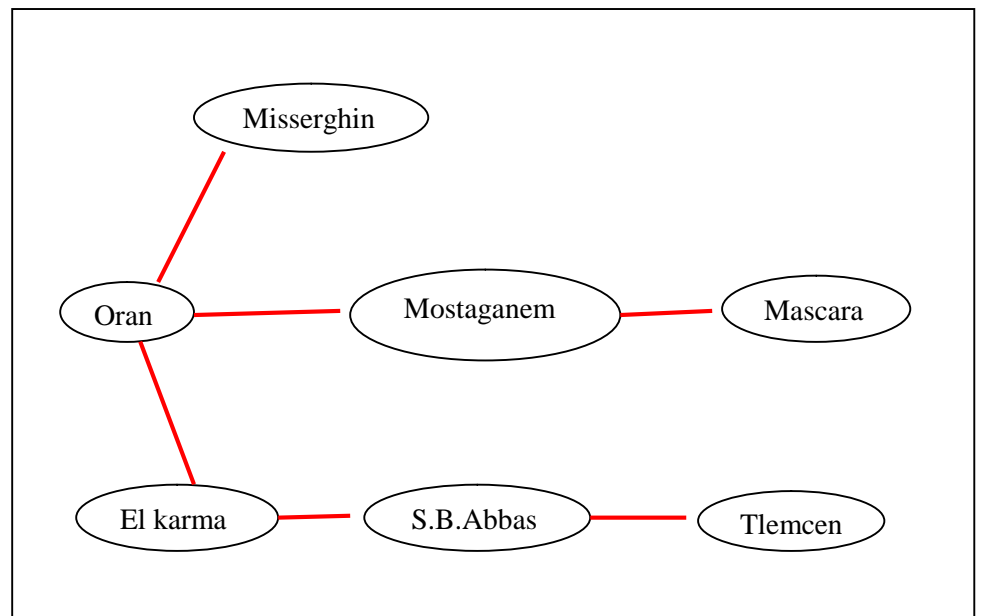
2)  $i := 7$   $E_7 = (\text{S.B.Abbas}, \text{Tlemcen})$

