

UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA DE BEJAIA



Faculté des Sciences Economiques Commerciales et des Sciences de Gestion  
Département des Sciences commerciales

## MÉMOIRE DE FIN DE CYCLE

En vue d'obtention du diplôme de Master en Sciences Commerciales  
Option : Finance et commerce international.

**Thème :**

**L'utilisation des méthodes d'optimisation dans la gestion du  
trafic portuaire : cas d'EPB**

**Réalisé par :**

- BENOUARI Nihad
- BOURBATACHE Faiza

**Encadré par :**

- Mr : BEZTOUH Djaber

Année universitaire : 2021/2022

## Remerciements

Nous remercions Dieu, le Tout Puissant, le Miséricordieux, qui nous a donné l'opportunité de mener à bien ce travail.

Nous remercions vivement notre encadreur **Mr. BEZTOUH Djaber** pour avoir accepté de nous encadrer, et nous tenons à exprimer notre gratitude à **Mr. HARICHE Kamal**, pour l'honneur qu'il nous a fait en assurant le suivi scientifique et technique du présent mémoire.

Nous le remercions pour sa grande contribution à l'aboutissement de ce travail, et pour s'être montrée disponible.

Nous tenons une place particulière aux personnels de l'EPB, en particulier notre encadreur chef de section **Mr. ABDERRAHIM Rami** de nous avoir aidé à faire notre stage, **Mr. OUAGLAL Lyes** pour sa disponibilité, ses conseils et ses orientations durant notre stage.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Nous remercions tous ceux qui ont participé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

# *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail*

*à :*

*Mes très chers parents qui m'ont offert sans condition, l'amour, la tendresse, l'éducation, la confiance ainsi que le soutien moral que vous m'avait toujours apporté. Que dieu vous protège et vous garde pour nous.*

*Mes chers frères et ma précieuse sœur qui n'ont cessé de m'encourager. Je ne serai exprimée ma gratitude seulement par des mots, je vous adore.*

*Ma binôme « Faiza », qui n'a cessé de me soutenir et de m'aider dans ce travail.*

*Aux personnes qui m'ont toujours soutenu et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés, mes chers amis : Brahim et Dalia.*

*Toute ma famille sans exception, cousin, cousines, tantes, oncles maternels et paternels.  
Merci d'être là pour moi.*

*N I H A D*

*Je dédie ce modeste travail*

*à :*

*Mes cher parents que dieu les garde pour nous et qui m'ont soutenus  
tous ce qu'ils m'ont offerts durant toutes mes années d'étude.*

*A tous ceux qui m'ont vraiment aidés qu'ils soient de loin ou du prêt,  
sans oublier mes oncles ;*

*A mes cher frères et sœurs, ainsi que toutes leurs familles ;*

*A tous mes amis en particulier Noureddine ;*

*A mon binôme Nihad et toute sa famille ;*

*A tous ceux qui me sont chers.*

*FAJZA*

<b>Table des matières</b>	
<b>Remerciements</b> .....	<b>I</b>
<b>Dédicaces</b> .....	<b>II</b>
<b>Table des matières</b> .....	<b>IV</b>
<b>Liste des abréviations</b> .....	<b>VIII</b>
<b>Table des figures</b> .....	<b>1</b>
<b>Liste des tableaux</b> .....	<b>2</b>
<b>Introduction générale</b> .....	<b>3</b>
<b>Chapitre 01 : Généralités sur la logistique</b> .....	<b>4</b>
<b>Section 01 : La logistique, ses activités et ses enjeux</b> .....	<b>5</b>
<b>1.1. Définition de la logistique</b> .....	<b>5</b>
<b>1.2. Les activités et objectifs de la logistique</b> .....	<b>7</b>
<b>1.3. Les prestataires logistiques dans les ports</b> .....	<b>8</b>
<b>1.3. 1. Les clients du port</b> .....	<b>8</b>
<b>1.3. 2. Les services aux navires</b> .....	<b>9</b>
<b>1.3. 3. Les services administratifs</b> .....	<b>9</b>
<b>1.3. 4. Les services à la marchandise</b> .....	<b>10</b>
<b>1.3. 5. Les entreprises de manutention</b> .....	<b>10</b>
<b>1.3. 6. Les acteurs du transport terrestre</b> .....	<b>10</b>
<b>1.4. Les enjeux de la logistique et son impact sur l'activité portuaire</b> .....	<b>11</b>
<b>1.4.1. Les enjeux de la logistique</b> .....	<b>11</b>
<b>1.4.2. L'impact de la logistique sur l'activité portuaire</b> .....	<b>12</b>
<b>Conclusion</b> .....	<b>13</b>
<b>Section 2 : Les activités et la communauté portuaire</b> .....	<b>14</b>
<b>2.1. Classification des ports</b> .....	<b>14</b>
<b>2.1. 1. Classification des ports selon la construction</b> .....	<b>14</b>
<b>2.1. 2. Classification des ports selon l'exploitation</b> .....	<b>15</b>
<b>2.2. Les activités du port</b> .....	<b>16</b>
<b>2.2. 1. Les activités portuaires non économiques</b> .....	<b>16</b>
<b>2.2. 2. Les activités portuaires économiques d'intérêt général</b> .....	<b>16</b>
<b>2.2. 3. Les activités portuaires économiques</b> .....	<b>16</b>
<b>2.3. La communauté portuaire 'services et acteurs'</b> .....	<b>16</b>
<b>2.3. 1. Une communauté des services</b> .....	<b>17</b>
<b>2.3. 2. Une communauté d'acteurs</b> .....	<b>18</b>
<b>Conclusion</b> .....	<b>21</b>

<b>Section 3 : Les types de navires et les problèmes logistiques .....</b>	<b>22</b>
<b>3.1. Les types de navires .....</b>	<b>22</b>
3.1.1. Les navires spécialisés .....	22
3.1.2. Les navires non spécialisés .....	23
<b>3.2. Les problèmes logistiques .....</b>	<b>25</b>
3.2.1. Le manque d'espace de stockage .....	26
3.2.2. Le coût de transport .....	26
3.2.3. La casse ou la détérioration .....	27
3.2.4. Le vol ou la perte .....	27
3.2.5. Le passage de la douane .....	28
<b>Conclusion .....</b>	<b>28</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>29</b>
<b>Chapitre 02 : Les méthodes d'optimisation dans la logistique.....</b>	<b>30</b>
<b>Section 01 : Le problème d'optimisation et ses enjeux .....</b>	<b>31</b>
1.1. Le problème d'optimisation .....	31
1.2. Classification des problèmes d'optimisation .....	33
1.3. Comment optimiser la chaîne logistique ? .....	35
1.4. Les enjeux de l'optimisation .....	36
<b>Conclusion .....</b>	<b>37</b>
<b>Section 02 : Les méthodes d'optimisation utilisées dans la logistique.....</b>	<b>38</b>
<b>2.1. Le programme linéaire.....</b>	<b>38</b>
2.1.1. Formulation d'un programme linéaire .....	39
2.1.2. Méthode de résolution graphique .....	39
2.1.3. Méthode du simplexe .....	39
2.1.4. Dualité .....	40
<b>2.2. La méthode des graphes.....</b>	<b>40</b>
2.2. 1. Notion de graphe .....	40
2.2. 2. Mode de représentation d'un graphe .....	41
<b>2.3. La méthode d'ordonnement avec PERT et MPM .....</b>	<b>42</b>
2.3. 1. Ordonnement avec PERT .....	42
2.3. 2. Ordonnement avec MPM .....	43
<b>2.4. La programmation dynamique .....</b>	<b>45</b>
<b>Conclusion .....</b>	<b>46</b>
<b>Section 03 : Exemples de traitement des méthodes d'optimisation .....</b>	<b>47</b>
<b>3.1. Problème de stocks .....</b>	<b>47</b>

3.2. Problème de transport.....	49
3.3. Problème d’abordage .....	51
Conclusion .....	52
<b>Conclusion.....</b>	<b>53</b>
<b>Chapitre 03 : Modélisation d’un problème de transport portuaire .....</b>	<b>54</b>
<b>Section 01 : Aperçu général sur l’organisme d’accueil l’EPB .....</b>	<b>55</b>
1.1. Bejaia, une ville, un port. ....	55
1.2. Historique de création de l’EPB.....	56
1.3. Situation géographique .....	56
1.3. 1. Mouillage.....	57
1.3. 2. Accès au Port .....	57
1.3. 3. Bassins du Port .....	57
1.3. 4. Liaisons terrestres (routes et ferroviaires).....	57
1.4. Missions et activités de l’EPB .....	58
1.4.1. Les Missions de l’EPB.....	58
1.4.2. Les Activités de l’EPB.....	58
1.4.3. Description des services .....	59
1.4.4. Le processus d’acheminement d’un navire.....	60
1.4.5. Organigramme Général de l’Entreprise Portuaire de Bejaia.....	61
1.5. Présentation des différentes structures de l’EPB .....	61
1.5.1. Direction générale (DG).....	61
1.5.2. Direction générale adjointe fonctionnelle (DGAF) .....	63
1.5.3. Direction générale adjointe opérationnelle (DGAO) .....	65
1.6. Les infrastructures et les équipements .....	69
1.6. 1. Les infrastructures portuaires .....	69
1.6. 2. Les principaux équipements.....	69
1.6. 3. Marché et Hinterland.....	70
1.6. 4. Typologie de produit .....	70
1.6.4.1. Selon la nature de la marchandise :.....	70
1.6.4.2. Selon les types de navires : .....	71
1.6. 5. Typologie clients.....	71
1.6. 6. Typologie zone géographique.....	71
1.6. 7. Les concurrents .....	72
Conclusion .....	73
<b>Section 2 : Le trafic du bois au port de Bejaia.....</b>	<b>74</b>

2.1. L'évolution du trafic du bois au port de Bejaia .....	74
2.2. Le terminal à bois .....	75
2.2. 1. Capacité.....	75
2.2. 2. Equipements et évolution des performances .....	76
2.2. 3. Processus du traitement du bois .....	76
2.3. Les techniques utilisées dans l'opération de manutention du bois .....	77
Conclusion .....	78
<b>Section 3 : Problème d'optimisation et méthode de résolution .....</b>	<b>79</b>
3.1. Principe.....	79
3.2. Formulation du problème .....	80
3.3. La fonction économique .....	80
3.3.1. Hypothèses considérées pour la formulation du problème .....	80
3.3.2. Contraintes de la variable de décision.....	80
3.4. Présentation du logiciel Solveur de Microsoft Office Excel.....	81
3.4.1. Installation du Solveur.....	82
3.5. Application du modèle sur l'EPB.....	83
3.5.1. Les étapes d'optimisation du problème de l'EPB .....	83
3.5.2. Les résultats d'optimisation.....	86
Conclusion .....	87
Conclusion générale .....	<b>88</b>
Bibliographie.....	<b>91</b>

## Liste des abréviations

**$C_l$**  : Coût de lancement

**C.N.A.N** : Compagnie National Algérienne de Navigation

**CPM** : Critical Path Method

**CPN** : Conférence de Placement des Navires

**$C_s$**  : Coût de Stockage

**CS** : Coût de Stock

**D** : Demande

**DA** : Direction Achats

**DC** : direction Capitainerie

**DDD** : Direction Domaine et Développement

**DDN** : Direction Digitalisation et Numérique

**DE** : Direction Exploitation

**DFC** : Direction Finance et Comptabilité

**DGAF** : Direction Générale Adjointe Fonctionnelle

**DGAO** : Direction Générale Adjointe Opérationnelle

**DM** : Direction Maintenance

**DMA** : Direction Manutention et Acconage

**DPW** : Dubaï Port World

**DRH** : Direction Ressources Humaines

**DSCI** : Direction du Système de Contrôle Interne

**EPB** : Entreprise Portuaire de Bejaia

**EPE** : Entreprise Publique Economique

**F** : Fonction

**GUCE** : Guichet Unique des opérations de Commerce Extérieur

**LS** : Liste de Longueur

**ML** : Mètres Linéaires

**MPM** : Méthodes de Potentiel Métra

**ONP** : Office National

**P** : Problème

**PERT** : Program Evaluation and Review Technique

**PPL** : Problème de Programmation Linéaire

**QEC** : Quantité Economique de Commande

**S** : Ensembles de Solution

**SO.NA.MA** : Société Nationale de Manutention

**SPA**: Société Par Actions

**VHF**: Very Hight Freq

## Table des figures

<b>Figure 1 : Représentation de la communauté portuaire.....</b>	<b>11</b>
<b>Figure 2: processus d'acheminement d'un navire .....</b>	<b>60</b>
<b>Figure 3 : l'organigramme de l'EPB .....</b>	<b>61</b>
<b>Figure 4 : terminal à bois de l'EPB .....</b>	<b>75</b>
<b>Figure 5 : bouton office d'Excel 2007 .....</b>	<b>82</b>
<b>Figure 6 : les compléments Excel avec la liste déroulante Gérer (en bas, à droite) et son bouton ATTEINDRE. ....</b>	<b>82</b>
<b>Figure 7 : la boîte de dialogue affichant les macros complémentaires disponibles.....</b>	<b>83</b>
<b>Figure 8 : tableau qui hébergera nos futurs programmes linéaires .....</b>	<b>84</b>
<b>Figure 9 : les contraintes saisies dans le tableau .....</b>	<b>85</b>
<b>Figure 10 : Les différents paramètres saisis dans la fenêtre de dialogue du solveur.....</b>	<b>85</b>
<b>Figure 11 : l'ensemble des résultats calculés et la fenêtre RESULTAT DU SOLVEUR.</b>	<b>86</b>

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1 : Les étapes de traitement de bois .....</b>	<b>76</b>
<b>Tableau 2 : les indicateurs de bois pré-élingués .....</b>	<b>79</b>
<b>Tableau 3 : capacité de navire.....</b>	<b>80</b>

# **Introduction générale**

Depuis la seconde guerre mondiale, les échanges extérieurs ont fortement progressé. En cinquante ans, le commerce international des marchandises a été multiplié par trente alors que la production mondiale a été multipliée par dix<sup>1</sup>. Cette évolution massive nécessite un suivi pour pouvoir produire des biens et des services afin de satisfaire les besoins des consommateurs.

La dynamique du commerce international est favorisée notamment par l'importance du rôle de la logistique à travers ses différentes activités et intervenants.

La logistique est un processus de conception et de gestion de la chaîne d'approvisionnement dans le sens large. Cette chaîne peut comprendre la fourniture de matières premières nécessaires à la fabrication, en passant par la gestion des matériaux sur le lieu de fabrication la livraison aux entrepôts et aux centres de distribution, le tri, la manutention et la distribution finale au lieu de consommation.

Le transport joue un rôle crucial dans la chaîne logistique globale. Il apparaît comme une partie du système logistique qui assure la liaison entre les différents nœuds des chaînes de transport. En général, il existe plusieurs modes de transport, entre autres : Aérien, Maritime, Ferroviaire, Terrestre, Multimodal...Selon les origines et les destinations, plusieurs contraintes entrent dans le choix d'un ou plusieurs modes de transport, à savoir : des contraintes liées à la nature ou le type de produits, au parcours à réaliser, à la sécurité et aux différents coûts.

Le transport maritime devient, de nos jours, de plus en plus important et représente une alternative crédible et intéressante au transport terrestre et aérien. L'interdépendance entre commerce et flux de biens et de services, en évolution continue, fait que ce système de transport représente une préoccupation d'une importance cruciale. En effet, la plupart des opérations commerciales d'envergure sont réalisées par mer. L'essor de la navigation, la multiplication de périls, l'importance des capitaux engagés dans le commerce international expliquent le développement des échanges commerciaux par voie maritime.

Le sujet de notre mémoire est principalement axé sur les méthodes d'optimisation de la gestion de trafic portuaire. Ce n'est pas un hasard que d'avoir choisi de traiter ce sujet, plusieurs constatations en sont la cause, la plus importante c'est que le port joue un rôle important dans le commerce extérieur de nombreux pays et économies, étant donné que c'est un médium pour les échanges commerciaux ; aussi un lieu pour le mode de transport. Aujourd'hui, nous assistons au développement des échanges de grands flux dans le monde.

L'aspect important de la performance du transport maritime, est dû aux progrès des transports multimodaux, notamment le transport de conteneurs. L'objectif des gestionnaires est de proposer des stratégies à travers des méthodes d'optimisation pour maintenir une bonne performance du transport maritime et atteindre un niveau d'optimisation durable.

Notre étude devrait donc pouvoir identifier les apports des approches d'optimisation et d'apprentissage par renforcement, soit individuellement, soit en complémentarité,

---

<sup>1</sup> BOUCHTA.S, Le commerce international, Ecole supérieur des banques, Alger, 2003, Page5.

Le système portuaire algérien comporte 13 infrastructures portuaires, parmi celle-ci en trouve le port de Bejaia qui occupe une place très importante au niveau national. Le port de Bejaia a toujours occupé à travers de l'histoire une place stratégique sur le plan de la logistique et de la communication maritime, avec la méditerranée. Il arrive par sa position géographique favorable, le dynamisme de son équipe et l'hospitalité de sa région à s'affirmer comme destination choisie par les armateurs et les clients de tous les pays, cette sollicitation grandissante et sa position stratégique ont ouvert les portes aux développements du transport maritime et au commerce du pays.

Le thème de notre mémoire s'intitule : l'utilisation des méthodes d'optimisation dans la gestion du trafic portuaire.

Notre problématique se focalise sur la question principale suivante :

**Quelles sont les méthodes d'optimisation utilisées dans la gestion de trafic portuaire ?**

A cet effet, nous essayerons de répondre aux questions secondaires suivantes en rapport avec notre problématique :

- Qu'est ce qu'on entend par la logistique ?
- Quelles sont les différentes méthodes d'optimisations utilisées dans la logistique ?
- Ces méthodes d'optimisation sont-elles utilisées par l'EPB ?

Pour répondre à ces questions nous avons supposé deux hypothèses, à savoir :

**H1** : La logistique est une activité de services qui a pour objet de gérer les flux de matières ; il existe plusieurs types de méthodes d'optimisation dont elles sont utilisées dans des différents domaines.

Pour traiter notre problématique, nous avons utilisé des méthodes de collecte d'informations en se basant sur plusieurs ressources bibliographiques, ainsi que les données fournies par l'entreprise EPB. En effet nous avons réalisé un stage pratique au sein de cette entreprise durant la période s'étalant du 30 mars au 18 avril. Ce stage nous a permis de voir sur le terrain l'utilisation méthodes d'optimisation.

Nous avons organisé notre travail de recherche en trois chapitres.

**Le premier chapitre** : portant sur des généralités sur la logistique, en introduisant dans la première section la logistique, ses activités et ses enjeux ; dans une deuxième section les activités portuaires et la communauté portuaire. Enfin dans la dernière section les types de navires et les problèmes logistiques.

**Le deuxième chapitre** : est consacré pour l'étude des méthodes d'optimisation dans la logistique ; le problème d'optimisation et ses enjeux dans une première section, les méthodes d'optimisations utilisées dans la logistique dans la deuxième section, ainsi que les exemples de traitement des méthodes d'optimisations dans la dernière section.

**Le troisième chapitre** : consacré au cas pratique de notre mémoire portant sur l'utilisation des méthodes d'optimisation dans la gestion du trafic portuaire par l'EPB- Bejaia.



# **Chapitre 01 : Généralités sur la logistique**

Dans ce premier chapitre, nous allons nous intéresser aux aspects qui ont une relation directe avec la logistique, il sera composé de trois sections : la première fera l'objet d'une présentation générale des concepts liés au terme logistique après avoir donné les différentes définitions de ce terme et leur éléments, la deuxième section sera consacrée aux activités portuaires et la classification des ports selon certains critères; alors que dans la troisième et dernière section, nous aborderons les différents types de navires et les problèmes auxquels sont confrontés la logistique et les ports aujourd'hui.

## **Section 01 : La logistique, ses activités et ses enjeux**

La logistique souvent évoquée dans la vie quotidienne est très importante pour tous les acteurs de l'entreprise, puisqu'il regroupe l'ensemble des activités mises en œuvre, La logistique vise à s'assurer que les biens ou services sont disponibles là où ils sont nécessaires. Nous tenterons de cerner la notion de « logistique » dans les éléments ci-dessous.

### **1.1.Définition de la logistique**

Nous allons essayer de résumer quelques définitions de différents auteurs ont citées et qui marquent l'évolution du concept de logistique.

La racine grecque "LOGISTEUO" du mot logistique signifie avant tout gérer. Des publications de l'Université de Lille rapportent que, les agences militaires utilisent ce terme (terme logistique) pour définir des campagnes qui réussies à conjuguer deux éléments essentiels dans la gestion du trafic : l'espace et le temps<sup>2</sup>.

Le terme logistique apparaît dans le langage militaire au milieu du XIXe siècle. Il désigne l'art de combiner tous les moyens de transport, de ravitaillement et de logement des troupes.<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup>PIMOR Y. et FINDER.M., Logistique production-distribution-soutien, 5<sup>e</sup> édition, Ed.Dunod, Paris, 2008, P.69.

<sup>3</sup> SOHIER.J., la logistique, 3<sup>e</sup> édition, Ed.Vuibert, Belgique, 2002, P.03.

La première définition, qui date de 1948, a été formulée par le comité des définitions 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 ». On peut dire qu'à cette période, et comme la définition l'affirme, la logistique ne concerne que les activités physiques de la phase de distribution<sup>4</sup>.

La logistique, à l'origine, c'est un terme militaire qui signifie : ensemble des activités menées en soutien des armées permettant de vivre, de se déplacer, de combattre et d'assurer les évacuations et le traitement médical des combattants<sup>5</sup>.

Par extension, c'est un terme économique qui ensemble des activités permettant de gérer les flux physiques et d'information aux moindres coûts et en respectant des conditions de délais et de qualité ; La logistique comprend les manutentions, la gestion des stocks, l'entreposage, les transports, les conditionnements, les approvisionnements, les techniques du commerce international...

