

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTRY OF HIGHER EDUCATION  
AND SCIENTIFIC RESEARCH

HIGHER SCHOOL IN APPLIED SCIENCES  
--T L E M C E N--



المدرسة العليا في العلوم التطبيقية  
École Supérieure en  
Sciences Appliquées

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

المدرسة العليا في العلوم التطبيقية  
-تمسان-

Mémoire de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Génie industriel  
Spécialité : Management et logistique

Présenté par :  
Ikram KOUIDER

Thème

**Développement d'un système de visualisation  
3D des terminaux à conteneurs intégrant des  
KPI pour l'optimisation des opérations  
portuaires**

Soutenu publiquement, le / / , devant le jury composé de :

Mme.I.KOULOUGHLI	MCB	ESSA. Tlemcen	Président
Mme. A. OUHOUD	MCB	ESSA. Tlemcen	Directeur de mémoire
M. M. A. BRAHAMI	MCA	ESSA. Tlemcen	Co-Directeur de mémoire
M. F. BELOUFA	MCB	ESSA. Tlemcen	Examineur 1
M. M. A. CHERIER	MAB	ESSA. Tlemcen	Examineur 2

Année universitaire : 2023 /2024

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# *Remerciements*

Nous débutons en exprimant notre reconnaissance envers Dieu, le Tout-Puissant, pour la force, la volonté et la patience qu'il nous a accordées durant nos années d'études, ainsi que pour la bénédiction de mener à bien ce travail avec succès.

Mes encadrants, Monsieur Mustapha Anwar BRAHAMI et Madame Amina OUHOUD, méritent notre profonde gratitude. Leur expertise, patience et engagement ont été essentiels à notre réussite. Leurs conseils avisés, leur soutien constant, ainsi que leur disponibilité et leur écoute attentive ont été précieux. Merci infiniment pour votre temps, votre énergie et votre dévouement inspirants. Nous espérons mettre en pratique les connaissances acquises grâce à vous.

Nous adressons également notre reconnaissance à tous les professeurs de notre établissement pour leurs connaissances approfondies, leurs cours inspirants et leur soutien continu. Leur dévouement à l'enseignement et leur engagement envers notre réussite académique sont une source constante de motivation.

Chaque membre de l'équipe ayant contribué à la rédaction de notre mémoire mérite nos remerciements pour son soutien précieux et indéfectible, qui a été un moteur dans la réalisation de ce travail de recherche.

Nous remercions chaleureusement la famille de l'entreprise portuaire de Ghazaouet pour leur accueil chaleureux et leur précieuse assistance. Leur générosité et leur soutien ont été inestimables tout au long de notre travail. Nous exprimons également notre reconnaissance à Monsieur Abdessamad DJEZIRI pour ses conseils précieux et son soutien constant, des atouts précieux pour la réussite de notre projet.

Enfin, nos sincères remerciements vont à nos chères parentes pour leur amour, leur soutien et leurs encouragements inconditionnels, une source inépuisable de force et de motivation. Leur présence et leur compréhension ont rendu ce parcours académique moins ardu.

Que Dieu accorde ses plus belles bénédictions à tous ceux qui nous ont accompagnés et ont contribué à notre succès.

# *Dédicaces*

Avec une profonde reconnaissance, je dédie ce travail à ceux envers qui, peu importe les mots choisis, je ne pourrais jamais véritablement exprimer l'étendue de mon amour sincère.

À moi-même,

Je commence cette dédicace en prenant un moment pour exprimer ma gratitude envers moi-même. Pour avoir été courageuse, persévérante et déterminée tout au long de ce parcours académique, je me félicite. Chaque obstacle surmonté, chaque effort consenti, je me rends compte que j'ai été ma propre source d'inspiration.

À mon père,

Mohammed KOUIDER, vous m'avez enseigné la valeur du travail acharné, de la persévérance et de l'intégrité. Votre sagesse, vos conseils et votre soutien sans faille ont été mes guides tout au long de ce voyage académique. Cette réussite est aussi la vôtre

À ma mère,

Messaouda BOUTAMANI, À celle qui a été mon roc, ma lumière dans les moments sombres, je dédie ce travail. Maman, ton amour inconditionnel, tes encouragements constants et ton soutien indéfectible ont été le moteur de ma réussite. Merci pour ta présence inestimable.

À mes sœurs,

Souhaya, Noussaiba, Rihab et Chourouk, vous êtes mes complices, mes confidentes et mes meilleures amies. Votre soutien, vos encouragements et votre amour m'ont portée à travers les moments difficiles. Merci d'avoir été à mes côtés.

À mon petit frère,

Chouaib Baraa, même si tu es mon petit frère, tu as été mon grand soutien. Ta présence joyeuse et ta confiance en moi m'ont donné la force de continuer, même lorsque les défis semblaient insurmontables. Merci d'être ma source de joie constante.

À mes amies,

Vous êtes mes étoiles brillantes dans le ciel sombre des défis académiques. Votre soutien inconditionnel, vos encouragements sincères et vos rires contagieux ont rendu ce voyage plus léger et plus joyeux. Merci pour votre précieuse amitié.

À mes camarades,

Nous avons parcouru ce chemin ensemble, main dans la main, surmontant les obstacles et célébrant les victoires. Votre collaboration, votre partage de connaissances et votre esprit d'équipe ont enrichi cette expérience. Merci d'avoir été mes compagnons de route.

À ma grande famille, tantes et oncles,

Votre soutien, vos encouragements et vos précieux conseils ont été une source de force et d'inspiration pour moi. Votre présence bienveillante a enrichi ma vie et a contribué à ma réussite. Merci d'avoir été là pour moi.

À tous ceux qui m'ont aidée de près ou de loin,

À chaque personne qui a croisé mon chemin et m'a apporté son soutien, son encouragement ou sa bienveillance, je vous adresse ma plus profonde reconnaissance. Votre présence, vos conseils et votre soutien ont été la lumière qui a illuminé mon chemin. Vous êtes le bonheur et l'espoir de ma vie.

*Ikrām KOUIDER*

## Résumé

Ce mémoire explore deux domaines essentiels dans le secteur de la logistique : le transport maritime conteneurisé et l'intégration de la Business Intelligence (BI) avec la visualisation 3D. Le chapitre I met en lumière l'importance cruciale des ports, des terminaux à conteneurs et des opérations logistiques dans le transport conteneurisé. Le chapitre II examine l'évolution historique, les définitions, les applications commerciales et les défis de la BI et de la visualisation 3D. Enfin, le chapitre III présente une étude de cas où SketchUp et Microsoft Power BI sont intégrés pour modéliser et visualiser des données logistiques, illustrant ainsi les bénéfices concrets de cette technologie. Ce mémoire souligne l'importance de l'innovation et de l'adaptabilité pour les professionnels de la logistique maritime, offrant des perspectives pertinentes pour ce secteur en constante évolution.

**Mots clés:** Transport maritime conteneurisé, Business Intelligence (BI), Visualisation 3D, Ports et terminaux à conteneurs, Logistique maritime, Innovation logistique.

## Abstract

This thesis delves into two critical areas in the logistics sector: containerized maritime transport and the integration of Business Intelligence (BI) with 3D visualization. Chapter I focuses on the crucial significance of ports, container terminals, and logistics operations in containerized transport. Chapter II explores the historical evolution, definitions, business applications, and challenges of BI and 3D visualization. Chapter III presents a case study where SketchUp and Microsoft Power BI are integrated to model and visualize logistics data, demonstrating the tangible benefits of this technology. This thesis underscores the importance of innovation and adaptability for maritime logistics professionals, offering relevant insights for this ever-evolving sector.

**Keywords:** Containerized maritime transport, Business Intelligence (BI), 3D Visualization, Ports and container terminals, Maritime logistics, Logistics innovation.

## ملخص

تتناول هذه الرسالة دراسة عميقة لمجالين حيويين في قطاع اللوجستيات: النقل البحري المحمول بالحاويات وتكامل الذكاء التجاري مع التصوير ثلاثي الأبعاد. يركز الفصل الأول على أهمية الموانئ والمحطات الحاويات وعمليات اللوجستيات في النقل المحمول بالحاويات. يستكشف الفصل الثاني تطورات التاريخية والتعريفات وتطبيقات الأعمال والتحديات التي تواجه الذكاء التجاري والتصوير ثلاثي الأبعاد. يقدم الفصل الثالث دراسة حالة حيث يتم دمج و لنمذجة وتصور البيانات اللوجستية، مما يوضح الفوائد الملموسة لهذه التقنية. تؤكد هذه الرسالة أهمية الابتكار والتكيف للمحترفين في مجال اللوجستيات البحرية، وتقدم رؤى مهمة لهذا القطاع المتطور باستمرار.

**الكلمات المفتاحية:** النقل البحري المحمول بالحاويات، الذكاء التجاري، التصوير ثلاثي الأبعاد، الموانئ والمحطات الحاويات، اللوجستيات البحرية، الابتكار في اللوجستيات.

# Table des matières

Table des figures	X
Liste des tableaux	XII
Abréviations	XIII
<b>INTRODUCTION GÉNÉRALE</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre N°01 : Transport Conteneurisé</b>	<b>3</b>
I.1 Introduction	4
I.2 Le transport	5
I.2.1 Le transport maritime	5
I.2.1.1 Le transport de marchandise	6
I.2.1.2 La multimodalité de transport	7
I.3 Le port	8
I.3.1 Structure et développement des ports	8
I.3.2 Types des ports maritimes	10
I.3.3 Les terminaux à conteneurs	11
I.4 La conteneurisation	12
I.4.1 Définition de conteneur	12
I.4.2 Naissance de concept du conteneur et son évolution	13
I.4.3 Types de conteneurs	14
I.4.4 Avantages et inconvénients de la conteneurisation	17
I.4.5 Les opérations dans un terminal à conteneurs	17
I.4.6 Equipements de manutention	18
I.5 Présentation de l'entreprise portuaire de Ghazaouet	22
I.6 Conclusion	24
<b>Chapitre N°02 : Business Intelligence et la visualisation 3D</b>	<b>25</b>
II.1 Introduction	26
II.2 Le système décisionnel	26
II.2.1 Historique	26
II.2.2 Définition du système décisionnel[1]	27
II.2.3 Place d'un système décisionnel dans l'entreprise	27

II.2.4	Contexte du système décisionnel . . . . .	27
II.2.5	Les domaines d'utilisation de système décisionnel ou la BI . . . . .	28
II.2.6	Le défi du système décisionnel . . . . .	28
II.2.7	Pourquoi utiliser des outils de business intelligence . . . . .	28
II.2.8	Impacts des outils de Business Intelligence sur les entreprises . . . . .	29
II.2.9	L'avenir de la BI . . . . .	30
II.2.10	Les logiciels de la BI . . . . .	31
II.3	KPI (Key Performance Indicators) . . . . .	32
II.4	Outils et Technologies . . . . .	32
II.4.1	SketchUp . . . . .	32
II.4.2	Microsoft Power BI . . . . .	33
II.4.2.1	Power BI Service . . . . .	34
II.4.3	3DBI . . . . .	34
II.4.4	Intégration entre SketchUp et Power BI . . . . .	35
II.5	Conclusion . . . . .	35
<b>Chapitre N°03 : Etude et résolution du cas statique</b>		<b>36</b>
III.1	Introduction . . . . .	37
III.2	Problématique . . . . .	37
III.2.1	Contexte . . . . .	37
III.2.2	Problèmes identifiés . . . . .	37
III.3	L'objectif . . . . .	38
III.4	Modélisation SketchUp . . . . .	38
III.4.1	Intégration à Power BI avec l'extension 3DBI . . . . .	40
III.5	Utilisation du Modèle 3D dans Power BI . . . . .	41
III.5.1	Source de la base de données . . . . .	41
III.5.2	Intégration des données via Power BI . . . . .	43
III.5.3	Combinaison des données . . . . .	43
III.5.4	Création du rapport . . . . .	44
III.5.4.1	Ajout d'une Table . . . . .	44
III.5.4.2	Ajout d'un graphe en anneau . . . . .	45
III.5.4.3	Ajout d'un visuel 3DBI . . . . .	46
III.5.4.4	Ajout d'un visuel carte . . . . .	46
III.5.4.5	Ajout d'un visuel segment . . . . .	47

III.5.4.6 Interactions entre les visuels . . . . .	47
III.5.4.7 Vue du rapport final . . . . .	48
III.6 Conclusion . . . . .	49
<b>Conclusion Generale</b>	<b>50</b>
<b>Perspectives</b>	<b>51</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>52</b>

# Table des figures

I.1	Transport de marchandise [2]	7
I.2	Multimodalité de transport[3]	8
I.3	Port de commerce[4]	10
I.4	Port de pêche [5]	10
I.5	Port de plaisance [6]	11
I.6	Port militaire [6]	11
I.7	Terminal à conteneurs [7]	12
I.8	Conteneur dry	14
I.9	Conteneur Open Top	14
I.10	Conteneur plate-forme	15
I.11	Conteneur ventilé	15
I.12	Conteneur réfrigéré	16
I.13	Conteneur citerne	16
I.14	Quay Crane (QC)[8]	19
I.15	Rail Mounted Gantry Crane (RMGC)[9]	19
I.16	Rubber-Tired Gantry Crane (RTGCs)[10]	20
I.17	Reach Stackers (RS)[11]	20
I.18	Véhicule autoguidé (AGV)[12]	21
I.19	Cavalier gerbeur (CG) [13]	22
I.20	Représentation schématique d'un terminal à conteneurs [14]	22
I.21	Infrastructure de port de ghazaouet [15]	24
II.1	L'interface de logiciel SketchUp	32
II.2	L'interface de logiciel power BI	34
III.1	Plan de port de ghazaouet sur sketchup	39
III.2	Plateforme des conteneurs frigorifiques	40
III.3	L'extension 3DBI	40
III.4	Extrait de base de donnée	41
III.5	La source de la base de données	41
III.6	La table Client1	42
III.7	La table Location2	42
III.8	Affichage dans le volet Données	43
III.9	Gérer les relations	44

III.10Ajout d'une table . . . . .	45
III.11Ajout d'un anneau . . . . .	46
III.12Ajout d'un visuel 3DBI . . . . .	46
III.13Ajout d'un visuel carte . . . . .	47
III.14Segment sur les nom des clients . . . . .	47
III.15Filtrage des visuels du rapport . . . . .	48
III.16Filtrage des visuels du rapport . . . . .	48

# Liste des tableaux

I.1 Dimensions des conteneurs . . . . . 13

# Abréviations

**AGV** Automated Guided Vehicle

**BI** Business Intelligence

**DSI** Direction de Systèmes d'Information

**ICP** Indicateurs clés de performance

**ISPS** stands for International Ship and Port Facility Security Code

**KPI** Key Performance Indicator

**PSC** Probleme de Stockage de Conteneurs

**QC** Quay Cranes

**RMGC** Rail Mounted Gantry Crane

**RTGCs** Rubber-Tired Gantry Crane

**YC** Yard Crane

---

# INTRODUCTION GÉNÉRALE

Le secteur du transport maritime et de la logistique est au cœur de l'économie mondiale, jouant un rôle essentiel dans la facilitation du commerce international et la connectivité des marchés mondiaux.