3)  $T + E_7$  est sans cycle, on ajoute  $E_7$  à  $T$

$T = T + \{ E_7 \}$  aller à l'étape 4

4) incrémenter  $i$  de 7

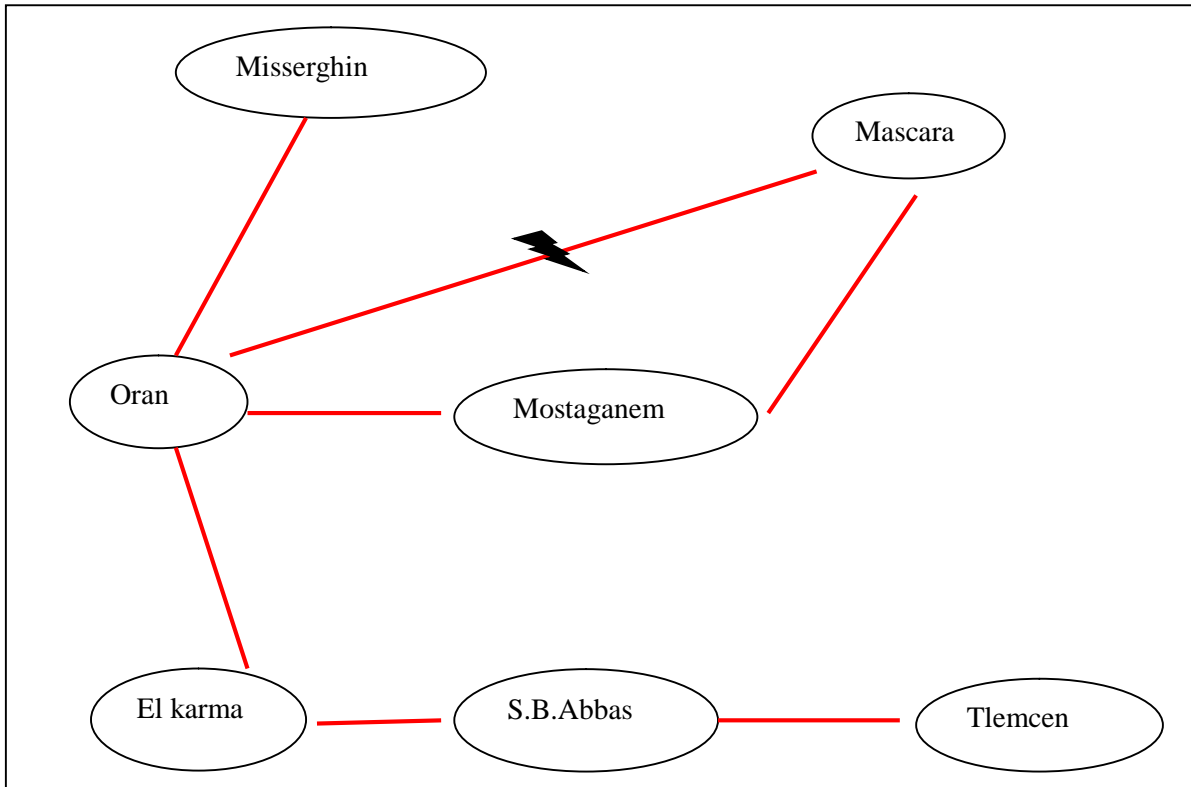
$T \neq N-1$  retourner à l'étape 2



2)  $i := 8$   $E_8 = (Oran, Mascara)$

3)  $T + E_8$  forme un cycle, ne pas ajouter  $E_8$  à  $T$

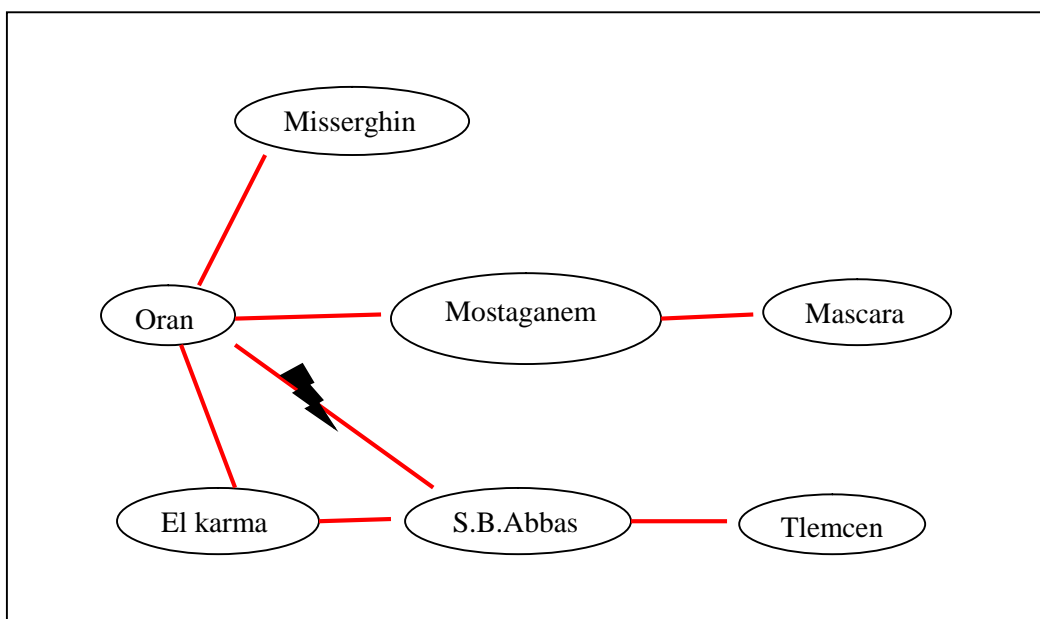
Retourner à l'étape 2



2)  $i := 9$   $E_9 = (Oran, S.B.Abbas)$