L'ASLOG définit la logistique comme étant l'art et la manière de mettre à disposition un produit donné au bon moment, au moindre coût et avec la meilleure qualité<sup>6</sup>.

La logistique est définie comme étant un ensemble de moyens d'approvisionnement, de production, et de distribution de produits, mais quand il s'agit de la logistique d'un port, d'autres notions s'imposent, ce qui demande plus de distribution dans l'étude des différents pôles ou facettes de cette dernière<sup>7</sup>.

Avec toutes ces définitions, nous pouvons dire que la logistique est l'ensemble des activités de planification, d'organisation et de contrôle des flux de matières premières, d'en-cours et de produits finis du lieu d'origine au lieu de consommation afin de répondre aux besoins des clients au moindre coût possible.

---

<sup>4</sup> CHARKAOUI.A., La logistique à travers son histoire, Systèmes logistiques, Papier de recherche présenté lors d'une séance, organisé par l'école supérieur de gestion de Marrakech, 2004/2005, P.1. Disponible sur : <http://www.acharkaoui.com/wp-content/uploads/2008/07/logistique-travers-definitions1.pdf>, (consulté le 27/03/2022)

<sup>5</sup> MAINI.P. et VENTURELLI.N., Transport logistique, 9<sup>e</sup> édition, Ed.Le Génie, Chambéry, 2017, P.1.

<sup>6</sup> Idem.

<sup>7</sup> BENGHALIA.A., Modélisation et évaluation de la performance des terminaux portuaire, Thèse de doctorat en génie logiciel, Université du Havre, 2015, P.18.

## 1.2. Les activités et objectifs de la logistique

La logistique garantit que les biens ou services sont disponibles au point de consommation au moment le plus favorable et au moindre coût.

La logistique a pour but de proposer aux clients <sup>8</sup>:

- Le bon objet (produits, matières) ;
- Dans la bonne quantité et la bonne qualité ;
- En bonne condition ;
- Au bon endroit ;
- Au bon moment ;
- Au bon prix.

Dans une entreprise, la fonction logistique se rattache traditionnellement à l'organisation des opérations de <sup>9</sup>:

- Emission et/ou traitement des commandes relatives aux besoins en ressources logistique
- Gestion des livraisons dont les activités d'emballage, manutention et transport ;
- Gestion de ressources physiques (parc automobile, magasins, plates- formes d'éclatement...);
- Gestion des mouvements des personnes (plannings de rotation, plannings d'activités...).

Dans l'industrie, la fonction logistique regroupe toutes les activités antérieures auxquelles s'ajoutent :

- Gestion des données techniques de la production ;
- Planification des besoins en composants.

---

<sup>8</sup> CHEVALIER.D., DUPHIL.F., Transport à l'international, 4ème édition, Ed.Foucher, Vanves, 2009, P.10.

<sup>9</sup>NOUMEN.R., Les éléments de base de la logistique internationale, Ed.Menaibuc, Paris, 2004, P.5.

Enfin, au sein de l'exécutif, les fonctions logistiques regroupent généralement toutes les activités de gestion des ressources physiques (bâtiments, engins divers de travail et de manutention, véhicules de transport, etc.). A ceux-ci s'ajoutent des "services généraux" (petite maintenance, entretien, sécurité, etc.).

Les observations de la plupart des organisations indiquent que les activités liées à la logistique se répartissent en trois groupes :

- Les activités directement rattachées à la production interne des biens et des services (approvisionnement, fabrication distribution, retours).
- Les activités de gestion des moyens de transport des personnes ou des biens vers l'extérieur de l'entreprise (souvent séparées des précédentes car elles incluent en partie la gestion de la maintenance).
- Les activités indirectes ou activités de soutien (sans un lien direct avec la production, mais nécessaires pour le déploiement des opérations).

### 1.3. Les prestataires logistiques dans les ports

Les prestataires logistiques dans les ports peuvent être classés dans les catégories suivantes <sup>10</sup>:

- Les clients du port ;
- Les services aux navires ;
- Les services administratifs ;
- Les services à la marchandise ;
- Les entreprises de manutention ;
- Les acteurs du transport terrestre.

#### 1.3. 1. Les clients du port

Il s'agit de<sup>11</sup> :

- a) **Les Armateurs** : Equipent et exploitent des navires pour la navigation commerciale

---

<sup>10</sup><http://www.logistiqueconseil.org/Articles/Transport-maritime/Port-intervenants.htm> (consulté le 28/03/2022).

<sup>11</sup><http://www.logistiqueconseil.org/Articles/Transport-maritime/Port-intervenants.htm> (consulté le 28/03/2022).

- b) **Les Chargeurs** : C'est le propriétaire d'une marchandise, c'est celui qui expédie une marchandise dans le cadre d'une opération internationale.

### 1.3. 2. Les services aux navires

Nous pouvons recenser ici les prestataires suivants :

- a) **Les pilotes** : conseillent le commandant du navire en lui fournissant toutes les informations nécessaires à la navigation aux abords et dans les ports ;
- b) **Les remorqueurs** : facilitent par l'utilisation d'engins nautiques de forte puissance la manœuvre et l'accostage des navires au port ;
- c) **Les lamaneurs** : assurent l'arrimage le déhalage et le largage des amarres ;
- d) **Les consignataires** ou **agents maritimes** : qui représentent dans le port l'armateur ou l'affréteur du navire ;
- e) **Les sociétés d'avitaillement** et de **soutage** (eau douce, gas-oil, essence...) ;
- f) Les sociétés de **réparation** location maintenance des **conteneurs** ;
- g) Les entreprises de **récupération des déchets** des navires (HYSACAM).

### 1.3. 3. Les services administratifs

Nous distinguons ici :

**a) L'autorité portuaire : (Port autonome) :**

Le gestionnaire du port exerce de nombreuses missions : gestion des installations portuaires, prise en charge de l'accueil des navires, location de ses installations aux intervenants portuaires.

Il met au point et fait respecter les divers règlements de police et d'exploitation.

Il est prestataire de services pour les entreprises portuaires et assure la promotion des activités du port.

- b) Le GUCE** (Guichet Unique des opérations de Commerce Extérieur) : Il regroupe en un seul lieu de nombreux services, à savoir :

- Les douanes ;
- Les banques ;
- Les services vétérinaires et phytosanitaires.

De multiples autres services administratifs sont également présents dans les ports :

- Les services maritimes et les affaires maritime ;
- La gendarmerie ;
- La police aux frontières ;
- Les services d'incendie et de sécurité.

#### **1.3. 4. Les services à la marchandise**

- a) Les *commissionnaires de transport*, les *transitaires*, les *consignataires* de la marchandise, les commissionnaires en douane<sup>12</sup>.

Ce sont des mandataires effectuant pour le cadre d'un tiers chargeur ou réceptionnaire les formalités en particulier douanières et les opérations nécessaires à l'exportation et à l'importation de la marchandise.

- b) Les sociétés de groupage dégroupage d'entreposage ou de distribution.  
c) Les sociétés de contrôle d'analyse d'échantillons de surveillance.

#### **1.3. 5. Les entreprises de manutention**

Elles effectuent les opérations de chargement et de déchargement des marchandises à destination ou en provenance de la voie maritime. Elles sont aussi responsables de certaines opérations annexes sur le quai. Elles sont les employeurs des ouvriers dockers.

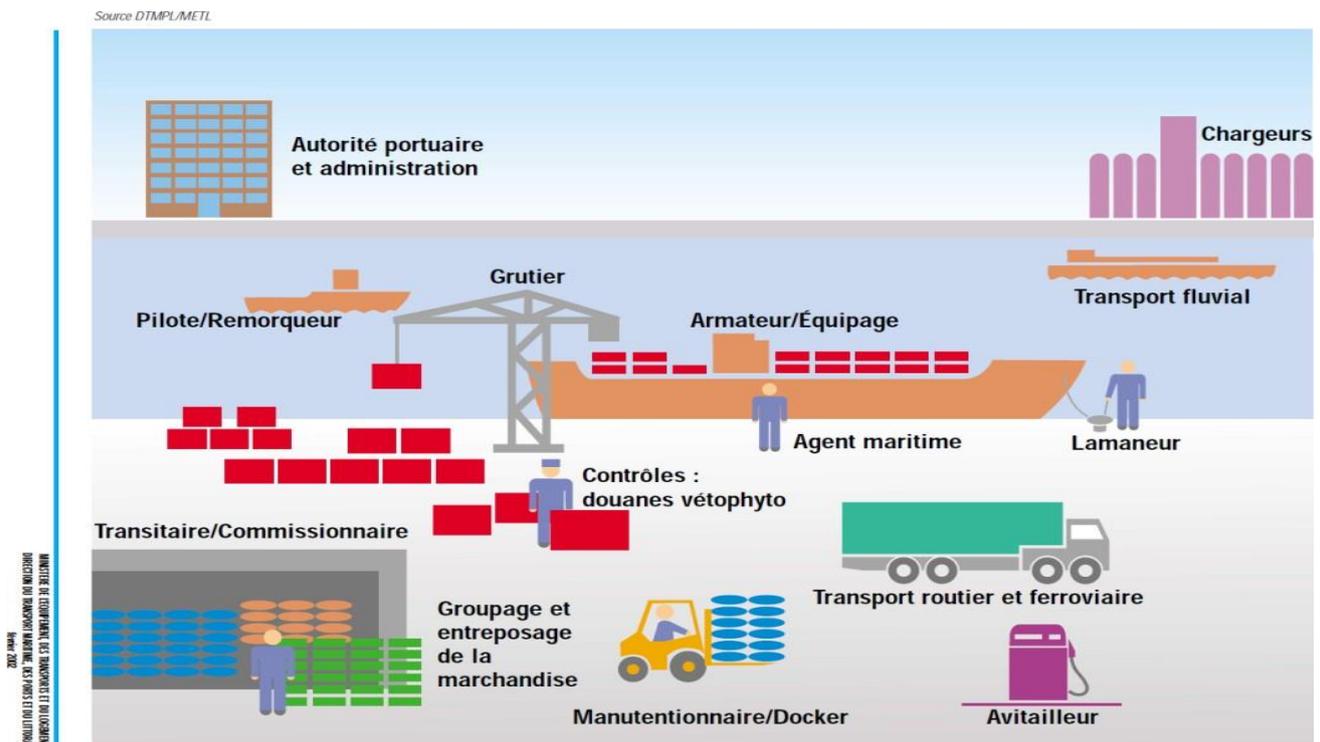
#### **1.3. 6. Les acteurs du transport terrestre**

Ce sont les entreprises du transport routier, ferroviaire et fluvial ; qui assurent les prestations d'acheminement terrestre des marchandises (pré acheminement et post acheminement).

---

<sup>12</sup><http://www.logistiqueconseil.org/Articles/Transport-maritime/Port-intervenants.htm> (consulté le 28/03/2022).

Figure 1 : Représentation de la communauté portuaire



Source : entreprise NIDRA 2002

#### 1.4. Les enjeux de la logistique et son impact sur l'activité portuaire

##### 1.4.1. Les enjeux de la logistique

La logistique constitue un enjeu de taille pour l'entreprise. La performance, et parfois même, la pérennité de l'entreprise dépend aujourd'hui de la maîtrise du processus logistique.

La logistique conditionne <sup>13</sup>:

- **La croissance de l'entreprise** : la stratégie implique une parfaite maîtrise des problèmes logistiques ;
- **La maîtrise des coûts** : Grâce à une meilleure compréhension de tous les coûts d'un produit, de l'approvisionnement en matières premières à l'après-vente.

Ainsi la mise en œuvre d'une logistique intégrée John Bull a permis d'améliorer les délais de livraison, de réduire les taux d'indisponibilité tout en diminuant les coûts ;

- **Les possibilités d'externalisation des fonctions de l'entreprise** : L'analyse logistique permet aux entreprises de se recentrer sur leur métier principal en

<sup>13</sup> BENSALÉM.S, La logistique portuaire : Bejaia Méditerranéen Terminal, Mémoire de master en sciences économiques, Université de Bejaia, 2015, P.9.

confiant certaines opérations à des spécialistes (sous-traitance). Nouvelle situation aussi optimiser le processus de transport ;

- **La normalisation des produits et des processus de gestion** : l'optimisation des flux implique l'établissement des normes (standardisation de certains composants et produits, normes de coûts...);
- **La diversification de l'entreprise** : la maîtrise de la chaîne logistique permet à l'entreprise l'élargir la gamme de ces activités ;
- **La flexibilité et l'adaptabilité de l'entreprise** : grâce à une souplesse obtenue dans la distribution amont et aval, ainsi qu'une meilleure maîtrise de la gestion des transports et du stockage.

#### 1.4.2. L'impact de la logistique sur l'activité portuaire

Les impacts de la logistique dans toutes les opérations portuaires ; de manutention et tout ravitaillement des navires peuvent être répartis en deux catégories<sup>14</sup> :

- **Un impact indirect** : Il correspond aux activités dont une partie retire du chiffre d'affaires est liées au port (entreprises qui utilisent le port pour leur importation et leurs exportations), ainsi pour les transports de pré ou post acheminement.
- **Un impact direct** : il correspond aux activités directement liées aux activités portuaires, c'est-à-dire celles dont la présence est liée au port. Ce sont toutes des spécialités portuaires liées aux services liés aux navires et aux marchandises qu'ils transportent lors du chargement, du déchargement, du stockage : soutage, amarrage, remorquage, chargement et déchargement, entreposage, assurance maritime, douane, commission de transport, services portuaires, etc.

---

<sup>14</sup> SAHIYODINE.N., La logistique dans le transport maritime international des marchandises, Rapport de stage, Ecole international des affaires, Dakar, Sénégal, 2012, P.27.

**Conclusion**

Lors de l'élaboration de cette section, une attention particulière a été portée à la logistique assurant l'exécution des commandes clients afin qu'elles puissent être satisfaites dans les meilleures conditions possibles.

La logistique est décrite comme les fonctions et processus de base des opérations logistiques. C'est l'art d'amener le bon produit au bon endroit au bon moment. C'est devenu un axe majeur pour les entreprises, non seulement sur le plan financier, mais aussi dans l'amélioration des partenariats avec tous les acteurs de la chaîne d'approvisionnement.

## Section 2 : Les activités et la communauté portuaire

Le port est tout d'abord le point de départ et d'arrivée de la navigation maritime et l'endroit de transbordement des voyageurs et/ou des marchandises. C'est un lieu de début ou d'achèvement des trajets maritimes, d'entreposage, sert de plaque tournante au trafic import/export en double direction : vers l'intérieur des pays et vers la mer. Ils occupent une place prépondérante dans l'économie nationale.<sup>15</sup>

Les ports maritimes sont construits pour faciliter le transfert des marchandises des transports intérieurs au transport maritime et vice-versa, et pour permettre aux marchandises d'entrer dans le pays et d'en sortir aussi rapidement et aussi efficacement que possible.

Après avoir défini les ports, on va représenter leur classification ainsi que la communauté portuaire et ses différents acteurs.

### 2.1. Classification des ports

Plusieurs classifications peuvent être attribuées aux ports, on distingue<sup>16</sup> :

- Une classification selon la construction ;
- Une classification selon l'exploitation ;
- Une classification selon son rayonnement économique.

#### 2.1. 1. Classification des ports selon la construction

La classification selon la construction est faite pour distinguer entre :  
Les ports fluviaux ou de fond d'estuaire nécessitent un dragage permanent des chenaux de navigation menacés par l'alluvionnement.

- a) **Les ports côtiers** : établis par remblais sont pour la plupart protégés par une digue parallèle au rivage, abritant des darses et môles perpendiculaire à la côte.

---

<sup>15</sup> TIGHILT.F., Guide de formation, groupe service portuaire BMT, janvier 2021, partie01, Pp.4-5.

<sup>16</sup> Ibid, Pp-6-13.

- b) **Les ports en lagune** : La lagune est une étendue d'eau généralement peu profonde éparée de la mer par un cordon littoral. Ce plan d'eau, en liaison permanente avec la mer, est saumâtre et suivant les apports du bassin versant presque douce, salée ou sur salé.

### 2.1. 2. Classification des ports selon l'exploitation

Il arrive dans certains ports qu'une activité soit la principale et prédomine sur toutes les autres fonctions.

Mais rappelons seulement l'existence de ports à fonctions multiples et de ports spécialisés<sup>17</sup>.

#### a) Ports multifonctionnels

Toutes les fonctions sont aussi importantes les unes que les autres.

La fonction commerciale, la fonction industrielle et la fonction d'escale et de refuge.

Sur le plan d'acheminement de marchandises les conditions d'approche et modes de transports continentaux changent, sur le plan humain au port, les conditions d'emploi de la main-d'œuvre du travail différent suivant la diversité des activités.

#### b) Ports spécialisés

Sont généralement situés à proximité des grandes routes maritimes dont les fonctions principales ou vocations peuvent être ports :

- D'éclatement,
- De transbordement,
- De transit,
- De soutage ;
- Et de ravitaillement...

#### c) Ports à haute spécialisation

Ce sont essentiellement des ports construits pour le chargement ou le déchargement de matières premières en vrac (minerais, engrais, céréales.).

---

<sup>17</sup> Ibid, Pp.10-13.

Ils sont pour la plupart d'entre eux des ports ou complexes portuaires privés, dotés d'équipements d'un produit déterminé.

## **2.2. Les activités du port**

La plupart des activités portuaires ont une nature économique et certaines peuvent revêtir un caractère d'intérêt général.

Les services portuaires sont qualifiés comme des services à valeur commerciale qui sont normalement fournis contre paiement, nous distinguons les activités suivantes<sup>18</sup> :

### **2.2.1 Les activités portuaires non économiques**

L'aménagement des quais et des bassins, l'entretien et la sécurité des ouvrages portuaire (ex.: les routes, les barrières), la signalisation maritime, la surveillance du trafic, ainsi que la police portuaire font partie du service public à caractère administratif.

### **2.2.2 Les activités portuaires économiques d'intérêt général**

Appartiennent à cette catégorie : les activités de gestion du port et d'aménagement des accès maritimes, les services d'assistance à la navigation comme le pilotage, le remorquage, le lamanage.

### **2.2.3 Les activités portuaires économiques**

En général les activités qui ne participent pas à une mission d'intérêt public comme la manutention.

## **2.3. La communauté portuaire 'services et acteurs'**

Comme dans la pratique on va considérer un port comme un organisme qui se constitue de différents services généralisés, et à chaque service s'attachent des acteurs avec différentes responsabilités et sont totalement liés à la réalisation des objectifs de satisfaction via des moyens et des équipements nécessaires<sup>19</sup>.

---

<sup>18</sup><https://www.etudier.com/dissertations/Les-Infrastructures-Et-Installations-Portuaires>

<sup>19</sup><https://www.etudier.com/dissertations/Les-Infrastructures-Et-Installations-Portuaires>

### **2.3. 1. Une communauté des services**

L'ensemble des prestations fournies au navire de transporter à l'intérieur la marchandise de l'enceinte portuaire (manutention, entreposage, douane, assurance etc.) Ainsi selon leurs contribution, on peut distinguer entre :

- Les services au navire ;
- Les services administratifs ;
- Les services à la marchandise ;
- Les services de manutention ;
- Les services de transport terrestre.

#### **2.3.1.1. Les services aux navires**

Ce sont les entreprises qui interviennent pour assister le navire lors de son escale par exemple :

- Les pilotes ;
- Les remorqueurs ;
- Les lamaneurs ;
- Les consignataires ou agents maritimes qui représentent dans le port l'armateur ou l'affréteur du navire ;
- Les sociétés d'avitaillement et de soutage ;
- Les sociétés de réparation navale.
- Les sociétés de réparation, location, maintenances des conteneurs ;
- Les entreprises de récupération des déchets de navires ;
- Les services offerts à terre pour les marins.

#### **2.3.1.2. Les services administratifs**

Ils se composent à la fois de l'autorité portuaire qui a en charge la gestion des installations et des équipements portuaires et des autres administrations qui représentent l'autorité de l'Etat (Douane, Police aux frontières, Santé, assistance sociale, les services d'incendie et de sécurité etc.).

#### **2.3.1.3. Les services à la marchandise**

Ils regroupent l'ensemble des intermédiaires qui ont pour objectif d'assister, d'assurer la logistique (physique, informationnelle et financière) de la marchandise ; les transitaires ; les consignataires de la marchandise, les commissionnaires en douane, sociétés de groupage, de stockage, les sociétés de contrôle d'analyse d'échantillons, de surveillance-gardiennage.

#### **2.3.1.4. Les services de manutention**

C'est ce qu'on appelle le (stevedoring ou aconiers) qui désigne l'ensemble des opérations de chargement et de déchargement des navires marchands, dans les ports de commerce, l'opération de manutention s'effectue par des entreprises qui assurent l'interface entre l'eau et la terre, elle effectuent aussi des opérations de réception, reconnaissances et gardiennage des marchandises.

#### **2.3.1.5. Les services de transport terrestre**

Ce sont les entreprises de transport routier, ferroviaire, et fluvial qui assurent les prestations d'acheminement terrestre des marchandises on parle de pré acheminement et de post-acheminement.

### **2.3. 2. Une communauté d'acteurs**

L'organisme ou les organismes chargés de gérer les installations portuaires et les équipements publics du port, cet organisme est généralement appelé l'autorité portuaire. Ainsi les organismes chargés d'apporter des services aux navires, aux marchandises et aux passagers.

Ces organismes, qui sont souvent de droit privé, peuvent participer au service public portuaire à ce titre, ils sont souvent placés sous le contrôle de l'autorité portuaire, de la collectivité compétente sur le port ou de l'Etat.

On distingue généralement deux principaux types d'acteurs à savoir les acteurs publics et privés<sup>20</sup>.

#### **2.3.2.1. Les acteurs publics**

---

<sup>20</sup> TIGHILT.F, Op.cit, P.30.

- a) **L'autorité portuaire** : le gestionnaire du port exerce de nombreuses missions à savoir : la gestion des installations portuaires, prise en charge de l'accueil des navires, location de ses installations aux intervenants portuaires.

Il met au point et fait respecter les divers règlements de police et d'exploitation.