Dans ce contexte, le transport conteneurisé a émergé comme un pilier incontournable, révolutionnant la manière dont les marchandises sont expédiées et gérées à travers le monde.

Parallèlement, l'évolution rapide de la technologie a ouvert de nouvelles opportunités pour optimiser les opérations et renforcer la compétitivité des acteurs du secteur.

Ce mémoire propose une exploration approfondie de deux axes majeurs qui façonnent l'avenir du transport maritime : le transport conteneurisé et l'intégration de la Business Intelligence (BI) et de la visualisation 3D dans les processus décisionnels.

En examinant ces domaines avec rigueur et clarté, nous aspirons à fournir un aperçu complet des défis, des opportunités et des meilleures pratiques qui définissent le paysage actuel de la logistique maritime.

Le premier chapitre est dédié à une analyse approfondie du transport conteneurisé, mettant en lumière son importance stratégique dans la chaîne logistique mondiale.

Nous explorerons les nuances du transport maritime, la multimodalité des opérations, ainsi que la révolution de la conteneurisation et son impact sur les ports et les terminaux à conteneurs.

En outre, nous présenterons une étude de cas détaillée sur l'entreprise portuaire de Ghazaouet, offrant des perspectives pratiques sur la gestion des flux de marchandises dans un contexte réel.

Dans le deuxième chapitre, nous plongerons dans le monde de la Business Intelligence et de la visualisation 3D, soulignant leur rôle croissant dans la prise de décision stratégique et opérationnelle.

À travers une exploration des outils et des technologies tels que Microsoft Power BI et SketchUp, nous démontrerons comment ces solutions innovantes peuvent être mises en œuvre pour améliorer l'efficacité des opérations portuaires et optimiser la gestion des données.

Enfin, dans le troisième chapitre, nous mettrons en pratique les concepts théoriques abordés dans les deux premiers chapitres, en proposant une étude de cas détaillée sur l'intégration de la modélisation 3D et de la BI dans les processus décisionnels d'un port maritime.

À travers une approche méthodique et analytique, nous illustrerons comment ces technologies peuvent être utilisées de manière synergique pour résoudre des problèmes complexes et améliorer les performances opérationnelles.

Ce mémoire vise à offrir une contribution significative à la compréhension et à l'application des

---

concepts clés liés au transport maritime et à la logistique.

En combinant une analyse approfondie avec des études de cas concrets, nous aspirons à fournir aux professionnels du secteur des perspectives précieuses pour relever les défis de demain et saisir les opportunités émergentes dans un monde en constante évolution.

Chapitre N°01 :  
Transport Conteneurisé

### I.1 Introduction

Le transport conteneurisé est devenu l'un des piliers essentiels du commerce mondial, offrant une efficacité et une flexibilité inégalées dans le déplacement des marchandises à travers les océans et les continents. Ce chapitre explore les différentes dimensions du transport conteneurisé, en mettant l'accent sur le rôle crucial des ports et des terminaux à conteneurs dans cette chaîne logistique complexe. Nous examinerons également l'évolution du concept de conteneurisation, ainsi que les avantages et les inconvénients de cette approche révolutionnaire pour le commerce international.

Dans la première section, nous plongerons dans les profondeurs du transport maritime, explorant son rôle fondamental dans le mouvement des marchandises à travers les océans du monde. Nous analyserons également la multimodalité de transport, soulignant l'importance croissante des systèmes de transport intermodal pour garantir une circulation fluide des conteneurs de leur origine à leur destination finale. Ensuite, nous nous concentrerons sur l'anatomie des ports, examinant leur structure et leur développement au fil du temps. Nous explorerons également les différents types de ports maritimes et mettrons en lumière le rôle central des terminaux à conteneurs dans l'activité portuaire contemporaine. Dans la troisième section, nous plongerons au cœur de la conteneurisation, en définissant ce concept révolutionnaire et en retraçant son évolution au fil des décennies. Nous discuterons également des divers types de conteneurs utilisés dans le transport maritime et des avantages significatifs qu'ils offrent en termes d'efficacité, de sécurité et de durabilité. Enfin, nous présenterons l'entreprise portuaire de Ghazaouet en tant qu'étude de cas, mettant en lumière son rôle crucial dans la logistique portuaire régionale et son engagement envers l'efficacité opérationnelle et environnementale.

Ce chapitre jettera les bases nécessaires pour une compréhension approfondie du transport conteneurisé et du rôle essentiel des terminaux à conteneurs dans la chaîne logistique mondiale.

### I.2 Le transport

Le transport est le déplacement de personnes ou de biens d'un endroit à un autre. Les transports modernes constituent un système.

Chaque sous-système (selon le mode de transport) est constitué d'une infrastructure (linéaire pour les transports terrestres et ponctuelle pour les transports maritimes et aériens), de véhicules (individuels ou regroupés en rames) ou de flux continus (pour les transports par conduites : gazoducs, oléoducs) et de techniques d'exploitation particulières. De nos jours, le transport de personnes (voyageurs) et le transport de marchandises (fret), plus ou moins confondus jusqu'à une époque récente, constituent deux systèmes de plus en plus indépendants, même s'ils utilisent parfois les mêmes infrastructures et plus rarement les mêmes véhicules.

L'ensemble des opérations de transport de fret, ainsi que tous les services impliqués dans la réception, la livraison et la manutention des biens pour que ceux-ci soient livrés au moment voulu chez le destinataire constitue la logistique. [16]

#### I.2.1 Le transport maritime

Le transport maritime, comme indiqué par son nom, est un mode de transport qui permet de faire déplacer de marchandises ou des personnes, par la voie maritime.

Ainsi, le transport maritime couvre tout d'abord le déplacement des matières premières, notamment le pétrole, le charbon, les céréales et autres. Hormis ce transport en vrac, le transport maritime couvre également le transport des produits conditionnés par conteneur, par palettes, ou par caisses, et qui sont appelés marchandises diverses.

Dans certains cas, ce mode de transport peut inclure des opérations de pré et de post-acheminement des marchandises, du lieu de production jusqu'au navire ou du navire jusqu'à la destination finale de chargement.

Les routes maritimes utilisées durant un transport de marchandises dépendent directement des échanges commerciaux et selon la marchandise transportée. Par exemple, dans le cas d'un transport de pétrole, les bateaux suivent un axe Nord Sud.[17] Le transport maritime est un mode de transport qui a réussi à séduire ses utilisateurs grâce à ses spécificités. La première est sa grande capacité de transport. En effet, ce mode de transport permet de transporter plusieurs centaines de tonnes de marchandises sur un seul navire. La deuxième spécificité du transport maritime est la continuité de son activité, vu que le trafic des navires n'est pas interrompu. Par ailleurs, le transport maritime existe sous deux offres principales : le transport à demande et le transport avec lignes régulières.

Le transport à demande, également appelé *tramping*, indique qu'une demande a déclenché la recherche d'un navire pour effectuer le transport d'une marchandise quelconque. En revanche, dans le cas du transport avec lignes régulières, l'exportateur choisit une ligne régulière ayant un itinéraire fixe ainsi que des escales fréquentes.

De même, dans ce cas, le navire sera souvent partagé avec d'autres exportateurs.[18]

### I.2.1.1 Le transport de marchandise

Le transport de marchandises est un élément clé de l'économie. Il constitue une composante indispensable du processus de production et de distribution des biens matériels. Il assure leur mobilité spatiale.

Marchandise est utilisé pour désigner les objets transportés, l'usage de ce terme assigné au transport une fonction essentielle: assurer la liaison entre le monde de la production et celui de l'échange. *Bien* (*goods transport*) utilisé par les anglo-saxons, dans la mesure où tous les biens transportés ne sont pas destinés à la vente. *Frets* il est plus riche, il désigne à la fois le transport et l'objet transporté. Il a d'autres significations: la cargaison, le prix de la location ou le louage du véhicule lui-même.[19]

Les navires appartiennent généralement à des armateurs. Ceux-ci peuvent exploiter directement leurs navires sur des lignes régulières ou au contraire les louer 20 Transport Conteneurisé à l'affrètement sous la forme du *tramping*. Afin de réduire les coûts, les navires sont de plus en plus spécialisés dans un type de cargaison (pétrolier, méthanier, bananier, minéralier, vraquier, porte-conteneurs, etc.). Ils sont aussi de plus en plus grands, de manière à transporter des quantités de plus en plus importantes, ce qui pose le problème du changement d'échelle des volumes transportés sur terre et sur mer :

3 000 tonnes au plus par train ou convoi fluvial, 100 à 200 fois plus sur mer. Les plus récents porte-conteneurs peuvent emporter quelque 6 000 conteneurs qui, une fois à terre, nécessitent 6 000 camions ou 30 trains complets ! Ce problème ne peut être résolu que par la capacité de stockage des installations portuaires ou bien par la transformation des matières importées sur place dans les zones industrialo-portuaires. Un navire est improductif lorsqu'il est immobilisé dans un port. La réduction de ces temps morts a d'abord été obtenue par l'accélération des opérations de manutention grâce à l'unification des charges qui permet l'automatisation du chargement et du déchargement.

D'autre part, dans le transport maritime, une large partie des coûts est affectée aux échanges dans les ports. On a donc cherché à les réduire au minimum en supprimant les ruptures de charge de la marchandise entre les différents modes de transport. [16]



Figure I.1 *Transport de marchandise [2]*.

### I.2.1.2 La multimodalité de transport

Les transporteurs maritimes ont développé des chaînes de transport à l'intérieur des continents. Le caractère d'interchangeabilité du conteneur est à l'origine de l'essor des réseaux de transport mondiaux et des chaînes de transport qui associent le rail, la route et le fleuve au transport maritime pour concevoir un transport de bout en bout et de porte à porte. Les conteneurs peuvent être acheminés indifféremment par camions, barges, wagons ou navires.

L'accroissement du trafic conteneurisé induit un formidable développement des transports de pré et post-acheminement, c'est-à-dire apportant les marchandises du continent jusqu'au navire de chargement et l'emmenant du navire déchargé à sa destination finale sur le continent. Le parcours terrestre est fondamental car il est le premier et le dernier maillon de la chaîne logistique multimodale. La route est un élément stratégique qui présente des avantages certains : souplesse, limitation des transferts de charge, assurance du suivi, etc. Mais les camions ne peuvent pas transporter plus de deux EVP ou un 40 pieds en même temps : il en résulte une augmentation du trafic routier et une saturation de certaines voies. Les dessertes ferroviaires et fluviales offrent les solutions les plus adaptées pour faire face à la massification et à la congestion du trafic routier. La commission européenne vise à établir sur le territoire communautaire des corridors de fret ferroviaires freeways pour faciliter la desserte des continents : ce sont des voies dédiées aux transports de marchandises en liaison avec l'utilisation des trains blocs et des convois de trains de conteneurs qui sillonnent l'Europe. Aux Etats Unis, les trains-blocs double stacks (conteneurs sur deux étages) peuvent atteindre une longueur de cinq kilomètres et reliant la côte est à la côte ouest constituant un véritable " pont terrestre " ou " pont ferroviaire ".

Aujourd'hui, le souci d'un développement durable élargit considérablement, quand cela est possible, la place du fluvio-maritime dans la circulation des conteneurs à l'intérieur des continents. Les conteneurs sont empilés sur plusieurs niveaux sur des barges qui assurent des liaisons entre les ports maritimes et les ports fluviaux, voire entre les ports et les usines et dépôts quand ils

sont localisés le long de la voie d'eau.

Le cabotage (transport côtier) repose sur les navires nourriciers feeders, qui relient les ports moyens aux ports principaux et aux hubs où les navires-mères font escale. Les feeders alimentent ainsi les navires transocéaniques en conteneurs et redistribuent les cargaisons dans les plus petits les ports de ces mêmes grands navires. Cette organisation de collecte et de redistribution des marchandises crée un véritable réseau mondial de transport et de distribution, complété par les corridors de fret ferroviaires et les autoroutes continentales. [16]



Figure I.2 *Multimodalité de transport*[3].

### I.3 Le port

Un port est un endroit géographique par lequel transitent des marchandises et/ou des passagers. Un port maritime est un port qui accueille des navires de mer, qui est un lieu de rendez-vous entre ces navires de mer et l'ensemble des divers modes de transport terrestre. C'est également nécessairement un téléport par lequel transitent toutes les données informatisées indispensables à la facilitation du transit, aussi bien des navires que des marchandises.[20]

#### I.3.1 Structure et développement des ports

D'où le phénomène de spécialisation des navires (porte-conteneurs, vraquiers solides ou liquides, développement de la manutention directe roulante...). Les ports ont dû adapter leur conception et leurs équipements en conséquence et ont engagé des dépenses importantes pour construire de vastes infrastructures et des équipements spécialisés de haute performance.

En plus de cela, les armateurs exploitant de grands navires hautement spécialisés ont cherché à limiter le nombre de ports touchés par ces unités importantes sur lesquels ils ont concentré leur trafic maritime, et ensuite desservir les ports où la quantité de cargaison à embarquer ou à débarquer ne justifie pas l'arrêt d'un grand navire, avec des unités plus petites, le coût de construction et d'exploitation est beaucoup plus faible. Dans [21], Edward Branch décrit le

processus de privatisation des ports, par lequel les gouvernements externalisent la gestion de certains ports pour les rendre plus attractifs. Les objectifs de ce processus sont les suivants : accroître l'investissement en capital étranger, augmenter la productivité et stimuler le commerce. Dans Stopford [22]

Quatre niveaux de développement sont décrits et sont constitués de: Les petits ports locaux (niveau 1), les grands ports locaux (niveau 2), les grands ports régionaux (niveau 3), et les centres de distribution régionaux (niveau 4) qui sont basés sur les niveaux d'infrastructure.

**Petits ports locaux (niveau 1) :** Ces ports disposent d'un terminal à usage général avec un quai et des grues pour chaque opération dans la zone de stockage, se trouvent principalement dans les pays en développement et les zones rurales des pays développés. Ils reçoivent et expédient de petites quantités de marchandises locales c.à.d. à l'intérieur de la région. Des navires de transport maritime à courte distances sont utilisés pour différents types de marchandises telles que des conteneurs, des palettes et des marchandises emballées.

**Grands ports locaux (niveau 2) :** Ces ports sont plus développés que les petits ports locaux. Ils disposent de terminaux à usage général et peuvent accueillir une variété de marchandises et amarrer de gros vraquiers. En plus, ils se caractérisent par une infrastructure pour de grandes exploitations.

**Grands ports régionaux (niveau 3) :** Ces ports ont la possibilité de gérer les envois trop volumineux qui ne peuvent pas être traités par les ports de niveau 1 ou 2. Ils disposent d'équipements spécialisés qui leur permettent d'effectuer des opérations plus importantes que celles qui peuvent être effectuées dans les ports de niveau 2. De plus, ils ont de vastes capacités de stockage, de multiples terminaux, d'avantage d'équipements de manutention et sont souvent connectés à de grands réseaux de transport (routes pour camions, chemins de fer, etc.).