3)  $T + E_9$  forme un cycle, ne pas ajouter  $E_9$  à  $T$

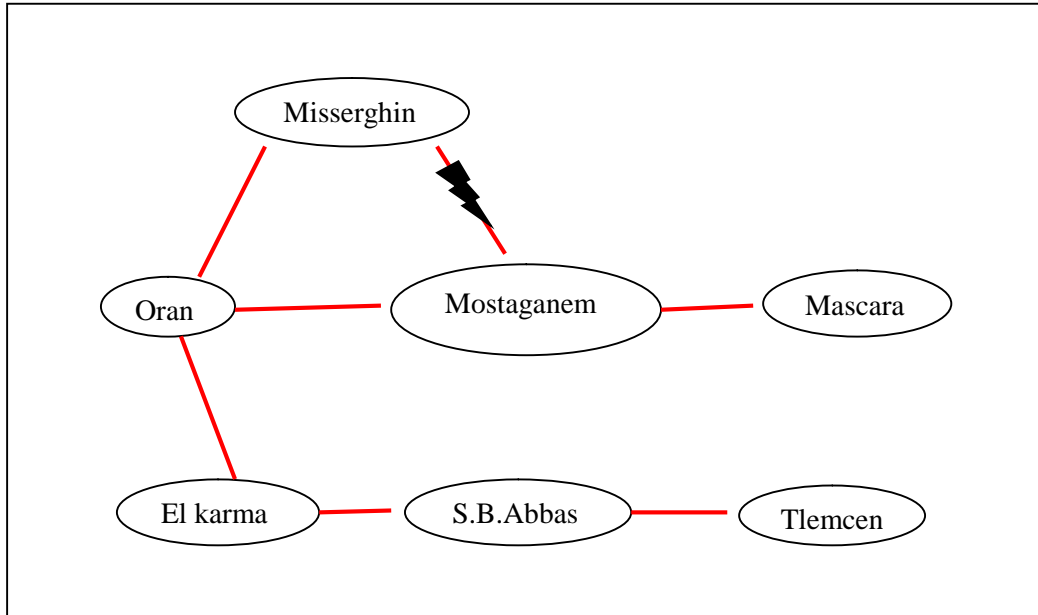
Retourner à l'étape 2



2)  $i := 10$   $E_{10} = (\text{Misserghin}, \text{Mostaganem})$

3)  $T + E_{10}$  forme un cycle, ne pas ajouter  $E_{10}$  à  $T$

Retourner à l'étape 2



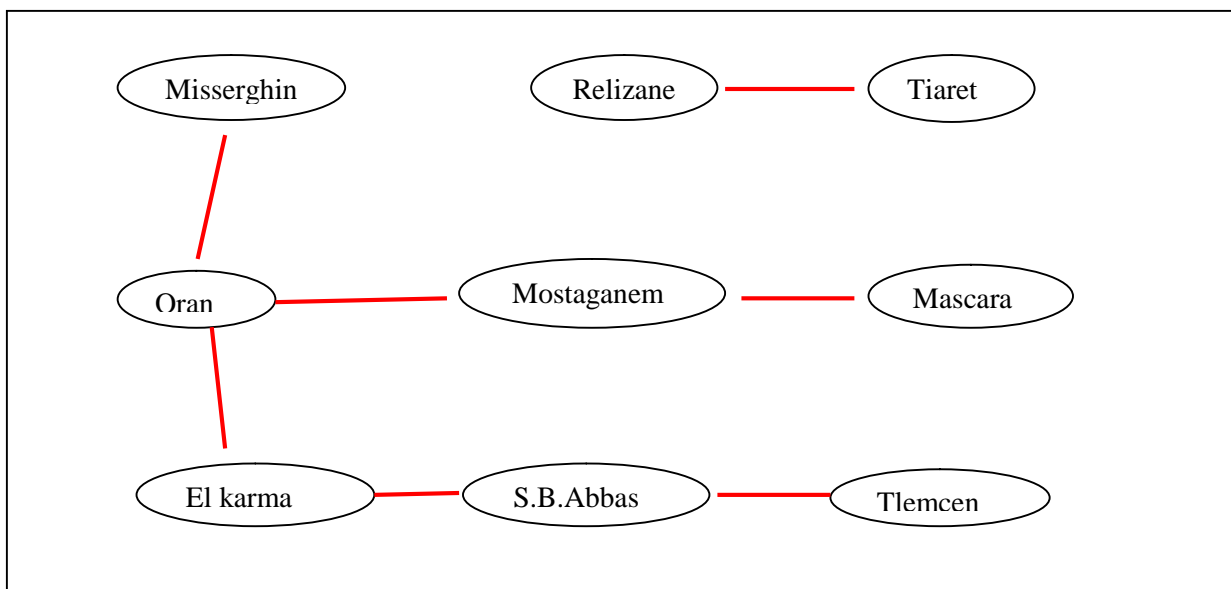
2)  $i := 11$   $E_{11} = (\text{Relizane}, \text{Tiaret})$