Il est prestataire de services pour les entreprises portuaires et assure la promotion des activités du port.

Il regroupe en un seul lieu de nombreux services, à savoir :

- Les douanes ;
- Les banques ;
- Les services vétérinaires et phytosanitaires ;
- Les contrôles qualité.

- b) **L'autorité administrative portuaire** : De multiples autres services administratifs sont également présents dans les ports, à savoir :

- Les services maritimes et les affaires maritimes ;
- Les douanes ;
- La police aux frontières ;
- Les services d'incendie et de sécurité.

### 2.3.2.2. Les acteurs privés

On a :

#### a) Les clients du port

On peut citer :

- **Les armateurs (côté mer)**: L'armateur est la personne qui équipe et exploite un navire. Il arme le navire, c'est-à-dire, qu'il le fournit en matériel, en ravitaillement... ; tout ce qui est nécessaire à l'exploitation et à l'expédition maritime dans un objectif commercial<sup>21</sup>.

---

<sup>21</sup> TIGHILT.F, op.cit, Pp.34-38.

Dans le cas d'un navire de commerce, il est l'une des parties dans la gestion des contrats de transport maritime. Le contrat est passé entre lui et le chargeur ou l'affréteur. Il peut être représenté dans le port de chargement et/ou de déchargement de la cargaison par son agent.

- **Les chargeurs (côté terre):** Ce sont les propriétaires et les expéditeurs de marchandises dans le cadre d'un transport international.

Le chargeur désigne le propriétaire de la cargaison d'un navire, ou d'une partie de cette cargaison ; il peut être l'importateur ou l'exportateur, selon la nature du contrat commerciale, en d'autre terme il s'agit de propriétaire et/ou d'expéditeur de marchandises dans le cadre d'un transport international.

- **Les professions aux services des navires :** Il s'agit des entreprises qui interviennent lors de l'escale des navires à savoir :
  - **Capitainerie :** C'est un acteur clés de l'autorité portuaire, elle est dirigée par un commandant de port qui a pour mission d'intégrer le navire dans le complexe portuaire à l'heure prévue en lui affectant les ressources nécessaires pour l'escale (quai, équipement,...) dans des conditions optimales.

Seul le commandant du port est autorisé de réfuter un navire en fonction des éléments réunis.

- **Les pilotes maritimes :** Qui ont pour rôle de guider les grands navires près des côtes et à l'approche des ports.

Le Pilote Maritime est chargé d'aider le Capitaine d'un navire lors de l'arrivée, du départ ou des mouvements de celui-ci dans les ports.

Il prend en charge le navire pour le guider vers les passes et définit la manœuvre d'accostage la plus adaptée, avec le soutien du remorquage, puis du lamanage<sup>22</sup>.

- **Les remorqueurs :** Les remorqueurs sont des bateaux petits, très puissants et très manœuvrant qui servent à guider, tirer, pousser les bateaux plus gros qui entrent et sortent des ports et à les amarrer à quai.

---

<sup>22</sup> TIGHILT.F, op.cit, Pp.39-40.

Il existe aussi des bâtiments plus gros utilisés pour le remorquage des plates-formes pétrolières capables de supporter le très gros temps.

- **Les lamaneurs** : Ils désignent des opérateurs d'assistance à l'amarrage, au désamarrage des navires lors de leur arrivée, départ ou également de leur mouvement (changement de poste à quai) à l'intérieur des ports. Les lamaneurs sont des marins spécialisés

### **Conclusion**

La chaîne logistique est composée d'un ensemble des acteurs, chacun est en forte interaction et en dépendance avec les autres alors que la gestion de la chaîne logistique est un savoir-faire d'application qui vise à coordonner, organiser et planifier entre ces différents acteurs.

### Section 3 : Les types de navires et les problèmes logistiques

Le responsable logistique est la colonne vertébrale de la filière transport : il coordonne le déstockage des colis et le transport des marchandises, s'assure de la qualité des transports et optimise les coûts. Cependant, une fois que les colis sont prêts à être expédiés et quittent leur zone de contrôle, les responsables logistiques doivent souvent faire face à des problèmes externes : vol, casse, etc.<sup>23</sup>

#### 3.1. Les types de navires

Il existe plusieurs sortes de navires, et pour cela plusieurs critères peuvent être utilisés pour classer les navires (taille, mode de propulsion, rayon d'action, marchandises transportés, mode de manutention), donc la classification la plus commode est celle de la spécialisation des navires, le chargement peut s'effectuer sur deux types de navires : les navires spécialisés et non spécialisés.

##### 3.1.1. Les navires spécialisés

Ces navires sont réservés au transport d'un type particulier de marchandises. Les caractéristiques des navires spécialisés sont l'exclusivité et la spécificité des marchandises à transporter, le tirant d'eau, ses dimensions portant sur la longueur, sa largeur et enfin sa nationalité. On peut citer<sup>24</sup>:

##### 3.1.1.1. Les vraquiers

Sont des navires réservés pour le transport d'un type particulier de marchandises en vrac, peuvent également embarquer des lots complets de marchandises diverses, ces navires ont de larges écoutilles et de vastes cales sans entreponts, les marchandises destinées à transporter des marchandises en vrac et se subdivisent en sous-groupe :

- Les minéraliers qui sont spécialisés dans le transport de minerais ;
- Les cimentiers spécialisés pour le transport des ciments,

---

<sup>23</sup><https://blog.raja.fr/probleme-logistique>; Guide sur les problèmes rencontrés dans la logistique (consulté le 08/05/2022).

<sup>24</sup> CHEVALIER.D. et DAUPHIN.F., Op.cit, P.142.

- Les céréaliers réservés au transport des céréales.

### 3.1.1.2 . Les navires polythermes

Il s'agit des navires adaptés au transport sous températures dirigées (reefers) et ils sont destinés au transport des denrées périssables. Mais ces types de navires sont de moins en moins utilisés à cause de l'usage de conteneurs frigorifique jugé simple.

### 3.1.1.3 . Les navires spéciaux

Il en existe de toute sorte : car-ferries ; navire spécialisés dans les transports de charges lourdes ou encombrantes, telles que les grumes de bois, voiture de tourisme, etc.

## 3.1.2. Les navires non spécialisés

Ils sont aptes au transport de marchandises divers, emballés et conditionnés (en sacs, cartons, caisses, mais aussi de plus en plus en conteneurs). Ces navires se distinguent en fonction de leur mode de manutention principal<sup>25</sup>, on a :

### 3.1.2.1 . Les cargos conventionnels

Les cargos conventionnels sont des navires qui disposent à bord de leur propre moyen de manutention, brique (support de poulies) grues... permettant de charger les marchandises dans les cales par des panneaux coulissants.

Il existe de nombreux types de cargos :

#### a) Les cargos polyvalents « classique »

Les cargos polyvalents classiques sont généralement composés de quatre à cinq grandes cales dotées chacune d'un ou deux entreponts. Ils disposent de moyens de manutention autonomes. Ils sont munis de grands panneaux de cales.

#### b) Les cargos polyvalents « compacts »

Les cargos polyvalents compacts se distinguent par la présence de grandes cales parallèles épandées, flanquées d'une double coque.

---

<sup>25</sup> MIANI.P. et VENTURELLI.N., Transport logistique, 9ème édition, Ed.Le Génie des Glaciers, France, 2011, P.99.

### **3.1.2.2 . Les portes conteneurs**

Les portes conteneurs sont des navires de grande capacité dont certains peuvent transporter jusqu'à 21 000 d'EVP. Ils contiennent leur propre moyen de manutention (navire grée ou matés) ce qui les permet de décharger les conteneurs dans les ports non-équipés de moyen de manutention<sup>26</sup>.

### **3.1.2.3 . Les rouliers Roll-on-Roll-off**

Les rouliers Roll-on-roll-off signifie rouler dedans, roulé dehors. Ils sont équipés d'une rampe arrière relevable qui prend appui sur la descente du port. La caractéristique principale de ces navires est de posséder une porte, généralement placé à l'arrière, à l'origine les rouliers ont été conçus pour le transport exclusif de véhicules ou de marchandises sur remorque, ils peuvent transporter pratiquement toutes sortes de marchandises.

### **3.1.2.4 . Les Ro-Ro+ conteneur**

La solution mixte RO-RO+ conteneur est une formule de plus en plus utilisée sur les navires moderne, elle combine l'intérêt du conteneur et la manutention par portique, avec celle du roulage pour les colis non conteneurisables et pour les ports non équipés. son avantage est la souplesse.

### **3.1.2.5 . Les portes barges**

Les portes barges sont des navires qui sont conçus pour pouvoir charger leur bord des barges (bateaux à fond plate) et péniches à l'aide de dispositifs d'ascenseurs ou de flottage. Ils sont spécialisés dans les transports fluviaux maritimes.

### **3.1.2.6 . Les navires tankers**

---

<sup>26</sup> MIANI.P. et VENTURELLI.N., Op.cit, P.100.

Les navires tankers sont des navires spécialisés pour le transport des hydrocarbures, ils sont munis des TANKS (grande réservoir) et ses lots d'hydrocarbures peuvent aller jusqu'à 500 mille tonnes, il s'agit principalement du pétrole brut et de produits raffinés (essence, gasoil).

### 3.1.2.7 . Les navires gaziers

Les navires gaziers sont spécialisés pour le transport de gaz (butane et méthane) et ils constituent de summum du savoir-faire maritime. Les gaz sont transportés sous forme liquéfié à très basse température et ses normes de sécurité sont strictes.

## 3.2. Les problèmes logistiques

Le problème plus généraliste dans la logistique, est la facilité avec laquelle un événement inattendu peut entraîner des retards, Ces événements ne sont pas toujours prévisibles et doivent être contenus le plus rapidement possible. Un événement en particulier qui, souvent, entraîne des retards est les problèmes de synchronisation dans les processus et systèmes d'information d'une entreprise<sup>27</sup>.

Un autre problème est que, souvent il y a des difficultés à partager des informations entre les entreprises. Cela est dû à la fois au fait que les entreprises apprécient leur confidentialité et la sécurité de leurs informations, ce qui signifie qu'ils ne voudront peut-être pas partager trop d'informations, ou qu'ils pourraient uniquement les partager via des canaux sécurisés, et par le manque de normes pour l'envoi d'informations et la communication.

Parmi les problèmes que les ports rencontrent, on peut citer <sup>28</sup>:

---

<sup>27</sup> MEDJAHEDI.A et LAASSIS.I., Mémoire de magister en génie industriel, Université de Tlemcen, 2021, P.14.

<sup>28</sup> <https://blog.raja.fr/probleme-logistique>; Guide sur les problèmes rencontrés dans la logistique (consulté le 08/05/2022).

### 3.2.1. Le manque d'espace de stockage

Si l'entrepôt où sont stockées les marchandises est trop petit pour accueillir toutes les fournitures d'emballage, l'espace de travail peut être optimisé pour améliorer la gestion des processus.

Réduire l'espace dédié aux emballages avec des produits peu encombrants. Au lieu de stocker des matériaux pendant 3 semaines, optez pour un stockage de 3 jours, mis à jour 2 fois par semaine, basé sur un nombre fixe de jours d'approvisionnement et ajusté selon les besoins.

Les entrepôts peuvent utiliser des solutions intelligentes :

- Station d'emballage compacte : elle comprend plusieurs étagères mobiles, un espace d'écran de travail et un espace de rangement supérieur.
- Poste de travail ergonomique : il peut être ajusté en largeur et en hauteur pour ajouter des bureaux et des accessoires. Par exemple, ses étagères, étagères et casiers de rangement permettent une excellente modularité et un gain de place.
- Le poste de travail ergonomique motorisé : il est adaptable en hauteur, par des moteurs qui surélèvent le plan de travail, pour une ergonomie optimale sur le poste de préparation de commandes.

### 3.2.2. Le coût de transport

Le coût du transport est l'une des problématiques essentielles de la logistique. Son métier consiste entre autres à optimiser les coûts. Et cela peut se soigner en :

- Réduisant le poids de l'emballage et du carton et du rembourrage. Entre cales en papier et coussins gonflables ;
- Utiliser des boîtes en carton de taille appropriée pour éviter les débordements de tampon ;

En réduisant le nombre de références à gérer, ces boîtes économisent de la matière de calage ainsi que l'espace lié au stockage ;

- Réduire la taille d'expédition des petits envois : les mettre dans une boîte aux lettres, utilisez une boîte spéciale BAL extra-plate pour éviter les frais d'expédition du prestataire logistique.

En définitive, c'est avant tout le bon carton à la bonne taille qui optimisera les coûts de transport.

### 3.2.3. La casse ou la détérioration

Pour éviter de perturber l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement, on peut utiliser :

- Étiquettes ou ruban « FRAGILE » pour éviter l'endommagement ;
- Utiliser une boîte solide ;
- Choisir une boîte de la bonne taille pour le produit et choisir le bon coussin de protection.

Pratique simple, désormais intégrée à la pratique logistique, sécurisant la livraison.

### 3.2.4. Le vol ou la perte

Pour éviter les vols, il faut protéger au maximum les colis<sup>29</sup> :

- Verrouillage de la boîte arrière.
- Le bon adhésif : Choisissez l'adhésif qui adhère le mieux au carton.

Il existe plusieurs types d'adhésifs, plus ou moins forts (ruban, adhésif de renforcement, etc.).

- Regroupement de colis : Difficile à ouvrir le carton, mais non adapté à un envoi via La Poste (le feuillard peut se coincer dans le système de convoyage) ;
- Un sac de sécurité opaque avec un adhésif qui, s'il est violé, affiche « VOID FRAUD », qui fonctionne pour certains articles ;
- Film étirable noir pour expédition de palettes.

Pour éviter les pertes et assurer la traçabilité des colis, il faut conserver les étiquettes en lieu sûr et s'assurer qu'elles sont lisibles. Les pertes ne sont parfois que temporaires, mais entraînent de nombreuses complications et des déplacements inutiles.

---

<sup>29</sup><http://www.logistiqueconseil.org/Articles/Transport-maritime/Port-intervenants.htm> (consulté le 28/03/2022).

### 3.2.5. Le passage de la douane

Le passage en douane est une étape compliquée pour le transporteur, car les colis sont rapidement bloqués ou refusés. Pour éviter cela, faut prendre en compte quelques précautions :

- Emballage standardisé dans certains pays ou régions du monde ;
- Emballage réglementaire pour les produits sensibles (par exemple, les piles doivent être expédiées dans un emballage spécial) ;
- Étiquette d'expédition transparente à l'étranger avec une adresse conforme aux normes en vigueur dans le pays de destination ;
- Palettes normalisées selon ISPM15 ;
- Dossier collant avec toutes les informations et certificats nécessaires au dédouanement.

### Conclusion

En choisissant le bon type de navire qui convient à la marchandise, et en prenant les mesures nécessaires pour éviter ces problèmes logistiques récurrents, on peut assurer une gestion optimale de la chaîne d'approvisionnement.

## Conclusion

L'objectif de ce chapitre est de clarifier les différents éléments de base de la logistique, puisque l'activité logistique permet de bien gérer les flux physiques, documentaires, informationnels et financiers pour une bonne exécution. Aussi la logistique confronte des problèmes auxquels elle défait dans sa gestion et qu'elle met en place des solutions pour la satisfaction des clients.

La chaîne d'approvisionnement s'efforce d'assurer la qualité du producteur et du distributeur, c'est-à-dire mentionner l'engagement du service logistique à ce qui apparaît dans son cahier des charges ; il donne un avantage concurrentiel, en concurrence avec ses concurrents pour améliorer le marché ainsi la qualité de service permet d'augmenter les ventes et de gagner des parts de marché.

Dans le chapitre qui suit, nous présenterons les différentes méthodes d'optimisation des problèmes portuaires et les concepts liés au terme optimisation.

# **Chapitre 02 : Les méthodes d'optimisation dans la logistique**

Dans ce chapitre, composé de 3 sections, il est question d'aborder les méthodes d'optimisation dans la logistique.

Dans une première section, basée sur le concept d'optimisation, nous définirons ce qu'est un problème d'optimisation, comment le définir, le classer, et enfin comment le résoudre. Dans la deuxième section, nous présenterons théoriquement les méthodes d'optimisation pour résoudre des problèmes logistiques, et dans la troisième section, nous donnerons un exemple de traitement de chacune des méthodes précédemment définies.

### **Section 01 : Le problème d'optimisation et ses enjeux**

La meilleure qualité des prestations logistiques passe par la satisfaction des utilisateurs du système proposé en intégrant les fonctions nécessaires à la bonne gestion de la chaîne logistique. En ce sens, le concept d'optimisation a retenu notre attention.

Nous allons représenter les éléments liés au concept d'optimisation.

#### **1.1. Le problème d'optimisation**

Selon SGHAIER, 2011 : « un problème d'optimisation concerne l'exécution de méthodes spécifiques en quête d'un optimum. Ce dernier peut être une valeur maximisant ou minimisant une fonction (f), dite fonction objectif ou fonction de coût ; elle est encore appelée critère d'optimisation». Il s'agit donc de trouver parmi l'ensemble des variables, l'élément optimisant ce critère<sup>30</sup>.

Le problème d'optimisation se définit comme la recherche de l'optimum (minimum ou maximum) d'une fonction donnée, mathématiquement dans le cas d'une minimisation. Un problème d'optimisation se présentera sous la forme suivante <sup>31</sup>:

---

<sup>30</sup>MENDIL.A. et KEDJAR.L., La logistique de distribution : optimisation des coûts de transport, cas de l'entreprise général emballage, Mémoire de master en management des organisations, Université de Bejaia, 2015/2016, P.29.

<sup>31</sup> MEDJAHEDI.I et HADJIM, Minimisation de temps de séjour des navires dans un port cas : EPB, Mémoire de master en mathématique appliquée, Université de Bejaia, 2015/2016, P.20.

Minimiser  $f(s)$  (fonction à optimiser)

$$(p) \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Avec } g(s) \text{ (M contrainte d'inégalités)} \\ \text{Et } g(s)=0 \text{ (P contrainte d'égalités) avec } S \in \mathbb{R}^N \end{array} \right.$$

En d'autres termes, résoudre un problème d'optimisation  $p(s)$  revient à déterminer une solution  $s^* \in S$  minimisant ou maximisant la fonction  $f$  avec  $S$  l'ensemble des solutions ou l'espace de recherche et  $f : S \rightarrow Y$  une application ou une fonction d'évaluation qui à chaque configuration  $s$  associe une valeur  $f(s) \in Y$ .

Il est possible de passer d'un problème de maximisation à un problème de minimisation grâce à la propriété suivante :

$$\text{Max } f(s) = -\text{Min } (-f(s)) \quad s \in S$$

Généralement, une solution  $s \in S$  est un vecteur d'un espace à  $N$  dimensions

Selon le cas, et qu'il s'agisse d'un problème mono variable ou multi variable, continu ou discret, etc., une méthode d'optimisation adéquate est choisie pour résoudre le problème posé. Entre méthodes exactes, méta-heuristiques, hybrides ou autres, chercheurs et praticiens ont à leurs dispositions un large panel de choix de méthodes d'optimisation qu'ils peuvent adopter. Toutes ne sont pas appropriées au problème d'optimisation auquel ils doivent faire face et un choix doit donc être fait. A défaut de quoi, l'optimisation et l'efficacité escomptées s'en trouveront entravées.

M. EJDAY (2011) définit le concept d'optimisation comme comprenant deux phases principales : la modélisation et la résolution du problème<sup>32</sup>.

La phase de modélisation est elle-même divisée en trois étapes :

- L'identification des paramètres sur lesquels l'utilisateur va agir pour faire évoluer le système, appelés variables de décisions, que nous pouvons désigner par un vecteur :  $\bar{v} \in \mathbb{R}^N$  ;

<sup>32</sup> KADDOUSSIA, Optimisation des flux logistiques : vers une gestion avancée de la situation de crise, Thèse de doctorat en génie informatique, Ecole centrale de Lille, 2012, Pp.49-50.

- La définition de la fonction coût ou fonction objectif qui va permettre d'évaluer l'état du système ;
- La modélisation des contraintes auxquelles sont soumises les variables de décision.

La deuxième phase de résolution consiste à rechercher la valeur optimisant la fonction coût en appliquant l'algorithme d'optimisation choisi à cet effet. Le problème d'optimisation consiste alors à déterminer les variables de décision conduisant aux meilleures conditions de fonctionnement du système.

Nous distinguons trois types différents d'optimums (minimums ou maximums) : un Minimum global, un Minimum local fort et un Minimum local faible  $\bar{v}^*$  :

- Le minimum global : Trouver le minimum global revient à trouver une solution dont l'optimalité s'étend sur tout l'espace de recherche considéré.
- Le minimum local fort : Le point  $\bar{v}^*$  s'appelle le minimum local fort de la fonction  $f$  quand il existe un voisinage :  $V(\bar{v}^*)$  tel que  $\bar{v} \in V(\bar{v}^*)$ .
- Le minimum local faible : Il reprend un peu la définition d'un minimum local fort avec cependant l'existence de points de l'espace ayant la même valeur de  $f$  que lui. Le point  $\bar{v}^*$  s'appelle le minimum local faible de la fonction  $f$  quand il existe un voisinage :  $V(\bar{v}^*)$  tel que  $\bar{v} \in V(\bar{v}^*)$ .

Indépendamment de l'approche, une bonne méthode d'optimisation doit considérer les points suivants :

- La robustesse : la méthode doit être applicable pour une large classe de problèmes, indépendamment des paramètres et des valeurs initiales ;
- L'efficacité : elle ne doit pas être relativement chère en temps CPU et en mémoire vive ;
- La précision : le résultat numérique doit bien approcher la vraie solution du problème de minimisation.

## 1.2. Classification des problèmes d'optimisation

La complexité d'un problème est donnée par rapport à la plus faible complexité de l'algorithme qui résout ce problème. Notons que cette approche est délicate puisqu'il peut exister plusieurs algorithmes, éventuellement de complexité différente, pour résoudre un

même problème. Nous donnons ici un aperçu général des grandes classes de complexité qui concernent les problèmes de décision<sup>33</sup>.