**Centres de distribution régionaux :** selon Mangan [23], les cinq modes de distribution sont : agir comme des plates-formes dans leurs régions, permettre la distribution des expéditions aux niveaux intra et interrégional, opérer spécifiquement dans le marché européen, recevoir des marchandises d'autres horizons, puis les redistribuer vers différentes destinations par différents modes de transport (maritime, fluvial, routier, ferroviaire, ou par canalisation). Ces types de ports disposent de terminaux spécialisés pour différents types de cargaisons, ils ont également d'équipements de manutention avancés et peuvent amarrer les plus gros navires existants. Ils ont de grands réseaux de transport pour transborder les marchandises [22] On mentionne le plus grand centre de distribution de l'Europe qui est le port de Rotterdam, suivi du port d'Anvers. On peut dire que le rôle des ports s'est développé avec le temps et qu'ils occupent désormais une place centrale dans le commerce international. [24]

### I.3.2 Types des ports maritimes

Il existe plusieurs types de ports maritimes, chacun ayant une fonction spécifique

#### 1. Ports de commerce

Ce sont les ports les plus importants et les plus fréquentés. Ils servent de plaque tournante pour le commerce international de marchandises. Les ports de commerce disposent d'installations spécialisées pour le chargement et le déchargement de conteneurs, de vrac sec (comme les céréales) et de vrac liquide (comme le pétrole).



Figure I.3 *Port de commerce* [4].

#### 2. Ports de pêche

Ces ports sont utilisés par les bateaux de pêche commerciale pour débarquer leurs prises. Ils disposent généralement d'installations pour la vente du poisson aux grossistes et aux transformateurs.



Figure I.4 *Port de pêche* [5].

#### 3. Ports de plaisance

Ces ports accueillent les bateaux de loisirs, des yachts et des navires de croisière. Ils offrent des

installations pour l'amarrage, l'entretien et l'avitaillement des bateaux.



Figure I.5 *Port de plaisance* [6].

#### 4. Ports militaires

Ces ports sont utilisés par les navires de guerre d'un pays. Ils abritent généralement des installations de réparation et de réarmement des navires.



Figure I.6 *Port militaire* [6].

Il est fréquent qu'un même port combine plusieurs activités, mais elles sont souvent séparées géographiquement, par exemple avec différents bassins.[25]

#### I.3.3 Les terminaux à conteneurs

Pour répondre à la croissance du trafic conteneurisé et aux exigences imposées par les armateurs et le gigantisme des navires porte conteneurs, les ports maritimes ont adopté une nouvelle infrastructure nommée " terminal à conteneurs ". Un terminal à conteneurs est un endroit où

les conteneurs arrivant sur des navires sont déchargés par des grues à quai et transférés aux zones de stockage par des véhicules de levage dits cavaliers. Il forme ainsi le maillon essentiel dans la chaîne de transport maritime ; il remplit deux fonctions: le transfert et le stockage temporaire des conteneurs. [26]



Figure I.7 *Terminal à conteneurs* [7].

## I.4 La conteneurisation

### I.4.1 Définition de conteneur

La Convention Internationale pour la Sécurité des Conteneurs (CSC) a normalisé en décembre 1972, la définition du conteneur : Le conteneur est un engin de transport de caractère permanent, et de ce fait assez résistant pour permettre un usage répété, spécialement conçu pour faciliter le transport "des marchandises sans rupture de charge par un ou plusieurs modes de transport, conçu pour être assujetti et/ou manipulé facilement, des accessoires ayant été prévus à cet effet." Les conteneurs sont des boîtes généralement métalliques, leurs dimensions sont définies par la norme ISO (Organisation internationale de normalisation) de 20 pieds (6,058 m) ou 40 pieds (12,19m) de longueur, ils ont une hauteur de 8,6 pieds (2,591m) et une largeur de 8 pieds (2,438m). Ils sont destinés à contenir des marchandises et permettre leurs acheminements par différents modes de transport (route, rail, voies aérienne, fluviale et maritime). [26]

Tableau I.1 *Dimensions des conteneurs.*

	<b>Conteneur de 20 pieds</b>	<b>Conteneur de 40 pieds</b>	<b>Cube de 45 pieds de haut</b>
<b>Dimensions extérieures</b> (longueur x largeur x hauteur)	6.06 m x 2.44 m x 2.59 m (20 x 8 x 8.6 pieds)	12.19 m x 2.44 m x 2.59 m	13.72 m x 2.44 m x 2.90 m
<b>Dimensions intérieures</b>	5.90 m x 2.35 m x 2.39 m	12.03 m x 2.35 m x 2.39 m	13.56 m x 2.35 m x 2.70 m
<b>Volume (m<sup>3</sup>)</b>	33.1	67.5	86.1
<b>Poids (tonnes)</b>	2.3	4	4.8
<b>Poids de charge (tonnes)</b>	21.7	26.5	25.7
<b>Poids total (tonnes)</b>	24	30.5	30.5

#### I.4.2 Naissance de concept du conteneur et son évolution

1956, naissance d'un concept Le transport maritime conteneurisé est né sous l'impulsion d'un entrepreneur américain Malcolm Mac Lean qui, en 1956, adapta 4 navires pour transporter des remorques de camions par voie maritime. En 1956, l'Ideal X reliait New York à Houston avec 58 remorques à son bord. L'expérience se révélant positive, Mac Lean franchit véritablement le pas en conteneurs manutentionnés qui sont identiques dans leur conception.

En moins de 50 ans, ce dernier s'est imposé comme le premier moyen d'échange de biens de consommation à l'échelle mondiale entraînant une véritable révolution dans les transports mondiaux. En 1960, la rotation d'un cargo de ligne de 10 000 tonnes de capacité, déployée sur le trajet Europe-Japon-Europe prenait cinq mois. Près de la moitié du temps était passée au port, avec des escales atteignant parfois quatre ou cinq jours. En 2000, un grand porte-conteneurs offre une capacité de 60 000 tonnes et boucle le même trajet en deux mois avec des escales qui durent d'une dizaine à 36 heures. En même temps, l'automatisation a fait son chemin : le cargo fonctionnait avec un équipage de 35 hommes alors qu'aujourd'hui les porte-conteneurs n'ont plus besoin que d'une quinzaine de marins pour naviguer. Plus rapides, plus sûrs, plus performants, les transports maritimes sont aussi moins coûteux : l'acheminement d'un conteneur chargé de 400 téléviseurs entre Taiwan et le Havre coûte 3000 EUR environ. Le prix de ce transport aurait coûté au moins trois fois plus cher dans les années 1960. [16]

### I.4.3 Types de conteneurs

a. **Les conteneurs d'usage général** : appelés aussi conteneurs dry. Ils sont équipés de portes aux extrémités et destinés à des marchandises générales et sèches.



Figure I.8 *Conteneur dry.*

b. **Les conteneurs pour usage spécifique** : Conteneur à toit ouvert (Open top) : la structure de ce type de conteneur est identique à celle du dry, mais, le toit est mobile et est généralement bâché pour empotage vertical (pièces volumineuses ou/et indivisibles).



Figure I.9 *Conteneur Open Top .*

**Conteneur plate-forme (Flats)** : Ils sont à parois latérales ouvertes. Il existe deux types de Flats ; des conteneurs à parois d'extrémités fixes et d'autres à parois d'extrémités mobiles. Les Flats sont les seuls à admettre, sous certaines conditions, des marchandises en dépassement de hauteur et/ou de largeur.



Figure I.10 *Conteneur plate-forme* .

c. **Les conteneurs pour marchandises spécifiques** : Ils sont utilisés pour les marchandises ayant une caractéristique thermique spéciale. On peut citer :

**Conteneur ventilé** : la surface de ventilation de ce type de conteneur est augmentée par l'ouverture d'orifices de ventilation dans les longerons. Il est utilisé pour le stockage de certains fruits et légumes, café en sacs nécessitant la circulation de l'air.



Figure I.11 *Conteneur ventilé* .

Conteneur à température contrôlée muni d'un groupe générateur pouvant être branché sur le système électrique du porteur. On y distingue :

- Chauffé, maintient une température minimum.

- Réfrigéré (reefer ou refrigerated), pour la conservation des produits alimentaires.



Figure I.12 Conteneur réfrigéré .

Conteneur à atmosphère contrôlée, pour ralentir ou accélérer le mûrissement des fruits ou légumes.

**Conteneurs citernes :** Ces conteneurs sont répartis en 2 grandes familles :

- Les citernes chimiques
- Les citernes alimentaires.

Les conteneurs citernes sont utilisés pour des produits liquides, pulvérulents ou gazeux. Une citerne chimique ne peut pas contenir de produits alimentaires, alors qu'il est possible de transformer une citerne alimentaire pour la rendre chimique.



Figure I.13 Conteneur citerne .

**Conteneurs pour vrac :** Ils ont une structure adoptée aux marchandises qui ne sont pas emballées ou arrimées (vrac) à savoir farine, grains. Ils sont équipés de trappes de chargement sur le toit, et de trappes de déchargement au bas d'une extrémité [26]

### I.4.4 Avantages et inconvénients de la conteneurisation

Le déplacement des marchandises par conteneurs a plusieurs avantages par rapport au transport de marchandises non groupées. Le conteneur favorise l'automatisation de plusieurs opérations de manutention, ce qui accélère le chargement et le déchargement et autorise un transfert plus rapide d'un mode de transport à un autre. En outre, le conteneur protège les marchandises des intempéries et du chapardage et la manutention, devenant plus simple, se traduit par une quantité moindre de dommages. Les avantages inhérents aux conteneurs ont pu être réalisés grâce aux capitaux considérables que les exploitants ont investis en navires, terminaux, grues, wagons à deux niveaux de chargement et autres installations ou équipements de manutention spécialisés. Toutefois, les opérateurs, les ports et les autorités de tutelle faisant en sorte de s'adapter aux contraintes de la logistique moderne, se heurtent à un certain nombre de limites de la conteneurisation.

Les contraintes physiques aussi bien dans les transports courts que sur longues distances nécessitent un minimum de protection préventive. En effet, les températures élevées ainsi que la ventilation réduite dans le conteneur entraînent très souvent de lourds dommages si l'on n'y prend pas garde. La température provoque la dessiccation des marchandises (cacao) ou des emballages (carton, bois d'arrimage ou de calage, bois de palette, etc.). La vapeur d'eau, une fois libérée, se condense dans les zones les plus froides du conteneur et en général lors de l'alternance jour-nuit. C'est alors une pluie qui semble retomber sur les marchandises, avec des dégâts irrémédiables faciles à imaginer.[26]

### I.4.5 Les opérations dans un terminal à conteneurs

Les opérations de manutention se réalisent au terminal à conteneurs (ensemble de quais et parcs de stockage spécialisés par type de marchandises). Les navires se placent à quai au regard des portiques (grues de quai pour soulever les conteneurs). A bord du navire, les dockers désarriment les conteneurs qui sont liés les uns aux autres par les pièces de coin durant la traversée. Le portiqueur peut alors placer le spreader (structure où sont fixés les verrous permettant d'accrocher et de soulever le conteneur) à l'aplomb du conteneur et commencer le déchargement. Au pied de chaque portique un homme ou un système vidéo veille pour repérer

l'immatriculation du conteneur et préciser sa position (rangement dans le parc de stockage ou placement sur remorque ou wagon) à un autre docker présent dans un cavalier gerbeur straddle carrier qui va se charger de la manœuvre. Une fois le déchargement réalisé, les manœuvres s'inversent pour les opérations de chargement. A peine quelques heures suffisent.

L'évolution technologique liée à la conteneurisation a profondément modifié les conditions de travail des dockers : ils sont moins nombreux, mais plus spécialisés et qualifiés. Les dockers préparent le matériel, participent à l'ouverture des panneaux de cale, guident les conducteurs de portiques et pilotent les chariots élévateurs à terre. Le pointeur est responsable de la gestion du parc à conteneurs.

Depuis son terminal informatique, il affecte les marchandises à des emplacements précis en fonction de leurs destinations. Il est également chargé d'identifier et de contrôler les conteneurs qui quittent le terminal.

Le planificateur de navire ship planner est chargé d'organiser le plan de chargement sur un navire : il doit attribuer à chaque conteneur un emplacement précis à bord du navire. Il veille à ce que la stabilité du navire soit respectée. En effet, le placement des conteneurs est effectué de façon à faciliter leur déchargement dans la chronologie de leurs destinations c'est-à-dire les ports de débarquement.[26]

### I.4.6 Equipements de manutention

Au sein d'un terminal, différents types d'équipements de manutention sont utilisés pour transborder les conteneurs des navires vers les barges, les camions et les trains et vice versa. Pour effectuer des opérations rapides et efficaces, ces terminaux disposent d'équipements de manutention et de transfert. Les équipements de manutention typique comprennent des Quay Cranes (QC), Yard Crânes (YC) qui peuvent être single Rubber-Tired Gantry Crane (RTGCs), et single Rail Mounted Gantry Crane (RMGC) et/ou Reach Stacker. Les Quay Cranes sont utilisées pour le chargement et le déchargement des porte-conteneurs. Ces types de grues fonctionnent sur des rails Figure I.14.

Généralement, le déchargement se fait avant le chargement. Plusieurs grues à quai peuvent s'occuper du bateau simultanément, mais il faut suivre un plan de travail bien défini qui assurera l'équilibre du navire.



Figure I.14 *Quay Crane (QC)*[8].

Les RMGC sont automatisés, généralement plus rapides que les RTGCs, elles peuvent parcourir 300 mètres en 1 minute 15 secondes, Saanen et al. [27] et fonctionnent sur des rails comme le montre la Figure I.15 RMGC



Figure I.15 *Rail Mounted Gantry Crane (RMGC)*[9].

Les RTGC (Figure I.16) sont utilisées pour empiler et retirer des conteneurs dans la zone de stockage, il s'agit d'un équipement de manutention non automatique et nécessite le contrôle du conducteur et elles sont couramment utilisées sur de très grands terminaux en raison de leur grande flexibilité et de leur très haute densité d'empilement. Elles peuvent rouler sur des roues en caoutchouc, se déplacent entre la cour et l'arrière-pays et peuvent être utilisées pour la manutention de conteneurs des deux côtés. Elles sont capables de faire une rotation de 90 degré pour effectuer un mouvement orthogonal; Mais ce type de mouvement prend du temps qui dure 15 minutes, Carlo et al. [28]. Les RTGC peuvent empiler les conteneurs par blocs de six conteneurs maximum, plus une voie pour véhicule et un conteneur sur six en hauteur.



Figure I.16 *Rubber-Tired Gantry Crane (RTGCs)*[10].

Les Reach Stackers Figure I.17 déplacent les conteneurs au moyen d'une flèche avec des entretoises qui s'ouvrent en fonction de la taille du conteneur, ils peuvent empiler des conteneurs à haute densité (jusqu'à 8 hauteurs et 3 rangées de profondeur). Ils peuvent être facilement transportés entre les terminaux et peuvent être utilisés pour gérer de nombreux types de marchandises. Ces équipements sont bien adaptés aux terminaux de petite à moyenne taille et polyvalents.



Figure I.17 *Reach Stackers (RS)*[11].

Les véhicules internes, y compris les camions de triage, les chariots gerbeurs et les véhicules à guidage automatique (AGV). Un véhicule autoguidé (AGV) est un robot en mouvement qui suit des marqueurs ou des fils dans le sol, ou utilise un aimant ou un laser pour le guider. Il est contrôlé par ordinateur et dispose de pare-chocs automatiques. Chaque AGV est capable de transporter un conteneur et d'interagir avec des grues. L'utilisation d'AGV permet principalement d'économiser du travail. La Figure I.18 est un exemple d'AGV.