3)  $T + E_{11}$  est sans cycle, on ajoute  $E_{11}$  à  $T$

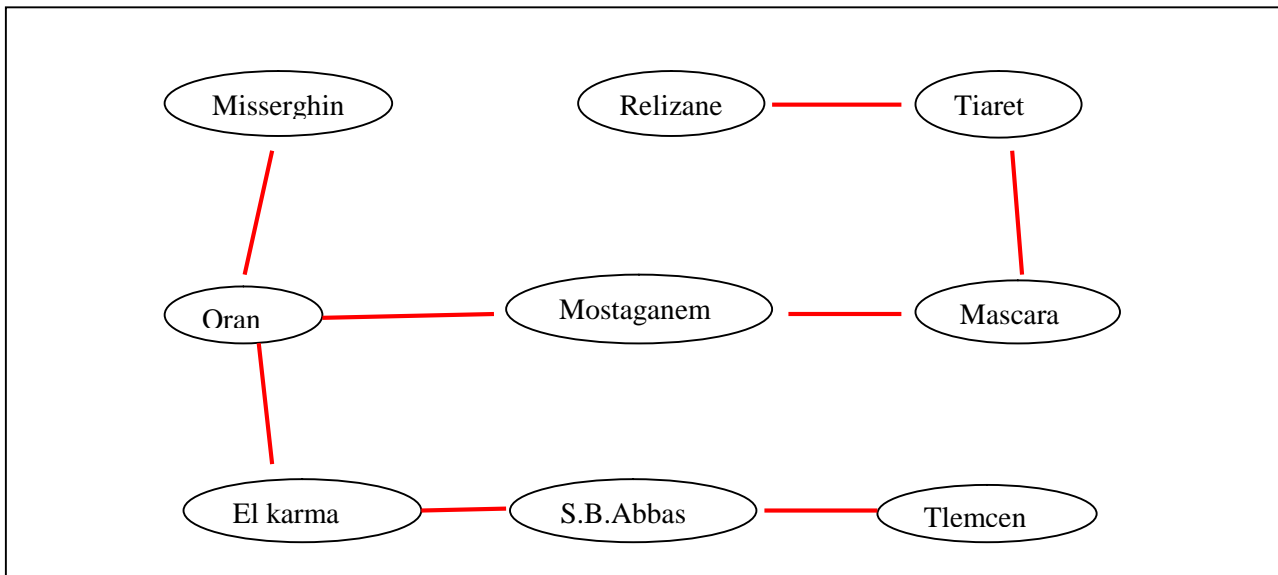
$T = T + \{ E_{11} \}$  aller à l'étape 4

4) incrémenter  $i$  de 11

$T \neq N-1$  retourner à l'étape 2



- 2)  $i := 12$   $E_{12} = (\text{Mascara}, \text{Tiaret})$
- 3)  $T + E_{12}$  est sans cycle, on ajoute  $E_{12}$  à  $T$
- $T = T + \{ E_{12} \}$  aller à l'étape 4
- 4) incrémenter  $i$  de 12
- $T = N - 1$  l'algorithme s'arrête



Le poids minimal de cet arbre est :

$$15 + 15 + 79 + 80 + 132 + 98 + 82 + 88 = 589$$

**Conclusion :**

A travers les résultats illustrés dans ce dernier chapitre, l'objectif est de minimiser les coûts de transport de la distribution des produits de l'entreprise Danone qui occupe une place très importante dans le marché nationale des produits laitiers, on a pu établir un plan de transport optimal pour l'entreprise en question à base de l'application des deux algorithmes Dijkstra et Kruskal.



*Conclusion générale*

## Conclusion générale

---

### **Conclusion générale :**

Le secteur transport-logistique est incontournable et indispensable au quotidien de chacun, la mondialisation des échanges oblige toutes les entreprises quel que soit leur secteur d'activité, font appel au savoir-faire des transporteurs et logisticiens pour acheminer leurs matières premières, expédier leurs produit finis ou gérer leurs stocks, et cela au moindre cout.

Le marché du transport et de la logistique prend ainsi une importance croissante dans toutes les entreprises et dans tous les secteurs de l'économie, il est notamment soutenu par le développement du e-commerce et la multiplication des entrepôts, c'est donc un secteur en plein développement dont le nombre de recrutements reste important.