- La classe P : Un problème P est dit polynomial (ou polynomial-temps), s'il existe un algorithme de complexité polynomiale qui résout P. L'ensemble des problèmes polynomiaux forme la classe P.
- La classe P-Espace : Un problème P est dit polynomial-espace, s'il existe un algorithme qui résout P en espace polynomial par rapport à la taille de ses données.
- La classe NP : Un problème P est dans NP si pour toute instance de ce problème on peut vérifier que l'instance est solution du problème en un temps polynomial. Cette catégorie est fondamentale car elle contient la plupart des problèmes d'optimisation combinatoire. Remarquons que, pour n'importe quelle instance d'un problème polynomial, il est toujours possible de vérifier en temps polynomial si elle est solution de ce problème, donc  $P \subseteq NP$ .
- Les problèmes NP-complet : Une notion essentielle pour définir ce qu'est un problème NP-complet est celle de la dominance : Un problème P domine un problème P' (ou encore P' est réductible polynomialement en P si :
  - On peut transformer toute instance I de P en une instance I' de P' grâce à un algorithme polynomial ;
  - I est solution de P si et seulement si I' est solution de P'.

Il découle de cette définition qu'un problème NP-complet est un problème de la classe NP qui domine tous les autres. La notion de NP-complétude est donc associée à une notion de dominance et non, comme il est parfois dit abusivement, à une notion d'exponentialité (Toussaint, 2010). Afin de résoudre ces problèmes, on utilise différents types d'algorithmes.

Nous pouvons en citer :

- Les algorithmes approchés (appelés heuristiques), qui permettent de trouver des solutions approchées dans des temps de calcul raisonnables, mais sans avoir d'indication sur la qualité de la solution trouvée ;
- Les algorithmes d'approximation avec garantie, qui permettent de trouver des solutions approchées et garantissent une qualité de la solution fournie (sous forme d'écart maximal par rapport à la solution optimale) pour toutes les instances du problème ;

---

<sup>33</sup> KADDOUSSIA, op.cit, P.52.

- Les algorithmes exacts, comme l'exploration arborescente ou la programmation linéaire qui, couplés avec des mécanismes de filtrage, peuvent s'avérer très performants. Ces méthodes fournissent des solutions exactes mais le temps de calcul n'est pas borné polynomialement. C'est pourquoi, elles sont souvent réservées à des instances de taille modérée.

### 1.3. Comment optimiser la chaîne logistique ?

Pour optimiser la logistique et atténuer les pertes, la mesure la plus efficace est la mise en place du processus de gestion ; et cela par les étapes suivantes<sup>34</sup> :

- **Formaliser sa stratégie logistique** : La gestion de la chaîne d'approvisionnement devrait écrire la stratégie à suivre pour atteindre des objectifs. Pour cela, chaque membre de l'équipe doit garder ces objectifs à l'esprit. Il faut donc le formaliser, mais aussi expliquer comment y parvenir.
- **Assigner cette fonction à un(e) responsable chaîne logistique pour l'optimiser** : 2 entreprises sur 5 ont connu au moins une perturbation logistique au cours de l'année écoulée. Cependant, le même pourcentage n'a pas l'intention de recruter pour la gestion de la chaîne logistique. C'est un non-sens quand on sait que certains apprentissages en font leur spécialité. D'autant plus qu'une chaîne logistique améliorée a un impact positif sur la trésorerie.
- **Maîtriser les processus logistiques pour les coordonner** : L'optimisation de la logistique nécessite une compréhension avancée des processus de la chaîne d'approvisionnement afin de les ajuster. Cela crée une norme de qualité dans le processus. Le processus que le manager et ses équipes maîtrisent parfaitement permet également de profiter de l'agilité, et ainsi de mieux gérer les urgences.
- **Prévenir les risques** : Si le maintien de la qualité passe par la standardisation, cela n'exclut pas le risque : une erreur qui aura des répercussions pour le client, ou les difficultés qui suivent une erreur commise par votre fournisseur. Des situations qui peuvent être évitées grâce à une bonne prévention, un meilleur contrôle logistique et une relation de confiance avec les autres membres de la chaîne logistique.
- **Penser sa logistique du premier fournisseur au client final** : C'est le but de la gestion de la chaîne logistique : faciliter la tâche de chaque maillon de la chaîne, afin

---

<sup>34</sup><https://www.isatech.fr/optimisation-logistique> (consulté le 18/05/2022).

que leur travail soit facilité par lui-même. Optimiser les flux logistiques d'une entreprise à son échelle est clé, mais les perspectives sont plus intéressantes à l'échelle de la logistique globale.

- **Intégrer les différents outils de gestion à un système d'information commun :** l'objectif numérique est de connecter les outils de toutes les fonctions de l'entreprise. La connexion de SCM à logiciel ERP rend le transfert de données plus transparent. La collaboration des systèmes assure ainsi une optimisation logistique, tant en réponse aux commandes. Par exemple, il est possible de connaître en temps réel l'avancement des processus de production et de livraison, d'ajuster leurs procédures et d'améliorer vos performances.
- **Faire confiance à ses données :** Cette dernière étape est le lien vers l'étape précédente. Entrer dans ce mode de gestion de la chaîne logistique, c'est faire de la place aux données pour vous aider à diriger. Le nouveau vecteur d'amélioration de la logistique s'appuie sur la puissance des données pour gagner en profondeur. L'optimisation de la logistique, réalisée grâce à la seule expérience des managers, ne suffit plus dans la plupart des entreprises.

Par conséquent, une bonne gestion logistique peut permettre une meilleure utilisation des ressources. Qu'il s'agisse de temps, d'argent, de ressources humaines ou techniques, il peut être optimisé par une coordination maximale. Sa gestion numérique permet également d'intégrer les données collectées et de les exploiter à tous les niveaux de l'entreprise.

#### 1.4. Les enjeux de l'optimisation

Il s'agit d'optimiser tous les composants du processus logistique qui permettent à une entreprise de gérer efficacement le cycle qui conduit de la conception à la commande et à la livraison<sup>35</sup>. De ce fait, Les enjeux d'optimisation peuvent être résumés dans les points suivants <sup>36</sup>:

- Optimiser les coûts logistique et globaux (sans pour autant dégrader les délais) ;
- Optimiser la configuration logistique (pour gagner sur les coûts de transports et de stockage) ;

---

<sup>35</sup>MENDIL.A et KEDJAR.L, La logistique de distribution : optimisation des coûts de transport, cas de l'entreprise général emballage, Mémoire master en management des organisations, Université de Bejaia, 2015/2016, P29.

<sup>36</sup><http://www.cat-logistique.com/optimisation.html> (consulté le 20/05/2022).

- Optimiser les coûts de distribution (des usines vers entrepôts, des usines vers clients, d'entrepôts vers clients) ;
- Optimiser les processus et organisations qui contribuent à livrer les produits à la date promise ; Optimiser les délais de fabrication et de distribution des produits ;
- Optimiser le coût, le délai, la qualité.

### **Conclusion**

L'introduction d'optimisations a pour but d'améliorer les services fournis, quel que soit le domaine auquel elles s'appliquent. Toute entreprise, quel que soit son domaine d'activité, est confronté au problème de la gestion quotidienne.

## Section 02 : Les méthodes d'optimisation utilisées dans la logistique

Dans le domaine de la gestion de la logistique, nous cherchons toujours à maximiser les profits et à minimiser les pénalités causées par les retards. Ces objectifs à atteindre font partie du problème d'optimisation. Plusieurs méthodes sont développées afin d'aider à atteindre l'optimalité relativement aux décisions que les logisticiens doivent prendre.

Nous allons représenter dans cette section les différentes méthodes d'optimisation ainsi que leurs définitions, domaine d'utilisation et leur formulation.

### 2.1. Le programme linéaire

La programmation linéaire détermine l'utilisation optimale d'une ressource pour maximiser ou minimiser un coût. Elle repose sur une technique mathématique qui peut se décliner suivant trois méthodes<sup>37</sup>:

- Une résolution graphique ;
- Une résolution algébrique ;
- L'utilisation de l'algorithme du simplexe ;
- Il existe une quatrième méthode, la « méthode des sommets », elle aussi algébrique, qui est basée sur la résolution des systèmes linéaires de Cramer. Toutefois, elle n'est pas toujours exploitable car le nombre d'équations à traiter est souvent trop important.

L'emploi d'une solution graphique est limitative et ne peut gérer que deux ou trois variables.

Le simplexe est là pour simplifier la méthode algébrique pour laquelle les calculs deviennent rapidement complexes.

Pour résoudre un problème de programmation linéaire, on passe par trois étapes :

- L'identification qui décrypte et identifie les données du problème ;
- La formalisation qui consiste à modéliser l'ensemble de l'énoncé sous forme d'équations ou d'inéquations linéaires afin de définir et de mettre en forme les différentes contraintes ;
- La résolution qui recherche l'optimum afin d'apporter la solution finale.

---

<sup>37</sup> REVEILLAC.J., Outil d'optimisation pour la logistique théorie et pratique, Ed.ISTE Editions LTD, London, 2015, Pp.223-224.

### 2.1.1. Formulation d'un programme linéaire

Avant de commencer nous allons rappeler la formulation générale. Soient trois variables  $c$ ,  $b$  et  $A$  :

$$c \in R^n, b \in R^m, A \in R^{n \times m}$$

$$\text{Max } \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad \text{avec} \quad \max_{x \in R} n c^t x$$

Sous contraintes :

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, i=1, \dots, m \quad \text{avec} \quad Ax \leq b \text{ et } x \geq 0$$

$$x_j \geq 0, j=1, \dots, m$$

Pour une maximisation, toutes les inégalités ont le sens  $\leq$  est pour les minimisations.

Chaque contrainte possède une partie constante qui se trouve du côté droit de l'inéquation.

Quand toutes ces conditions sont réunies, on dit que le programme linéaire est mis en forme standard.

### 2.1.2. Méthode de résolution graphique

Dans cette méthode, on va, dans le premier temps, délimiter un domaine par des intersections de demi-plans qui représentent les inéquations des contraintes. Puis, dans un second temps, on va s'intéresser à l'étude des bords de ce domaine pour déterminer les points donnant l'optimum de la fonction.

### 2.1.3. Méthode du simplexe

L'algorithme du simplexe est dû à George Dantzig en 1947. C'est une méthode généraliste de résolution des problèmes de programmation linéaire<sup>38</sup>.

Avec cette technique on approche la solution optimale par phases successives. A chaque phase on calcule la valeur économique d'une solution. Le nombre de solutions admissibles étant infini, le simplexe en explore qu'un nombre limité dans lequel est présenté l'optimale.

---

<sup>38</sup> REVEILLAC.J., op.cit, P.233.

### 2.1.4. Dualité

Par défaut, quand on considère un programme linéaire, il est dit problème primal. Celui-ci est toujours associé à un autre programme linéaire nommé problème dual<sup>39</sup>.

On peut dire, par abus de langage, que ces programmes sont symétriques.

## 2.2. La méthode des graphes

### 2.2. 1. Notion de graphe

#### - Graphe orienté et/ou non orienté

Un graphe est un ensemble fini de sommets reliés par des arêtes. Ces arêtes peuvent être orientées ou non. De plus, une valeur peut être associée à chaque arête ou aux sommets<sup>40</sup>.

**a)** Un graphe orienté  $G = (S, A)$  est la donnée :

- D'un ensemble  $S$  dont les éléments sont des sommets ;
- D'un ensemble  $A \subset S \times S$  dont les éléments sont les arcs.

Un arc  $a = (s, s')$  est aussi noté  $s \rightarrow s'$ ,  $s$  est l'origine de  $a$  et  $s'$  l'extrémité. On dit aussi que  $s'$  est successeur de  $s$  et  $s$  le prédécesseur de  $s'$ .

Il se peut qu'il y ait plusieurs arcs entre deux mêmes sommets. On parle alors de graphe orienté multi-arcs.

**b)** Un graphe non orienté  $G = (S, A)$  est la donnée :

- D'un ensemble  $S$  dont les éléments sont des sommets ;
- D'un ensemble  $A \subset S \times S$  dont les éléments sont arêtes du graphe.

Les ou les sommets d'une arête sont appelé extrémités de arête. Les multi-arêtes n'ayant qu'une seule extrémité sont des boucles.

On peut de la même façon définir un graphe non orienté multi-arêtes. Formellement,  $G = (S, A, \alpha)$  est la donnée :

- D'un ensemble  $S$  dont les éléments sont des sommets ;
- D'un ensemble  $A$  dont les éléments sont des arêtes ;
- D'une fonction  $\alpha$  de  $A$  dans les parties à un ou deux éléments de  $S$ .

<sup>39</sup> REVEILLAC.J., op.cit, P.240.

<sup>40</sup> QARAAI.Y., Méthodes d'optimisation, 1<sup>er</sup> édition, Ed. Editions universitaires européennes, Mauritius, 2020, P.5.

Construction de graphe à partir d'un autre

Soit  $G = (S, A)$  un graphe (orienté ou non) :

- Un sous-graphe de  $G$  est un graphe  $G' = (S', A')$  tel que  $S' \subset S$  et  $A' \subset A$ .
- Un sous-graphe  $G' = (S', A')$  d'un graphe  $G = (S, A)$  est un *sous-graphe induit* si  $A'$  est formé de tous les arcs (ou arêtes) de  $G$  ayant leurs extrémités dans  $S'$  (c'est-à-dire  $\forall s, s' \in S', (s, s') \in A'$  si et seulement si  $(s, s') \in A$ ).
- Un sous-graphe  $G' = (S', A')$  d'un graphe  $G = (S, A)$  est couvrant s'il contient tous les sommets de  $G$  (c'est-à-dire  $S' = S$ ).

### 2.2.2. Mode de représentation d'un graphe

Compte tenu de l'essor des graphes en informatique, il est naturel de s'intéresser aux différentes manières de les représenter. Différents mode de représentation peuvent être envisagés suivant la nature des traitements que l'on souhaite appliquer aux graphes considérés<sup>41</sup>.

- **Représentation sagittale** : C'est la représentation sous forme d'un dessin, un même graphe peut avoir des représentations sagittales en apparence très différentes.
- **Liste d'adjacence** : Un graphe peut être représenté à l'aide d'un dictionnaire : il s'agit d'une table à simple entrée au chaque ligne correspond à un sommet et emporte la liste des successeurs (ou des prédécesseurs) de ce sommet.

En pratique pour stocker un graphe orienté  $G = (S, A)$ , on ordonne les sommets  $s_1, \dots, s_n$  et le graphe  $G$  est représenté par deux listes dites d'adjacence (LS, TS) définies par :

- LS : liste de longueur  $|A|$  appelée liste des successeurs, elle contient les successeurs du sommet  $s_1$ , puis ceux de  $s_2$  jusqu'à ceux de  $s_n$ , si un sommet n'a pas de successeur, on passe au sommet suivant.
- TS : liste de longueur  $|S| + 1$  appelée liste des têtes successeurs qui indiquent la position du premier successeur de chaque sommet dans LS.

---

<sup>41</sup> QARAAI.Y., op.cit, P.9.

### 2.3. La méthode d'ordonnement avec PERT et MPM

Les méthodes d'ordonnement ont pour but la programmation d'un ensemble de tâches ou activités afin d'atteindre la réalisation d'un ou plusieurs objectifs finaux décrits au sein d'un cahier des charges attaché à un projet<sup>42</sup>.

La mise en place d'un système, d'une nouvelle organisation, d'un atelier, d'une chaîne de montage, d'une chaîne de fabrication, la construction d'un bâtiment, la maintenance d'un système, la création d'un prototype, la mise en place d'une campagne promotionnelle ou publicitaire sont autant d'exemples de projets qui pourront faire appel aux méthodes d'ordonnements.

La représentation de l'ordonnement d'un projet se fait à l'aide d'un graphe qui peut revêtir plusieurs formes selon la méthode retenue. Il existe deux méthodes très largement utilisées, la méthode PERT-CPM (*Program Evaluation and Review Technique ou Program Evaluation Research Task - Critical Path Method*) et la méthode MPM (Méthode des Potentiels Métra).

#### 2.3.1. Ordonnement avec PERT

##### - Formalisation du graphe

La méthode PERT utilise trois types de symboles<sup>43</sup> :

- Le sommet (ou nœud) qui marque des étapes ;
- L'arc (flèche) en trait continu qui représente la tâche ou l'activité ;
- L'arc (flèche) en trait pointillé qui représente la tâche ou l'activité fictive.

Une tâche est un vecteur encadré par des sommets qui marquent son début et sa fin. La longueur du vecteur est variable et ne dépend pas de la durée de la tâche. L'arc symbolisant la tâche est associé à une ou plusieurs lettres qui codifient la tâche. Ce code possède une valeur souvent indiquée qui représente la durée de la tâche suivant une unité (seconde, minute, heure, jour, semaine, etc.)

---

<sup>42</sup> REVEILLAC.J., op.cit, P.97.

<sup>43</sup> REVEILLAC.J., op.cit, P.102.

Les sommets sont numérotés successivement à partir de 1 du début vers la fin. Le numéro du sommet (étape) qui marque la fin d'une tâche doit toujours être supérieur au numéro de son sommet de début.

Dans un graphe PERT, le temps s'écoule de la gauche vers la droite du graphique, une étape de fin est toujours plus à droite qu'une étape de début.

Dans un graphe PERT, il existe deux types de tâches particulières :

- Une tâche dite de « début », débutant le graphe, à son extrémité gauche, qui doit par définition précéder toutes les autres tâches ;
- Une tâche dite de « fin », terminant le graphe, à son extrémité droite, qui doit s'exécuter après toutes les autres tâches.

Il existe plusieurs possibilités d'assemblage de tâches, ce qui crée des règles de dépendance :

- Tâches séquentielles ou successives : une tâche ne peut pas commencer sans que l'autre soit terminée. Il y a une tâche successeur et une tâche prédécesseur ;
- Tâches simultanées ou parallèles : deux ou plusieurs tâches commencent au même instant. Elles ont des déroulements qui se chevauchent ;
- Tâches convergentes : deux ou plusieurs tâches se rejoignent vers une étape commune ;
- Tâches divergentes : deux ou plusieurs tâches commencent en même temps à la suite d'une même étape.

### 2.3. 2. Ordonnement avec MPM

La méthode MPM (méthode de potentiel métra), repose sur un graphe dans lequel chacun des sommets est une tâche et chacun des arcs une contraintes de succession.

Elle utilise deux symboles <sup>44</sup>:

- Le sommet qui peut être représenté sous des formes différentes : rectangle, carré ou cercle. Il est découpé en plusieurs parties auxquelles on peut affecter le nom de la tâche, sa durée et ses dates au plus tôt et au plus tard, voire même la marge

---

<sup>44</sup> REVEILLAC.J., op.cit, P.126.

libre et la marge totale. Lorsque la durée n'est pas présente au sein du sommet, elle est placée sur le ou les arcs qui le suivent ;

- L'arc, qui est une simple flèche, possède une valeur spécifiant une durée, dans le cas où celle-ci n'est pas définie au sein du sommet.

Pour tracer un graphe MPM, on commence par placer une tâche initiale de durée 0 que l'on appelle « début » et qui correspond au début du projet (ou au début du sous projet, si le graphe à traiter est issu du découpage d'un projet plus important).

Il existe toujours une tâche, nommée « Fin », obligatoire, qui clôture le projet.

Dans un graphe MPM, le temps s'écoule de la gauche vers la droite du graphe, la tâche finale est toujours plus à droite que la tâche de début.

A partir de cette tâche « début », on va relier les tâches entre elles par des arcs en respectant les contraintes d'antériorité.

#### - **Les règles de construction**

Il existe plusieurs possibilités d'assemblage de tâches ce qui crée des règles de dépendances :

- Tâches séquentielles ou successives : une tâche ne peut pas commencer sans que l'autre soit terminée. Il y a une tâche successeur et une tâche prédécesseur ;
- Tâches simultanées ou parallèles : deux ou plusieurs tâches commencent au même instant ;
- Tâches convergentes : deux ou plusieurs tâches se rejoignent vers une même tâche.

Pour créer un graphe, il faut essayer de respecter certaines règles lors de sa construction afin qu'il reste clair et compréhensible :

- Placer les tâches de gauche à droite afin de constituer des colonnes qui formeront différents niveaux utiles pour la lecture du graphe ;
- Ne pas croiser les arcs si c'est possible ;
- Tracer des arcs sous forme de ligne droite ;
- Eviter d'avoir des arcs trop longs ;
- Tracer des arcs dont les angles les uns par rapport aux autres soient les plus grands possible.

## 2.4. La programmation dynamique

La programmation dynamique, développée par R. Bellman dans les années 50, est une méthode très générale qui s'applique aux problèmes de décision dans le temps (comme en commande optimale, sauf que la variable de temps est parfois déguisée). Il s'agit pour chaque problème d'identifier une bonne notion d'état. A chaque état on associe une valeur optimale partant de cet état, et l'équation de programmation dynamique relie la valeur d'un état à un instant donné à celles des états auxquels on peut accéder à l'instant suivant. (La programmation dynamique est précisément à l'optimisation ce que le point de vue Markovien est à la théorie des probabilités).<sup>45</sup>

La programmation dynamique est une approche d'optimisation qui transforme un problème complexe en une séquence de problèmes plus simples, sa caractéristique essentielle est la nature à plusieurs stades de la procédure d'optimisation. En plus des techniques d'optimisation décrites précédemment, la programmation dynamique fournit un cadre général pour analyser de nombreux types de problèmes. Dans ce cadre, une variété de techniques d'optimisation peut être utilisée pour résoudre des aspects particuliers d'une formulation plus générale<sup>46</sup>.

Habituellement, la créativité est nécessaire avant de pouvoir reconnaître qu'un problème particulier peut être efficacement lancé en tant que programme dynamique, et souvent des idées subtiles sont nécessaires pour restructurer la formulation afin qu'elle puisse être résolue efficacement.