Figure I.18 *Véhicule autoguidé (AGV)*[12].

Les cavaliers gerbeurs Figure I.19 sont des véhicules de transport et des équipements de manutention qui nécessitent un chauffeur. L'avantage du cavalier gerbeur réside dans le fait qu'il est capable de soulever, déplacer et placer un conteneur sans aucune interférence. De plus, elle a la possibilité d'empiler jusqu'à quatre conteneurs, et ne nécessite donc pas l'intervention de grues.



Figure I.19 *Cavalier gerbeur (CG) [13]* .

La Figure I.20 présente l'agencement typique d'un terminal à conteneurs avec les trois sections principales d'un terminal à conteneurs : 1. Le côté mer comprenant le navire (sea side), le quai et les zones de transport interne ; 2. La zone de stockage (the Storage yard) ; et 3. Le côté ville (Landside), y compris les zones de transport externes et la porte. Chaque équipement fonctionne dans une ou plusieurs sections d'un terminal à conteneurs (voir Figure 20).

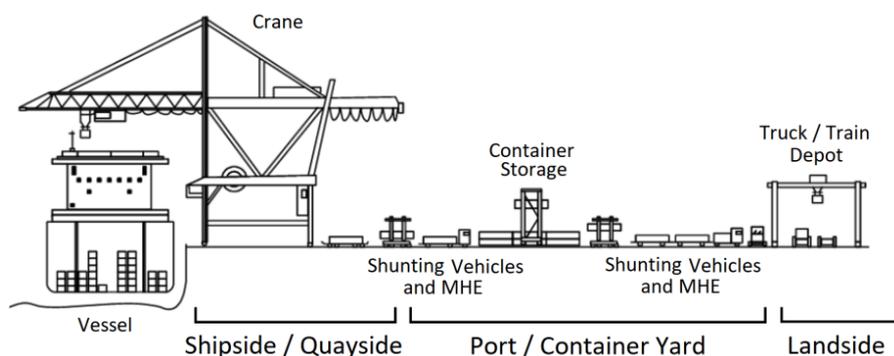


Figure I.20 *Représentation schématique d'un terminal à conteneurs [14]*.

## I.5 Présentation de l'entreprise portuaire de Ghazaouet

L'entreprise portuaire de Ghazaouet, créée par le décret n° 82-290 du 14/08/1982, est entrée effectivement en fonctionnement le 02/11/1982. L'entreprise portuaire de Ghazaouet à sa charge :

- Le port de commerce de Ghazaouet. C'est une prestataire de service qui a deux types d'activités :  
Activité de service public : Gestion de domaine, préservation et développement des infrastructures et superstructures portuaires, mise en place et exécution des plans de sûreté et de sécurité en application du code ISPS, pilotage des navires à l'entrée et à la sortie du port de Ghazaouet  
Activité commerciales : Acconage et manutention Remorquage passagers et auto passagères

**La situation géographique** Le port de ghazaouet est situé dans une région à fort potentiel économique. Il constitue une façade maritime pour plusieurs wilayas de l'Ouest et du sud-ouest. Son activité peut s'étendre même au-delà des frontières Ouest du pays, vues les facilités d'accès dont il dispose et la qualité de service qu'il propose.

**Les Surfaces du port :** Le port de Ghazaouet s'étend sur 23 hectares de terre-pleins et 25 hectares de plans d'eau réparti en 4 bassins, il dispose :

- Une darse de pêcheurs de 1ha.
- 05 môles.
- 10 quais totalisant une longueur de 1679 ML.
- Des postes à quais spécialisés.
- D'une gare maritime : Hall de transit auto-passager : 1 960 M<sup>2</sup> ; Hall de transits passagers : 1 080 M<sup>2</sup>.
- D'un hangar modulaire de 960 M<sup>2</sup> pour le transit des marchandises diverses ;
- De deux (02) magasins d'une surface totale de 6 000 M<sup>2</sup> sur la première zone d'activité ;
- De deux ponts bascules d'une capacité de 60 et 100 tonnes.

**Zone extra-portuaire :** Le port dispose de deux (02) hangars de 3000 m<sup>2</sup> chacun, situés dans la zone d'activité de la ville de Ghazaouet.

- La première zone d'activité s'étale sur une surface de 40 ha et elle est distante de 2.5 Km au Sud-Est du port.
- La deuxième zone d'activité située à l'ouest de la ville (commune de Souahlia) s'étale sur une surface de 3.8 ha et distante de 10 Km du port.[15]

Môles	Quais	Postes	Longueur quai (m)	Longueur navire admissible (m)	Tirant d'eau (m)	
					Théorique	Pratique
Alger	1	1-2-3	300	150	7.50	6.00
Batna	2	4-5	151	140	7.50	7.20
	03 Ro/Ro	6	90	-	7.50	7.00
Constantine	4	7	93	//		
	5	8	105	Réservé aux engins de servitudes		
	6	9	125	125	7.80	7.20
	7	10	101	-	7.80	7.20
Djanet	8	11-12-13	300	180	9.00	7.50
Tlemcen	9	14	120	107	12.00	9.00
	10	15-16-17	289	187	12.00	9.70

Figure I.21 *Infrastructure de port de ghazaouet [15].*

## I.6 Conclusion

Ce chapitre a posé les fondations pour une compréhension approfondie du transport conteneurisé et de l'importance cruciale des ports et des terminaux à conteneurs dans cette chaîne logistique vitale. En examinant le rôle central des ports, des types de terminaux et de la conteneurisation, nous avons identifié les éléments clés de la logistique maritime moderne. Les chapitres suivants se concentreront sur un aspect critique de cette logistique : le stockage des conteneurs. Nous explorerons les défis complexes auxquels sont confrontés les terminaux à conteneurs en termes de gestion de l'espace, d'efficacité opérationnelle et de minimisation des retards. En étudiant les meilleures pratiques, les technologies émergentes et les stratégies innovantes, nous chercherons à identifier des solutions efficaces pour optimiser le stockage des conteneurs et améliorer les performances globales des terminaux à conteneurs. Le prochain chapitre portera sur la Business Intelligence et la visualisation 3D. Nous aborderons également les domaines d'utilisation.

En outre, nous examinerons des logiciels spécifiques tels que Microsoft Power BI et SketchUp pour illustrer ces concepts.

Chapitre N°02 :  
Business Intelligence et la visualisation 3D

### II.1 Introduction

Dans un environnement commercial dynamique, la prise de décision éclairée est essentielle à la réussite des entreprises. Comme l'a dit Peter Drucker, chaque réussite repose sur une décision courageuse. Les systèmes décisionnels, ou Business Intelligence (BI), jouent un rôle crucial en collectant, consolidant et modélisant les données pour fournir des informations exploitables aux décideurs. Ces systèmes aident à comprendre les performances de l'entreprise, à identifier les tendances du marché et à élaborer des stratégies efficaces.

Cette présentation explore le concept de BI, son importance, ses défis, et met en lumière Microsoft Power BI, un outil puissant d'analyse de données, ainsi que l'extension 3DBI pour la visualisation 3D. Enfin, nous présenterons SketchUp, un logiciel de modélisation 3D utilisé dans notre étude, pour démontrer comment ces outils améliorent les performances et la compétitivité des entreprises.

### II.2 Le système décisionnel

"Chaque fois que vous voyez une entreprise qui réussit, dites-vous c'est parce qu'un jour quelqu'un a pris une décision courageuse." Peter Drucker

"Un système décisionnel est un système qui doit pouvoir faire conjuguer les données à tous les temps." Benjamin EPE

#### II.2.1 Historique

Le terme de Business Intelligence apparaît en 1958 lorsqu'un informaticien allemand, Hans Peter Luhn, s'est servi de solutions informatiques dans le but d'exploiter les différentes données d'une entreprise, son but étant alors d'accélérer la prise de décision. Ce n'est qu'une décennie plus tard, que la Business Intelligence ne démarre réellement avec l'apparition des premiers infocentres. Pourtant, ces derniers représentaient un véritable risque en termes de fuite d'information, les systèmes envoyant les informations sur des serveurs de production. Face à cela, une révolution s'opère alors en 1989 lorsque Howard Dresner (chef de recherche pour Dresner Advisory Services) porte au goût du jour cette notion de Business Intelligence. De la sorte, des Datawarehouses sont mis en place afin de récupérer les informations provenant des différents services d'une entreprise et permettant ainsi la collecte d'informations. Le but étant de stocker des données afin d'améliorer les capacités d'analyses de chaque acteur de l'entreprise.

### II.2.2 Définition du système décisionnel[1]

Selon [Inmon, 1996] : ” Les SID sont apparus comme une nécessité pour faire face à l’augmentation des volumes de données et à la difficulté grandissante des décideurs à disposer de résultats tangibles sur les différentes branches d’activité. Des outils ont été conçus spécifiquement pour extraire les données provenant de sources hétérogènes, les stocker dans un ensemble homogène orienté métier puis enfin restituer les résultats dans des interfaces d’analyse et de Reporting.” [29]

Et d’après [Polleto, 2012] :” L’informatique décisionnelle désigne les méthodes, les outils et les moyens qui permettent de collecter, consolider et modéliser les données d’une entreprise afin d’offrir une aide à la décision et de permettre au corps exécutif de l’entreprise d’avoir une vue d’ensemble de l’activité. ” [30]

Pour [Cigref, 2009] Le système décisionnel ou (Business Intelligence BI) : ”se définit par l’ensemble des moyens, outils et méthodes qui supportent le processus de collecte, consolidation, modélisation, analyse et restitution des informations. ” . [31]

Pour [Kimball, 2002] le Système décisionnel : ”a pour objectif d’accompagner un ou plusieurs décideurs dans le processus de prise de décision. Il permet aux acteurs concernés de spécifier leurs besoins par des processus de collecte, d’analyse et d’échange d’informations.” [32]

Donc le système décisionnel est un système d’information qui regroupe les données d’aide à la décision et facilite leur exploitation en fournissant les outils adéquats afin d’améliorer la performance de l’entreprise.

### II.2.3 Place d’un système décisionnel dans l’entreprise

Il convient tout d’abord de rappeler la définition d’un système d’information, qui met en lumière son importance dans les entreprises en fait dans la mesure où c’est : ” un ensemble organisé de ressources : matériel, logiciel, personnel, données, procédures... permettant d’acquérir, de traiter, stocker, communiquer des informations ” Les systèmes d’information avec ses différents types opérationnels ou décisionnels sont construits pour supporter efficacement les divers intérêts organisationnels de l’entreprise. [1]

### II.2.4 Contexte du système décisionnel

De récentes études montrent que la Business Intelligence ou système décisionnel est l’une des préoccupations principales au sein des DSI (Direction de Systèmes d’Information) de grandes entreprises. En effet, dans le contexte d’hyper-concurrence, la BI représente une opportunité

pour les entreprises afin d'optimiser le pilotage de leurs activités, et d'anticiper les évolutions du marché, les comportements des clients . . . etc.

### II.2.5 Les domaines d'utilisation de système décisionnel ou la BI

La BI est utilisée dans plusieurs domaines nous citerons :

- Finance, avec le reporting financier et budgétaire.
- Vente et commercial, avec l'analyse de points de vente, l'analyse de la rentabilité.
- Marketing, avec la segmentation clients, les analyses comportementales.
- Logistique, avec l'optimisation de la gestion de stock, le suivi des livraisons.
- Ressources humaines, avec l'optimisation de l'allocation des ressources.

### II.2.6 Le défi du système décisionnel

L'entreprise évolue dans un environnement en changement perpétuel. Dans ce contexte, elle se trouve dans un cas de prendre de plus en plus des décisions efficaces au moment favorable. Pour prendre des décisions efficaces, elle doit posséder un système d'information fiable et des outils d'aide à la décision performants. L'implémentation d'une telle technologie doit relever deux défis qui inhibent encore aujourd'hui l'adoption de cet outil qui sont :

Dans un premier temps, l'informatique décisionnelle nécessite une forte expertise technique et exige le recours à des logiciels optimisés et fortement intégrés à l'infrastructure existante : systèmes d'exploitation, systèmes de gestion de bases de données avancées.

Le second défi est sans aucun doute lié aux coûts de ces systèmes. Des technologies avancées sont exigées et des solutions de l'informatique décisionnelle ont été conçues pour de grandes organisations à forts budgets. Car les solutions complexes présentent un fort coût d'acquisition et de maintenance décisionnelle sans compromettre le niveau fonctionnel ou la qualité de service.

De ce fait, de nouvelles possibilités apparaissent cependant, au plus grand profit des organisations à budget limité. Des logiciels Open Source sont aujourd'hui disponibles pour toutes les fonctions d'une plateforme décisionnelle délivrant un niveau d'usage, de capacité à monter en charge et de robustesse compatibles avec des besoins critiques.

### II.2.7 Pourquoi utiliser des outils de business intelligence

Les outils BI permettent aux entreprises de suivre et de surveiller leurs performances par rapport aux objectifs et cibles fixés. Les tableaux de bord et les rapports fournissent des représentations

visuelles des mesures de performance, permettant aux parties prenantes d'identifier rapidement les domaines de préoccupation ou de réussite et de prendre les mesures appropriées en conséquence.

En outre, la plupart des organisations disposent souvent de données dispersées dans divers systèmes et bases de données. Les outils BI aident à intégrer et à consolider les données provenant de différentes sources, créant ainsi une vue unifiée des données de l'organisation. Cela permet aux organisations d'analyser les données de manière globale et d'obtenir des informations complètes.

### II.2.8 Impacts des outils de Business Intelligence sur les entreprises

Les outils de Business Intelligence (BI) ont un impact significatif sur les organisations dans divers aspects de leurs opérations.

Voici quelques impacts clés des outils BI sur les organisations :

**Prise de décision éclairée :** les outils BI fournissent aux organisations un accès à des informations précises et opportunes, leur permettant de prendre des décisions éclairées basées sur des données et des informations.

**Amélioration de l'efficacité opérationnelle :** les outils BI aident les organisations à identifier les inefficacités, les goulots d'étranglement et les domaines à améliorer au sein de leurs opérations. En analysant les données et les mesures de performance, les organisations peuvent rationaliser les processus, optimiser l'allocation des ressources et améliorer l'efficacité opérationnelle.

**Planification stratégique améliorer :** les outils BI fournissent aux organisations des informations précieuses sur les tendances du marché, le comportement des clients et le paysage concurrentiel.

**Suivi et surveillance améliorés des performances :** les outils BI permettent aux organisations de surveiller et de mesurer les indicateurs de performance clés (KPI) en temps réel. Cela leur permet de suivre les progrès, d'identifier les écarts par rapport aux objectifs et de prendre rapidement des mesures correctives.

**Amélioration de la compréhension et de la satisfaction des clients :** les outils BI aident les organisations à analyser les données des clients, notamment leur comportement d'achat, leurs préférences et leurs commentaires. Cette compréhension approfondie des clients permet aux organisations d'adapter leurs produits, services et stratégies marketing pour répondre plus efficacement aux besoins des clients.