Dans le premier chapitre, nous avons mené une étude bibliographique sur la logistique dans l'entreprise et la chaine logistique, ainsi la place des transports dans la chaine logistique, nous avons essayé néanmoins d'être le plus complet possible pour permettre à des lecteurs non spécialistes de comprendre l'environnement globale de l'étude.

Après avoir introduit les notions de la logistique, nous introduisant dans le second chapitre, une introduction à la théorie des graphes, en citons les notions de base de la théorie des graphes, ensuite nous allons proposer les différentes méthodes de la théorie des graphes qui sert à optimiser les couts de transport.

Dans le troisième chapitre nous avons présenté l'entreprise d'accueil DANONE DJURJURA, après avoir effectué un stage pratique dans cette entreprise, en suite nous avons appliqué les deux algorithmes d'optimisation DIJKSTRA et KRUSKAL.

Les résultats d'application des deux algorithmes est comme suit :

Ce qui concerne la distribution interne de l'entreprise DANONE (usine, dépôts), le choix de l'algorithme de DIJKSTRA nous a apparue très efficace, a fin de trouver le plus court chemin entre l'usine et les différents dépôts situer dans le territoire nationale.

Le calcule de l'algorithme a permis d'aboutir au résultat suivant :

Les destinations d'ALGER et CONSTANTINE, le plus court chemin et le même qu'elle prend l'entreprise.

Par contre la destination vers le dépôt d'ORAN, le plus court chemin est :

AKBOU-BOUIRA-BERROUAGHIA-AINDEFLA-CHLEF-OUEDRHIOU-

MOSTAGANEM-ORAN, c'est un parcoure de 558 KM, le chemin appliqué par l'entreprise est au long de 627KM, la différence est de 69 KM, donc si le cout /KM est de 100 DA le gain tirer par l'entreprise est de 6900 DA par un seul camion.

## Conclusion générale

---

Pour la distribution externe de l'entreprise (dépôts, clients), nous avons choisie l'algorithme de KRUSKAL, ce qui nous a permet d'extraire un réseau de distribution d'un poids minimal, c'est-à-dire un réseau d'une distance minimal et qui servie tous les clients d'un dépôt.

Nous avons appliqué l'algorithme sur le dépôt d'ORAN, le résultat est un réseau optimal qui est d'une longueur de 589 KM et qui servie tous les clients.



***Bibliographie***



- BARKAOUI.K, Notes de cours : Algorithmes de graphes, P. 6.
- BONDY.J et MURTY.U, Théorie des graphes, 2<sup>ème</sup> édition, 2007, p. 16.
- BOURSE.Y, Notes de cours : Arbre couvrant minimal par la méthode de Kruskal, 2009, p. 2.
- BREWER.A et BUTTON.K et HENSHER.D, A Handbook of logistic and supply chain management, New York, 2001, p. 17.
- CARON.J, Stratégie de livraison directe dans une chaîne logistique internationale, thèse de Doctorat : Administration des affaires, université du Québec, Montréal. 2012, p. 73.
- CHARKAOUI. A, Notes de cours: Systèmes logistiques : la logistique à travers son histoire, Ecole Supérieure de Gestion, Marrakech, 2004.
- COLIN.J, Notes de cours : La logistique : Histoire et perspectives, Université Aix-Marseille II, 1996, p. 1-5.
- CORMEN.T et LEISERSON.C et RIVEST.R, Introduction à l'algorithmique, éditions Dunod, 1997.
- COSTA.M, Notes de cours : Optimisation dans les graphes, Paris, 2014, p. 6.
- DIDIER.M, Introduction à la théorie des graphes, CRM, cahiers N°6, 2012, p. 3.
- DIOMANDE.N, Le transport dans la stratégie de production des grandes entreprises, Diplôme d'Ingénieur des travaux publics, Boigny. 2007.
- DUPONCHEL.D, L'impact de la citoyenneté sur la gestion de la Supply Chain, Mémoire Master : logistique, université Paris 1, 2010.
- EBEBE.E, Notes de cours:Initiation à la logistique, p. 11-15.
- ERIC.S, Notes de cours: Introduction à la théorie des graphes, Mars 2002, p. 2.
- GIVRY.S SCHIEX.T, Introduction à la théorie des graphes, 2013, p. 9.
- HAMROUNI.B, Désambiguïsation dans la typification de données textuelles à des fins d'analyses catégorielles, thèse de Doctorat : Mathématiques et informatique, université du Québec, 2008, p. 31.
- Journal interne de DDA, decembre2012.
- KRENG-VICTOR.B et CHEN.F, The benefits of a cross-docking delivery strategy: a supply chain collaboration approach, 2008, p.16.
- LABELLE.J, Théorie des graphes, MODULO, Canada, 1981, p. 13.