La programmation dynamique est connue pour résoudre les problèmes les plus répandus comme le problème de sac à dos, la tour de Hanoi, le chemin le plus court par Dijkstra.

La programmation dynamique peut être utilisée à la fois de haut en bas et de bas en haut. Et bien sûr, la plupart du temps, en se référant à la sortie de la solution précédente, il est moins coûteux que de recalculer en termes de cycles CPU.

---

<sup>45</sup> ALLAIRE.G., Analyse numérique et optimisation, 1<sup>er</sup> édition, Ed. Editions Ecole Polytechnique, France, 2005, P.376.

<sup>46</sup> BRAHIMI.Y. et MAHMOUDI.K., Amélioration des performances d'un RRC en utilisant la parallélisation de la programmation dynamique, Mémoire de master en informatique, Université de Tlemcen, 2016/2017, P.20.

### Conclusion

Les techniques présentées et leurs domaines d'utilisation sont multiples et facile à l'application. Un ingénieur, un technicien, un logicien, un développeur, un informaticien... et même un étudiant, trouvèrent des applications pratiques insoupçonnées à appliquer.

### Section 03 : Exemples de traitement des méthodes d'optimisation

Dans cette section, nous allons nous concentrer sur quelques exemples de problèmes logistiques qui ont été résolus par divers logiciels tels que des tableurs, traitant des méthodes d'optimisation que nous avons introduites dans la deuxième section de ce chapitre.

#### 3.1. Problème de stocks

Les stocks peuvent être de nature variée, aussi bien en ce qui concerne l'élément stocké (matières premières, liquidités, produits finis, etc.) que la place qu'il ont dans le système étudié : ils peuvent être en amont du processus de production proprement dit (matières premières ou pièces de rechange pour les machines, par exemple ; alors les sorties des stocks sont régies par des commandes internes au système) ou encore en aval (stock de produits finis : alors, les sorties de stocks sont régies par la demande extérieure à l'organisme)<sup>47</sup>.

D'une façon générale, un stock est caractérisé par les éléments suivants :

- un ou plusieurs produits,
- une demande qui peut être déterministe, mais qui, le plus souvent est aléatoire,
- des délais de livraison : délai qui sépare l'instant où une demande arrive au point de stockage et l'instant où les pièces correspondantes sortent effectivement du stock.
- Des délais de réapprovisionnement : lorsqu'on veut augmenter le stock, l'approvisionnement commandé est rarement instantané ; les délais correspondant est le plus souvent aléatoire ;
- Des coûts de stockage : ces coûts (surveillance, locaux, capital immobilisé, etc.) croissent avec la quantité de matières stockées et le temps pendant lequel il y a stockage ;
- Des coûts des réapprovisionnements ou coûts de lancement : ils contiennent (ou peuvent contenir, car on peut les exclure la plupart du temps) les dépenses d'achats, mais, et c'est le fait important, des dépenses de lancement de commandes, qui croissent d'avantage en fonction du nombre de commandes effectuées qu'en fonction de la quantité totale approvisionnées sur une certaine période de temps ;

---

<sup>47</sup> MOISDON.J. et NAKHLA.M., Recherche opérationnelle méthodes d'optimisation en gestion, 1<sup>er</sup> édition, Ed.MINES ParisTech, France, 2010, P.327.

- Des coûts de rupture de stock, qui doivent être imputés lorsque l'organisme ne peut faire face à une demande. Ces coûts comprennent des coûts de réapprovisionnement «en catastrophe» mais également des coûts dus à des pertes de production ou clientèle.
- **Formule de WILSON**

Le modèle de Wilson est caractérisé par les éléments suivants :

- Un seul produit ;
- Demande déterministe, constante dans le temps, mesurée par un flux  $d$  (quantité du produit stocké demandée par unité de temps) ;
- Délais de réapprovisionnement connus (non aléatoires) ;
- Coûts de lancement  $C_l$  par commande indépendante de la quantité commande ;
- Coûts de stockage proportionnel au temps et à la quantité stockée, c'est –à-dire que l'on se donne  $C_s$  : coûts de stockage par unité stockée et par unité de temps ;
- Rupture de stock interdite.

Aujourd'hui, les responsables logistiques font face à un dilemme récurrent qui consiste à devoir arbitrer entre :

- La prise de commandes en quantités importantes qui grèvent leurs coûts de stockage (et qui impacte directement la gestion des stocks) ;
- Optimiser ces coûts de stockage en plaçant des commandes moins fréquentes<sup>48</sup>.

La formule de Wilson ou « modèle » de Wilson est une méthode de calcul couramment utilisée pour optimiser les coûts du département logistique et la gestion des stocks. Le but : aider à trouver une meilleure gestion économique de stocks, tout en diminuant son coût total.

Cette méthode de calcul est un modèle efficace pour utiliser au mieux la capacité de stockage. Elle permet également de limiter le coût total des commandes de l'entreprise.

La formule de Wilson ou « quantité économique de commande » (QEC), a été créée en 1934 pour déterminer la période optimale de réapprovisionnement d'une unité de production, et optimiser la gestion des stocks<sup>49</sup>.

La logique dont s'inspire la méthode de Wilson est simple. L'équilibre idéal pour un responsable logistique consiste à passer commande de manière à réduire au maximum le coût

<sup>48</sup><https://www.supplychaininfo.eu/formule-de-wilson> (consulté le 10/07/2022).

<sup>49</sup> Idem.

de possession des stocks, le coût de pénurie et celui du passage d'une commande. L'enjeu est double :

- Minimiser le coût total de stock en optimisant la gestion de celui-ci ;
- Mettre en place une gestion plus économique de l'entreprise.

Appliquer la formule ou le modèle de Wilson ne présente aucune difficulté mathématique. Seuls 3 paramètres doivent être pris en compte pour y parvenir et aider à gérer le stock au mieux :

- La demande en quantité sur la période (D) ;
- Le coût total d'une commande incluant le transport et la réception de la marchandise (CC) ;
- Le coût unitaire de possession du stock (CS).

La formule de Wilson ne convient pas à tous les modèles de production. D'une part, le modèle considère que tous les éléments entrant dans le calcul total du coût de la quantité optimale de commande sont stables et linéaires. Or, nombreux sont les marchés de plus en plus volatiles. Aussi, ce modèle ne tient pas compte des éventuels aléas et coûts supplémentaires pouvant survenir de la part des fournisseurs.

### 3.2. Problème de transport

Le transport désigne le déplacement ou la circulation d'objets, de marchandises, ou d'individus d'un endroit à un autre. Les modes de transport incluent l'aviation, le chemin de fer, le transport routier, le transport maritime, le transport par câble, l'acheminement de données, etc.<sup>50</sup>

Le transport maritime consiste à acheminer des marchandises ou des biens par mer. C'est le mode de transport le plus important pour le déplacement de marchandises. Il réduit le coût de la manutention et des assurances, Il reste le mode le moins coûteux et mieux adapté pour les transports de produits lourds et volumineux genre céréales, hydrocarbures, fruits etc.<sup>51</sup>

---

<sup>50</sup> QARAAI.Y., op.cit, P.83.

<sup>51</sup> BELLOTTI.J., Le transport international de marchandise, 5<sup>e</sup> édition, Ed.Vuibert, Paris, 2002, P.242.

Le marché est aujourd'hui mondial et toute entreprise se doit être compétitive sur le marché international. « Le transport maritime est partie prenante de cette compétitivité, puisque le prix du produit rendu sur le marché de consommation comprend le prix de transport du lieu de production au lieu de consommation »<sup>52</sup>.

Le problème du transport maritime est qu'il est irrégulier, lent et chronophage : la vitesse de navigation dépendait beaucoup de la force du vent, les routes maritimes n'étaient pas optimisées (on était autrefois obligé de faire d'énormes détours, notamment pour passer de l'océan Atlantique à l'océan Pacifique)<sup>53</sup>.

En plus d'être long il est dangereux, et il ne dessert que les zones maritimes ou les grands fleuves. Les marchandises font face à des risques de transport pendant longtemps. Les frais d'emballage et d'assurance sont chers, et le coût indirect est élevé<sup>54</sup>.

Les problèmes du transport sont généralement résolus par la programmation linéaire avec différentes méthodes : les contraintes du programme linéaire, la matrice... La lenteur et la dangerosité de ce mode de transport ont été pendant longtemps extrêmement coûteuses. Mais des solutions ont été par la suite inventées pour remédier à ce problème, à savoir <sup>55</sup> :

- La création des canaux : l'invention des canaux développés de 1880 à 1914 permet de gagner un temps considérable. Les canaux sont des voies navigables construites par l'homme pour servir de raccourci aux navires.
- L'utilisation de la machine à vapeur pour les bateaux : la machine à vapeur produit un travail mécanique en utilisant la vapeur d'eau chauffée qui est envoyée sous pression à l'extrémité d'un cylindre où elle pousse un piston. Ce dernier entraîne alors un mécanisme type volant.

La machine à vapeur permet donc de réduire les coûts et les temps de trajet sont réduits. Celle-ci a également permis l'essor du transport ferroviaire : les trains reliant des ports comme Dunkerque avec de grandes villes comme Paris.

- L'invention des conteneurs : le temps de déchargement d'une cargaison était extrêmement long car celle-ci était mise en vrac et son déchargement pouvait durer jusqu'à une semaine. Comme elle nécessite beaucoup de main d'œuvre pour pouvoir

---

<sup>52</sup><https://www.techniques-ingenieur.fr> (consulté le 10/07/2022).

<sup>53</sup>BOUCHERBA.Y et SAIDI.S, La logistique de transport maritime : cas de l'entreprise portuaire de Bejaia et l'agence maritime ICTC, Mémoire de master en finance et commerce international, Université de Bejaia, 2015/2016, P.31.

<sup>54</sup>LEGRAND.G. et MARTINI.L., Management des opérations de commerce international, Ed.DUNOD, 6ème édition, Paris, 2003, P.p.11-12.

<sup>55</sup>BOUCHERBA.Y et SAIDI.S., op.cit, P.31.

tout décharger. Actuellement des nouvelles méthodes ont été inventées permettant un temps de déchargement rapide notamment le « Roll-on Roll off » permettant de décharger grâce à une ou plusieurs rampes d'accès. Ce temps de déchargement moins long est notamment dû à l'invention du conteneur en 1966.

Le conteneur est sûrement une invention ayant facilité le transport de marchandises, Ainsi il contribue à l'évolution des techniques de manutention dans les ports.

### 3.3. Problème d'abordage

L'abordage est l'un des principaux risques des voyages en mer, et des accidents graves entre navires se produisent parfois en mer. Ces accidents peuvent être causés par le manque de professionnalisme des gens de mer, ce qui a fait beaucoup réfléchir. Cela conduit à sa régulation constante<sup>56</sup>.

Cela n'a cependant pas empêché la persistance d'incidents entre navires, mettant parfois en évidence des problèmes insolubles, tel que la pollution marine qui est l'un des principaux risques du transport maritime. Le transport maritime d'hydrocarbures ou de tout produit contaminé est souvent risqué. La fuite de grandes quantités de produits polluants dans la mer à la suite d'un accident de navire représente un risque énorme pour l'environnement, ainsi que pour les personnes qui vivent non loin de la côte.

La prévention de ce risque se fait par la veille. En plus de cela, il existe également des facteurs humains qui jouent un rôle crucial dans la survenue de l'abordage en mer. Pour mieux prévenir les risques d'abordage, nous concentrerons notre réflexion sur l'exigence fondamentale de rester en service avant d'examiner les facteurs humains qui préviennent les collisions.

Aujourd'hui en logistique, tout est naît de l'informatique, à cet effet personne ne pouvait ignorer le rôle que pourraient jouer les technologies de l'information et de la communication dans les mutations économiques de la logistique, au point que cette dernière peut fournir des clés de lecture, et identifier des pistes d'actions pour les acteurs, cette contribution permet aux entreprises une rationalisation globale des flux de marchandises et d'informations, ainsi que maîtriser davantage les coûts et les délais.

Parmi ces systèmes : le radar, c'est l'un des appareils permettant d'évaluer les trajectoires observées des navires. Un autre équipement est essentiel dans la prévention des

---

<sup>56</sup>KOFFI ERIC.K., Les risques liés au transport maritime : étude sur la sécurité et la sûreté maritime », Thèse de doctorat en droit maritime, université Paris 1 PANTHEON SORBONNE, édition 2017, page 43.

abordages. Il s'agit du VHF (very high frequency) qui est une technologie développée pour remédier aux faiblesses ou limites des moyens traditionnels de communication utilisés pour éviter les abordages, tels que les signaux lumineux et sonores. Le VHF est le moyen par excellence pour transmettre des informations portuaires et côtière aux navires en transit<sup>57</sup>.

Pendant le voyage, l'équipage doit prévenir toute collision dans le but de protéger le navire, en maintenant une vue optique. Organisation des équipements de passerelle et installation de nouveaux systèmes d'aide au quart à bord.

### **Conclusion**

La logistique est confrontée à plusieurs problèmes qui causent des difficultés dans la vie de tous les jours, comme nous le montrons dans cette section plusieurs exemples, qui sont traités par différentes méthodes d'optimisation telles que la programmation linéaire, la formule de Wilson et la méthode du graphe...

---

<sup>57</sup> DJEDJIG.A., Etude exploratoire des problèmes de stockage des conteneurs dans la logistique des terminaux portuaires cas BMT, Mémoire master en logistique et distribution, Université de Bejaia, 2019, P.45.

## Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté un ensemble des techniques résolvant de nombreux problèmes qui peuvent trouver une utilisation fréquente dans le domaine de la logistique.

La plupart des algorithmes détaillés sont souvent laborieux à mettre en œuvre avec le temps et beaucoup d'effort pour arriver à une solution satisfaisante.

Dans le milieu professionnel, des principaux outils pourraient répondre aux différents problèmes logistiques telle que : l'ordinateur qui est indispensable, des logiciels, des tableurs.... Nous expliquerons et utiliserons mieux ces outils dans le dernier chapitre, un cas pratique que nous avons traité durant notre stage au sein de l'Entreprise Portuaire Bejaia.

# **Chapitre 03 : Modélisation d'un problème de transport portuaire**

### Section 01 : Aperçu général sur l'organisme d'accueil l'EPB

Le port de Bejaia joue un rôle très important dans les transactions internationales vu sa place et sa position géographique.

Aujourd'hui, il est classé 1<sup>er</sup> port d'Algérie en marchandises générales et 3<sup>ème</sup> port pétrolier. Il est également le 1<sup>er</sup> port du bassin méditerranéen à avoir obtenu, en 2000, la certification ISO 9001.2000 pour l'ensemble de ses prestations, et à avoir ainsi installé un système de management de la qualité. Cela constitue une étape dans le processus d'amélioration continue de ses prestations au grand bénéfice de ses clients. L'Entreprise Portuaire a connu d'autres succès depuis, elle est notamment certifiée à la Norme ISO 14001 :2004 et au référentiel OHSAS 18001 :2007, respectivement pour l'environnement et l'hygiène et sécurité au travail.

#### 1.1. Bejaia, une ville, un port.

Au cœur de l'espace méditerranéen, la ville de Bejaia possède de nombreux sites naturels et vestiges historiques datant de plus de 10 000 ans, ainsi que de nombreux sites archéologiques recelant des objets d'origine remontant à l'époque néolithique.

Bejaia joua un grand rôle dans la transmission du savoir dans le bassin méditerranéen, grâce au dynamisme de son port, la sécurité de la région, la bonne politique et les avantages douaniers. Bougie a su attirer beaucoup de puissants marchands.

La Saldæ romaine devient un port d'embarquement de blé du grenier de Rome, ce n'est qu'aux XI<sup>ème</sup> siècle, que Bgaieth, devenue Ennaceria, pris une place très importante dans le monde de l'époque ; le port de Bejaia devient l'un des plus importants de la méditerranée.

La réalisation des ouvrages actuels débuta en 1834, elle fut achevée en 1987. C'est en 1960 qu'a été chargé le premier pétrolier d'Algérie.

Le port de Bejaia aujourd'hui est réputé mixte ; hydrocarbures et marchandises générales y sont traitées. L'aménagement moderne des superstructures, le développement des infrastructures, l'utilisation de moyens de manutention et de techniques adaptés à l'évolution de la technologie des navires et enfin ses outils de gestion moderne, ont fait évoluer le Port de Béjaia depuis le milieu des années 1990 pour être classé aujourd'hui second port d'Alger.

### 1.2. Historique de création de l'EPB

Le décret n°82-285 du 14 Août 1982 publié dans le journal officiel n° 33 porta création de l'Entreprise Portuaire de Béjaïa ; entreprise socialiste à caractère économique ; conformément aux principes de la charte de l'organisation des entreprises, aux dispositions de l'ordonnance n° 71-74 du 16 Novembre 1971 relative à la gestion socialiste des entreprises et les textes pris pour son application à l'endroit des ports maritimes<sup>58</sup>.

L'entreprise, réputée commerçante dans ses relations avec les tiers, fut régie par la législation en vigueur et soumise aux règles édictées par le susmentionné décret.

Pour accomplir ses missions, l'entreprise est substituée à l'Office National des Ports (ONP), à la Société Nationale de Manutention (SO.NA.MA) et pour partie à la Compagnie Nationale Algérienne de Navigation (C.N.A.N).

Elle fut dotée par l'Etat, du patrimoine, des activités, des structures et des moyens détenus par l'ONP, la SO.NA.MA et de l'activité Remorquage, précédemment dévolue à la CNAN, ainsi que des personnels liés à la gestion et au fonctionnement de celles-ci.

En exécution des lois n° 88.01, 88.03 et 88.04 du 02 Janvier 1988 s'inscrivant dans le cadre des réformes économiques et portant sur l'autonomie des entreprises, et suivant les prescriptions des décrets n°88.101 du 16 Mai 1988, n°88.199 du 21 Juin 1988 et n°88.177 du 28 Septembre 1988.

L'Entreprise Portuaire de Bejaïa ; entreprise socialiste ; est transformée en Entreprise Publique Economique, Société par Actions (E.P.E-S.P.A) depuis le 15 Février 1989.

### 1.3. Situation géographique

Le Port de Bejaia jouit d'une situation géographique privilégiée. Bien protégé naturellement, sa rade est l'une des plus sûres de la rive sud de la méditerranée. Son positionnement au cœur de la méditerranée occidentale et au centre de la côte algérienne lui confère d'importants atouts et une place privilégiée sur les routes maritimes, où il a su y capter un important trafic<sup>59</sup>.

Le port de Bejaïa, est délimité par :

- Au nord par la route nationale N°9.

---

<sup>58</sup><http://portdebejaia.dz/historique/>

<sup>59</sup><http://portdebejaia.dz/situation-geographique/>

- Au sud par les jetées de fermeture et du large sur une largeur de 2 750m.
- A l'est par la jetée Est.
- A l'ouest par la zone industrielle de Bejaia.

### 1.3. 1. Mouillage

Connue pour être l'une des meilleures de la côte algérienne, la rade de Bejaia offre d'excellentes potentialités en matière de protection et des fonds propices à un bon mouillage, avec des profondeurs allant de 10m à plus de 20m. Abrisée de tous les vents sauf du nord est à l'est, la rade est limitée par une ligne imaginaire s'étendant du Cap Carbon au Cap Aokas. Pour les pétroliers la zone de mouillage est située à l'est du Chemin d'accès.

### 1.3. 2. Accès au Port

- La passe principale d'accès est large de 320m et draguée de 10 à 13.5m. Elle est formée par les deux musoirs du jet ;
- La passe Abdelkader, large de 110m et draguée à 12m ;
- La passe de la Casbah, située entre le vieux port et l'arrière port, sa largeur est de 125m et draguée à 12m.

### 1.3. 3. Bassins du Port

Le Port de Bejaia est constitué de trois bassins :

- Bassins de l'avant-port : Sa superficie est de 75 hectares et ses profondeurs varient entre 10m et 13.5m. L'avant-port est destiné à traiter les navires pétroliers ;
- Bassins du vieux Port : Sa superficie est de 25 hectares et ses profondeurs de quai varient entre 6 et 8m ;
- Bassins de l'arrière Port : Sa superficie est de 55 hectares et les tirants d'eau varient entre 10m et 12m.

### 1.3. 4. Liaisons terrestres (routes et ferroviaires)

Bejaïa est desservie par plusieurs routes nationales. : la route nationale N°9 (route de Sétif), et la route nationale N°24 (route de Bejaïa), qui traverse la vallée de la Soummam, Bouira, puis Alger à l'ouest, ou Bordj Bou Arreridj à l'est. Un projet d'autoroute est en cours

de réalisation pour désengorger la route de Bejaïa, axe principal entre la capitale et l'Est du pays, et permettre de relier la ville et son port, l'un des plus importants d'Algérie, à l'autoroute Est Ouest algérienne.

Bejaïa possède une gare ferroviaire, terminus de la ligne Béni Mansour - Bejaia, créée en 1889. L'interconnexion, à Beni Mansour, avec la ligne Alger - Skikda, permet l'accès à l'ensemble du réseau ferroviaire algérien par des liaisons directes à la capitale algérienne, à l'ouest, et à Sétif, au sud-est.

### **1.4. Missions et activités de l'EPB**

#### **1.4.1. Les Missions de l'EPB**

La principale mission du port c'est d'assurer le transit des marchandises et des passagers dans les meilleures conditions de sécurité, de coût et de délai.

La gestion, l'exploitation et le développement du domaine portuaire sont les principales missions de l'EPB, c'est dans le but de promouvoir les échanges extérieurs du pays. Elle se doit d'assumer la police et la sécurité au sein du port.

Elle est chargée des travaux d'entretien, d'aménagement, de renouvellement et de création d'infrastructures.

L'EPB assure également des prestations à caractère commercial, à savoir ; le remorquage, la manutention et l'acconage<sup>60</sup>.