**Avantage concurrentiel :** les outils BI offrent aux organisations un avantage concurrentiel en leur permettant d'analyser les tendances du marché, d'identifier les opportunités émergentes et de réagir rapidement aux changements.

**Gestion des risques :** les outils de BI aident les organisations à identifier les risques potentiels et à les atténuer de manière proactive. En analysant les données et les modèles, les organisations peuvent détecter les anomalies, identifier les zones de risque et prendre les mesures appropriées pour prévenir ou minimiser les impacts négatifs.

### II.2.9 L'avenir de la BI

Avec l'apparition de nouveaux concepts qui ont bouleversé le marché des données et de l'analyse tel : le Cloud, l'IA, et le Big Data. La BI est incapable de passer à côté de ces concepts, surtout que ces nouvelles technologies occupent le monde d'information. Et l'extraction des données d'une base de production ; pour faire des rapports seront moins courants au fur du temps. Et la question se pose ; la BI a-t-elle un avenir ou sera-t-elle vite remplacée? Par contre la réalité suit un autre chemin, ces technologies vont réunir leurs forces, et cela présente un atout pour la BI

#### 1. Le Cloud computing

N'est pas seulement une application, il peut non seulement stocker des données et des programmes systématiquement via un réseau de services distants ou internes, mais également fournir des services tels que Saas. [33]

#### 2. Big data

Signifie grosses données ou méga-données c'est-à-dire ensemble de données à très grande échelle, le big data est très volumineux ce qui nécessite des outils de traitement spéciaux. Il ne permet à toute personne d'accéder à des bases de données en temps réel. [33]

#### 3. Intelligence Artificielle :

Désigne l'ensemble de technologies mises en œuvre pour la réalisation des machines qui seront capables d'imiter l'être humain en simulant son intelligence et cela grâce à des programmes informatiques complexes.[33]

#### 4. La BI et le Cloud

Pour les entreprises qui veulent migrer vers le Cloud leurs systèmes sont automatisés à l'aide d'application Cloud native qui permet d'extraire des connaissances, faire des recommandations et crée des tableaux plus clairs et visibles, Le but d'opter vers le Cloud se résumé: Améliorer l'agilité. Les coûts sont plus réduits. Améliorer le développement des produits et l'innovation.

[33]

### 5. La BI et IA

L'intelligence artificielle est reconnue pour le faite qu'elle figure dans la liste des révolutions qui touchent tous les domaines. Les performances de l'IA ne cessent d'augmenter ce qui conduit vers une résolution des problèmes plus précis encore plus faciles. Ainsi, la BI et l'IA sont deux technologies complémentaires. Tant dit que la BI fournit des informations que l'utilisateur lui a demandées à travers les rapports et les tableaux de bords, l'IA répond à des questions qui ne sont pas encore posées. Donc l'idéal est d'utiliser dans un système d'information une solution dédiée à la Business Intelligence et la renforcer avec des outils issus de l'Intelligence Artificielle.

[33]

### 6. La BI et Big Data

Les nouvelles technologies du Big Data permettent d'envisager de nouvelles solutions pour les systèmes décisionnels existants comme les méthodes de stockage avancées, le calcul distribué, les capacités temps réel, l'intégration de données. Le Big Data et ses outils permettent donc à la Business Intelligence d'évoluer vers l'agilité, la performance. [33]

## II.2.10 Les logiciels de la BI

### 1. Sisense

Un logiciel de Business Intelligence et une plateforme d'analyse qui vous aide à simplifier les données complexes et à créer des applications analytiques.

### 2. Tableau

Un logiciel de BI et d'analyse qui vous aide à comprendre des données complexes et à personnaliser et intégrer l'analyse des données à vos produits.

### 3. SAP Business Intelligence

Un logiciel qui propose une suite complète de Business Intelligence pour vous aider dans la visualisation et l'analyse des données, ainsi que dans la création de rapports.

### 4. Power BI

Un outil de BI basé sur le Web qui vous aide à trouver et à partager des informations exploitables grâce à la dataviz. Il fournit également des outils d'intelligence artificielle intégrés, l'intégration d'Excel et des connecteurs de données personnalisés

### II.3 KPI (Key Performance Indicators)

KPI est l'abréviation de Key Performance Indicator, ou indicateurs clés de performance (ICP) en français. Ces indicateurs font référence à un ensemble de mesures quantifiables utilisées pour évaluer la performance globale à long terme d'une entreprise. Cependant, une entreprise peut utiliser ces informations pour prendre des décisions plus éclairées sur les opérations commerciales et la stratégie.

Le temps de séjour des conteneurs dans le port est un indicateur clé où les conteneurs restent pleins dans le port, où une diminution de ce temps est considérée comme bénéfique. Ce KPI mesure l'efficacité des opérations de chargement et de déchargement, ainsi que la fluidité des flux logistiques dans le terminal à conteneurs. En réduisant le temps de séjour des conteneurs pleins, nous visons à optimiser les opérations portuaires, à minimiser les retards et les congestions, et à améliorer la satisfaction des clients en assurant un mouvement rapide et efficace des marchandises.

### II.4 Outils et Technologies

#### II.4.1 SketchUp

SketchUp est un logiciel de modélisation 3D, d'animation et de cartographie orienté vers l'architecture. Initialement édité par la société @Last Software (racheté par Google ensuite), ce logiciel se caractérise par des outils simples (rotation, extrusion, déplacement, etc.), qui en font un logiciel de 3D très différent des modeleurs 3D classiques. Il a été racheté en 2012 par la société Trimble.

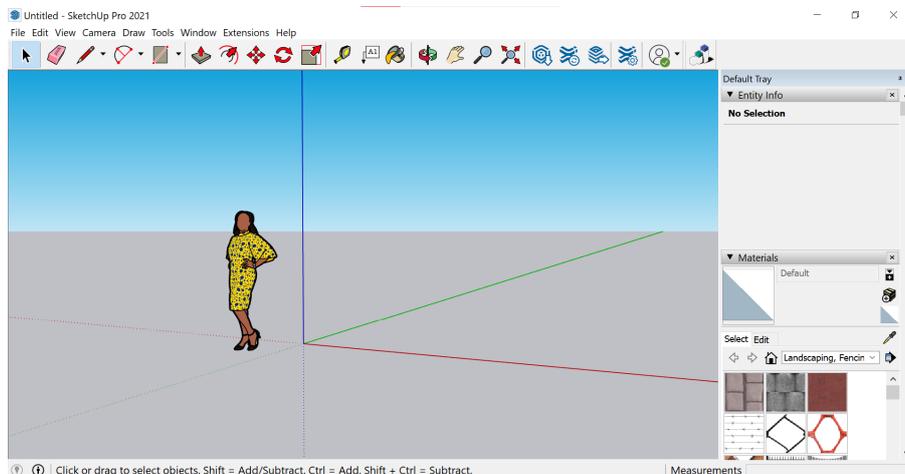


Figure II.1 L'interface de logiciel SketchUp.

### 1. Facilité d'utilisation

SketchUp est conçu avec une interface utilisateur simple et intuitive qui permet aux utilisateurs, même ceux sans expérience préalable en modélisation 3D, de créer et manipuler des modèles rapidement.

### 2. Précision

SketchUp permet une modélisation précise grâce à ses outils de mesure intégrés, qui permettent aux utilisateurs de définir des dimensions exactes pour chaque élément de leur modèle.

### 3. Support de formats variés

SketchUp supporte une large gamme de formats de fichiers, facilitant l'importation et l'exportation de modèles 3D vers et depuis d'autres logiciels. Les formats couramment supportés incluent DWG, DXF, OBJ, 3DS, et bien sûr, le format natif SKP.

SketchUp dispose d'une vaste bibliothèque d'extensions et de plugins disponibles via l'Extension Warehouse. Ces extensions augmentent les fonctionnalités de base du logiciel, offrant des outils supplémentaires pour des tâches spécifiques comme le rendu photoréaliste, la simulation d'ombres, ou la génération de rapports.

## II.4.2 Microsoft Power BI

Est une solution d'analyse de données de Microsoft. Il permet de créer des visualisations de données personnalisées et interactives avec une interface suffisamment simple pour que les utilisateurs finaux créent leurs propres rapports et tableaux de bord.[link](#)

Avec cet outil, vous pouvez analyser et visualiser des données provenant de sources locales ou cloud, et publier le rapport sur la plate-forme de BI. Il existe des fonctionnalités intéressantes telles que la découverte visuelle, les tableaux de bord interactifs, la préparation des données, l'analyse augmentée, etc. Contrairement à la plupart de ses concurrents qui offrent un accès uniquement sur le Web, avec PowerBI, vous pouvez télécharger le logiciel et exécuter des analyses dans le cloud ou via un serveur de rapports.

Il dispose d'une période d'essai de 60 jours que vous pouvez utiliser avant de prendre une décision. Pour un seul utilisateur, Power BI est gratuit et entièrement fonctionnel. La prochaine version s'appelle Power BI Pro et prend en charge la collaboration entre différents utilisateurs et l'analyse des données en temps réel.

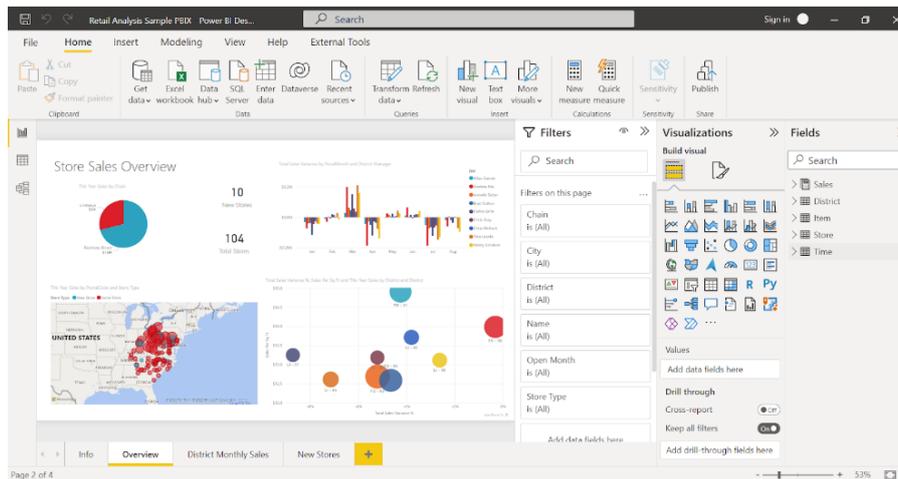


Figure II.2 L'interface de logiciel power BI.

### II.4.2.1 Power BI Service

Le service Power BI, également appelé Power BI Service, est une plateforme basée sur le cloud qui permet aux utilisateurs de créer, partager et collaborer sur des rapports et tableaux de bord interactifs.

La principale différence entre Power BI Desktop et Power BI Service réside dans leur usage et leurs fonctionnalités : Power BI Desktop est une application locale utilisée pour créer des rapports et des modèles de données approfondis, tandis que Power BI Service permet de publier ces rapports sur le cloud pour une visualisation et un partage aisés, ainsi que pour collaborer en temps réel avec d'autres utilisateurs.

### II.4.3 3DBI

3DBI est un visualiseur de modèles 3D pour Microsoft Power BI. Le visual 3DBI vous permet de visualiser vos données sur vos actifs directement dans leur contexte spatial. Les cas d'utilisation vont de la gestion immobilière, au BIM (quantités, planification, ...) à la visualisation des données IoT (coloration et filtrage des objets par température, humidité, niveaux de CO<sub>2</sub>, occupation, usure, ...) ainsi que la logistique (gestion des stocks, préparation des commandes, ...) et l'énergie (visualisation du rendement des panneaux solaires ou des parcs éoliens) ou tout autre secteur où vous pourriez avoir besoin de visualiser des données dans un environnement 3D. Out of the box, et sans licence AppSource, le visual 3DBI vous permet de charger des fichiers .3dbi, créés avec l'un des outils de création proposés par INFORMAXYZ (lire la suite ci-dessous). Avec une licence AppSource, le visual 3DBI peut également charger des formats de fichiers 3D ouverts, tels que Collada (.dae), créés avec une large gamme d'applications de modélisation 3D disponibles. Les outils de création INFORMAXYZ actuellement disponibles

pour créer des fichiers .3dbi par exemple :Trimble SketchUp: <https://kg-dev.be/project/3dbi-for-sketchup/> qu'on a travaillé avec.

### II.4.4 Intégration entre SketchUp et Power BI

Pour intégrer SketchUp avec Power BI via l'extension 3DBI, nous commençons par créer et exporter notre modèle 3D de terminal à conteneurs dans SketchUp, en utilisant des formats compatibles comme .DAE ou .OBJ. Nous importons et préparons les données nécessaires dans Power BI, en nettoyant et structurant les informations via Power Query. Nous installons l'extension 3DBI depuis Microsoft AppSource, l'ajoutons à notre rapport Power BI, et importons le modèle 3D. Nous associons les éléments du modèle 3D aux données de Power BI, puis configurons les interactions pour permettre une visualisation et une analyse interactive. Nous personnalisons les visualisations pour répondre à nos besoins spécifiques et optimisons les performances pour une expérience utilisateur fluide. Enfin, nous publions le rapport sur le service Power BI en ligne et le partageons avec les parties prenantes appropriées. Les outils et techniques que nous utilisons comprennent les plugins 3DBI et SketchUp Exporters, les APIs de Power BI et SketchUp Ruby, ainsi que des outils de préparation de données comme Power Query. Cette intégration nous permet de créer des tableaux de bord interactifs et visuellement immersifs pour une meilleure compréhension et optimisation des opérations portuaires.

## II.5 Conclusion

La Business Intelligence (BI) et la visualisation 3D représentent des atouts majeurs pour les entreprises souhaitant optimiser le pilotage de leurs activités et anticiper les évolutions du marché. Ces technologies permettent non seulement de consolider et analyser les données provenant de diverses sources, mais aussi d'améliorer la prise de décision et l'efficacité opérationnelle grâce à des outils de visualisation avancés comme Power BI et SketchUp. En intégrant ces solutions, les entreprises peuvent obtenir une vue unifiée et détaillée de leurs opérations, facilitant ainsi une meilleure compréhension des tendances du marché, des comportements clients et des performances internes. L'avenir de la BI est prometteur avec l'essor du Cloud, du Big Data et de l'Intelligence Artificielle, ouvrant la voie à des solutions encore plus robustes et agiles.

Dans le chapitre suivant, nous allons aborder divers aspects liés à l'étude et à la résolution du cas statique de manière approfondie.

Chapitre N°03 :  
Intégration de la Modélisation 3D et Power BI  
pour l'Optimisation Logistique : Cas du Port de  
Ghazaouet

## III.1 Introduction

La modélisation 3D est un outil incontournable dans de nombreux domaines tels que l'architecture, le design industriel et la logistique. Parmi les logiciels de modélisation 3D les plus populaires, SketchUp se distingue par sa simplicité d'utilisation et sa grande polyvalence. Dans cette section, nous explorerons le processus de conception d'une plateforme de conteneurs frigorifiques à l'aide de SketchUp. Nous commencerons par l'importation du plan du port et la modélisation de la structure de la plateforme, pour ensuite ajouter les conteneurs frigorifiques et les équipements essentiels. Enfin, nous verrons comment intégrer ce modèle 3D dans Power BI via l'extension 3DBI, permettant ainsi une visualisation interactive et une analyse approfondie des données logistiques.