- MAMY.E, Notes de cours: la gestion des transports et les TMS, France, 2010, p. 14.
- MARIE.C et BEAULIEU.M, Définition et analyse des conditions de succès du cross-docking, vol.10, 2<sup>ème</sup> édition, Canada, 2002.
- MENDIL.A et KEDJAR.L, La logistique de distribution: Optimisation des coûts de transport, Mémoire Master : Management des Organisations, université de Bejaia. 2015.
- MONTCOUQUIOL.G, Notes de cours : Théorie des graphes, Université d'Orsay, 2006, p. 37.
- MOUACI et REMACI, Optimisation des coûts de transport cas SOVAC-BOUIRA, Mémoire Master : logistique et distribution, université de Bejaia. 2016.
- MOUZAOUI.M et RAMDANI.N, Essai d'analyse de l'impact de la logistique sur la distribution des produits de l'entreprise, Mémoire Master : logistique et distribution, université de Bejaia. 2015.
- NORIGEON.P, Notes de cours:Logistique et e-Business, P.6.
- Organisation de Coopération et de Développement Économiques, Logistique des transports, 2002, p. 56.
- PIMOR.Y et FENDER.M, logistique : Production Distribution et Soutien, Paris, Dunod, 5<sup>ème</sup> Edition, 1998, P. 4.
- RODRIQUE.T, Méthodes de modélisation et de d'optimisation par recherche à voisinages variable pour le problème de collecte et de livraison avec transbordement, thèse de doctorat : Sciences physique, université de bordeaux, 2014, p. 7.
- SIMCHI-LEVI.D et KAMINSKEY.P, Designing and Managing the Supply Chain: concepts, strategies, and case studies, 2003, p. 12.
- SOHIER.J, La logistique : Comprendre la démarche logistique, ses répercussions sur la question, Vuibert, 3<sup>ème</sup>édition, paris, 2002, p.3.
- STADTLER.H et KILGER.C, Supply chain management and advanced planning: concept, models, software, and case studies, 3<sup>ème</sup> édition, 2010, p. 13.
- TAKOUDJOU.T, Méthodes de modélisation et d'optimisation par recherche à voisinages variables pour le problème de collecte et de livraison avec transbordement, thèse de Doctorat : Productique, université de Bordeaux. 2014, p. 9.
- TIXIER.D et al. , La logistique au service de l'entreprise : moyens, mécanismes et enjeux, Paris, Dunod, 3<sup>ème</sup> Edition, 1988.

- TIXIER.D et al. , La logistique d'entreprise : vers un management plus compétitif, Paris, Dunod, 2<sup>ème</sup> Edition,1981,P.30 .
- WONG.T, Notes de cours : Algorithme de Dijkstra, Université du Québec, p. 1-16.

# Table des matières

**Remerciement**

**Dédicaces**

**Liste des figures**

**Sommaire**

**Introduction générale.....1**

**Chapitre I : Généralité**

**Introduction.....3**

**Section 1 : cadre théorique de la logistique d'entreprise.....3**

1. Bref historique .....3

2. Définitions de la logistique .....4

3. Les fonctions logistiques .....5

    3.1 Les activités en amont .....7

    3.2 Les activités en aval .....8

4. Les différents types de la logistique.....9

5. Les moyens logistiques .....11

    5.1 L'infrastructure logistique .....11

    5.2 Les systèmes et outils d'exploitation .....12

6. L'externalisation .....13

**Section 2 : La chaine logistique et le transport .....14**

1. La chaine logistique .....14

2. Le rôle du transport dans la chaine logistique .....16

    2.1 La place du transport routier .....16

    2.2 Les offres de transport .....17

        2.2.1 L'affrètement .....17

        2.2.2 Le groupage .....17

        2.2.3 La messagerie .....17

        2.2.4 Transport express .....18

3. La gestion de la chaine logistique .....18

    3.1 La fonction distribution/transport .....19

    3.2 Le niveau de décision opérationnel .....19

4. Les pratiques actuelles et les nouvelles tendances dans le transport .....	20
4.1 L'externalisation des chaînes d'approvisionnements .....	20
4.2 La pratique de la mutualisation .....	20
4.3 Le cross-docking .....	21
4.4 Le transbordement .....	22
5. Le Transport Management System .....	23
<b>Conclusion .....</b>	<b>25</b>