#### **1.4.2. Les Activités de l'EPB**

Les principales activités de l'entreprise sont :

- L'exploitation de l'outillage et des installations portuaires ;
- L'exécution des travaux d'entretien, d'aménagement et de renouvellement de la super structure portuaire ;
- L'exercice du monopole des opérations d'acconage et de manutention portuaire ;
- L'exercice du monopole des opérations de remorquage, de pilotage et d'amarrage ;
- La police et la sécurité portuaire dans la limite géographique du domaine public portuaire.

---

<sup>60</sup><https://portdebejaia.dz/activites-du-epb/>

### 1.4.3. Description des services

- **L'acheminement des navires de la rade vers le quai** : Dans certains cas exceptionnels, d'arrivée massive en rade, les navires restent en attente dans la zone de mouillage (rade) jusqu'à obtention de l'autorisation de rejoindre un poste à quai. Cette dernière est délivrée après une conférence de placement qui se tient quotidiennement au niveau de la Direction Capitainerie.

L'acheminement des navires se fait par des opérations d'aide à la navigation identifiées par le remorquage, le pilotage et le lamanage.

- **Le remorquage** : Il consiste à tirer ou à pousser le navire, pour effectuer les manœuvres d'accostage, de déhalage ou d'appareillage du navire. Il consiste également à effectuer les opérations de convoyage et d'aide dans l'exécution d'autres manœuvres.
- **Le pilotage** : Il est assuré de jour comme de nuit par un pilote spécialisé et est obligatoire à l'entrée et à la sortie du navire. Il consiste à assister le commandant dans la conduite de son navire à l'intérieur du port.
- **Le lamanage** : Il consiste à amarrer ou désamarrer le navire de son poste d'accostage.
- **Les opérations de manutention et d'aconage pour les marchandises** : elles consistent en :
  - Les opérations d'embarquement et de débarquement des marchandises ;
  - La réception des marchandises ;
  - Le transfert vers les aires d'entreposage, hangars et terre-pleins, ports secs ;
  - La préservation ou la garde des marchandises sur terre-pleins ou hangar et hors port ;
  - Pointage des marchandises ;
  - La livraison aux clients.

La manutention et l'aconage sont assurés, par un personnel formé dans le domaine. Il est exercé de jour comme de nuit, réparti sur deux vacations de 6h à 19h avec un troisième shift optionnel qui s'étale entre 19h et 01h du matin. Pour des cas exceptionnels, un 4<sup>ème</sup> shift peut être exploité. Ce dernier peut s'étaler jusqu'à 7 h du matin.

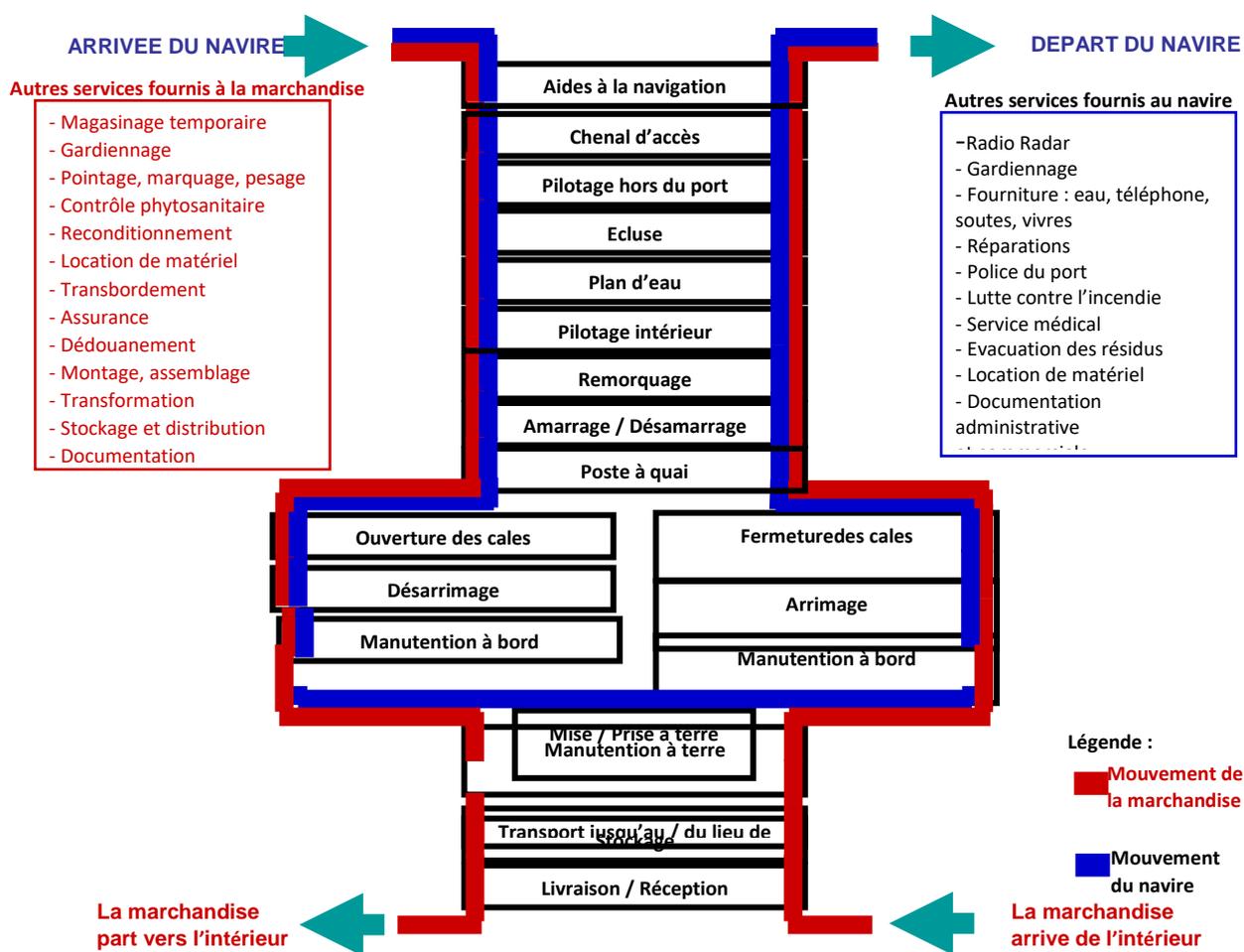
D'autres prestations sont également fournies aux navires et aux clients telles que :

## Modélisation d'un problème de transport portuaire

- L'enlèvement des déchets des navires et assainissement des postes à quai ;
- L'avitaillement en eau potable ;
- Le pesage des marchandises (ponts bascules) ;
- La location de remorqueurs ou vedettes (pour avitaillement des navires, transport de l'assistance médicale, assistance et sauvetage en haute mer).

### 1.4.4. Le processus d'acheminement d'un navire

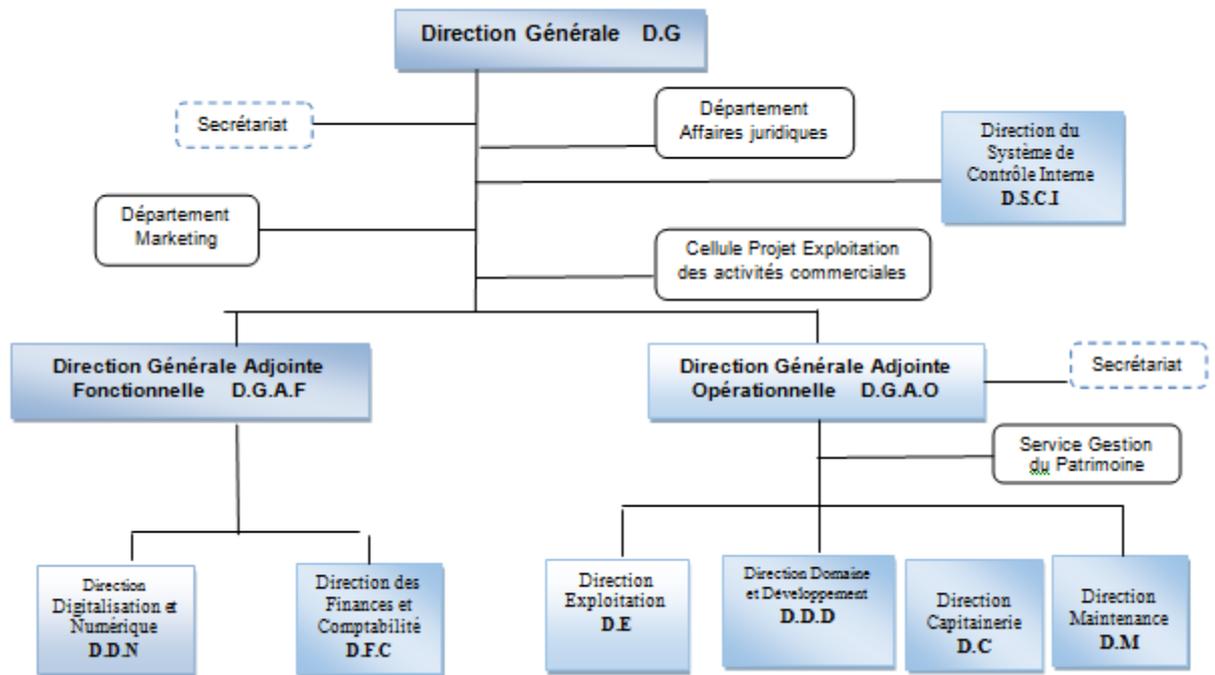
Figure 2: processus d'acheminement d'un navire.



Source : document interne de l'EPB

### 1.4.5. Organigramme Général de l'Entreprise Portuaire de Bejaia

Figure 3: l'organigramme de l'EPB.



Source : document interne de l'EPB

## 1.5. Présentation des différentes structures de l'EPB

L'EPB est organisée selon des directions fonctionnelles et opérationnelles :

### 1.5.1. Direction générale (DG)

Elle est chargée de concevoir, coordonner et contrôler les actions liées à la gestion et au développement de l'entreprise.

#### 1.5.1.1. Direction du Système de Contrôle Interne (DSCI)

- Aider l'organisation à atteindre ses objectifs en évaluant ses processus de management des risques et de gouvernance de l'entreprise ;
- Evaluer le dispositif de contrôle interne de l'entreprise ;

## Modélisation d'un problème de transport portuaire

- Apporter des conseils et de l'assistance pour améliorer les activités ;
- Donner une assurance à l'entreprise sur le degré de maîtrise de ses opérations ; Proposer des pistes d'amélioration ;
- Elaborer les tableaux de bord de gestion qui répondent aux objectifs fixés par la Direction Générale ;
- Analyser les écarts et l'interprétation des résultats liés aux différentes activités ;
- Elaborer les rapports de gestion ;
- Contribuer dans des actions de sensibilisation et de formation à la prévention des risques de pollution, à la protection de l'environnement, la santé des travailleurs et à l'intervention d'urgence.

### 1.5.1.2. Département Marketing

- Définir des objectifs et de la stratégie de l'action commerciale de l'entreprise, ainsi que les principes fondamentaux d'une politique marketing, en accord avec la Direction Générale et avec la stratégie de développement de l'entreprise<sup>61</sup>.
- Définition une politique de pricing pour l'ensemble des prestations, permettant à l'entreprise d'être compétitive et rentable.
- Définir une stratégie et d'une politique de communication (interne et externe), en accord avec la stratégie de développement de l'entreprise.
- Analyser des caractéristiques et l'évolution du marché.

### 1.5.1.3. Département des Affaires Juridiques : qui est chargé de :

- Assurer le suivi de l'évolution de la législation et de la jurisprudence ;
- Assurer la gestion des litiges liés à toutes les activités de l'entreprise ;
- Assurer la présentation de l'entreprise devant toutes les instances judiciaires et administratives ;
- Mettre en place des couvertures d'assurance du patrimoine et responsabilités civiles de l'entreprise ;
- Assurer la veille juridique et le recensement des textes réglementaires relatifs à l'activité de l'entreprise ainsi que leur diffusion.

---

<sup>61</sup> Document interne de l'EPB.

### 1.5.1.4. Cellule Projet Exploitation des Activités Commerciales

- Coordonne et assure le contact avec les différentes interfaces du projet de mise en exploitation commerciale des espaces commerciaux de la gare maritime ;
- Participe à l'élaboration des procédures de gestion de la future activité ;
- Participe aux réflexions liées à la vision stratégique aux fins de la mise en exploitation des espaces commerciaux de la gare maritime ;
- Participe aux différentes écritures administratives du projet (Courrier, convention, cahier des charges ...) ;
- Accompagne le projet dans le suivi budgétaire et le reporting.

### 1.5.2. Direction générale adjointe fonctionnelle (DGAF)

#### 1.5.2.1. Direction finances et comptabilité (DFC) : Elle est chargée de :

- La tenue de la comptabilité ;
- La gestion de la trésorerie (dépenses, recettes et placements) ;
- La tenue des inventaires ;
- Le contrôle de gestion (comptabilité analytique et contrôle budgétaire).

#### 1.5.2.2. Direction ressources humaines (DRH)

Elle est chargée de prévoir, d'organiser et d'exécuter toutes les actions liées à la gestion des ressources humaines en veillant à l'application rigoureuse des lois et règlement sociaux. Elle assure les tâches suivantes <sup>62</sup>:

- La mise en œuvre de la politique de rémunération, de recrutement et de la formation du personnel.
- La gestion des carrières du personnel.
- La gestion des moyens généraux (achats courants, parc autos, missions, ...etc.).
- La médecine du travail et les prestations sociales.

---

<sup>62</sup> Document interne de L'EPB.

- La mise en œuvre, le maintien et l'amélioration continue du Système de Management Intégré (plans projets et indicateurs de mesure).
- L'animation et la coordination de toutes les activités des structures dans le domaine QHSE.
- La Contribution active à l'instauration et au développement d'une culture HSE au sein de l'entreprise et de la communauté portuaire.

### 1.5.2.3. Direction achats (DA)

La mission principale de la direction est de satisfaire les besoins des clients internes, en obtenant la meilleure performance des fournisseurs (Qualité / Coût / Délais / Services) et en optimisant les coûts complets.

Les objectifs de la fonction « achats » sont les suivants :

- La négociation du prix d'achat des prestations courantes.
- L'augmentation de la qualité des produits.
- La pérennisation des relations avec les fournisseurs pour augmenter la sécurité.
- **L'approvisionnement** a pour but de répondre aux besoins de l'entreprise en matière de produits ou de services nécessaires à son fonctionnement. Il consiste à acheter, au bon moment et au meilleur prix, les quantités nécessaires de produits de qualité à des fournisseurs qui respecteront les délais.
- **La gestion des stocks**
  - Gérer et optimiser la gestion des stocks (entrées et sorties des marchandises) pour minimiser le niveau de stocks sans risquer la rupture ;
  - Concevoir et coordonner l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement dans les délais impartis ;
  - Mettre en place le stockage des produits (surface, rangement, rotation des produits) en fonction des services et de la demande des clients ;
  - Superviser le traitement des commandes en veillant au respect des coûts et des délais ;
  - Réaliser et aménager l'endroit impartit au stockage de la marchandise dans un souci de repérage et d'accès rapides aux produits les plus demandés par ces clients ;

- Définir et mettre en œuvre le plan d'approvisionnement, assurer les commandes, la réception, le stockage, la préparation et la distribution des marchandises et des produits nécessaires aux utilisateurs, en optimisant les stocks ;
- Eviter tout excès de stockage en gardant une marge de manœuvre pour ne pas être en rupture de stock d'un produit tout en garantissant la disponibilité permanente des marchandises.

### **1.5.2.4. Direction digitalisation et numérique (DDN)**

- La réalisation du schéma directeur par la conduite des projets d'informatisation en veillant à la cohérence fonctionnelle et technique ainsi qu'à la qualité et la sécurité des systèmes d'information<sup>63</sup>.
- La mise en œuvre des systèmes d'information à la fois flexibles et fiables ;
- Le management des évolutions des systèmes d'information et des projets informatiques ;

L'excellence opérationnelle et l'optimisation des fonctions de soutien de la direction.

### **1.5.3. Direction générale adjointe opérationnelle (DGAO)**

#### **1.5.3.1. Service Gestion du Patrimoine**

- S'assurer du cycle de vie de l'immobilisation ;
- Répertorier les immobilisations inutiles et les proposer à la réforme/vente/déploiement ;
- Suivre territorialement les investissements de l'entreprise (la mobilité des immobilisations doit obéir à une procédure écrite et une traçabilité par des documents administratifs)<sup>64</sup>;
- Constituer des dossiers de réforme des immobilisations ;
- S'assurer du code à barre ;
- Assurer le suivi et la traçabilité du patrimoine (Suivi de l'existence réelle);
- Justifier les écarts d'inventaire avec les directions concernées ;
- Programmer et gérer les inventaires périodiques ;

---

<sup>63</sup> Document interne de l'EPB.

<sup>64</sup> Document interne de l'EPB.

- Suivre le mouvement du patrimoine et établir des fiches inventaires des immobilisations ;
- Identifier et répertorier les immobilisations de l'entreprise ;
- Inscrire les nouvelles acquisitions en collaboration avec la Direction Finances et Comptabilité (Fiches, logiciel N° d'inventaire) ;
- Assurer le suivi des immobilisations ainsi que leur assainissement ;
- Gérer les dossiers de cession (vente/destruction) ;
- Préparer l'opération de fin d'exercice d'inventaire.

### **1.5.3.2. Direction exploitation (DE)**

Elle est chargée de prévoir, organiser, coordonner et contrôler l'ensemble des actions de manutention et d'acconage liées à l'exploitation du port. Elle abrite les départements suivants :

#### **1.5.3.2.1. Manutention**

Qui comprend les opérations d'embarquement, d'arrimage, de désarrimage et de débarquement de marchandises, ainsi que les opérations de mise et de reprise des marchandises sous hangar, sur terreplein et magasins. La manutention est assurée par un personnel formé dans le domaine. Elle est opérationnelle de jour comme de nuit, répartie en deux shifts (période de travail d'une équipe) de 6h à 19h avec un troisième shift opérationnel qui s'étale entre 19h et 01h du matin. Pour cas exceptionnels, ce dernier peut s'étaler jusqu'à 7h du matin.

#### **1.5.3.2.2. Acconage**

##### **a) Pour les marchandises**

- La réception des marchandises ;
- Le transfert vers les aires d'entreposage des marchandises ;
- La préservation ou la garde des marchandises sur terre-plein ou hangar ;
- Marquage des lots de marchandises ;
- Livraison aux clients.

### b) Pour le service

- Rassembler toutes les informations relatives à l'évaluation du traitement des navires à quai et l'estimation de leur temps de sortie ainsi que la disponibilité des terres pleins, et hangars pour le stockage.
- Participer lors de la Conférence de Placement des Navires (CPN) aux décisions d'entrée des navires et recueillir les commandes des clients (équipes et engins) pour le traitement de leurs navires.

### c) Zones logistiques extra portuaires

- Rapprocher la marchandise du client final<sup>65</sup>.
- Décongestionner les surfaces dans l'enceinte portuaire.
- Réduire les temps d'attente en rade des navires dus au manque d'espace d'entreposage, et réduire ainsi les surestaries.
- Développer le transfert de masse des marchandises par voie ferroviaire.
- Réduire les congestions sur les routes et réduire l'émission de gaz polluants.

### 1.5.3.3. Direction maintenance (DM)

Les principaux métiers sont :

#### 1.5.3.3.1. Maintenance Engins

- L'approvisionnement en pièces de rechanges ;
- La maintenance des équipements ;
- La planification des affectations.

#### 1.5.3.3.2. Maintenance navale

- la maintenance des remorqueurs.

---

<sup>65</sup><https://portdebejaia.dz/les-zones-logistiques/>

### 1.5.3.4. Direction domaine et développement (DDD) : A pour tâches :

- Amodiation et location de terre-pleins, hangar, bureaux, immeubles, installations et terrains à usage industriel ou commercial ;
- Enlèvement des déchets des navires et assainissement des postes à quai ;
- Pesage des marchandises (pont bascule) ;
- Avitaillement des navires en eau potable ;
- Organiser, superviser et mettre à disposition les ressources nécessaires pour le traitement des voyageurs (Passagers/Auto passagers- Arrivées/Départ) ;
- Elaborer les procédures de gestion et la documentation nécessaires à l'exploitation du parking à étages, du centre commercial, de l'espace polyvalent et des diverses occupations à usage commercial et administratif de la gare maritime ;
- Arrêter et mettre en œuvre les actions nécessaires pour l'élaboration de l'étude d'aménagement, la réalisation des travaux et la mise en exploitation commerciale du centre commercial et de l'espace polyvalent ;
- Assurer l'entretien et maintenance des différentes installations et équipements de toute la gare maritime, soit par l'élaboration et le suivi des relations contractuelles et conventionnelles ou par les moyens propres de l'entreprise ;
- Organiser et déployer les diligences nécessaires pour assurer des activités d'animation commerciale et promotionnelle au sein du centre commercial et de l'espace polyvalent.

### 1.5.3.5. Direction capitainerie (DC)

Elle est chargée de la sécurité portuaire, ainsi que de la bonne régulation des mouvements des navires, et la garantie de sauvegarde des ouvrages portuaires.

Elle assure également les fonctions suivantes <sup>66</sup>:

- **Remorquage** : cette activité consiste essentiellement à remorquer les navires entrants et sortants.

Les prestations sont :

- Le Remorquage portuaire ;
- Le Remorquage hauturier (haute mer) ;
- Le Sauvetage en mer.

---

<sup>66</sup> Document interne de l'EPB.

- **Pilotage** : La mise à disposition d'un pilote pour assister ou guider le commandant du navire dans les manœuvres d'entrée, de sortie. Cette activité s'accompagne généralement de pilotines, de canots et de remorqueurs.
- **Amarrage** : Cette appellation englobe l'amarrage et le désamarrage d'un navire. L'amarrage consiste à attacher et fixer le navire à quai une fois accosté pour le sécuriser. Cette opération se fait à l'aide d'un cordage spécifique du navire.
- **Accostage** : Le port met à la disposition de ces clients des quais d'accostage en fonction des caractéristiques techniques du navire à recevoir.