## III.2 Problématique

### III.2.1 Contexte

Dans le domaine de la gestion portuaire, la surveillance précise des stocks de conteneurs est cruciale pour assurer une logistique efficace et fluide. Toutefois, l'entreprise portuaire en question ne dispose pas d'un outil dédié à la visualisation informatisée de ses stocks de conteneurs. Actuellement, cette tâche repose principalement sur deux pointeurs principaux, ce qui manque de la sophistication nécessaire pour une gestion optimale. Ces pointeurs effectuent des relevés manuels et des mises à jour périodiques des données, ce qui peut entraîner des erreurs humaines, des retards dans la mise à jour des informations, et une vue d'ensemble peu précise des stocks de conteneurs. En utilisant des outils informatiques développés spécifiquement pour la gestion des stocks de conteneurs, l'entreprise pourrait bénéficier de plusieurs avantages. Ces outils permettent une mise à jour en temps quasi-réel des données, une traçabilité précise de chaque conteneur, et une visualisation interactive des informations, facilitant ainsi la prise de décisions éclairées et l'optimisation des opérations logistiques.

### III.2.2 Problèmes identifiés

- **Manque de visualisation informatique:** l'absence d'un système de visualisation informatisé signifie que l'entreprise ne peut pas surveiller l'état des stocks de manière efficace. Cela conduit à des retards, des erreurs dans l'inventaire et une faible réactivité face aux imprévus.
- **Manque de traçabilité:** sans un outil adéquat, il est difficile de tracer avec précision le

parcours et l'état de chaque conteneur. La traçabilité manuelle est sujette à des erreurs et n'offre pas une vue d'ensemble claire.

### III.3 L'objectif

Pour résoudre ces problèmes, nous proposons de développer une solution combinant la Business Intelligence (BI) et la modélisation 3D. Cette solution comprend plusieurs étapes clés :

- **Modélisation 3D avec SketchUp:** utiliser SketchUp pour créer un modèle 3D détaillé de la plateforme de conteneurs frigorifiques, incluant tous les éléments nécessaires comme les conteneurs eux-mêmes, les armoires électriques, les groupes électrogènes, etc. Cela permet de visualiser l'ensemble de la plateforme de manière précise.
- **Intégration avec Power BI et l'extension 3DBI:** utiliser Power BI, une plateforme d'analyse de données, en conjonction avec l'extension 3DBI pour importer le modèle 3D dans un tableau de bord interactif. Power BI permet de connecter des sources de données variées, de transformer ces données et de les visualiser sous forme de rapports dynamiques.

Exemple: En intégrant les données de stock et les informations du modèle 3D dans Power BI, les responsables peuvent obtenir des rapports visuels interactifs montrant des statistiques telles que la date de débarquement, la durée de séjour des conteneurs et les dates de sorties, facilitant ainsi la prise de décision basée sur des données fiables.

- **Création de Rapports et Tableaux de Bord:** Développer des rapports interactifs et des tableaux de bord dans Power BI qui utilisent le modèle 3D pour une visualisation claire et intuitive des stocks. Cela inclut l'ajout de diverses visualisations telles que des graphiques en anneau, des cartes et des histogrammes groupés, ainsi que des interactions entre les visuels pour une analyse plus détaillée.

Exemple: Un tableau de bord pourrait montrer un graphique en anneau représentant la répartition des conteneurs par client, une carte interactive indiquant l'emplacement des conteneurs sur la plateforme, et un histogramme comparant les temps de séjour des conteneurs, permettant ainsi une gestion proactive des stocks.

### III.4 Modélisation SketchUp

SketchUp est un logiciel de modélisation 3D largement utilisé pour sa simplicité d'utilisation et sa polyvalence. Dans cette section, nous aborderons le processus de conception de la plateforme

de conteneurs frigorifiques à l'aide de SketchUp. Après avoir lancé SketchUp, nous importons d'abord le plan du port, prenant soin de tenir compte des dimensions et des spécifications requises pour les conteneurs frigorifiques. À partir de là, en utilisant les outils de modélisation disponibles, nous construisons la structure de la plateforme en alignant notre modèle sur le plan importé comme ci montré dans la figure III.1.

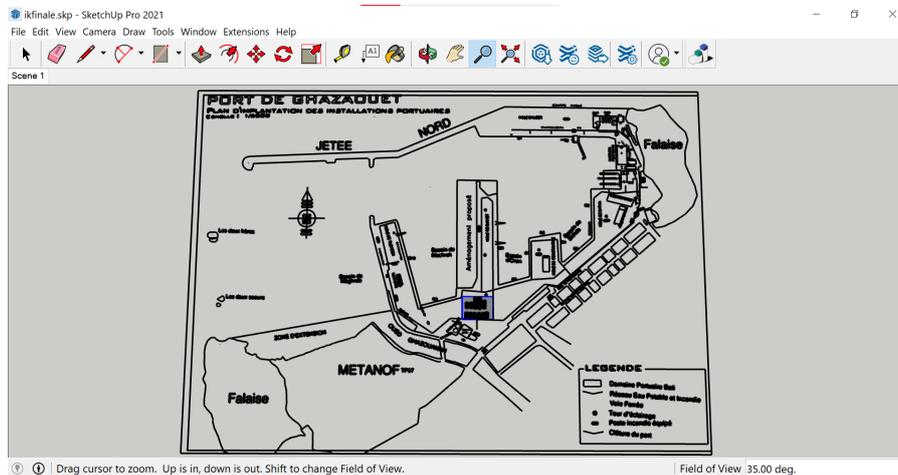


Figure III.1 *Plan de port de ghazaouet sur sketchup.*

Une fois la structure de base créée, nous procédons à l'ajout des conteneurs frigorifiques eux-mêmes. Grâce à la flexibilité de SketchUp, nous pouvons modéliser ces conteneurs avec précision, en tenant compte de leur taille, de leur forme et de leurs caractéristiques spécifiques. En complément, nous intégrons également des détails cruciaux tels que les armoires électriques, les groupes et les générateurs, qui sont essentiels pour alimenter les conteneurs frigorifiques. De plus, nous établissons des références pour chaque emplacement de conteneur, en divisant la plateforme en deux blocs distincts, A et B comme c'est montré dans la figure III.2. Chaque bloc est ensuite subdivisé en baies numérotées, suivies du numéro d'emplacement du conteneur. Par exemple, A1-1 représente le premier conteneur dans la baie 1 du bloc A, tandis que B4-6 indique le sixième conteneur dans la baie 4 du bloc B. Cette méthode structurée de numérotation des emplacements permet une identification unique et systématique des conteneurs, facilitant ainsi la gestion et la localisation rapide des emplacements dans Power BI.

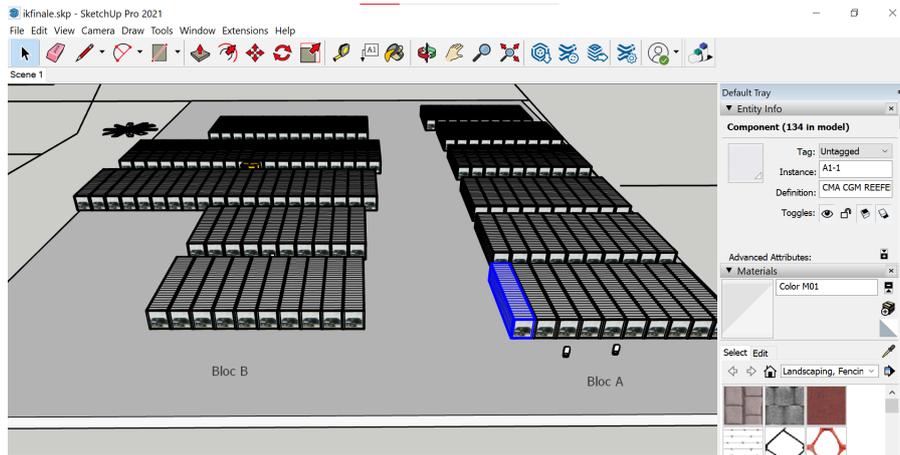


Figure III.2 Plateforme des conteneurs frigorifiques.

### III.4.1 Intégration à Power BI avec l'extension 3DBI

Power BI est une plateforme d'analyse de données qui permet aux utilisateurs de visualiser et d'analyser des données de manière interactive. L'extension 3DBI permet d'intégrer des modèles 3D créés avec SketchUp dans les rapports et les tableaux de bord Power BI. Une fois notre modèle de plateforme de conteneurs frigorifiques établi dans SketchUp, nous pouvons l'exporter au format pris en charge par l'extension 3DBI. Ensuite, nous importons ce modèle dans Power BI en utilisant l'extension comme c'est montré dans la figure III.3, ce qui nous permet de l'intégrer directement dans nos visualisations de données.

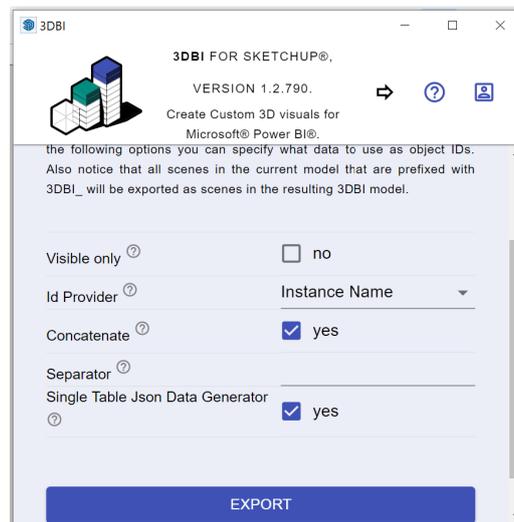


Figure III.3 L'extension 3DBI.

### III.5 Utilisation du Modèle 3D dans Power BI

#### III.5.1 Source de la base de données

Les données utilisées dans cette étude proviennent de la documentation interne de l'entreprise, incluant les champs suivants : "Date de débarquement", "Date de sortie", "NUM CONT" et "TEMPS SEJ PL". En complément, les colonnes "clientID" et "locationID" ont été générées spécifiquement pour cette analyse dans le cadre de ce travail. Nous avons choisi une méthode pour numéroter les emplacements et une autre pour attribuer des numéros aux "clientID" comme ci monté dans la figure III.4. En structurant les données de cette manière, on assure une meilleure traçabilité et une analyse plus précise, ce qui aide notre entreprise à prendre des décisions informées basées sur des données fiables et bien organisées comme l'illustre la figure suivante.

	A	B	C	D	E	F
1	ClientID	LocationID	Date de débarquement	DAT_SORTIE	NUM_CONT	TEMPS_SEJ_PL
2	A123	A1-1	27/01/2024	07/02/2024	CXRU 124977/6	12
3	A123	A1-2	27/01/2024	07/02/2024	TRIU 813275/2	12
4	A123	A1-3	27/01/2024	07/02/2024	CGMU 512944/1	12
5	A123	A1-4	27/01/2024	07/02/2024	CXRU 162773/1	12
6	A123	A1-5	26/01/2024	07/02/2024	TEMU 936298/4	13
7	A123	A1-6	27/01/2024	07/02/2024	SZLU 965517/2	12
8	A123	A1-7	26/01/2024	07/02/2024	CGMU 517944/2	13
9	A123	A1-8	27/01/2024	07/02/2024	CGMU 510478/3	12
10	A123	A1-9	26/01/2024	07/02/2024	TRIU 867789/7	13

Figure III.4 Extrait de base de donnée.

Power BI Desktop nous permet de se connecter aux données de nombreuses sources différentes. On se connecte aux données à l'aide du ruban Accueil pour afficher le menu des types de données les plus courants, ensuite on sélectionne l'étiquette du bouton Obtenir des données puis le classeur excel.

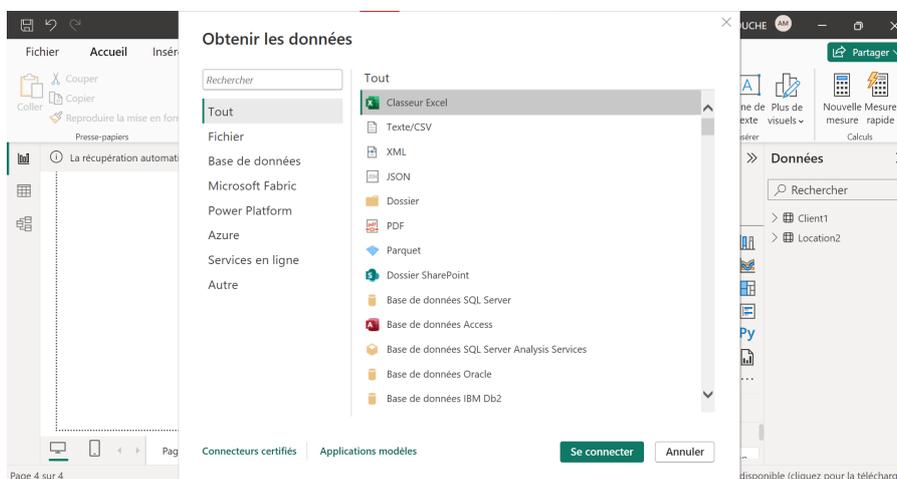


Figure III.5 La source de la base de données.

## Chapitre N°03 : Intégration de la Modélisation 3D et Power BI pour l'Optimisation Logistique : Cas du Port de Ghazaouet

Après avoir connecté à la base de données, dans la boîte de dialogue Navigateur nous allons sélectionner les tables que nous utiliserons pour les importer dans Power BI Desktop puis on sélectionne Charger

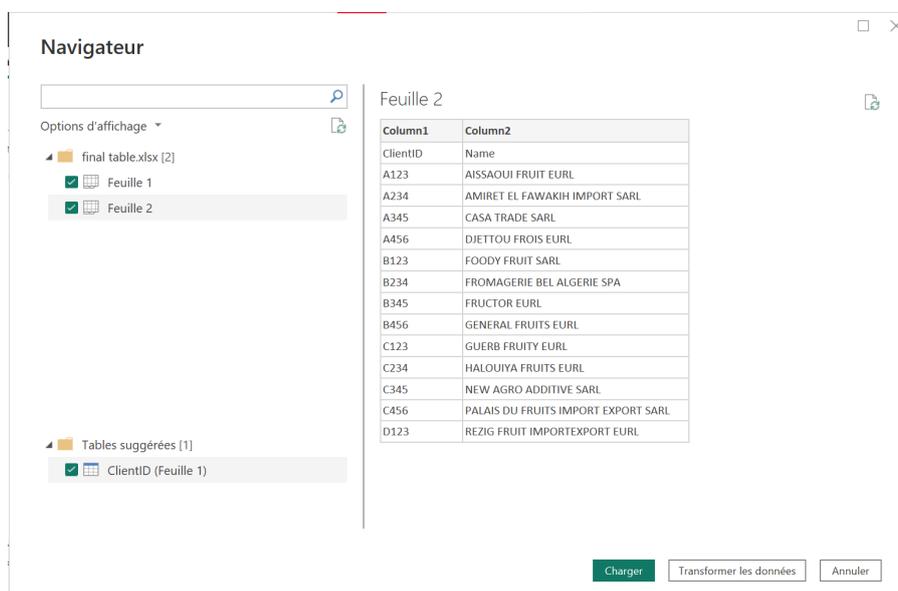


Figure III.6 La table Client1.