## **Chapitre II : Notions générales sur la théorie des graphes**

<b>Introduction.....</b>	<b>26</b>
<b>Section 1 : introduction à la théorie des graphes .....</b>	<b>26</b>
1. Historique .....	26
2. Définitions et concepts de base .....	27
2.1 Un graphe .....	27
2.2 Représentation graphique .....	28
3. Quelques types de graphes .....	28
3.1 Graphe partiel et sous-graphe .....	30
3.2 Degrés.....	30
3.2.1 Degré d'un sommet.....	30
3.2.2 Degré d'un graphe.....	31
4. Chaînes et cycles.....	31
5. Graphes eulériens .....	32
6. Graphes hamiltoniens.....	32
7. Arbres .....	32
8. Arbres couvrants .....	33
9. Graphes orientés .....	33
9.1 Degré d'un sommet d'un digraphe .....	33
9.2 Chemins et circuits.....	33
9.3 Digraphe fortement connexe .....	34
<b>Section 2 : les méthodes d'optimisation par la théorie des graphes.....</b>	<b>35</b>
1. Méthode 1 : Algorithme de Dijkstra.....	35
1.1 Explications.....	35
2. Méthode 2 : Algorithme de kruskal .....	37

3. Méthode 3 : Algorithme de Ford-Fulkerson.....	40
4. Méthode 4 : Algorithme de Busacker et Gowen .....	41
<b>Conclusion .....</b>	<b>42</b>
<b>Chapitre III : Cas pratique</b>	
<b>Introduction .....</b>	<b>43</b>
<b>Section 1 : Présentation de l'organisme d'accueil DANONE .....</b>	<b>43</b>
1. Historique.....	43
2. Implantation géographique.....	45
3. Identification et forme juridique.....	46
4. Organigramme générale de Danone Djurdjura Algérie.....	46
5. La fabrication du yaourt ferme et brassé.....	48
5.1 Les produits DDA.....	49
5.2 Les principaux concurrents de l'entreprise DDA.....	50
5.2.1 Les concurrents indirects.....	50
5.2.2 Les concurrents directs.....	50
6. L'extension du centre d'expédition.....	52
<b>Section 2 : application des algorithmes de djikstra et kruskal .....</b>	<b>52</b>
1. Application de l'algorithme de djikstra sur la destination d'Oran .....	53
2. Application de l'algorithme de djikstra sur la destination Alger.....	55
3. Application de l'algorithme de Dijkstra sur la destination Constantin.....	57
4. Application de l'algorithme de Kruskal sur les clients de dépôt d'Oran .....	58
<b>Conclusion.....</b>	<b>65</b>
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>66</b>
<b>Bibliographie</b>	

**Résumé :**

Le transport est un élément important et présent dans l'entreprise depuis longtemps. La tendance est à la réduction des coûts de transport. Le transport apparaît donc comme un maillon indispensable de la Chaîne logistique qui assure la liaison entre les différents étages du système logistique.

Le problème de transport est un cas particulier de la programmation linéaire, cette dernière est un problème d'optimisation consistant à maximiser ou à minimiser une fonction objectif (fonction économique) de  $n$  variables de décision soumises à un ensemble de contraintes exprimées sous forme d'équation ou d'inéquation linéaires.

Les modèles d'affectation et de transbordement sont des deux cas particuliers d'un problème de transport.

**Mot clés :**

Logistique, chaîne logistique, transport, optimisation, théorie des graphes, algorithmes, Dijkstra, Kruskal.

**Abstract:**

Transportation has been an important part of the company for a long time. The trend is to reduce transport costs. Transport therefore appears as an indispensable link in the logistics chain, which provides the link between the different stages of the logistics system.

The transport problem is a particular case of linear programming, the latter being an optimization problem consisting in maximizing or minimizing an objective function (economic function) of  $n$  decision variables subjected to a set of constraints expressed in the form of a linear equation or inequality.

Assignment and transshipment models are two particular cases of a transport problem.

**Keywords:**

Logistics, supply chain, transportation, optimization, theory of graphs, algorithm, Dijkstra, Kruskal.