### 1.6. Les infrastructures et les équipements

#### 1.6.1 Les infrastructures portuaires

- Trois postes spécialisés peuvent recevoir des pétroliers allant jusqu'à 260m LHT avec un tirant d'eau maximum de 12,8 m ;<sup>67</sup>
- 19 postes à quai d'un tirant d'eau maximum 11,50 pour les navires transporteurs de marchandises divers, d'essences de vrac liquides ou solides, de colis de conteneurs de passages, véhicules ou animaux vivant ;
- 01 poste à quai RO/RO pour la réception des navires rouliers et les car-ferries ;
- 01 poste spécialisé gazier / huilier ;
- Port de pêche abritant des chalutiers et des petits métiers ;
- Mini port de plaisance ;
- Dock flottant pour la réparation navale d'une capacité de 15000 tonnes.

#### 1.6.2 Les principaux équipements

- Des grues mobiles sur roues de 40 à 90 tonnes de capacité ;
- Des grues de quais de 15 à 80 tonnes de capacité ;
- Des pelles mécaniques utilisables dans les cales des céréaliers ;
- Deux ponts bascules pour camions et wagons, d'une capacité de 60 à 100 tonnes ;
- Des bennes preneuses ;
- Des chariots élévateurs à 2,5 à 28 tonnes de capacité de levage ;
- steakers de 36 à 45 tonnes pour le traitement des conteneurs ;

---

<sup>67</sup><https://portdebejaia.dz/caracteristiques-techniques/>

## Modélisation d'un problème de transport portuaire

- Tracteurs RORO et remorques ;
- Equipement de lutte anti-pollution (barrage anti-pollution d'une largeur de 900m, dispersant marin, laboratoire spécialisé.....etc.) ;
- Pompes à grains (250 tonnes/heure).
- 

### 1.6.3 Marché et Hinterland

L'hinterland direct du port de Bejaia, qui s'étend sur un rayon de 250 Km, compte un peu plus de 12 millions d'habitants, répartis sur 10 wilayas ou départements. C'est la zone la plus dense en matière de branches d'activités économiques, tant industrielles que commerciales, et plusieurs projets d'envergures nationales sont en cours de réalisation ou projetées dans le cadre d'un plan national global de développement.

L'hinterland segmenté en trois zones principales, la zone de l'Algérois, la zone des Hauts plateaux et la zone de la SOUMMAM, compte plusieurs zones industrielles et zones d'activité dont les plus importantes sont : les zones de Rouiba, Réghaia et Corso dans le segment de l'Algérois, les zones industrielles de Sétif, El- Eulma, M'sila et Borj Bou Arréridj dans le segment des hauts plateaux et les zones industrielles d'Akbou, d'El Kseur, et de Béjaïa dans le segment de la SOUMMAM.

L'espace portuaire est structuré autour d'éléments d'envergure : infrastructures portuaires (terminaux, quais, infrastructures industrielles), stockage, énergie, tissu industriel et zones à vocation d'accueil d'entreprises industrielles (CEVITAL, OAIC, COGB,...).

Les critères de segmentation du marché du port sont les suivants :

- Typologie Produit.
- Typologie Client.
- Zone géographique

### 1.6.4 Typologie de produit

Deux segments sont identifiés :

#### 1.6.4.1. Selon la nature de la marchandise :

Différents types de marchandises transitent par le port de Béjaïa, la diversité de ces produits implique nécessairement une adaptation des moyens d'exploitation pour répondre aux exigences techniques et améliorer les conditions de traitement des marchandises. La segmentation peut alors se faire selon la nature de la marchandise (conteneurs, céréales, bois, produits ferreux, produits divers, produits pétroliers, matériaux de construction,..).

### 1.6.4.2. Selon les types de navires

Plusieurs types de navires transitent par le port de Bejaïa et cela peut nécessiter la spécialisation des postes à quai. (Pétroliers, porte-conteneurs, céréaliers, RO/RO,).

## 1.6.5 Typologie clients

De par sa position géographique et son label qualité, l'Entreprise Portuaire de Bejaïa détient un portefeuille client composé de<sup>68</sup> :

- Consignataires agissant pour le compte d'armateurs nationaux et étrangers pour les lignes régulières, le tramping et le transport d'hydrocarbures.
- Transitaires représentant les opérateurs économiques dans les opérations d'import/export.
- Chargeurs et réceptionnaires de marchandises générales.
- Industriels opérant dans divers secteurs d'activité implantés au niveau du port et sur le territoire national.
- Passagers sur la ligne Bejaïa/Marseille.
- Commandants de navires en escale au port.

## 1.6.6 Typologie zone géographique

Le marché peut être segmenté en trois zones principales qui constituent l'hinterland immédiat du port : la zone de l'Algérois, la zone des Hauts plateaux et la zone de la SOUMMAM.

---

<sup>68</sup> Document interne de l'EPB.

### 1.6.7 Les concurrents

En l'absence d'une concurrence interne, à partir du moment où le port de Béjaïa détient le monopole de ses activités, les principaux concurrents du port sont les autres ports algériens<sup>69</sup> :

#### 1.6.7.1. Le port d'Alger

C'est actuellement le premier port d'Algérie en matière de traitement des marchandises conteneurisé avec plus de 70% de ce trafic.

Les limitations importantes de l'espace et des quais pour les opérations de conteneurs aggravent les niveaux élevés de congestion des autres types de marchandises, c'est pour cette raison que le ministère des Transports a pris la décision d'affecter une partie du trafic non conteneurisés vers les autres ports algériens (décision applicable à partir du 01er octobre 2009). Une grande partie de ce trafic notamment le bois, le fer et les produits alimentaires ont été réaffectés au port de Béjaïa.

Par ailleurs, la gestion du terminal à conteneurs du port d'Alger a été confiée au partenaire Emirati « Dubaï Port World ».

#### 1.6.7.2. Le Port de DJENDJEN

La gestion du terminal à conteneurs de Djendjena été confiée à un opérateur étranger « Dubaï Ports World (D.P.W) » qui fera du port de Djendjen un port de transbordement.

Mais des audits réalisés récemment par des entreprises spécialisées auraient montré que l'exploitation du port de Djendjen était très compliquée. Ce port présenterait notamment des défauts importants en matière de sécurité. Ajouter à cela l'inexistence de couloirs routiers à même de canaliser le trafic dont la dynamisation du port a cruellement besoin.

#### 1.6.7.3. Le port de Skikda

Le port de Skikda est principalement un port de marchandises diverses. Il traite principalement les produits sidérurgiques (21% de part de marché) ainsi que le divers (machines& pièces). Le vieux port, est d'ailleurs devenu un centre de réception et de transfert

---

<sup>69</sup><http://portdebejaia.dz>

de cargaisons de projet pour l'exploration et la production pétrolière dans le Sud (tubes, machineries,...).

La principale contrainte du port de Skikda est le faible tirant d'eau (6.00 m) des quais de marchandises divers existants. Il y a un tirant d'eau suffisant à l'entrée du port, mais approfondir à l'intérieur des bassins est compliqué par le type de construction des quais réalisée avec des murs gravitaires qui ne s'adapte pas facilement à l'amélioration du tirant d'eau.

Les possibilités de fournir des installations modernes pour satisfaire la demande croissante du trafic de conteneurs et de marchandises diverses sont réduites ou inexistantes dans les limites du port actuel.

### **1.6.7.4. Le port d'Annaba**

Le port d'Annaba est le port le plus à l'Est. C'est principalement un centre d'exportation et d'importation de vrac (minerais, charbon, phosphates...). Cependant, il joue également un rôle régional secondaire dans l'importation des marchandises diverses, des conteneurs, des produits agricoles et des véhicules.

Les projets de développement pour le Port comportent principalement l'expansion du parc à conteneurs. L'agrandissement et l'augmentation du tirant d'eau des quais pour les conteneurs est compliquée par la configuration du bassin et le type de construction des structures de quai avec des murs gravitaires.

La capacité estimée du parc à conteneurs agrandi et des quais existants est de l'ordre de 15.000 EVP par an, en grande partie du fait des limitations de tirant d'eau et de longueur de quai.

## **Conclusion**

Nous avons consacré cette section à la représentation de l'entreprise portuaire de Bejaia et avons tracé son historique, suivi de sa situation géographique ainsi que les missions et activités de l'EPB, et décrire l'organisation de l'EPB et les différents concurrents du port.

### Section 2 : Le trafic du bois au port de Bejaia

Le port de Bejaia a enregistré une évolution remarquable depuis 2001, dans le cadre du développement des infrastructures portuaires. Une étude et un plan sur cette évolution ont été élaborés par un bureau d'étude et actualisés en 2009, compte tenu de l'accroissement du trafic.

#### 2.1. L'évolution du trafic du bois au port de Bejaia

Le port de Bejaia à enregistrer des augmentations importantes du trafic, principalement pour le sucre, les céréales, le ciment, le bois, les oléagineux, les produits métallurgiques et d'autres marchandises. Cette étude a montré un déficit important dans les capacités portuaires d'entreposage et d'accostage, d'où la congestion du port avec un temps d'attente en rade et un temps de séjour à quai en augmentation.

Devant cette situation où le port fonctionne en surcapacité, il y a lieu donc d'engager des actions de construction de nouveaux ouvrages d'accostage pour faire transiter tous ce trafic. Les premières actions de ce plan ont commencé par le déplacement du poste huilier et gazier, la construction d'un quai de 200 mètres linéaires dans le prolongement du nouveau quai, la construction de trois quais de 250 ML et 370 ML. Six nouveaux postes ont été créés de 1284 ML et un terre-plein de 62 ha ont permis de spécialiser le port en terminaux et de porter sa capacité à plus de 15 millions de tonnes hors hydrocarbures. La construction et la réalisation de nouveaux ouvrages d'accostage nécessite encore une meilleure gestion afin de faire face à cette congestion, de désengorger le port et d'améliorer ses prestations envers ses clients et entrer en concurrence avec les autres ports. Une bonne affectation des navires aux postes à quai est nécessaire à l'EPB (Entreprise Portuaire de Bejaia).

Le bois qui représente environ 30% du trafic du port marchand dispose d'un terminal et d'une superficie de stockage importante, après avoir été un simple parc jugé inefficace sur le plan qualitatif et quantitatif. L'augmentation du trafic au niveau du terminal à bois du port de Bejaia et l'élargissement de sa superficie physique ne sont pas directement proportionnelles. Ainsi, l'amélioration de la productivité et le bon fonctionnement du système de débarquement, nécessitent la spécialisation des équipements et doit posséder une configuration qui pourra s'adapter et répondre à la croissance du trafic.

L'importation du bois au sein de l'entreprise portuaire de Bejaia se fait selon la demande des clients, l'EPB s'en charge du débarquement des fardeaux, de leur transport vers la zone de stockage et enfin de leur livraison vers l'extérieur. Le terminal à bois du port de Bejaia ne dispose pas de postes à quai spécialisés (destinés) pour le débarquement du bois, malgré la remarquable augmentation de son trafic. Le bois est considéré comme toute autre marchandise malgré sa disposition d'une zone de stockage et d'un terminal, Ceci influence négativement sur ce dernier en générale et sur leur processus de traitement en particulier en termes de séjour dans le système, dans la rade et aussi par rapport au séjour des fardeaux dans le parc à bois.

### 2.2. Le terminal à bois

Le terminal à bois, mis en service en mai 2005, est situé en face du poste 21 à l'intérieur du port.

**Figure 4 : terminal à bois de l'EPB**



Source : <http://portdebejaia.dz/nos-terminaux/>

#### 2.2.1. Capacité

Le terminal dispose de sa propre surface d'entreposage qui est de superficie de 7 hectares d'une capacité totale de 19.300 fardeaux gerbés généralement sur 03 niveaux ainsi que d'un guichet unique.

Le déchargement de la marchandise bois ne se fait pas sur des postes à quai spécialisés, il est considéré comme toute autre marchandise lors de son traitement, mais on trouve 02 postes à quai favorisés selon leur distance par rapport au terminal à bois qui sont le quai de la gare et le nouveau quai avec en moyenne 300 ml et un tirant d'eau maximum autorisé 8 m à 11,50 m.

### 2.2. 2. Equipements et évolution des performances

Il est doté d'équipements performants et parfaitement adaptés à ce type de marchandise, citons les chariots élévateurs à fourches, les tracteurs remorques et les camions transporteurs des fardeaux de bois. Les nouvelles grues à palonniers, permettent de traiter dix fardeaux en même temps et de réduire la durée de séjour à quai des navires, tout en réduisant le risque d'endommagement de la marchandise. L'EPB de cette manière, a consolidé sa part de marché et sa position de leader sur le produit Bois et offre un service de meilleure qualité à sa clientèle, qui compte d'importantes entreprises du bâtiment et Travaux Publics, très exigeantes et pointilleuses en matière de qualité de service.

### 2.2. 3. Processus du traitement du bois

L'opération du traitement du bois s'effectue en suivant les étapes résumées dans le tableau ci-dessus :

**Tableau 1 : Les étapes de traitement de bois**

N° d'étape	Désignation
A	Situation journalière du consignataire DMA-DC
B	Planification CPN et CRM
C	Programmes DC Reg 01 et DMA.reg,79
D	Affectation des moyens humains et matériels
E	Elinguage
F	Levage
G	Dé linguage
H	Transfert
I	Entreposage
J	Dédouanement
K	Stockage
L	Enlèvement

Source : fournis par l'EPB

Après avoir vérifié la situation journalière du consignataire DMA (Direction de Manutention et acconage) et DC (direction capitainerie), deux conférences de placement et répartition des navires (CPN et CRM) se déroulent afin d'organiser l'escale des navires au port, le transport des marchandises et enfin l'affectation des moyens humains et matériels.

Parfois des navires transportent des fardeaux de bois non élingués, alors des équipes doivent s'en charger de l'élinguage pour permettre leur levage par des grues spécialisées et les dé-linguers une fois sur le quai. Les chariots élévateurs font charger les fardeaux sur camions qui à leurs tours les transportent vers la zone de stockage après dédouanement. Les enlèvements se font lorsque le client réclame sa marchandise.

### 2.3. Les techniques utilisées dans l'opération de manutention du bois

Les techniques les plus connues et les plus utilisées sont :

- La manutention vertical (LO/LO: Lift On / Lift Off);
- La manutention horizontal (RO/RO: Roll On / Roll Off).

Ces techniques de manutention tirent leurs noms des navires.

Le nom « manutention verticale »ou LO/LO est en effet dû à la technique de chargement et de déchargement réalisée par les grues des navires de type LO/LO.

Cette technique consiste à saisir la cargaison à décharger ou à charger au moyen d'un dispositif de préhension (palonnier ou spreader, benne preneuse....) et de la hisser verticalement jusqu'à l'endroit souhaité (quai ou navire).

Dans cette même logique, la manutention horizontale encore appelée RO/RO tire son nom des navires RO/RO ou rouliers équipés d'une rampe arrière relevable qui prend appui sur les descentes du port. Cette technique permet à un véhicule routier d'entrer ou de sortir du navire par ses propres moyens.

En plus de ces deux techniques de manutention très connues, nous pouvons évoquer d'autres types de manutention réalisées par les professionnels portuaires ; il s'agit de la manutention continue et de la manutention discontinue.

La manutention continue est celle qui exige une installation de transrouleurs ou de convoyeurs pneumatiques. Elle se caractérise par la continuité de son fonctionnement.

Il n'y a pas d'attente ou de rupture de charge à moins que le processus ne l'exige la manutention discontinue quant à elle consiste à prendre, transférer, ou déposer, des colis de faibles poids manuellement, sans équipement particulier.

### **Conclusion**

Dans cette section nous expliquons le transport portuaire du bois, puis nous dénonçons l'évolution du transport de bois au sein du port de Bejaia, puis on a exposé le terminal à bois, sa capacité, ses équipements et ses propriété évolutives, et enfin le procédé de traitement du bois.

### Section 3 : Problème d'optimisation et méthode de résolution

#### Introduction

Le problème que nous traitons dans ce mémoire est connu dans la littérature par le problème du transport de la marchandise. Une solution optimale de ce problème se représente par les méthodes d'optimisation, qui va nous aider à calculer la quantité de marchandise maximale à transporter dans un navire.

Notre objectif est de chercher à atteindre de transporter la maximum quantité du bois par rapport à la capacité d'un navire destiné à transporter vers la Finlande, pour maximiser la recette de l'entreprise portuaire de Bejaia.

Le problème rencontré pourrait alors être résolu par l'application de la méthode de la programmation linéaire, à l'aide du programme Excel Solveur.

#### 3.1. Principe

Le problème consistait à transporter deux types de marchandises par le navire (SEA Prospect) du port de Bejaia vers la Finlande : du bois pré-élingué et non pré-élingué. L'EPB peut accepter de transporter tout ou partie du produit afin d'obtenir de bons résultats pour optimiser la quantité de bois à transporter, qui ne doit pas dépasser la capacité du navire, dans le but d'améliorer les performances et les recettes de l'entreprise.

Les tableaux suivants donnent les indications sur les marchandises disponibles et les capacités du navire en volume (espace en m<sup>3</sup>) et en tonnage (poids) :

**Tableau 2 : les indicateurs de bois pré-élingués**

Marchandises	Quantités (en tonnage)	Volume (m <sup>3</sup> /t)	Tarif (€/t)
Bois pré-élingué	3200	0.45	178
Bois non pré-élingué	1800	0.35	250

Source : entreprise portuaire de Bejaia

Capacité du navire SEA Prospect :

**Tableau 3 : capacité de navire**

Compartiment	Capacité en tonnage (tonne)	Capacité en volume m <sup>3</sup>
Avant	3000	1300
Arrière	2000	800

Source : entreprise portuaire de Bejaia

### 3.2. Formulation du problème

Pour ce faire nous considérons les paramètres suivants :

- X11 : la quantité du bois pré-élingués à transporter dans le compartiment avant ;
- X12 : la quantité du bois pré-élingués à transporter dans le compartiment arrière ;
- X21 : la quantité du bois non pré-élingués à transporter dans le compartiment avant ;
- X22 : la quantité du bois non pré-élingués à transporter dans le compartiment arrière.
- 

### 3.3. La fonction économique

L'objectif consiste à maximiser la quantité des deux types de marchandises à transporter dans les deux compartiments du navire afin de réaliser une recette totale. D'où :

$$\text{Max } Z = 178(X_{11}+X_{12}) + 250(X_{21}+X_{22}).$$

#### 3.3.1. Hypothèses considérées pour la formulation du problème

- Un fardeau du bois pèse 2.5 tonnes ;
- Le tarif unitaire d'une tonne de bois pré élingues est 178 Euro ;
- Le tarif unitaire d'une tonne de bois non pré élingues est 250 Euro ;
- La capacité d'un navire est de transporter 2000 fardeaux de bois au maximum, équivalent de 5000 tonnes.

#### 3.3.2. Contraintes de la variable de décision

- Contraintes concernant les quantités disponibles du bois pré-élingués et bois non pré-élingués à transporter :

- $\left\{ \begin{array}{l} X_{11} + X_{12} \leq 3200 : \text{contrainte associée au transport de bois pré-élingués ;} \\ X_{12} + X_{22} \leq 1800 : \text{contrainte associée au transport du bois non pré-élingués.} \end{array} \right.$
- Contraintes concernant le respect du volume disponible dans chacun des compartiments :
  - $\left\{ \begin{array}{l} 0.45X_{11} + 0.35X_{21} \leq 1300 : \text{contrainte associée à l'occupation du volume du compartiment} \\ \text{avant (par le bois pré-élingués et non pré-élingués) ;} \\ 0.45X_{12} + 0.35X_{22} \leq 800 : \text{contrainte associée à l'occupation de volume du compartiment} \\ \text{arrière (par le bois pré-élingués et non pré-élingués).} \end{array} \right.$
  - Contraintes concernant le respect du tonnage (résistance au poids des deux compartiments) :
    - $\left\{ \begin{array}{l} X_{11} + X_{21} \leq 3000 : \text{contrainte associée à la capacité de tonnage du compartiment avant ;} \\ X_{12} + X_{22} \leq 2000 : \text{contrainte associée à la capacité de tonnage du compartiment arrière.} \end{array} \right.$
    - Contraintes liées à l'équilibrage du navire :
      - $\left\{ (X_{11} + X_{21}) \div 3000 = (X_{12} + X_{22}) \div 2000. \right.$
      - Et enfin les contraintes de non négativité des variables de décision :
        - $\left\{ X_{11} ; X_{12} ; X_{21} ; X_{22} \geq 0. \right.$

Pour résoudre le problème (trouver la valeur de la variable de décision que nous avons définie précédemment) et la valeur de la fonction économique, il suffit d'appliquer la méthode du simplexe. Cependant, il est plus commode d'exploiter l'option solveur de l'Excel.

### 3.4. Présentation du logiciel Solveur de Microsoft Office Excel

Nous allons présenter le logiciel CPLEX pour résoudre le problème de l'EPB formulé. Microsoft Excel est un logiciel tableur de la suite bureautique Microsoft Office développé et distribué par l'éditeur Microsoft. La version la plus récente est Excel 2019. Il est destiné à fonctionner sur les plates-formes Microsoft Windows, Mac OS X, Android ou Linux. Excel permet de créer facilement des tableaux de toutes sortes, et d'y intégrer des calculs. Les valeurs du tableau se mettent donc à jour automatiquement en fonction de vos saisies et calculs. Il peut également servir pour calculer un budget, faire un devis... Excel permet également de générer de jolis graphiques (à bâtons, en camembert...) pour mieux visualiser les valeurs et les interpréter. C'est un puissant outil de visualisation mathématique.

Le solveur est une macro complémentaire d'Excel qui n'est pas incluse dans l'installation par défaut du logiciel. Le solveur d'Excel est un outil très puissant pour trouver une valeur

optimale. Appelée objectif, en fonction de contraintes ou de limites placées dans un ensemble de cellules. Son fonctionnement repose sur des variables dites de décision qui interviennent dans le calcul des formules liées à l'objectif. Il affine les valeurs des cellules variables de décision pour satisfaire aux limites appliquées aux cellules de contraintes et produire le résultat souhaité pour la cellule objectif.