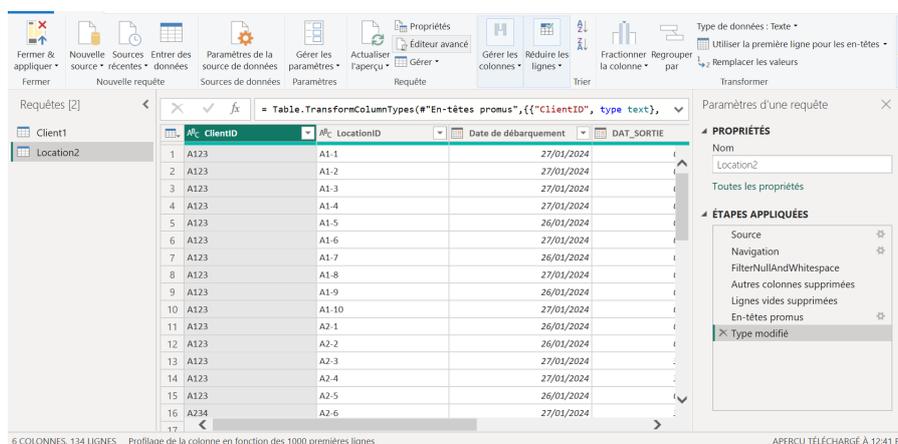


Figure III.7 La table Location2.

Une fois les tables chargées, le volet Champs affiche les données. Nous pouvons développer chaque table en sélectionnant la flèche à côté de son nom. Dans l'image suivante, les tables "Client1" et "Location2" sont développées, montrant chacun de ses champs.

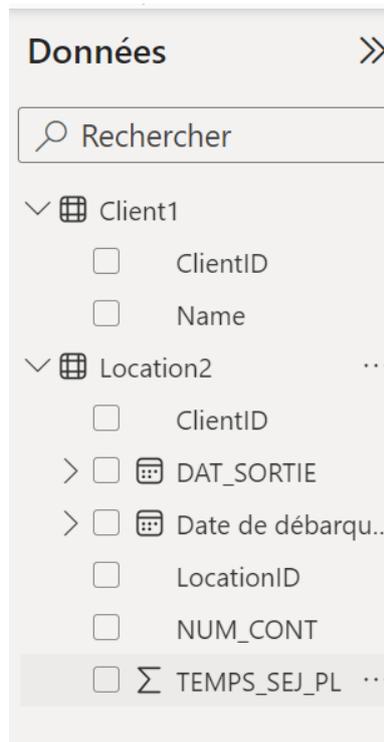


Figure III.8 Affichage dans le volet Données .

### III.5.2 Intégration des données via Power BI

Une fois connectés aux données, nous pouvons effectuer diverses opérations avec Power BI Desktop, telles que la création de visuels et de rapports. Les données importées nécessitent quelques étapes de transformation pour être présentées correctement. Pour ce faire, nous cliquons sur le ruban "Modifier les requêtes" et entrons dans l'environnement Power Query, où se trouvent les outils nécessaires pour transformer la requête et la rendre "propre" pour son exploitation avant son transfert dans notre modèle de données. Nous allons exécuter plusieurs étapes appliquées, qui seront mémorisées et pourront être annulées si nécessaire.

### III.5.3 Combinaison des données

Maintenant que la table "Client1" est mise en forme, nous souhaitons la combiner avec la table "Location2", qui est également préparée. Pour ce faire, On clique sur l'icône Relations puis Gérer les relation

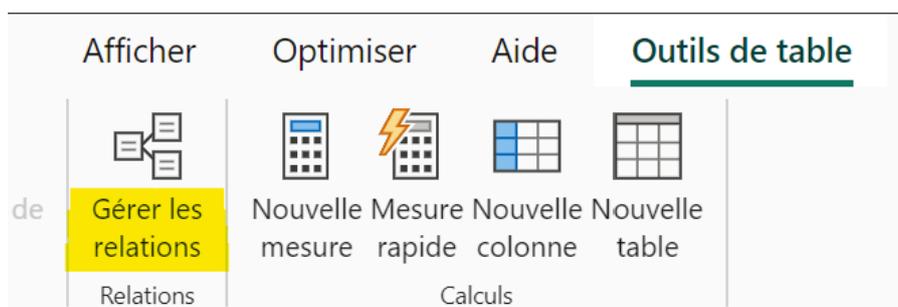


Figure III.9 *Gérer les relations.*

Pour ajouter le visuel à notre rapport, une fois l'extension importée, elle apparaîtra dans le volet Visualisations. Nous cliquons sur l'icône de 3DBI pour l'ajouter à notre rapport. Pour configurer les données, nous faisons glisser les champs de données appropriés dans les zones de configuration du visuel 3DBI. Nous suivons les instructions spécifiques de 3DBI pour lier les données correctement.

### III.5.4 Création du rapport

Dans cette section, nous allons créer le rapport en ajoutant des visuels de données sur la page du rapport. Une fois le modèle 3D importé dans Power BI, nous pouvons l'utiliser de diverses manières pour enrichir nos rapports et nos tableaux de bord. Par exemple, nous pouvons créer une visualisation interactive de la plateforme de conteneurs frigorifiques, permettant aux utilisateurs de zoomer, faire pivoter et explorer le modèle en détail. De plus, nous pouvons superposer des données contextuelles sur le modèle 3D, telles que les températures à l'intérieur des conteneurs frigorifiques ou les niveaux de stockage des produits. Cela permet une analyse plus approfondie et une meilleure compréhension des opérations logistiques.

#### III.5.4.1 Ajout d'une Table

Le visuel de la Table nous permet d'effectuer toutes sortes d'opérations intéressantes de descente dans la hiérarchie qui n'étaient pas possibles avant. Nous pouvons notamment descendre dans la hiérarchie en utilisant les lignes, les colonnes, voire des cellules individuelles. On clique dans la page du rapport, puis on sélectionne le visuel (Table), pour la rubrique (Valeurs), puis on glisse les champs (LocationID), (Name), (NUM CONT), de la table Client1 et Location2.

LocationID	Name	NUM_CONT
A1-1	AISSAOUI FRUIT EURL	CXRU 124977/6
A1-10	AISSAOUI FRUIT EURL	CGMU 528043/7
A1-2	AISSAOUI FRUIT EURL	TRIU 813275/2
A1-3	AISSAOUI FRUIT EURL	CGMU 512944/1
A1-4	AISSAOUI FRUIT EURL	CXRU 162773/1
A1-5	AISSAOUI FRUIT EURL	TEMU 936298/4
A1-6	AISSAOUI FRUIT EURL	SZLU 965517/2
A1-7	AISSAOUI FRUIT EURL	CGMU 517944/2
A1-8	AISSAOUI FRUIT EURL	CGMU 510478/3
A1-9	AISSAOUI FRUIT EURL	TRIU 867789/7
A2-1	AISSAOUI FRUIT EURL	TCLU 120888/8
A2-2	AISSAOUI FRUIT EURL	TTNU 895076/0
A2-3	AISSAOUI FRUIT EURL	TEMU 922709/5
A2-4	AISSAOUI FRUIT EURL	TRIU 869433/8
A2-5	AISSAOUI FRUIT EURL	TTNU 826712/0
A2-10	AMIRET EL FAWAKIH IMPORT SARL	TEMU 990545/9
A2-6	AMIRET EL FAWAKIH IMPORT SARL	CGMU 652378/4
A2-7	AMIRET EL FAWAKIH IMPORT SARL	CGMU 939386/9
A2-8	AMIRET EL FAWAKIH IMPORT SARL	TEMU 941485/6
A2-9	AMIRET EL FAWAKIH IMPORT SARL	SZLU 989556/9
A3-1	AMIRET EL FAWAKIH IMPORT SARL	TLLU 104199/4
A3-10	AMIRET EL FAWAKIH IMPORT SARL	CHIU 901786/5
A3-2	AMIRET EL FAWAKIH IMPORT SARL	CGMU 501523/8
A3-3	AMIRET EL FAWAKIH IMPORT SARL	FBIU 510497/9
A3-4	AMIRET EL FAWAKIH IMPORT SARL	CGMU 513497/8
A3-5	AMIRET EL FAWAKIH IMPORT SARL	CRSU 610572/5
A3-6	AMIRET EL FAWAKIH IMPORT SARL	TRIU 851807/2
A3-7	AMIRET EL FAWAKIH IMPORT SARL	CAIU 569762/5
A3-8	AMIRET EL FAWAKIH IMPORT SARL	TTNU 805552/2
A3-9	AMIRET EL FAWAKIH IMPORT SARL	CGMU 941271/6
A4-1	AMIRET EL FAWAKIH IMPORT SARL	APRU 614344/8
A4-2	AMIRET EL FAWAKIH IMPORT SARL	TRLU 169067/5

Figure III.10 Ajout d'une table .

Dans la gure précédente, la table prend en charge des données qui sont plates (LocationID, Name, NUM CONT) d'une façon facile à les analyser, une autre option les autres visuels de la page répètent les sélections opérées dans le visuel Table.

### III.5.4.2 Ajout d'un graphe en anneau

Le graphique en anneau dans Power BI permet de visualiser les proportions de différentes catégories dans un ensemble de données. Il facilite l'exploration interactive des données, permettant aux utilisateurs de cliquer sur des segments pour révéler des détails hiérarchiques. Pour le créer, on sélectionne le visuel (Graphique en anneau), puis on glisse les champs pertinents dans les sections (Légende) et (Valeurs) qui sont (Name) et (Somme TEMPS SEJ PL) respectivement dans notre cas.

Ce visuel offre une analyse claire et concise des contributions relatives des catégories, rendant les données plus compréhensibles et exploitables.

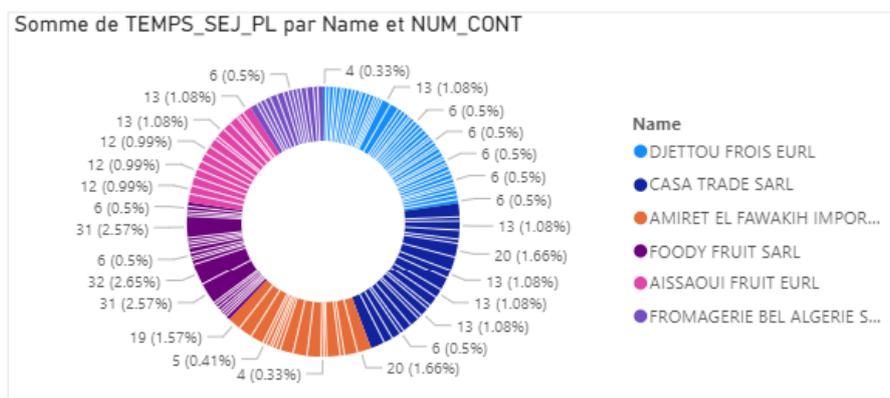


Figure III.11 Ajout d'un anneau.

### III.5.4.3 Ajout d'un visuel 3DBI

Le visuel 3DBI dans Power BI permet de réaliser des opérations intéressantes de descente dans la hiérarchie qui n'étaient pas possibles auparavant. On peut explorer les données de manière interactive en utilisant les segments du graphique pour révéler des sous-catégories et des détails plus précis. Pour créer un visuel avec 3DBI, cliquez dans la page du rapport, sélectionnez le visuel 3DBI, puis glissez les champs pertinents dans les sections appropriées. Ce visuel offre une manière claire et intuitive de comprendre les proportions et les contributions relatives des différentes catégories dans vos données, facilitant ainsi une analyse plus détaillée et exploitable.

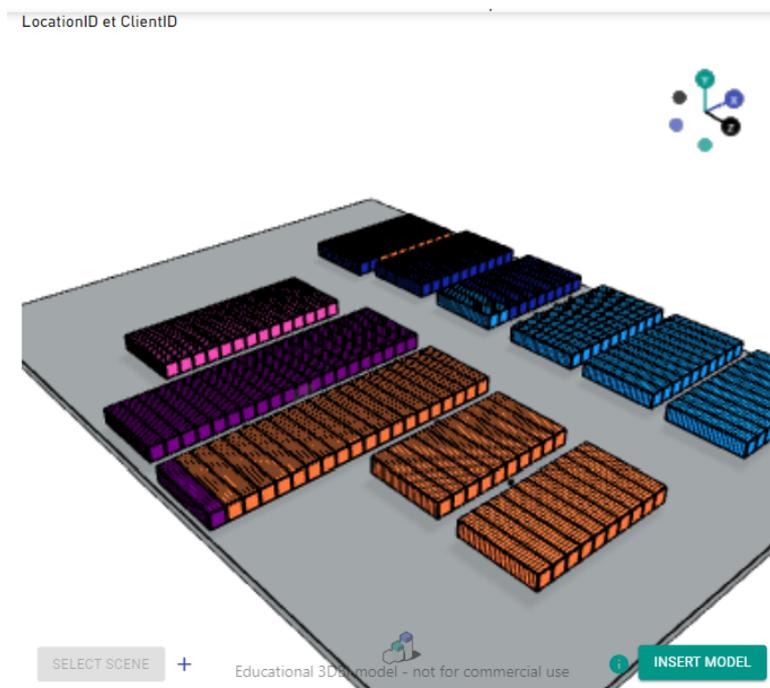


Figure III.12 Ajout d'un visuel 3DBI .

### III.5.4.4 Ajout d'un visuel carte

Ce type de visualisation appelé carte permet de représenter la variation du paramètre. Pour

afficher ce visuel, on clique dans la page du rapport, puis on sélectionne le visuel "Carte" et on coche les mesures qu'on désire afficher de la table Location2



Figure III.13 Ajout d'un visuel carte .

#### III.5.4.5 Ajout d'un visuel segment

Le visuel de segment dans Power BI permet de filtrer et d'analyser les données de manière interactive en explorant la hiérarchie des informations. Pour ajouter ce visuel, cliquez sur la page du rapport, sélectionnez le visuel "Segment", puis cochez les mesures que vous souhaitez afficher sur la table Client1. Pour voir uniquement les données filtrées par client sur le tableau et le visuel 3DBI, on utilise le segment pour basculer d'un client à un autre.



Figure III.14 Segment sur les nom des clients.

#### III.5.4.6 Interactions entre les visuels

Quand nous sélectionnons un point de données sur l'un des éléments visuels, tous les autres éléments visuels de la page qui contiennent ces données changent en fonction de cette sélection. et c'est ce qu'on remarque dans la figure ci-dessous :

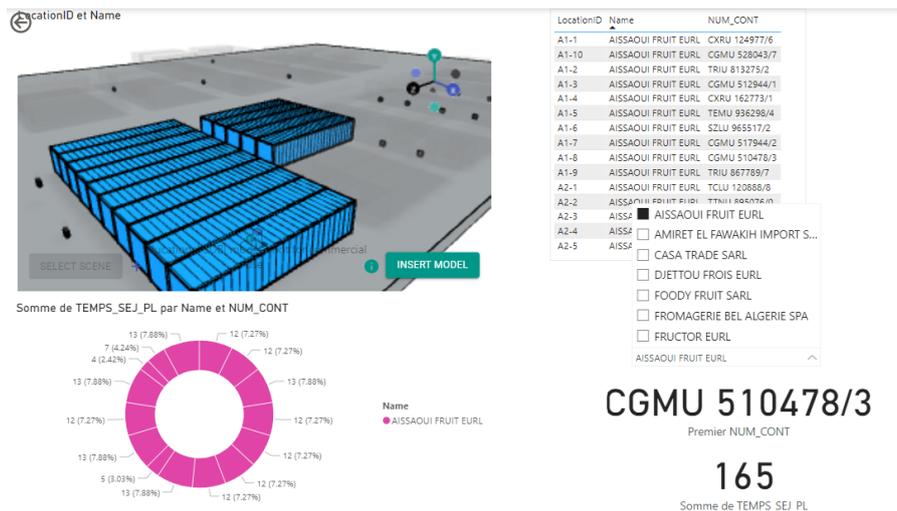


Figure III.15 Filtrage des visuels du rapport.

### III.5.4.7 Vue du rapport final

Voici à quoi ressemblera notre rapport finalisé sur le Power BI service :

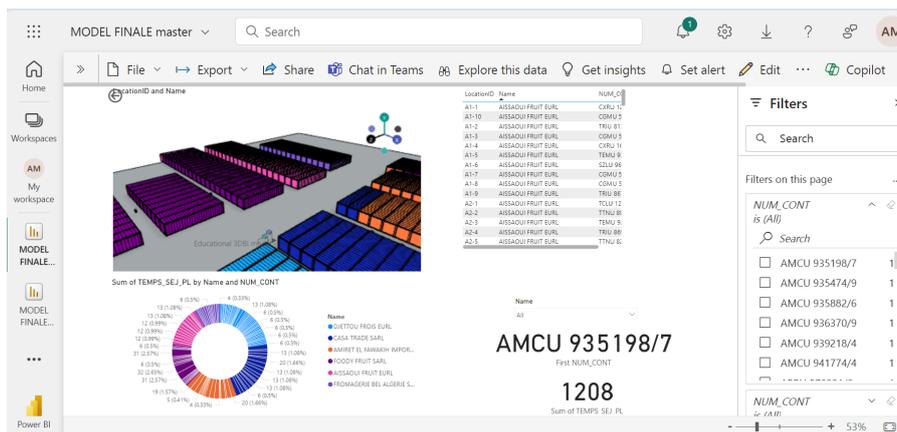


Figure III.16 Filtrage des visuels du rapport.

Cette approche nous permet de créer une visualisation 3D détaillée de la plateforme, facilitant ainsi l'identification des emplacements disponibles ainsi que la répartition des conteneurs par clients et leurs positions exactes.

Cette visualisation est particulièrement utile pour optimiser l'emplacement des conteneurs frigorifiques, en réorganisant stratégiquement leur disposition afin de maximiser l'espace disponible sur la plateforme.

Ces visualisations interactives facilitent également la communication et la collaboration entre les équipes, permettant à chaque département de visualiser l'impact de ses actions sur l'ensemble de la chaîne logistique.

Cette approche conduit à une amélioration significative de l'efficacité opérationnelle, une meilleure utilisation des ressources et une capacité accrue à répondre rapidement aux imprévus, assurant

ainsi une gestion plus efficace et réactive de la plateforme pour l'avenir.

### **III.6 Conclusion**

En conclusion, Sketchup s'avère être un outil puissant et accessible pour la modélisation 3D, particulièrement utile dans des projets logistiques complexes comme la conception d'une plateforme de conteneurs frigorifiques. Grâce à son intégration avec Power BI via l'extension 3DBI, il est possible de transformer des modèles 3D en visualisations interactives, facilitant ainsi l'analyse et la prise de décision basée sur les données. Cette combinaison de modélisation précise et de visualisation dynamique offre une solution complète pour gérer efficacement les opérations logistiques, améliorant ainsi la compréhension et l'optimisation des processus au sein de l'entreprise.

Cette approche intégrée de la BI et de la modélisation 3D surmonte les limitations actuelles de l'entreprise portuaire.

En améliorant la visualisation et l'analyse des stocks de conteneurs, l'entreprise peut optimiser ses opérations logistiques, assurer une traçabilité précise et produire des rapports détaillés facilitant l'analyse des KPI. Cela améliore non seulement l'efficacité opérationnelle mais aussi la prise de décision stratégique basée sur des données précises et fiables.

# CONCLUSION GÉNÉRALE

En clôture de ce mémoire, nous avons parcouru un voyage captivant à travers les méandres du transport maritime conteneurisé et de l'intégration de la Business Intelligence (BI) et de la visualisation 3D dans le secteur logistique. À travers une analyse approfondie, nous avons pu mettre en lumière les défis, les opportunités et les meilleures pratiques qui définissent le paysage actuel de la logistique maritime.

Dans le domaine du transport conteneurisé, nous avons constaté l'importance stratégique des ports et des terminaux à conteneurs dans la facilitation du commerce mondial. La conteneurisation a révolutionné la manière dont les marchandises sont expédiées, offrant une efficacité et une flexibilité inégalées. Cependant, elle n'est pas sans ses défis, notamment en ce qui concerne la gestion des volumes croissants de marchandises et l'optimisation des opérations portuaires pour répondre à la demande croissante.

Parallèlement, l'intégration de la BI et de la visualisation 3D offre de nouvelles possibilités passionnantes pour améliorer la gestion des données et la prise de décision dans le secteur maritime. Des outils tels que Microsoft Power BI et SketchUp permettent aux acteurs du secteur de visualiser et d'analyser les données d'une manière précise et intuitive, ouvrant la voie à des décisions plus éclairées et à une meilleure planification des opérations.

En combinant une approche théorique avec des études de cas pratiques, ce mémoire a cherché à fournir aux professionnels du secteur des perspectives précieuses pour naviguer dans un environnement en constante évolution. Alors que le paysage de la logistique maritime continue de se transformer sous l'effet de la mondialisation, de la technologie et des changements environnementaux, il est impératif pour les acteurs du secteur de rester à l'avant-garde de l'innovation et de l'adaptabilité.

En fin de compte, ce mémoire aspire à inspirer une réflexion continue et une action stratégique dans le secteur du transport maritime et de la logistique. En s'appuyant sur les enseignements tirés de cette exploration, nous pouvons travailler ensemble pour façonner un avenir où la logistique maritime est non seulement efficace et rentable, mais aussi durable et résiliente face aux défis à venir.

# Perspectives

- **Amélioration de la traçabilité et de la gestion des stocks:**

En utilisant des modèles 3D détaillés créés avec SketchUp, l'entreprise portuaire peut améliorer la traçabilité des conteneurs et optimiser la gestion des stocks. Les numérotations structurées et les classifications par emplacement facilitent la localisation rapide des conteneurs et réduisent les erreurs liées à une gestion manuelle.

- **Intégration avec Power BI pour l'analyse avancée:**

L'intégration des modèles 3D dans Power BI via l'extension 3DBI permet une analyse approfondie des données logistiques. Les rapports interactifs et les tableaux de bord dynamiques offrent une vue d'ensemble claire des KPI logistiques comme la durée de séjour des conteneurs, les emplacements disponibles et les capacités de stockage.

- **Optimisation des opérations logistiques:**

En fournissant des outils de visualisation avancés, cette approche aide l'entreprise à identifier les goulots d'étranglement et à optimiser les flux de travail. La capacité à superposer des données contextuelles sur les modèles 3D permet une analyse plus fine des performances opérationnelles.

- **Visualisation en temps réel avec des outils performants:**

Investir dans des technologies de visualisation en temps réel permet à l'entreprise de surveiller les opérations instantanément. Cela aide à détecter et à réagir rapidement aux changements, améliorant ainsi la réactivité et la prise de décision.

- **Avantages stratégiques et concurrentiels à long terme:**

Une meilleure visualisation et une analyse approfondie des données permettent à l'entreprise de prendre des décisions stratégiques basées sur des données fiables. Cela renforce sa compétitivité en optimisant les coûts, en améliorant l'efficacité opérationnelle et en répondant de manière proactive aux exigences du marché.

L'intégration de la modélisation 3D avec SketchUp et Power BI représente une avancée significative pour l'entreprise portuaire en termes de gestion logistique. Elle transforme non seulement la manière dont les données sont visualisées mais aussi la façon dont elles sont utilisées pour améliorer les processus opérationnels et stratégiques. Cette approche intégrée offre un potentiel considérable pour l'optimisation continue et l'adaptation aux défis futurs du secteur logistique.

### Bibliographie

- [1] Araour Kahina. *Conception et réalisation d'un système d'aide à la décision pour le service marketing de BMT-SPA pour le port de Bejaia*. PhD thesis, Université Mouloud Mammeri, 2016.
- [2] Balguerie. *Transport maritime: les types d'emballages*, 2024.
- [3] Supply Chain. *Transport multimodal*, 2024.
- [4] Algérie-Eco. *Commerce : des instructions pour faciliter la sortie des marchandises au niveau des ports*, 2023.
- [5] FYKmag. *Boulogne-sur-mer : le plus important port de pêche en france*, 2023.
- [6] Bateaux.com. *Dunkerque grand large*, 2024.
- [7] Togo Port. *Organisation des terminaux portuaires*, 2023.
- [8] YICT. *Article title*, 2024.
- [9] UDN. *Rmgc image*, 2024.
- [10] Koinjaya. *Business article*, 2024.
- [11] Sany Europe. *Reach stacker*, 2024.
- [12] Continental Tires. *Un véhicule autoguidé (agv) portuaire*, 2024.
- [13] Wikimedia Commons. *Chariot cavalier*, 2024.
- [14] Logistique Mondiale des Clusters. *Opérations portuaires*, 2024.
- [15] Port de Ghazaouet. *Port de ghazaouet*, 2024.
- [16] Meriam Kefi. *Optimisation Heuristique Distribuée du Problème de Stockage de Conteneurs dans un port*. PhD thesis, Ecole Centrale de Lille, 2008.
- [17] Swiver. *Transport maritime : quels sont ses avantages et ses limitations?*, 2022.
- [18] Swiver. *Les spécificités relatives au transport maritime*, 2023.
- [19] Université des Sciences et de la Technologie d'Oran. *Chapitre 01: Transport et logistique*, 2024.

- [20] Techniques de l'Ingénieur. Principes d'implantation et d'aménagement des ports maritimes: Définition et rôle des ports maritimes, 2024.
- [21] Alan Edward Branch. *Elements of shipping*. Routledge, 2007.
- [22] Martin Stopford. *Maritime economics* routledge. *New York, USA*, 2009.
- [23] Mihai Felea and Irina Albastroiu. Supply chain strategies. *Valahian Journal of Economic Studies*, 3(3):45, 2012.
- [24] Nobar Kassabian. *Optimisation du stockage des conteneurs dans un terminal portuaire*. PhD thesis, Université de Haute Alsace-Mulhouse, 2022.
- [25] Wikipedia. Port, 2024.
- [26] Imen Ayachi Hajjem. *Techniques avancées d'optimisation pour la résolution du problème de stockage de conteneurs dans un port*. Theses, Ecole Centrale de Lille ; École nationale d'ingénieurs de Tunis (Tunisie), March 2012.
- [27] YA Saanen and R Dekker. Intelligent stacking as way out of congested yards? part 1. *Port Technology International*, 31:87–92, 2007.
- [28] H. J. V. I. F. and R. K. J. Carlo. Storage yard operations in container terminals: Literature overview, trends, and research directions. *European Journal of Operational Research*, 235(2):412–430, 2014.
- [29] William H Inmon. *Building the data warehouse*. John wiley & sons, 2005.
- [30] Maxime Poletto. *L'informatique décisionnelle*. Thèse professionnelle, 2012.
- [31] Matthieu Lafare. *Business Intelligence*. Thèse professionnelle, HEC, 2009. Reprit de Matthieu Lafare, Cigref.
- [32] Ralph Kimball and Margy Ross. *The data warehouse toolkit: the complete guide to dimensional modeling*. John Wiley & Sons, 2011.
- [33] Lebigdata.fr, 2024. Accessed: 2024-06-22.

## Résumé

Ce mémoire explore deux domaines essentiels dans le secteur de la logistique : le transport maritime conteneurisé et l'intégration de la Business Intelligence (BI) avec la visualisation 3D. Le chapitre I met en lumière l'importance cruciale des ports, des terminaux à conteneurs et des opérations logistiques dans le transport conteneurisé. Le chapitre II examine l'évolution historique, les définitions, les applications commerciales et les défis de la BI et de la visualisation 3D. Enfin, le chapitre III présente une étude de cas où SketchUp et Microsoft Power BI sont intégrés pour modéliser et visualiser des données logistiques, illustrant ainsi les bénéfices concrets de cette technologie. Ce mémoire souligne l'importance de l'innovation et de l'adaptabilité pour les professionnels de la logistique maritime, offrant des perspectives pertinentes pour ce secteur en constante évolution.

**Mots clés:** Transport maritime conteneurisé, Business Intelligence (BI), Visualisation 3D, Ports et terminaux à conteneurs, Logistique maritime, Innovation logistique.

## Abstract

This thesis delves into two critical areas in the logistics sector: containerized maritime transport and the integration of Business Intelligence (BI) with 3D visualization. Chapter I focuses on the crucial significance of ports, container terminals, and logistics operations in containerized transport. Chapter II explores the historical evolution, definitions, business applications, and challenges of BI and 3D visualization. Chapter III presents a case study where SketchUp and Microsoft Power BI are integrated to model and visualize logistics data, demonstrating the tangible benefits of this technology. This thesis underscores the importance of innovation and adaptability for maritime logistics professionals, offering relevant insights for this ever-evolving sector.

**Keywords:** Containerized maritime transport, Business Intelligence (BI), 3D Visualization, Ports and container terminals, Maritime logistics, Logistics innovation.

## ملخص

تتناول هذه الرسالة دراسة عميقة لمجالين حيويين في قطاع اللوجستيات: النقل البحري المحمول بالحاويات وتكامل الذكاء التجاري مع التصوير ثلاثي الأبعاد. يركز الفصل الأول على أهمية الموانئ والمحطات الحاويات وعمليات اللوجستيات في النقل المحمول بالحاويات. يستكشف الفصل الثاني تطورات التاريخية والتعريفات وتطبيقات الأعمال والتحديات التي تواجه الذكاء التجاري والتصوير ثلاثي الأبعاد. يقدم الفصل الثالث دراسة حالة حيث يتم دمج و لنمذجة وتصور البيانات اللوجستية، مما يوضح الفوائد الملموسة لهذه التقنية. تؤكد هذه الرسالة أهمية الابتكار والتكيف للمحترفين في مجال اللوجستيات البحرية، وتقدم رؤى مهمة لهذا القطاع المتطور باستمرار.

**الكلمات المفتاحية:** النقل البحري المحمول بالحاويات، الذكاء التجاري، التصوير ثلاثي الأبعاد، الموانئ والمحطات الحاويات، اللوجستيات البحرية، الابتكار في اللوجستيات.