En un mot, le Solveur est utilisé pour déterminer la valeur maximale ou minimale d'une cellule en modifiant d'autres cellules. Par exemple, modifier le montant de budget publicitaire prévu et voir l'effet sur le montant prévu.

Il est très utilisé pour répondre aux nombreux problèmes d'optimisation.

### 3.4.1. Installation du Solveur

Dans Microsoft Excel 2007, on clique sur le bouton Office (en haut à droite) :



Figure 5 : bouton office d'Excel 2007

Dans la boîte de dialogue qui s'ouvre, on sélectionne « COMPLEMENTS » dans la liste de gauche. En face du champ « Gérer » (en bas), on choisit « Complément Excel » dans la liste déroulante, puis on clique sur le bouton « ATTEINDRE ».

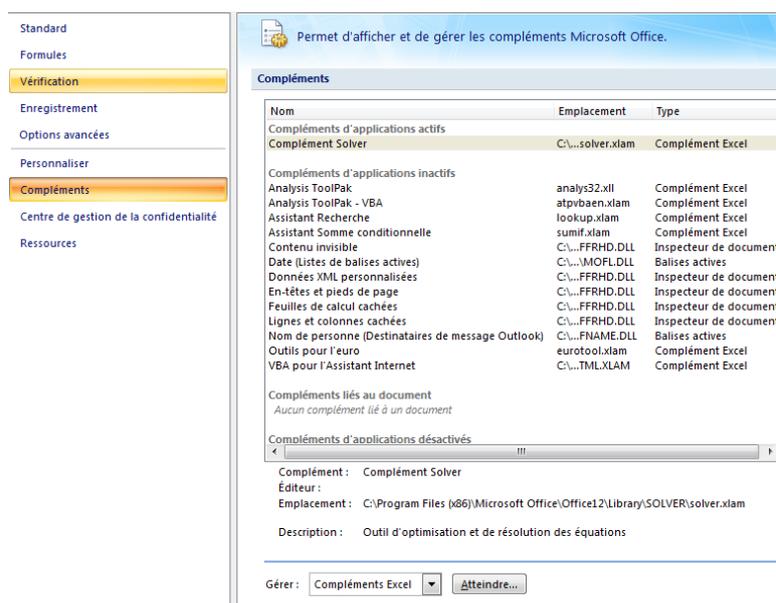
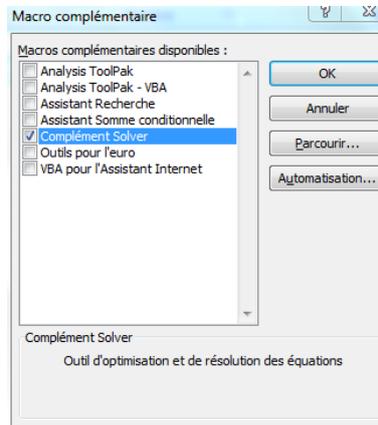


Figure 6 : les compléments Excel avec la liste déroulante Gérer (en bas, à droite) et son bouton ATTEINDRE.

Puis dans la boîte de dialogue des macros complémentaires qui s'ouvre, on coche « Complément Solveur » et on clique sur le bouton OK.



**Figure 7 : la boîte de dialogue affichant les macros complémentaires disponibles.**

Le voilà, le Solveur est le dernier outil disponible (à droite) dans le ruban sous l'onglet DONNEES dans le groupe ANALYSE.

Après avoir lancé le Solveur, on saisit les paramètres et l'objectif à définir, les cellules variables et les contraintes et on coche sur RENDRE LES VARIABLES SANS CONTRAINTES NON NEGATIVES ; puis sur SELECT. UNE RESOLUTION on choisit « Simplexe PL » ; et enfin on clique sur RESOUDRE.

Les résultats seront affichés après quelques secondes, et là une fenêtre s'affiche pour pouvoir choisir de conserver la solution du Solveur ou bien rétablir les valeurs d'origine, en cochant le choix approprié et cliquant sur le bouton OK.

### 3.5. Application du modèle sur l'EPB

Après la présentation des différentes catégories de données, on a eu recours au logiciel Microsoft Excel 2007, dans le but d'appliquer le modèle et présenter une solution du problème.

#### 3.5.1. Les étapes d'optimisation du problème de l'EPB

Pour résoudre ce modèle on doit suivre les étapes suivantes :

##### **Etape 01 : création du tableau de calculs**

Dans une feuille de calcul on construit et on remplit le tableau, puis on fait les manipulations suivantes :

- Dans la cellule B24, on saisit la formule : =SOMMEPROD(B20:E20;B22:E22);

## Modélisation d'un problème de transport portuaire

Cette formule effectue la somme des produits entre les cellules de la ligne 20 et la ligne22.

- On enregistre la feuille de calcul.

	A	B	C	D	E	F	G	H
3	Formulation du problème de transport du bois							
4								
5	Données du problème							
6		M/ses		Qté à transporter (t)		Volume m³/t		Tarif unitaire
7		Bois pré-élingué		3200		0,45		178
8		Bois non pré-élingué		1800		0,35		250
9								
10		Compartment		Capacité de tonnage		Capacité en volume		
11		Avant		3000		1300		
12		Arrière		2000		800		
13								
14								
15	Désignation des variables de décision							
16								
17	Bois pré-élingué				Bois non pré-élingué			
18	Comp avant		Comp arrière		Comp avant		Comp arrière	
19	X11		X12		X21		X22	
20	Valeurs des variables de décision							
21								
22	Coefficients des variables dans la fonction économique							
23	178		178		250		250	
24	Valeur de la fonction économique (Max Z)							
25								

**Figure 8 : tableau qui hébergera nos futurs programmes linéaires**

### Etape 02 : saisie des données

On remplit notre tableau avec les contraintes suivantes :

$$\left\{ \begin{array}{l} X11 + X12 \leq 3200 ; \\ X12 + X22 \leq 1800 ; \\ 0.45X11 + 0.35X21 \leq 1300 ; \\ 0.45X12 + 0.35X22 \leq 800 ; \\ X11 + X21 \leq 3000 ; \\ X12 + X22 \leq 2000. \end{array} \right.$$

Nous allons saisir les contraintes et leurs coefficients dans la feuille de calcul pour obtenir le tableau montré dans la figure suivante :

## Modélisation d'un problème de transport portuaire

Formulation du problème de transport du bois									
Données du problème									
M/ses		Qté à transporter (t)		Volume m <sup>3</sup> /t		Tarif unitaire			
Bois pré-élingué		3200		0,45		178			
Bois non pré-élingué		1800		0,35		250			
Compartment		Capacité de tonnage		Capacité en volume					
Avant		3000		1300					
Arrière		2000		800					
Désignation des variables de décision									
Bois pré-élingué				Bois non pré-élingué					
Comp avant		Comp arrière		Comp avant		Comp arrière			
X11	X12	X21	X22						
valeurs des variables de décision									
Coefficients des variables dans la fonction économique									
178		178		250		250			
Valeur de la fonction économique (Max Z)									
Coefficients des variables dans les contraintes									
1		1		0		0		0	
C2	0	0	1	1	0	≤	3200	Qté à transporter du bois pré-élingué	
C3	0,45	0	0,35	0	0	≤	1800	Qté à transporter du bois non pré-élingué	
C4	0	0,45	0	0,35	0	≤	1300	Volume utilisé dans le compartiment avant	
C5	0	0	0	0	0,35	≤	800	Volume utilisé dans le compartiment arrière	
C5	1	0	1	0	0	≤	3000	Tonnage dans le compartiment avant	
C6	0	1	0	1	0	≤	2000	Tonnage dans le compartiment arrière	

Figure 9 : les contraintes saisies dans le tableau

### Etape 03 : mise en œuvre du Solveur

Dans l'onglet DONNEES, nous allons lancer l'outil Solveur dans le ruban après avoir suivi les étapes d'installation cité dans la partie précédente.

On complète les différents champs de Solveur :

- Objectif à définir : \$B\$24 ;
- Cliquant sur le choix MAX ;
- Cellules variables : \$B\$20:\$E\$20 ;
- Constraints: \$G\$26 ≤ \$I\$26; \$G\$27 ≤ \$I\$27; \$G\$28 ≤ \$I\$28; \$G\$29 ≤ \$I\$29; \$G\$30 ≤ \$I\$30; \$G\$31 ≤ \$I\$31;
- Dans le bouton « Option de solveur » on coche la case : modèle supposé linéaire et supposé non-négatif.

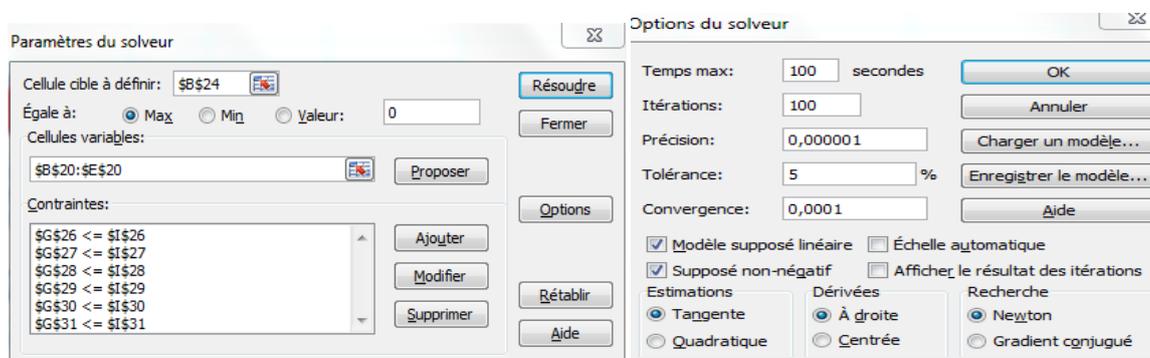


Figure 10 : Les différents paramètres saisis dans la fenêtre de dialogue du solveur.

## Modélisation d'un problème de transport portuaire

- On clique sur le bouton RESOUDRE ;
- Au bout de quelques instants les résultats s'affichent dans le tableau et la fenêtre RESULTAT DU SOLVEUR s'affiche, dont voici les résultats :

Formulation du problème de transport du bois										
Données du problème										
M/ses	Qté à transporter (t)		Volume m <sup>3</sup> /t		Tarif unitaire					
Bois pré-élingué	3200		0,45		178					
Bois non pré-élingué	1800		0,35		250					
Compartment		Capacité de tonnage		Capacité en volume						
Avant		3000		1300						
Arrière		2000		800						
Désignation des variables de décision										
Bois pré-élingué					Bois non pré-élingué					
Comp avant	Comp arrière	Comp avant	Comp arrière							
X11	X12	X21	X22							
Valeurs des variables de décision	2200	1000	800	1000						
Coefficients des variables dans la fonction économique										
	178	178	250	250						
Valeur de la fonction économique (Max Z)										
	1019600									
Coefficients des variables dans les contraintes										
	1	1	0	0	3200	≤	3200	Qté à transporter du bois pré-élingué		
C2	0	0	1	1	1800	≤	1800	Qté à transporter du bois non pré-élingué		
C3	0,45	0	0,35	0	1270	≤	1300	Volume utilisé dans le compartiment avant		
C4	0	0,45	0	0,35	800	≤	800	Volume utilisé dans le compartiment arrière		
C5	1	0	1	0	3000	≤	3000	Tonnage dans le compartiment avant		
C6	0	1	0	1	2000	≤	2000	Tonnage dans le compartiment arrière		

**Résultat du solveur**

Le solveur a trouvé une solution satisfaisant toutes les contraintes et les conditions d'optimisation.

Garder la solution du solveur  
 Rétablir les valeurs d'origine

Rapports  
 Réponses  
 Sensibilité  
 Limites

Figure 11 : l'ensemble des résultats calculés et la fenêtre RESULTAT DU SOLVEUR.

### 3.5.2. Les résultats d'optimisation

La solution obtenue avec le solveur, nous a permis d'avoir plusieurs informations

La valeur de la fonction économique (recette maximal)  $Z = 1019600\text{€}$  approximativement en sachant que :

- X11 = 2200 tonnes de bois pré-élingué à transporter dans le compartiment avant;
- X21 = 800 tonnes de bois non pré-élingué à transporter dans le compartiment avant ;
- X22 = 1000 tonnes de bois non pré-élingué à transporter dans le compartiment arrière ;
- X12 = 1000 tonnes de bois pré-élingué à transporter dans le compartiment arrière ;
- La capacité de volume du navire utilisé dans le compartiment avant, pour une quantité de 2200 tonnes du bois pré-élingué et 800 tonnes du bois non pré-élingué est de 1270m<sup>3</sup> ;
- La capacité de volume du navire utilisé dans le compartiment arrière, pour une quantité de 1000 tonnes du bois pré-élingué et 1000 tonnes du bois non pré-élingué est de 800m<sup>3</sup> ;
- Concernant la capacité de tonnage du navire des deux compartiments est évidemment tous utilisé.

### 3.5.3. Interprétation des résultats

La recette maximale est de 1019600€ pour une quantité de 2000tonnes dans le compartiment arrière et une quantité de 3000tonnes dans le compartiment avant. Ce que l'on peut vérifier en remplaçant  $X_{11}$ ,  $X_{12}$ ,  $X_{21}$  et  $X_{22}$  par leur valeur dans la fonction économique :  $\text{Max } Z = 178(X_{11}+X_{12}) + 250(X_{21}+X_{22})$ .

$$\text{Max } Z = 178 (2200+1000) + 250 (800+1000) = 1019600.$$

### Conclusion

L'optimisation nous a fourni des informations sur les performances et la capacité du navire à transporter le bois. Ceci nous a permis de déterminer une politique optimale pour le service en termes d'optimisation de la quantité à transporter de chacun des deux types de marchandise qui ne dépasse pas la capacité du navire. Cette solution reste optimale même en cas d'augmentation du trafic

# **Conclusion générale**

L'une des fonctions sur laquelle peut bien agir une entreprise c'est la fonction logistique. En effet, une logistique efficace et développée constitue un élément déterminant de la compétitivité des opérations de commerce international depuis l'usine de la fabrication jusqu'à la livraison finale chez le destinataire.

Une bonne pratique des méthodes de la logistique est utile pour une gestion optimisée des flux de marchandises à l'international. Elle intègre les activités d'importation et exportation et l'organisation des opérations de transports transfrontaliers. Lorsqu'une marchandise est exportée d'un pays à un autre, le principal souci de l'exportateur est que la marchandise en question arrive à bon port sans dégradation, sans blocage lié à la réglementation de chaque pays traversé, dans les délais et selon le coût estimé.

La nécessité de rapprocher la théorie aux réalités pratiques sur le terrain, a été notre motivation durant le stage effectué à l'EPB. Nous avons consacré ce travail pour les méthodes d'optimisation utilisées au sein de l'EPB, dans lequel nous avons défini sa pratique sur le terrain.

De nos jours, les ports occupent une place importante dans la chaîne logistique. La plupart d'entre eux sont devenus des centres de distribution entre plusieurs modes de transport, c'est leur aspect multimodal. Cependant, cette place capitale qu'occupent les ports dans le transport et les échanges de marchandises a été acquise progressivement suite à des améliorations structurelles qui se sont imposées. Le développement des entreprises portuaires introduira une croissance économique du pays. Il est un lieu de production de service, donc une valeur ajoutée créée qui influence sur la richesse nationale.

Le travail qu'on a présenté tout au long de ce projet consiste à traiter un problème d'optimisation, il consiste à étudier une chaîne de transport et lui concevoir un modèle mathématique qui va maximiser la quantité et le profit.

Les objectifs de ce mémoire sont multiples, en premier c'est de présenter le problème de transport lié aux commandes pour cela on a proposé le modèle de la théorie PL (Programmation linéaire); mais convergent vers un autre objectif, soit d'analyser le fonctionnement de trafic du bois de l'EPB, afin d'évaluer ses performances et trouver un moyen pour le rendre encore plus performant et proposer une structuration meilleure.

Le type d'entreprise traitée, dans notre cas est une entreprise portuaire, à savoir l'EPB. Les entreprises portuaires ont un rôle à jouer pour favoriser cette dynamique. Effectivement, l'EPB a su tirer profit de cette opportunité pour réaliser des résultats sans précédents.

Ce modèle d'optimisation linéaire a été élaboré, il tient compte des contraintes (quantité de bois, capacité de navire, . . .), pour l'optimiser, l'EPB doit se tourner vers les techniques de la recherche opérationnelle, on a proposé une solution qui maximise le profit et la circulation du transport en accélérant quelques tâches.

Pour les hypothèses que nous avons données au départ, la première était bien vérifiée car nous avons bien constaté l'importance de la logistique portuaire. Et pour la deuxième hypothèse est que l'entreprise prend une meilleure prise en charge afin de satisfaire ses biens et services pour maximiser ses profits en utilisant les moyens adéquats qui sont les méthodes de la programmation linéaire.

La mise en œuvre et l'opérationnalisation des méthodes proposées, à l'aide d'un logiciel Microsoft Excel Solveur, montre que notre méthode répond à notre problématique et apporte des solutions de bonnes qualités.

# Bibliographie

## Ouvrage

- ALLAIRE.G., Analyse numérique et optimisation, 1<sup>er</sup> édition, Ed.Editions Ecole Polytechnique, France, 2005.
- BELLOTTI.J., Le transport international de marchandise, 5<sup>e</sup> édition, Ed.Vuibert, Paris, 2002.
- CHEVALIER.D., DUPHIL.F., Transport à l'international, 4<sup>ème</sup> édition, Ed.Foucher, Vanves, 2009.
- LEGRAND.G. et MARTINI.L., Management des opérations de commerce international, Ed.DUNOD, 6<sup>ème</sup> édition, Paris, 2003.
- MIANI.P. et VENTURELLI.N., Transport logistique, 9<sup>ème</sup> édition, Ed.Le Génie des Glaciers, France, 2011.
- MAINI.P. et VENTURELLI.N., transport logistique, 9<sup>e</sup> édition, Ed.Le Génie, Chambéry, 2017.
- MOISDON.J. et NAKHLA.M., Recherche opérationnelle méthodes d'optimisation en gestion, 1<sup>er</sup> édition, Ed.MINES ParisTech, France, 2010.
- NOUMEN.R., Les éléments de base de la logistique internationale, Ed.Menaibuc, Paris, 2004.
- PIMOR Y., et FINDER.M., Logistique production-distribution-soutien, 5<sup>e</sup> édition, Ed.Dunod, Paris, 2008.
- QARAALY., Méthodes d'optimisation, 1<sup>er</sup> édition, Ed. Editions universitaires européennes, Mauritius, 2020.
- REVEILLAC.J., Outil d'optimisation pour la logistique théorie et pratique, Ed.ISTE Editions LTD, London, 2015.
- SOHIER.J., la logistique, 3<sup>e</sup> édition, Ed.Vuibert, Belgique, 2002.

## Thèses et mémoires

- BENGHALIA.A., modélisation et évaluation de la performance des terminaux portuaire, thèse de doctorat en génie logiciel, université du Havre, 2015.
- BENSALEM.S, La logistique portuaire : Bejaia Méditerranéen Terminal, Mémoire de master en sciences économiques, Université de Bejaia, 2015.
- BOUCHERBA.Y et SAIDI.S, La logistique de transport maritime : cas de l'entreprise portuaire de Bejaia et l'agence maritime ICTC, Mémoire de master en finance et commerce international, Université de Bejaia, 2015/2016.
- BRAHIMI.Y. et MAHMOUDI.K., Amélioration des performances d'un RRC en utilisant la parallélisation de la programmation dynamique, Mémoire de master en informatique, Université de Tlemcen, 2016/2017.
- DJEDJIG.A., Etude exploratoire des problèmes de stockage des conteneurs dans la logistique des terminaux portuaire cas BMT, Mémoire master en logistique et distribution, Université de Bejaia, 2019.
- MEDJAHEDI.I et HADJI.M, Minimisation de temps de séjour des navires dans un port cas : EPB, Mémoire de master en mathématique appliquée, Université de Bejaia, 2015/2016.
- MEDJAHEDI.A et LAASSIS.I., Mémoire de magister en génie industriel, Université de Tlemcen, 2021.
- MENDIL.A. et KEDJAR.L., La logistique de distribution : optimisation des coûts de transport, cas de l'entreprise général emballage, Mémoire de master en management des organisations, Université de Bejaia, 2015/2016.
- KADDOUSSIA, Optimisation des flux logistiques : vers une gestion avancée de la situation de crise, Thèse de doctorat en génie informatique, Ecole centrale de Lille, 2012.
- KOFFI ERIC.K., Les risques liés au transport maritime : étude sur la sécurité et la sûreté maritime », Thèse de doctorat en droit maritime, université Paris 1 PANTHEON SORBONNE, édition 2017.
- SAHIYODINE.N., La logistique dans le transport maritime international des marchandises, Rapport de stage, Ecole international des affaires, Dakar, Sénégal, 2012.

## **Papier de recherche**

- CHARKAOUI.A., la logistique à travers son histoire, Systèmes logistiques, papier de recherche présenté lors d'une séance, organisé par l'école supérieure de gestion de Marrakech, 2004/2005, p.1. Voir le lien : <Http://www.acharkaoui.com/wp-content/uploads/2008/07/logistique-travers-definitions1.pdf>

## **Guide de formation**

- TIGHILT.F., Guide de formation, groupe service portuaire BMT, janvier 202 ;
- Guide sur les problèmes rencontrés dans la logistique : <https://blog.raja.fr/probleme-logistique> .

## **Sites**

- <http://www.cat-logistique.com/optimisation.html> ;
- <https://www.etudier.com/dissertations/Les-Infrastructures-Et-Installations-Portuaires> ;
- <http://www.logistiqueconseil.org/Articles/Transport-maritime/Port-intervenants.htm>;
- <https://www.isatech.fr/optimisation-logistique> ;
- <https://www.supplychaininfo.eu/formule-de-wilson> ;
- <https://www.techniques-ingenieur.fr> ;
- <http://portdebejaia.dz>.